ХӨДӨЛМӨРИЙН ГАВЬЯАНЫ УЛААН ТУГИЙН ОДОНТ
ШИНЖЛЭХ УХААН, ТЕХНОЛОГИЙН ИХ СУРГУУЛЬ

ЭРДЭМ ШИНЖИЛГЭЭНИЙ БҮТЭЭЛИЙН ЭМХЭТГЭЛ

№ 26(02)368

УЛААНБААТАР ХОТ
2026 ОН

ISSN 1560-8794

Бүтээлийн эмхэтгэл хянан магадалсан:

ШУТИС-ийн ерөнхий редакцын зөвлөлийн дарга:

ШУТИС-ийн Ректор, доктор /Ph.D/, профессор Т.Намнан

ШУТИС-ийн ерөнхий редакцын зөвлөлийн гишүүд:

ШУТИС-ийн ЭШТХ-ийн албаны дарга, доктор /Ph.D/ Ц.Цоггэрэл

ГУУС-ийн Ахмадын салбар зөвлөлийн гишүүн, академич Ц.Нанзад

ЭХИС-ийн Цахилгаан техникийн тэнхимийн профессор, доктор /Ph.D/, дэд профессор Ж.Арслан

АТС-ийн Профессор, доктор /Ph.D/, профессор Я.Наранцэцэг

БАС-ийн Эрдэмтэн нарийн бичгийн дарга, доктор /Ph.D/ Г.Адъяажав

МС-ийн Чанарын менежер, доктор /Ph.D/, дэд профессор Х.Ариунаа

НХС-ийн Түүх, соёл, аялал жуулчлалын тэнхимийн ахлах багш, доктор /Ph.D/, дэд профессор Ц.Батцэрэн

ГХС-ийн Ази судлалын тэнхимийн дэд профессор, доктор /Ph.D/, дэд профессор Л.Чойжилмаа

ДаТС-ийн Эрдэмтэн нарийн бичгийн дарга, доктор /Ph.D/, дэд профессор Д.Баясгалан

ЭЦДС-ийн Механикийн тэнхимийн эрхлэгч, доктор /Ph.D/, дэд профессор Б.Пүрэвдорж

МИТС-ийн Механик, мехатроникийн тэнхимийн ахлах багш, доктор /Ph.D/ Б.Дондогжамц

МХТС-ийн Мэдээллийн технологийн тэнхимийн профессор, доктор /Ph.D/, дэд профессор Ч.Мөнхнасан

ХШУС-ийн Математикийн тэнхимийн эрхлэгч, доктор /Ph.D/, дэд профессор Б.Сэр-Од

ЭХИС-ийн Цахилгаан техникийн тэнхимийн дэд профессор, доктор /Ph.D/, дэд профессор Т.Батгэрэл

ХХҮДС-ийн Хүнсний инженерчлэлийн тэнхимийн эрхлэгч, доктор /Ph.D/, дэд профессор Э.Энхцэцэг

ГХС-ийн Ази судлалын тэнхимийн ахлах багш, магистр Б.Сонинцэцэг

Нэмэлтээр:

БАС-ийн Барилгын инженерчлэлийн тэнхимийн дэд профессор, доктор /Ph.D/, дэд профессор Ц.Оюунцацрал

МС-ийн Эрдэмтэн нарийн бичгийн дарга, доктор /Ph.D/, дэд профессор Б.Оюунтунгалаг

БАС-ийн Барилгын инженерчлэлийн тэнхимийн дэд профессор, доктор /Ph.D/, дэд профессор Ж.Алтанцэцэг

ХШУС-ийн Эрдэмтэн нарийн бичгийн дарга, доктор /Ph.D/ дэд профессор Х.Отгондорж

МХТС-ийн Эрдэмтэн нарийн бичгийн дарга, доктор /Ph.D/, дэд профессор Х.Загарзүсэм

МИТС-ийн Эрдэмтэн нарийн бичгийн дарга, доктор /Ph.D/ П.Цэрэнчимэд

ГХС-ийн Эрдэмтэн нарийн бичгийн дарга, доктор /Ph.D/ Э.Чимэдлхам

АТС-ийн дэд профессор, доктор /Ph.D/, дэд профессор Н.Мөнхөө
ГУУС-ийн Ахлах багш, доктор /Ph.D/ Э.Гансүх

Эмхэтгэсэн: Ж.Батбаяр
Хуудасны хэмжээ: А4
Бодит хэвлэлийн хуудас: 48.75
Үсгийн гарнитур: Times New Roman
Тоо хэмжээ: 115
ШУТИС-ийн Хэвлэлийн газар

ГАРЧИГ

ТЕХНИК, ТЕХНОЛОГИ

1. Коксжих нүүрсний пиролизын кинетикийн судалгаа
доктор (Ph.D) Б.Найрамдал, магистрант Ц.Баяртсайхан 8

2. Монгол улсын төмөр замын хөдлөх бүрэлдэхүүний засвар, үйлчилгээ, үйлдвэрлэлийн өнөөгийн нөхцөл байдал, хүрэлцээ, хангамж
доктор (Ph.D), дэд профессор Ж.Азжаргал 13

3. Үгийн алдаа шалгагч программын левенштейний зайд суурилсан алгоритмын судалгаа
докторант Д.Батмөнх 19

4. Монгол хэлний утгын алдааг хам сэдэвт суурилсан хэлний загвар ашиглан илрүүлэх судалгаа
докторант Д.Батмөнх, докторант Б.Алтантуяа 22

5. Хаягдал цаас болон сүрэлнээс “thermofloc” барилгын дулаалгын материал гарган авах технологийн судалгаа
доктор (Ph.D), дэд профессор Р.Мядагмаа 28

6. SPS төхөөрөмж ашиглан гарган авсан композит материалын шинж чанарт бэхжүүлэгчийн үнсний (FLY ASH) нөлөө
докторант Ц.Дэмбэрэл, доктор (Ph.D), дэд профессор Л.Тэлмэнбаяр, С.Түмэнбаяр 33

7. Дүрс боловсруулалтад суурилсан эртний Рүни-Монгол бичгийг орчин цагийн монгол хэл рүү хөрвүүлэх олон үе шат бүхий аргачлалын судалгаа
доктор (Ph.D) С.Өлзийбаяр, доктор (Ph.D) Б.Золзаяа, доктор (Ph.D) Ю.Болдбаатар 38

8. Инженер, технологийн инновац дахь TRIZ аргын хэрэглээний системчилсэн тойм
доктор (Ph.D) Ө.Наранчимэг, докторант Б.Жигжид 46

9. Хонины ноосноос биоматериал гарган авах судалгааны тойм
докторант Т.Ариунаа, доктор (Ph.D), дэд профессор Р.Мядагмаа 53

10. Микро-лион робот сургалтын төхөөрөмж ашиглан машин сургалтыг заах арга зүйн судалгаа
доктор (Ph.D), дэд профессор Ц.Хүрэлбаатар, магистр Г.Уганчимэг 60

11. Технологийн замын тооцжилт бууруулах боломжийн судалгаа
магистр О.Эрхэмбаяр, магистр Н.Бадмаанямбуу, магистр Н.Лхагважав 65

12. Лазер шавалтаар үүссэн бүрхүүлийн зоролтын горимын оновчлол
бакалавр Qing-GELE, доктор (Ph.D) Г.Оюунбат, доктор (Ph.D) Б.Жавхлан 70

13. Байгалийн хөргөлттэй, агаарын битүү сэлгэлттэй хатаагуураар төмс хатаах эксергийн шинжилгээ
доктор (Ph.D) Ч.Мягмаржав, магистр Б.Батсүрэн, доктор (Ph.D), дэд профессор Ж.Балжинням 75

14. Монгол хүний нүүрний антропометр хэмжээсүүдийг тодорхойлох боломжийн судалгаа
доктор (Ph.D), профессор Ц.Баатархүү, доктор (Ph.D), дэд профессор Ц.Жавзмаа, доктор (Ph.D), профессор О.Бат-Энх, доктор (Ph.D), дэд профессор О.Баттөгс 80

15. Бетоны шахалтын бат бэх ба ус үл нэвтрүүлэх чадварын хамаарлын судалгаа
магистрант Б.Номин, доктор (Ph.D) Б.Нарантуяа, магистр С.Уганбаяр 85

16. Тээрмийн хуяг цутгах үед дулаан ялгаруулах бүрхүүлийн хэмжээ, тоог procast 2021 ашиглан оновчлох
магистрант Э.Түвшинцэнд, доктор (Ph.D) Г.Оюунбат, доктор (Ph.D) Б.Жавхлан 89

17. Монгол тэмээний ноосны шинж чанарын судлагдсан байдлын тойм
Ч.Цолмон, доктор (Ph.D), дэд профессор Р.Мядагмаа 94

18. Боловсролын роботын хөгжүүлэлт ба хэрэглээ
доктор (Ph.D), дэд профессор Ц.Хүрэлбаатар, магистр Т.Амартүвшин 99

19. Ээзгий боловсруулах уламжлалт технологийг үйлдвэрлэлд шилжүүлэхэд шаардлагатай параметрүүдийн судлагдсан байдал
магистр Б.Батсүрэн, доктор (Ph.D) Э.Сувд, докторант Б.Наранбаатар 105

20. Дамнуруугүй хучилтын хүчдэлийн төвлөрлийг шугаман бус тооцооны үндсэн дээр тодорхойлох судалгаа
магистрант Э.Цэнд-Аюуш 111

21. Хөдөлмөрийн аюулгүй байдал, эрүүл ахуйн сургалтаар ажилтныг төлөвшүүлэхэд Нийт ажилтны сургалтын үүрэг /Уул уурхайн салбарын жишээн дээр/
магистрант Ө.Оюунхүү, доктор (Ph.D), профессор К.Хавалболот *116*

22. Макро сүвэрхэг дулаан тусгаарлах материалын түүхий эдийн харьцуулсан судалгаа
докторант С.Баяржаргал, доктор (Ph.D), дэд профессор Г.Саран, доктор (Ph.D) Р.Долгоржав, доктор (Ph.D) Э.Уранчимэг *123*

НИЙГЭМ, ХҮМҮҮНЛЭГИЙН УХААН

23. Бичвэрийн үг хоорондын зай ба унших үйл явцын загварын хамаарал
магистр Б.Баянжаргал *130*

24. Технологийн бэлэн байдлын үнэлгээний (DoD model) арга зүй, түүний хэрэглээ
доктор (Ph.D) Б.Баттулга, доктор (Ph.D), профессор П.Жаргалтуяа *136*

25. Архитектор Б.Дамбийнямын уран бүтээлийн үечлэл ба нийлэгжилт
магистр А.Өэлүн *141*

26. Онолын механикийн хичээлийн явцын үнэлгээг plickers картаар оношлох нь: Статик бүлэг сэдвийн жишээн дээр
магистр Ц.Жаргалмаа *148*

27. Нэгж угсрааны зургийн даалгавар гүйцэтгэхэд AR технологийн нөлөөллийн судалгаа (ШУТИС-ийн Техникийн зурагзүй хичээлийн жишээн дээр)
доктор (Ph.D) Э.Сувд, магистр У.Лхагвадорж, магистр Б.Жигжид *155*

28. Төрийн өмчит компаниудын эдийн засаг, санхүүгийн үр ашиг, онол арга зүйн судалгаа
И.Ганбат *160*

29. Сургалтын хэрэглэгдэхүүн хэрэглэн оюутнуудын дижитал болон программ бичих ур чадварыг сайжруулах боломжийн судалгаа
доктор (Ph.D) А.Түвшинбаяр *167*

30. “Монголын нууц товчоо” дахь хүний нэрийг BERT загвар ашиглан автоматаар таних судалгаа
магистр Б.Гүндсамбуу *175*

31. Монгол хэлний “ам” хэмээх үг орсон хэлцийн концептуал зүйрлэл
магистр Н.Мөнхжаргал *180*

32. Ногоон байгууламж нь сэтгэл зүйд нөлөөлөх нөлөөллийн судалгаа
магистр Б.Түвшин, доктор (Ph.D) Ө.Наранчимэг *190*

33. Виртуал бодит орчны хөгжүүлэлт ба түүний сэтгэл хөдлөлд үзүүлэх нөлөөлөл
магистр Б.Түвшин, магистр Б.Жигжид *194*

34. Хөдөлмөрийн үнэлэмж цалин хөлс нь хөдөлмөр эрхлэлтэд нөлөөлөх
доктор (Ph.D), профессор П.Жаргалтуяа, доктор (Ph.D) Б.Баттулга *198*

35. Төрийн өмчийн аж ахуйн нэгжийн санхүү, эдийн засгийн үзүүлэлтүүд, хэмжилт
доктор (Ph.D), профессор П.Жаргалтуяа *203*

36. Санхүүгийн зуучлал ба арилжааны банкуудын ашигт ажиллагаа
докторант Ц.Баярцог *209*

37. “Өгөгдлөөс шийдвэрт: TSAM загвараар дээд боловсролын стратегийн шийдвэр гаргалтыг сайжруулах нь”
доктор (Ph.D), профессор Х.Ариунаа *218*

38. Дахин гэрлэсэн гэр бүлд үзүүлэх нийгмийн ажлын үйлчилгээ: Монгол, Япон улсын туршлага
доктор (Ph.D), дэд профессор Ч.Должинсүрэн, магистр Б.Дөлгөөн *229*

БАЙГАЛИЙН УХААН, ХЭРЭГЛЭЭНИЙ ШИНЖЛЭХ УХААН

39. Utilization of watermelon rind for food purposes
доктор (Ph.D), дэд профессор Х.Мөнхзаяа.....236

40. Study of gold grains from a gold occurrence hosted in middle devonian sedimentary rocks
доктор (Ph.D), дэд профессор П.Нарантуяа 240

41. Монголын хөрөнгийн зах зээлд кластер шинжилгээ ашиглан хувьцааны ангилал хийх нь
магистрант Gao ZHIREN, доктор (Ph.D), дэд профессор Д.Нямсүрэн, доктор (Ph.D) Г.Батцэцэг, магистр Т.Гэрэлтуяа 244

42. Олон фотоны өдөөлт ба иончлол
магистрант Г.Баярхүү, докторант А.Ишдорж, доктор (Ph.D), дэд профессор Г.Зоригт, доктор (Ph.D), профессор Л.Хэнмэдэх, доктор (Ph.D), дэд профессор Ч.Алдармаа 249

43. Улаанбуудайн сүрэл ба целлюлоз суурьтай нэг удаагийн сав баглаа боодол: материал ба бүрхүүлийн системийн судалгааны тойм
доктор (Ph.D) Э.Гансүх.....252

ТЕХНИК, ТЕХНОЛОГИ

КОКСЖИХ НҮҮРСНИЙ ПИРОЛИЗЫН КИНЕТИКИЙН СУДАЛГАА

Бүрэнбатын НАЙРАМДАЛ[1], Цэндээгийн БАЯРТСАЙХАН[1]

[1]Монгол Улс, Улаанбаатар хот, ШУТИС, Хэрэглээний шинжлэх ухааны сургууль, Химийн инженерчлэлийн тэнхим

Холбоо барих зохиогчийн и-мэйл хаяг: bayartsaikhan@must.edu.mn[1]

Хураангуй: **Доод ангиллын нүүрс нь илчлэг чанар бага, дэгдэмхий бодисын агууламж өндөр зэргээс шалтгаалан шууд хэрэглэхэд хүрээлэн буй орчны бохирдол үүсгэдэг. Гэвч их хэмжээний нөөцтэй, хүхрийн агууламж бага зэрэг давуу талуудтай. Иймд коксжих нүүрсний чанарыг сайжруулах, гүн боловсруулах үндсэн технологиудын нэг нь пиролизын процесс юм. Бид энэ судалгаанд Могойн голын ордын коксжих чулуун нүүрсний пиролизын болон түүний кинетикийн судалгааг изотерм нөхцөлд 673-1173K температурт хөдөлгөөнгүй давхаргат реакторт тодорхойлов. Пиролизын хугацаанаас хамаарсан массын алдагдлын туршилтын үр дүнгээр нэгдүгээр эрэмбийн хоёр шаттай урвалын загварыг (TSRM) ашиглан кинетикийн параметрүүдийг тодорхойлсон. Эхний шат нь чөлөөт радикалын урвалаар явагдах хурдан массын өөрчлөлттэй чөлөөт радикалын урвалууд, харин хоёр дахь шат нь конденсацын урвал болон хагас кокс үүсэлтэй холбоотой удаан массын алдагдлаар тодорхойлогдоно. Эхний ба хоёр дахь шатны кинетикийн тэгшитгэлүүд харгалзан $\mathbf{k_1 = 7.2x10^{-2}exp(-27600/RT)}$ ба $\mathbf{k_2 = 1.6x10^{-2}exp(-35000/RT)}$байсан. Эдгээр кинетик параметрүүдийг ашиглан дэгдэмхий бодисыг тооцоолсон дүн туршилтын өгөгдөлтэй сайн нийцдэг. Могойн голын ордын нүүрсний пиролизын шинж чанар, кинетикийн онцлогийг тодорхойлж, тус ордын нүүрсийг эрчим хүч болон технологийн зориулалтаар үр ашигтай ашиглах, түүнчлэн пиролизын процессын оновчлол, реакторын загварчлалд суурь өгөгдөл болох чухал ач холбогдолтой юм.**

Түлхүүр үг: чулуун нүүрс, дулааны задрал, урвалын хурдны тогтмол, TSRM

I. УДИРТГАЛ

Өнөө үед доод ангиллын нүүрсийг шатааж эрчим хүч үйлдвэрлэхээс гадна ахуйн болон металлургийн зориулалттай хагас кокс гарган авах чиглэлээр өргөн хэрэглэж байна. Пиролиз, хийжүүлэлт, шингэрүүлэлт зэрэг нүүрсний гүн боловсруулалтын технологиудаар төрөл бүрийн химийн бүтээгдэхүүн, хий, шингэн түлш үйлдвэрлэдэг. Эдгээр бүх процессууд нь үндсэндээ термохимийн урвалын хувирлууд бөгөөд тэдгээрийн эхний шат нь пиролиз буюу дулааны задрал юм. Дулааны задрал нь нүүрсийг хүчилтөрөгчгүй эсвэл инертийн орчинд тасралтгүй халаах үед явагдах физикийн ба химийн урвалуудын нийлмэл процессыг багтаадаг.

Пиролизын процесс нь нүүрсний шинж чанар, температур, даралт, халаалтын хурд, хугацаа, ширхэглэлийн хэмжээ зэрэг технологийн параметрүүдээс ихээхэн хамаарна.Эдгээрээс температур нь пиролизын явцад үүсэх хий, давирхай болон хагас кокс зэрэг бүтээгдэхүүний гарцад хамгийн чухал нөлөө үзүүлдэг хүчин зүйл юм. Пиролизын кинетик параметрүүдийг нарийвчлалтай тодорхойлсноор нүүрсний гүн боловсруулалтын технологит дэгдэмхий бодисын агуулгыг тооцоолдог. Цаашлаад пиролизын явцад үүсэх дэгдэмхий бодисын гарц ба түүний найрлага нь дараагийн шатны хийжүүлэлт, шаталт зэрэг процессуудыг үнэлэхэд чухал ач холбогдолтой.

Нүүрсний физик, химийн бүтэц маш нарийн төвөгтэй тул дулааны задралын явцад олон төрлийн урвал зэрэгцэн явагддаг. Судлаач Saxena [1] нар нүүрсний пиролизын энэ нийлмэл үзэгдлийг дэлгэрэнгүй судалсан байдаг. Мөн Solomon [2], Van Heek, Howard [3] нар изотерм болон изотерм биш нөхцөлд хүрэн нүүрсний пиролизын урвалын механизм ба кинетикийг өргөн хүрээнд судалжээ. Solomon нарын судалгаанд пиролизын үед үүсэх хийн найрлага нүүрсний матриц дахь тодорхой функциональ бүлгүүдтэй шууд хамааралтай болохыг онцолжээ [4].

Дэгдэмхий бодисын ялгарах хурдны кинетик нь нүүрсний гүн боловсруулалт, ашиглалтын явцад түүний гарцыг үнэн зөв тооцоолох, мөн урвалын механизмыг тайлбарлах, реакторыг загварчлах ба түүний ажиллагааг оновчтой болгоход ач холбогдолтой. Бидний өмнөх судалгаанд Багануур, Шивээ-Овоо, Хөөт зэрэг ордуудын хүрэн нүүрсний пиролизыг изотерм нөхцөлд судлан хугацаанаас хамаарсан дэгдэмхий бодисын ялгаралтын өөрчлөлтийг тооцоолох нэгдүгээр эрэмбийн хоёр шаттай кинетикийн загварыг (TSRM) боловсруулсан [5]. Энэхүү кинетикийн загвар тогтмол температурт нийт дэгдэмхий бодисын үүсэх хурдыг хоёр мужид хуваадаг бөгөөд дэгдэмхий бодис бүрэн ялгарахад урвалын хугацаа нилээд шаардагддаг болохыг тогтоосон. Коксжих шинж чанартай нүүрсний нэг онцлог нь дулааны үйлчлэлд оруулахад эхлээд зөөлөрч бөөгнөрөх (агломерац), дараа нь хагас кокс үүсдэг. Түүнчлэн нүүрсжилтийн зэрэг, илчлэг, бат бөх чанарын хувьд хүрэн нүүрстэй харьцуулахад илүү байдаг.

Сүүлийн үед коксжих нүүрсний кинетикийн судалгааг изотерм биш температурт термогравиметрийн анализын (TGA) аргаар 5, 10, 20 К/мин гэсэн янз бүрийн халаалтын хурдтай явуулж кинетикийн параметрүүдийг KAS, OFW, Starink, Friedman зэрэг чөлөөт загварын аргуудаар тооцоолсон байна [6–8]. Эдгээр аргуудаар тооцоолсон идэвхжилийн энерги харьцангуй өндөр буюу 60-130 кЖ/моль байдаг.

Бид энэ судалгааны ажилд Могойн голын ордын чулуун нүүрсний дээжийн пиролизын туршилтыг хөдөлгөөнгүй давхаргат реакторт изотерм нөхцөлд 873-1173К температурын хязгаарт явуулж кинетикийн параметрүүдийг тооцоолов.

II. СУДАЛГААНЫ ОБЪЕКТ БА АРГА ЗҮЙ

1. *Судалгааны объект*

Судалгааны объектоор Могойн голын ордын чулуун нүүрсний дээжийг сонгон авсан. Туршилт хийхийн өмнө дээжийг бутлаж, нунтаглаад 105℃ температурт 24 цагийн турш урьдчилан хатаасны дараа <1 мм ширхэглэлтэй болтол шигшиж ангилсан. Дээжийн техникийн шинжилгээний үр дүнг 1-р хүснэгтэд үзүүлэв.

МОГОЙН ГОЛЫН ОРДЫН НҮҮРСНИЙ ТЕХНИКИЙН ШИНЖИЛГЭЭНИЙ ДҮН

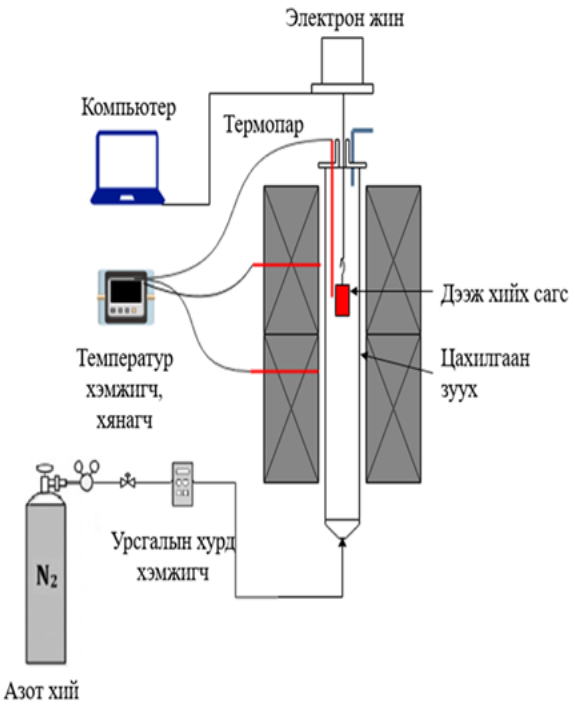
1-РХҮСНЭГТ

Дээж	Техникийн шинжилгээний үзүүлэлтүүд		
	A_d (%)	VM_d (%)	FC_d (%)
Могойн гол	7.0	34.0	59.0

Тайлбар: A-үнслэг, VM-дэгдэмхий бодис, FC-хатуу үлдэгдэл, d-хуурай масс.

2. *Туршилтын реактор*

Туршилт хийсэн реакторын бүдүүвчийг 1-р зураг үзүүлэв. Энэхүү реактор нь 80 см урттай, 3 см диаметртэй цилиндр хэлбэртэй, температурын хэмжилт ба хяналтын систем, электрон жин, хийн дээж авах хэсэг, инертийн хийн оролтын систем зэрэг үндсэн бүрэлдэхүүн хэсгүүдээс бүрдэнэ [5]. Туршилтын явцад зуухыг шаардлагын дагуу босоо чиглэлд дээш, доош шилжүүлдэг. Пиролизын процессын явцад дээжийн массын хорогдлыг хугацаанаас хамааруулан электрон жингээр тасралтгүй хэмждэг. Нүүрсний дээжийг кварцын хөвөнгөөр бүрхсэн торон сагсанд байрлуулж, уг сагсыг зуухны дээд хэсэгт байрласан электрон жинтэй холбоно. Дээжтэй торон сагсыг зуухны тэнхлэгийн төв хэсэгт байрлуулсан. Пиролиз эхлэх үед шаардлагатай температурт урьдчилан тохируулсан цахилгаан зуухыг дулааны тогтворжилт болон жингийн хэлбэлзлээс зайлсхийх зорилгоор хурдан хугацаанд дээш шилжүүлэн байрлуулдаг. Азотын урсгалын хурдыг тогтмол 1 см/сек байхаар тохируулав. Температурын өөрчлөлтөөс шалтгаалан үүсэх хийн хөвөх хүч жингийн хэмжилтэд үзүүлэх нөлөө нь эдгээр туршилтын нөхцөлд үл тооцохоор бага байв. Изотерм нөхцөлд хөдөлгөөнгүй давхаргат реакторт туршилт явуулахын тулд эхлээд зуухыг шаардлагатай температур хүртэл халааж, 15 минут өмнө азотын хийг нэвтрүүлнэ.



1-р зураг. Хөдөлгөөнгүй давхаргат реакторын бүдүүвч.

3. *Кинетикийн тооцоо*

Нүүрсний дулааны задралын урвал нь маш нарийн төвөгтэй процесс бөгөөд олон цуваа ба зэрэгцээ урвалууд явагддаг. Энэ судалгаанд нүүрсний пиролизын кинетикийн параметрүүдийг 1-р эрэмбийн хоёр шаттай цуваа урвалын загвар ашиглан (TSRM) тооцоолов. Нүүрсний дулааны задралыг 1-р мужид илэрхийлвэл дараах байдалтай болно.

Нүүрс→$X_{1\text{-р муж}}$ (хурдан массын өөрчлөлттэй VM) + (1−$X_{1\text{-р муж}}$)(удаан массын өөрчлөлттэй VM + хагас кокс)

Үүнд: X-нүүрсний дулааны задралын жингийн алдагдал буюу хувирлын зэрэг.

Хөдөлгөөнгүй давхаргат реакторын туршилтын өгөгдөлд үндэслэн нүүрсний пиролизын явц дахь t хугацааны агшинд хувирлын зэргийг дараах тэгшитгэлээр тодорхойлов.

$$X(t) = \frac{m_i - m_t}{m_i - m_\infty} \qquad (1)$$

Энд: m_i-пиролиз эхлэх үеийн дээжийн масс, m_t-t хугацааны агшинд харгалзах дээжийн масс, m_∞-урвал бүрэн явагдсаны дараах масс.

Нэгдүгээр эрэмбийн урвалаар пиролизын массын алдагдлын хурдыг дараах тэгшитгэлээр илэрхийлнэ.

$$\frac{dX_A}{dt} = k(T)(1 - X) \qquad (2)$$

Энд: k-урвалын хурдны тогтмол.

(2)-р тэгшитгэлийг интегралчилбал:

$$-\ln(1-X_A) = kt \qquad (3)$$ болно.

(3)-р тэгшитгэлээс $-\ln(1-X_A)$ ба хугацаа (t)-ны хооронд шугаман хамааралтай тул уг графикийн хазайлтаар урвалын хурдны тогтмол (k)-ыг тооцоолдог. 1-р мужид нийт дэгдэмхий бодисын 85% ялгардаг.

Харин 2-р мужийн хувьд

$(1-X_{,1\text{-р муж}})$(удаан массын өөрчлөлттэй VM+хагас кокс)→ $(X_{,1\text{ -р муж}} - X_{,2\text{-р муж}})$(удаан массын өөрчлөлттэй VM)+$(1- X_{,2\text{-р муж}})$(хагас кокс)

$X_{,\text{эцсийн }85\%} \leq X \leq X_{\text{эцсийн}}$

Энд: $X_{\text{эцсийн }85\%}$-нийт дэгдэмхий бодисын 85% ялгарч дуусах үеийн хувирлын зэрэг, $X_{\text{эцсийн}}$- нийт дэгдэмхий бодисын ялгарч дуусах үеийн хувирлын зэрэг, X-2-р мужид харгалзах хувирлын зэрэг.

1-р мужид харгалзах нийт дэгдэмхий бодисын 85% ялгарч дуусах үеийн хугацаа болон 2-р мужийн урвалын хурдны тогтмолыг тооцоолсноор пиролизын хувирлын зэргийг хугацаанаас хамааруулан тооцоолдог. Иймд (2)-р тэгшитгэлийг интегралчилбал:

$$-\ln\left[\frac{(1-X_A)}{(1-X_{A,\text{эцсийн }85\%})}\right] = k_2(t - t_{\text{эцсийн},85\%}) \qquad (4)$$

Энд: k_2-2-р мужийн урвалын хурдны тогтмол, $t_{\text{эцсийн},85\%}$-нийт дэгдэмхий бодисын 85% ялгарч дуусах үеийн хугацаа.

1 ба 2-р мужид температураас хамаарсан урвалын хурдны тогтмол (k)-ыг Аррениусын тэгшитгэлээр илэрхийлнэ.

$$k(T) = k_0 \exp\left(-\frac{E_a}{RT}\right) \qquad (5)$$

(5)-р тэгшитгэлийг логарифмчилбал:

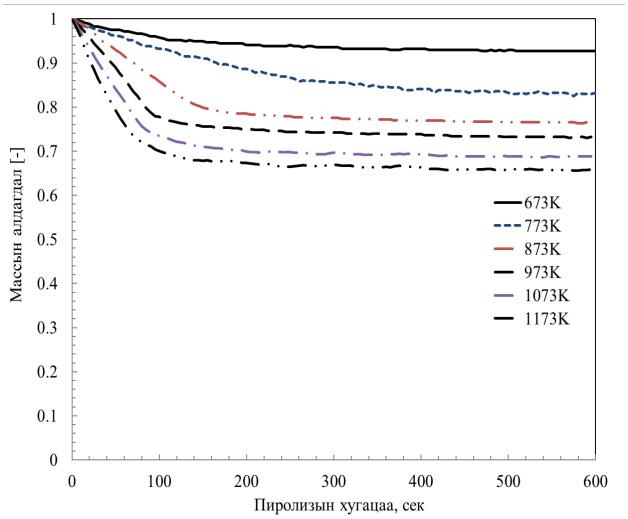
$$\ln k = \ln k_0 + \left(-\frac{E_a}{RT}\right) \qquad (6)$$

Энд: k_0 -эксфоненциалын фактор (сек$^{-1}$), E_a-идэвхжилийн энерги (кЖ·моль$^{-1}$), R-хийн нийтлэг тогтмол (Ж·моль$^{-1}$·К$^{-1}$), Т-температур (К).

III. СУДАЛГААНЫ ДҮН, ХЭЛЭЛЦҮҮЛЭГ

1. Нүүрсний пиролизын туршилтын үр дүн

Могойн голын ордын коксжих шинж чанартай чулуун нүүрсийг 673–1173К температурт азот хийн орчинд хөдөлгөөнгүй давхаргат реакторт пиролизын туршилт гүйцэтгэсэн. Тус ордын нүүрсний пиролизын процесс ойролцоогоор 723К температураас эрчимтэй эхэлж байв. Дээжийн пиролизын үеийн массын хорогдол ба хугацааны хамаарлыг 2-р зураг үзүүлэв.

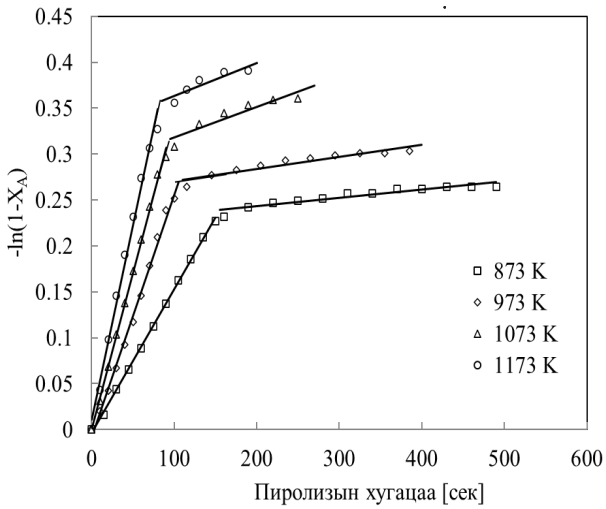


2-р зураг. Пиролизын массын алдагдал ба хугацааны хамаарал.

Туршилтын үр дүнгээс харахад 873К температурт 140 сек хүртэл хурдан массын өөрчлөлт явагдсан бол 450 сек хүртэл массын алдагдал аажмаар удааширч түүнээс цааш тогтмол болсон. 973К, 1073К, 1173К температурт нүүрсний дээжийн массын алдагдал харгалзан 105, 90, 80 сек хүртэл хурдан массын өөрчлөлттэй буюу эрчимтэй буурч байв. Харин дээрх температуруудад 385, 250, 190 сек хугацаанд массын алдагдал аажмаар удааширч, түүнээс цааш тогтворжсон.

2. Кинетик параметрүүдийг тооцоолсон дүн

2-р зурагт үзүүлсэн изотерм нөхцөлд хугацаанаас хамаарсан массын хорогдлын муруйг ашиглан $-\ln(1-X_A)$ ба t хамаарсан график байгуулсан. Уг шулууны тэгшитгэлийн хазайлт тухайн температурт харгалзах урвалын хурдны тогтмолтой (k) тэнцүү. 873-1173К температурт $-\ln(1-X_A)$ ба хугацаанаас хамаарах хамаарлыг 3-р зураг үзүүлэв. Тухайн температурт ялгарах дэгдэмхий бодисын үүсэх хурд хоёр шулууны тэгшитгэлд тохиромжтой байв.



3-р зураг. $-ln(1-X_A)$ ба хугацааны хамаарал.

Уг хамаарлаар 1-р ба 2-р мужийн шулуунуудын огтлолцож байгаа цэг нь нийт дэгдэмхий бодисын

85%-ийг ялгаруулдаг. Өөрөөр хэлбэл, тухайн температурт нийт дэгдэмхий бодисын 85%-ийг 1-р мужид ялгаруулж, үлдсэн 15%-ийг 2-р мужид үүсдэг. Энэ огтлолцлын цэгээс 1-р мужийн төгсгөл ба 2-р мужийн эхлэл үеийг тооцоолдог. 2-р зураг үзүүлснээр пиролизын 1-р мужид хурдан массын өөрчлөлттэй байгаа нь нүүрсний бүтэц дэх цагариг хоорондын C-C холбоо тасарч, чөлөөт радикалын урвалаас явагдаж байгаатай холбоотой юм. Явагдах ерөнхий урвалын механизмыг дараах байдлаар харуулав.

$$R–CH_2–R' \rightarrow R–R' + –CH_2$$

$$–CH_2+2H' \rightarrow CH_4$$

$$–OH+H' \rightarrow H_2O$$

2-р мужид удаан массын өөрчлөлттэй байх ба энэ үед полинуклейн ароматик нэгдлүүдийн диффуз болон конденсацын урвал явагдаж хагас кокс үүсч эхэлдэг.

Хагас кокс үүсэх урвалын механизм:

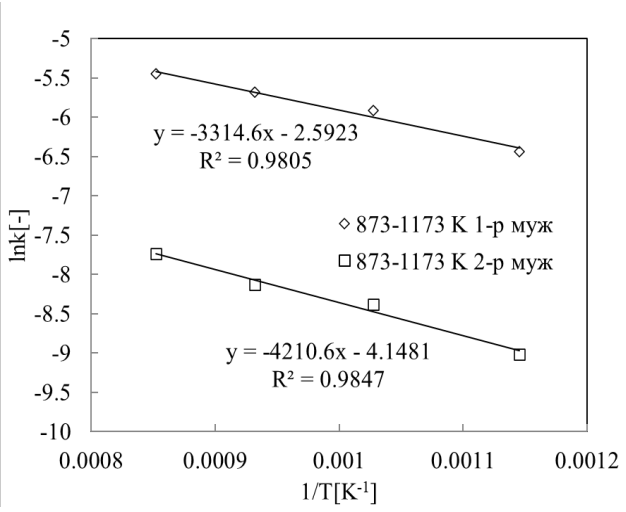
$$–R–CH_2+H' \rightarrow R–CH_3$$

Конденсацын урвалын механизм:

$$R_2OH + H_2R \rightarrow R_2R + H_2O$$

$$R_2H + H_2R' \rightarrow R_2R' \text{ (хагас кокс)} + H_2$$

873–1173К температурын нөхцөлд тодорхойлсон урвалын хурдны тогтмолын натурал логарифм (lnk) ба температурын урвуу утга (1/T) хоорондын хамаарлыг графикаар үзүүлэв (4-р зураг). Энэхүү хамаарлыг ашиглан пиролизын кинетикийн параметрүүд болох идэвхжилийн энерги (E_a) ба экспоненциал фактор (k_0)-ыг тус тус тодорхойлно. Аррениусын тэгшитгэлд үндэслэн lnk ба 1/T хоорондын хамаарлын шулууны тэгшитгэлийн хазайлт $–E_a/R$ утгатай тэнцүү, харин интерсефт нь lnk_0 буюу экспоненциал факторыг тооцоолов.



4-р зураг. Аррениусын байгуулалт.

Пиролизын процессын кинетик параметрүүдийг тооцоолон 2-р хүснэгтэд үзүүлэв.

ПИРОЛИЗЫН КИНЕТИКИЙН ПАРАМЕТРҮҮД

2-Р ХҮСНЭГТ

Дээж	1-р муж		2-р муж	
	E_a (кЖ/моль)	k_0 (1/сек)	E_a (кЖ/моль)	k_0 (1/сек)
Могойн гол	27.6	0.075	35.0	0.016

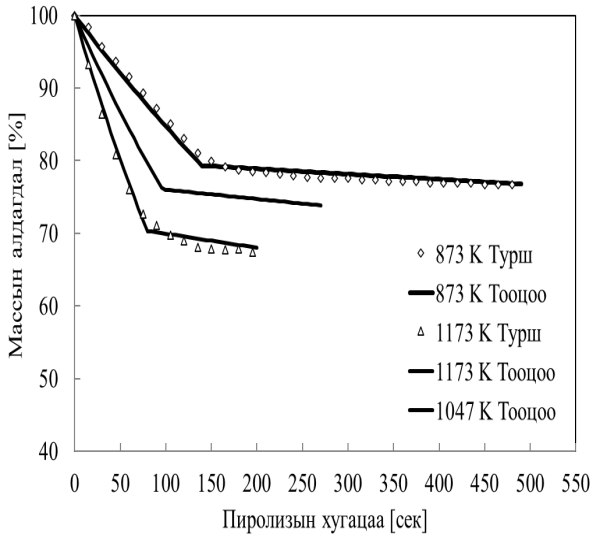
Кинетикийн параметрүүд тооцоолсон үр дүнгээс харахад 2-р мужид явагдаж буй урвалуудын идэвхжилийн энерги нь 1-р мужийн утгаас илүү өндөр утгатай байсан. Энэ нь тухайн хоёр мужид явагдаж буй химийн урвалын механизмтай холбоотой. Тодруулбал 1-р мужид харьцангуй сул холбоотой органик нэгдлүүдийн задралын урвалууд явагдаж байгаа бөгөөд эдгээр урвал нь харьцангуй бага идэвхжилийн энерги шаарддаг. Иймт төрлийн урвалуудад C–C болон C–H сул холбоонууд тасрах, хөнгөн молекулууд (ус, нүүрстөрөгчийн хий, бага молекул масстай органик нэгдлүүд гэх мэт) үүсэх зэрэг хамаарна. Харин 2-р мужид илүү өндөр идэвхжилийн энерги шаардагдах урвалууд давамгайлж байгаатай холбоотой. Үүнд полинуклейн ароматик нэгдлүүдийн үүсэл, тэдгээрийн харилцан диффуз, конденсацын урвалууд орно. Эдгээр урвалын үр дүнд молекулуудын хэмжээ томорч, илүү тогтвортой ароматик бүтэц үүсдэг. Энэ процесс нь эцэстээ хагас кокс үүсэх нөхцөл болдог. Хагас кокс үүсэх механизм нь өндөр идэвхжилийн энерги шаардах поликонденсац болон полимержих урвалуудын үр дүн юм.

Gao нар [9], Song нар [10] нүүрсний пиролизын процессыг <393К-т усгүйжих, 393-873К-т дэгдэмхий бодис ялгарах, >873К-т хагас кокс үүсэх гэсэн гурван үндсэн мужид хувааж кинетикийн параметрүүдийг тооцоолжээ. Дэгдэмхий бодисын ялгаралтын мужид идэвхжилийн энерги 29.4 кЖ/моль байгаа нь 1-р мужид үзүүлсэн идэвхжилийн энергитэй ойролцоо байгаа боловч эдгээр судалгааны дүнгүүд 2-р мужийг илэрхийлж чадахгүй.

3. Пиролизын процессын загварчлалын тооцоо

Нүүрсний пиролизын процессыг загварчлах нь зөвхөн дэгдэмхий бодисын хэмжээг тооцоолох төдийгүй цаашлаад хийжүүлэлт болон шатаалтын процессуудыг оновчтой загварчлахад чухал үүрэгтэй байдаг. Пиролизын кинетик параметрүүдийг ашиглан тухайн температурт массын хорогдлыг нарийвчлан тооцоолох боломжтой. Ингэснээр процессын явцыг илүү нарийвчлалтай тооцоолж, үр ашгийг дээшлүүлэх чухал ач холбогдолтой.

2-р хүснэгтэд тооцоолсон кинетик параметрүүдийг ашиглан туршилтын температурын хязгаарт хугацаанаас хамаарсан массын хорогдлыг загварчлав. Ингэхдээ 1-р эрэмбийн хоёр шаттай цуваа урвалын загвар ашиглан тооцоолов. 5-р зураг Могойн голын ордын нүүрсний пиролизын туршилтын ба тооцоолсон үр дүнг харьцуулан үзүүлэв. Кинетик параметрүүдийг ашиглан дэгдэмхий бодисыг тооцоолсон дүн нь туршилтын дүнтэй сайн тохирдог. Иймд пиролизын кинетикийн параметрүүдийг тодорхойлсон нэгдүгээр эрэмбийн хоёр шаттай загвар нь хугацаанаас хамаарсан дэгдэмхий бодисын агуулгыг илүү нарийвчлалтай тооцоолдог.



5-р зураг. Пиролизын процессын загварчлал.

ДҮГНЭЛТ

Могойн голын ордын коксжих нүүрсний пиролизын кинетикийн судалгааг изотерм нөхцөлд хөдөлгөөнгүй давхаргат реакторт явуулж дараах дүгнэлтүүдийг хийж байна. Үүнд:

1. Тус ордын нүүрсний техникийн шинжилгээний дүнгээс үзэхэд үнслэг харьцангуй бага (7%), хатуу үлдэгдлийн агуулга өндөр (59%), дэгдэмхий бодисын (34%) дундаж агуулгатай байгаа нь чулуун нүүрсний ангилалд хамаарч байна.
2. Пиролизын туршилтын үр дүнгээр 1-р эрэмбийн хоёр шаттай урвалын загварын ашиглан кинетикийн параметрүүдийг тодорхойлов. Эхний шат нь чөлөөт радикалын урвалаар явагдах хурдан массын алдагдалтай буюу энэ үед нийт дэгдэмхий бодисын 85% ялгардаг. Харин хоёр дахь шат нь конденсацын урвал болон хагас кокс үүсэхтэй холбоотой удаан массын алдагдлаар буюу нийт дэгдэмхий бодисын 15% үүссэнээр тодорхойлогдоно. Эхний ба хоёр дахь шатны кинетикийн тэгшитгэл харгалзан $k_1 = 7.5x10^{-2}\exp(-27600/RT)$ ба $k_2 = 1.6x10^{-2}\exp(-35000/RT)$ байсан.
3. Пиролизын туршилтын дүнг нэгдүгээр эрэмбийн хоёр шаттай цуваа урвалын загвараар (TSRM) боловсруулж кинетик параметрүүдийг 873–1173К температурт тодорхойлсон дүнг ашиглан дэгдэмхий бодисыг тооцоолоход туршилтын өгөгдөлтэй сайн нийцэж байсан.

АШИГЛАСАН МАТЕРИАЛ, НОМ ЗҮЙ

[1] Saxena SC. Devolatilization and combustion characteristics of coal particles. Prog Energy Combust Sci 1990;16:55–94.

[2] Solomon PR, Fletcher TH, Pugmire RJ. Progress in coal pyrolysis. Fuel 1993;72:587–97.

[3] Anthony DB, Howard JB. Coal devolatilization and hydrogastification. AIChE J 1976;22:625–56.

[4] Solomon PR, Hamblen DG, Carangelo RM, Deshpande MA, Serio VG. General model of coal devolatilization. Energy Fuels, 1988;2:405–22.

[5] Bayartsaikhan T, Kim HJ. A Method for Predicting the Amount of Volatile Matter Depending on Time of Pyrolysis Process of Low-Rank Coal. Energy & Fuels 2019;33:8118–25.

[6] Niu Z, Liu G, Yin H, Zhou C. Journal of Analytical and Applied Pyrolysis Devolatilization behaviour and pyrolysis kinetics of coking coal based on the evolution of functional groups. J Anal Appl Pyrolysis 2018:0–1.

[7] Yan J, Yang Q, Zhang L, Lei Z, Li Z, Wang Z, et al. Investigation of kinetic and thermodynamic parameters of coal pyrolysis with model-free fitting methods. Carbon Resour Convers 2020;3:173–81.

[8] Kuznetsov PN, Fetisova OY, Avid LIKB. Insight into the key kinetic steps in the pyrolysis of coking and non - coking coals , characterization of the pyrolysis products. Int J Coal Sci Technol 2023;9.

[9] Guo Z, Zhang L, Wang P, Liu H, Jia J, Fu X, et al. Study on kinetics of coal pyrolysis at different heating rates to produce hydrogen. Fuel Process Technol 2013;107:23–6.

[10] Song H, Liu G, Zhang J, Wu J. Pyrolysis characteristics and kinetics of low rank coals by TG-FTIR method. Fuel Process Technol 2017;156:454–60.

МОНГОЛ УЛСЫН ТӨМӨР ЗАМЫН ХӨДЛӨХ БҮРЭЛДЭХҮҮНИЙ ЗАСВАР, ҮЙЛЧИЛГЭЭ, ҮЙЛДВЭРЛЭЛИЙН ӨНӨӨГИЙН НӨХЦӨЛ БАЙДАЛ, ХҮРЭЛЦЭЭ, ХАНГАМЖ

Жанчивын **АЗЖАРГАЛ**

Монгол Улс, УБ хот, ШУТИС, Механик инженер тээврийн сургууль, Тээвэр логистикийн тэнхим

Холбогдох зохиогчийн и-мэйл хаяг: azjargal@must.edu.mn

***Хураангуй*: 2008 оноос Монгол Улсын төмөр замын тээврийн салбарт үндэсний компани байгуулах, бизнесийн шударга өрсөлдөөнийг бий болгох, төмөр замын салбарт зарцуулж буй зардал болон гадаадын зээл, тусламжаар орж ирсэн өмч хөрөнгийг зохистой ашиглах бодлого амжилттай хэрэгжиж, төмөр замын ачаа тээвэр, логистикийн бүтээмж хурдацтай нэмэгдэж байна. Ялангуяа 2021 оноос эхэлсэн Боомтын сэргэлтийн бодлогын хүрээнд хилийн боомтуудыг төмөр замаар холбох, төмөр замын сүлжээг шинэчлэн сайжруулах, шинэ төмөр зам байгуулах зэрэг 6 төсөл, хөтөлбөр амжилттай хэрэгжиж байна. Эдгээр бүтээн байгуулалт, төмөр замын тээврийн эрэлт, хэрэгцээг дагаж төмөр замын хөдлөх бүрэлдэхүүний тоо хэмжээ огцом нэмэгдсэн. Энэхүү судалгааны ажлаар төмөр замын хөдлөх бүрэлдэхүүний засвар, үйлчилгээний өнөөгийн нөхцөл байдал, хүрэлцээ, хангамж болон тулгамдаж буй асуудлыг илрүүлэх, манай улсад ачааны вагон үйлдвэрлэх чиглэлд хэрэгжиж буй төсөл, хөтөлбөрийн хэрэгжилтийн талаар нэгтгэж судалсан.**

Түлхүүр үг: Зүтгүүр, вагон, боомтын сэргэлт, засвар, үзлэг, стандарт

I. УДИРТГАЛ

2021 онд манай улсын засгийн газраас Шинэ сэргэлтийн бодлого боловсруулж батласан. Тус төслийн Боомтын сэргэлтийн бодлого хэсэгт хилийн зурвас дагасан боомтуудыг төмөр замын сүлжээнд бүрэн холбож, өрсөлдөх чадварыг дээшлүүлэх, ачаа тээврийн эргэлтийг сайжруулахаар тусгасан. Тус бодлогын хүрээнд төмөр замуудыг өөр хооронд нь холбох, төмөр замын нэгдсэн сүлжээг шинэчлэн сайжруулах, шинэ төмөр зам байгуулах, хилийн боомтуудын чадавхийг ихэсгэх, ачааны терминалыг өргөтгөн зохион байгуулах зэрэг 6 төсөл, хөтөлбөр хэрэгжиж байна [1]. Боомтын сэргэлтийн бодлого хэрэгжсэнээр ачаа болон зорчигч тээвэрлэх хүчин чадал нэмэгдэж, хөрш орнуудтай хийх худалдааны эргэлт сайжирч, тээвэр, логистикийн өрсөлдөх чадвар дээшлэх зэрэг олон давуу талуудтай (Зураг 1). Боомтын сэргэлтйн бодлого амжилттай хэрэгжиж байгаагийн үр дүнд Монгол улсын төмөр замын ачаа тээврийн хэмжээ эрс хурдацтай нэмэгдэж байна. 2025 онд төмөр замаар 38.95 сая тн ачаа тээвэрлэсэн бол 2030 онд 50.6 сая тн, 2040 онд 71 сая тн, 2050 онд 90.7 сая тн болж нэмэгдэх хандлагатай байна [2].

УБТЗ ХНН хоногт 11500 вагон тээх хүчин чадалтай. Гэвч УБТЗ ХНН болон хувийн хэвшлийн вагон нийт ачаа тээвэрт огт хүрэлцэхгүй байгаа тул төмөр замын ачаа тээврийн эрэлт, хэрэгцээг бүрэн хангаж чадахгүй байна. Ачааны вагон хүрэлцэхгүй байгаа тул хувийн компаниуд вагон худалдан авах нь ихсэж байна. Тухайлбал, Болдтөмөр Ерөө Гол ХХК анх 3000 вагон худалдан авч ашиглаж байгаа бол Монгол Алт, Биг Могул Коул Энд Энержи, Монполимет, Энержи РесурсРейл, Бодь Интернэшнл зэрэг компаниуд вагон худалдан авч төмөр замын тээвэрт хамтран оролцож байна.

2025 оны байдлаар манай улсад нийт 11243 ачааны вагон бүртгэлтэй байгаагаас 618 түрээсийн вагон ашиглаж байна [9-13]. Жил ирэх тусам нэмэгдэж буй төмөр замын тээврийн эрэлт, хэрэгцээний улмаас ачааны вагоны тоо эрс нэмэгдэж 2030 онд 21 мянган вагон, 2040 онд 31 мянган вагон, 2050 онд 39 мянган вагон шаардагдах тооцоо гарсан байдаг [3]. Иймд төмөр замын тээврийн аюулгүй байдал, тасралтгүй ажиллагааг бүрэн хангах үүднээс вагон, зүтгүүрийн засвар, үйлчилгээ, үйлдвэрлэлийн төвүүдийг шинээр нэмж байгуулах шаардлага тулгамдаж байна.

1-р зураг. Монгол улсын Боомтын сэргэлт [1]

Энэхүү судалгааны ажлын зорилго нь Монгол улсын төмөр замын тээврийн салбар хурдацтай хөгжиж байгаа өнөө үед хөдлөх бүрэлдэхүүний засвар, үйлчилгээ болон зүтгүүр, вагоны үндэсний үйлдвэрлэлийн түвшин, өнөөгийн нөхцөл байдал,

зах зээлийн эрэлт, хэрэгцээг хангаж байгаа эсэх, тулгамдаж буй асуудал, тэдгээрийг шийдвэрлэх арга замын талаар судалсан. Энэхүү зорилгыг хангахын тулд дараах зорилтуудыг дэвшүүлсэн.

– Төмөр замын хөдлөх бүрэлдэхүүний засвар, үйлчилгээний төрөл, ангилал
– Зүтгүүрийн засвар үйлчилгээний нөхцөл байдал
– Ачааны болон зорчигчийн вагоны засвар, үйлчилгээ, тулгамдаж буй асуудал
– Ачааны вагоныг монгол улсад үйлдвэрлэж буй төсөл, хөтөлбөрийн талаар нэгтгэж судлах

Судалгааны ажлыг чанартай, үр дүнтэй гүйцэтгэхийн тулд орчин үед хэрэглэж буй судалгааны дараах арга, аргачлал ашигласан.

– Судалгааны эмпирик аргууд, ажиглах, харьцуулан судлах, баримт материал цуглуулах
– Судалгаа, шинжилгээний задлан шинжлэх, синтезийн аргачлал
– Онолын түвшингээс тодорхой бодит байдалд харьцуулалт хийх аргачлал

Сэдвийн судлагдсан байдлыг авч үзэхэд төмөр замын хөдлөх бүрэлдэхүүний засвар, үйлчилгээ, үйлдвэрлэлийн чиглэлд хийсэн харьцуулсан судалгааны ажил хийгдээгүй орхигдсон байгаа нь энэхүү судалгааны ажлын шинэлэг тал болж байна.

II. ТӨМӨР ЗАМЫН ХӨДЛӨХ БҮРЭЛДЭХҮҮНИЙ ЗАСВАР, ҮЙЛЧИЛГЭЭНИЙ ТӨРӨЛ, АНГИЛАЛ

Манай улсад төмөр замын салбарт ашиглаж буй зүтгүүр, вагоны үзлэг, үйлчилгээ, засварыг Төмөр замын техник ашиглалтын журам, MNS 6466 Вагоны техникийн үзлэг, үйлчилгээ, засвар, MNS 6039 Илчит тэрэг-Техникийн ерөнхий шаардлага, MNS 6276 Төмөр замын ачааны вагон- Техникийн ерөнхий шаардлага, MNS 6312 Төмөр замын зорчигчийн вагон-Техникийн ерөнхий шаардлага, MNS 6500 Төмөр замын зорчигчийн вагоны техникийн нөөцийн үнэлгээ, Ерөнхий шаардлага зэрэг стандарт, дүрэм журмын дагуу хийдэг [4-8]. Зүтгүүр, вагоны ашиглалтын хугацаанд тэдгээрийн аюулгүй, бүрэн бүтэн байдал, найдвартай ажиллагааг хангахын тулд дараах төрлийн техникийн үзлэг, үйлчилгээ, засвар хийдэг.

1) Техникийн үзлэг, үйлчилгээ /ТУ-1, ТУ-2, ТУ-3, ТУ-4, ТУ-5/
2) Урсгал засвар /УЗ-1, УЗ-2, УЗ-3/
3) Дугуй салгахгүй засвар
4) Бага засвар /БЗ/
5) Дэд засвар (улирлын үзлэг)
6) Дунд засвар /ДЗ/
7) Их засвар /ИЗ-1, ИЗ-2/
8) Сэргээх их засвар /СИЗ/

Өртөөн дээр вагоны эд анги, зангилаа хэсгийн элэгдэл, гэмтэл гарсан эсэхийг шалгах, гэмтэлтэй тохиолдолд засварын хэмжээг тогтоож үзлэг хийх, зарим эд ангийн тохиргоо, тосолгоог Техникийн үзлэг, үйлчилгээ-1 /ТУ-1/-ээр, ачаа болон зорчигчийн вагоныг зуны эсвэл өвлийн тээвэрлэлтэнд бэлтгэх, засварын газарт техникийн актаар баримтжуулах ажлыг Техникийн үзлэг үйлчилгээ-2 /ТУ-2/-оор гүйцэтгэнэ. ТУ-1-ээр үзлэг хийхэд гэмтэлтэй болох нь тогтоогдсон вагоныг галт тэрэгнээс салгахгүйгээр Урсгал засвар /УЗ/-аар засварлана. ТУ-1 үзлэгээр вагоны гэмтэл тогтоогдвол, тухайн вагоныг галт тэрэгний бүрэлдэхүүнээс салгахгүйгээр УЗ-аар засварлах бөгөөд хэрэв энэ нь боломжгүй бол засварын ажлыг тусгай тоноглолтой зам ашиглаж, төлөвлөгөөт бус урсгал засвар /УЗ-1/ хийнэ. Вагоны ажиллах чадвар, ашиглалтын үеийн хэвийн байдлыг хэсэгчилэн сэргээх, дахин ашиглахын тулд тухайн вагоны эд анги, бүрдүүлэгч хэсгүүдийг дэс дараалан солих замаар Дунд засвар /ДЗ/ хийнэ. Харин вагоны ажиллах чадварыг бүрэн сэргээх, шинэчлэхийн тулд түүний эд анги, хэсгүүдийг иж бүрнээр нь солих Их засвар /ИЗ/ хийдэг. Вагоны Сэргээх их засвар /СИЗ/-аар вагоны ажиллах чадвар, ашиглалтын үеийн техникийн хэвийн нөхцөл байдлын сэргээх, тэдгээрийн эд анги, хэсгүүдийг бүрэн солих, шинэчлэх, ажлыг зохион байгуулж байна.

III. ЗҮТГҮҮРИЙН ЗАСВАР, ҮЙЛЧИЛГЭЭ

Монгол улсад ашиглаж буй бүх төрлийн зүтгүүрийн засвар, үйлчилгээний хувьд УБТЗ ХНН-ийн Зүтгүүрийн аж ахуй голлох үүрэг гүйцэтгэж байна. Тус зүтгүүрийн аж ахуй нь төмөр замын тээврийн хэрэгцээг хангах гол замын болон сэлгээний зүтгүүр, түүний ашиглалт, засвар үйлчилгээг хариуцан ажиллаж байгаа бөгөөд дараах татах хэсэг, депо, нэгжүүдээс бүрдэж байна [14-16].

– Улаанбаатар татах хэсэг
– Дархан татах хэсэг
– Сайншанд татах хэсэг
– Баянтүмэн тасгийн депо
– Сүхбаатар эргэх депо
– Замын-Үүд эргэх депо
– Зүтгүүрийн бригад солилцох цэгүүд
– Түлш агуулах зэхэлтийн аж ахуй
– Сэргээн босгох галт тэрэг

Улаанбаатар татах хэсэг нь өргөх засвар, бага засвар, техник үзлэг гэсэн үндсэн 3 хэсгээс бүрдэх бөгөөд илчит тэрэгний бүх төрлийн урсгал засвар УЗ-1, УЗ-2, УЗ-3 болон техник үйлчилгээ ТУ-2, ТУ-3, ТУ-4, ТУ-5б, ТУ-5в хийж гүйцэтгэдэг. Нэг жилд 9 илчит тэргэнд ДЗ, 30 илчит тэргэнд УЗ-3, 10 илчит тэргэнд УЗ-2, 107 илчит тэргэнд УЗ-1, 401 илчит тэргэнд ТУ-3, 10200 илчит тэргэнд ТУ-2 хийх хүчин чадалтай (Зураг 2).

2-р зураг. УБТЗ ХНН-ийн Улаанбаатар татах хэсэг

3-р зураг. Таван толгой төмөр зам ХХК-ийн зүтгүүрийн депо

Дархан татах хэсэг илчит тэрэгний УЗ-1, ТУ-2, ТУ-3, ТУ-4 төрлийн засвар үйлчилгээг хийж гүйцэтгэдэг. Нэг жилд 6 илчит тэргэнд УЗ-3, 69 илчит тэргэнд УЗ-1, 204 илчит тэргэнд ТУ-3, 3200 илчит тэргэнд ТУ-2 хийх хүчин чадалтай ажиллаж байна. Сайншанд татах хэсэг илчит тэрэгний УЗ-2, УЗ-1, ТУ-3, ТУ-2, ТУ-4 төрлийн засвар үйлчилгээг хийж гүйцэтгэдэг. Жилдээ 4 илчит тэргэнд УЗ-2, 180 илчит тэргэнд УЗ-1, 250 илчит тэргэнд ТУ-3, 5000 илчит тэргэнд ТУ-2 хийх хүчин чадалтай. УБТЗ ХНН-ийн зүгээс Дархан, Сайншанд татах хэсгийг хүчжүүлэх, хөгжүүлэх, үйл ажиллагааг өргөтгөхөөр төлөвлөж байна. Тухайлбал, Дархан татах хэсэгт УЗ-2, УЗ-3 засвар хийх боломжтой болгож өргөтгөх, Сайншанд татах хэсэгт гол замын 2ТЭ116УМ серийн илчит тэрэгний сэргээх засвар хийхийн тулд цахилгаан машины цех, завод засварын депо барьж өргөтгөх төлөвлөгөөтэй ажиллаж байна.

Сүхбаатар эргэлтийн депод илчит тэрэгний ТУ-2 үйлчилгээ хийдэг. Жилд 2190 илчит тэргэнд ТУ-2 хийх хүчин чадалтай. Замын-Үүд депо жилд 11 зүтгүүрт УЗ-1, 65 зүтгүүрт ТУ-3, 5000 зүтгүүрт ТУ-2 хийх хүчин чадалтай. Баянтүмэнгийн депод зүтгүүрийн техникийн үйлчилгээ ТУ-2 болон ТУ-4 хийдэг. Жилд 100 зүтгүүрт ТУ-2, 6 зүтгүүрт ТУ-4 хийх хүчин чадалтай.

2024 онд Монгол Улсад анх удаа Тавантолгой болон Гашуунсухайтын төмөр замын төслийн хүрээнд Өмнөговь аймгийн Цогтцэций суманд Зүтгүүрийн депог барьж ашиглалтад оруулсан (Зураг 3). Тус зүтгүүрийн депо нь зүтгүүрийн засвар болон үйлчилгээ хийх зориулалттай 34 машин механизм, тоног төхөөрөмж, 112 багажаар тоноглогдсон байна. Зүтгүүрийн депо нийт 2125 м^2 талбайтай, 9 үндсэн цех, 12 туслах цехтэй, үзлэгийн 3 замтай бөгөөд 6 зүтгүүрт нэгэн зэрэг засвар, үйлчилгээ хийх боломжтой. Тавантолгой-Гашуунсухайт чиглэлийн төмөр замд АНУ-ын SD70ACe/LW загварын 16 зүтгүүр, сэлгээний 2GS16C загварын 1 зүтгүүрээр тээвэрлэлтийг хийж гүйцэтгэж байна.

IV. АЧААНЫ БОЛОН ЗОРЧИГЧИЙН ВАГОНЫ ЗАСВАР, ҮЙЛЧИЛГЭЭ

Монгол улсад ашиглаж буй ачааны болон зорчигчийн вагоны засвар, үйлчилгээний чиглэлд нилээд хэдэн төсөл, хөтөлбөр амжилттай хэрэгжиж үйл ажиллагаа явуулж байна. Энэ салбарт УБТЗ ХНН-ийн вагоны аж ахуй томоохон үүрэг гүйцэтгэж байгаа бөгөөд сүүлийн жилүүдэд нийгмийн хэрэгцээ шаардлага, зах зээлийн эрэлтээс үүдэж Таван толгой төмөр зам ХХК, Монголын төмөр зам ТӨХК, Болд төмөр ерөө гол (БТЕГ) ХХК зэрэг төр, хувийн хэвшлийн байгууллагууд хамтран оролцож байна. УБТЗ ХНН-ийн Зүүнхараагийн вагон депод ачааны /хагас, тавцант, битүү, цистерн, дозатор, думпкар, хоппер/ вагоны хос дугуй, тэргэнцэрийн засвар, үйлчилгээ, техник оношлогоо хийх, аюулгүй байдлыг хангах ажлыг хийж гүйцэтгэж байна (Зураг 4). УБТЗ ХНН-ийн Зүүнхараагийн вагон депо сүүлийн 20 жилд 35000 ачааны вагонд дунд засвар, 2810 вагонд их засвар, нийт 46000 ачааны вагоны хугацаат засварын ажлыг гүйцэтгэсэн. Санхүүгийн бие даасан боломж муу, орлогын бүрэн эх үүсвэр дутагдах, зардал чирэгдэл ихтэй байдгаас болж, вагоны засварт шаардлагатай үнэ, өртөг ихтэй сэлбэг хэрэгслийг худалдаж авах боломж улам бүр хомсдож байна. Үүний улмаас вагоны засвар хойшилж, төмөр замын ачаа тээвэр хүлээгдэх байдал үүсдэг.

4-р зураг. УБТЗ ХНН-ийн Зүүнхараагийн вагон депо

2019 онд Ерөө сумын Хандгайт өртөөнд ачааны вагон засварын депог БТЕГ ХХК нээсэн.

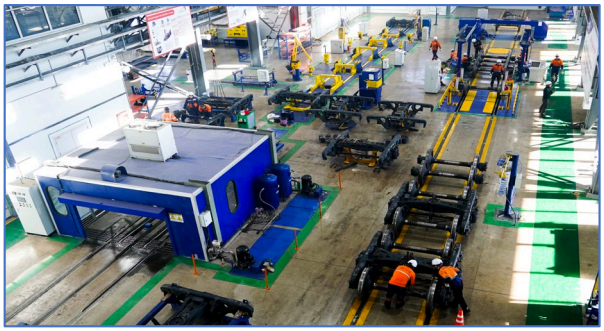
БТЕГ ХХК 3000 орчим вагон ашигладаг бөгөөд эдгээр вагоны засвар, үйлчилгээг тус депо хариуцан ажилладаг. Хандгайт вагоны депод өдөрт 3 вагон буюу жилд 1000 вагон засварлах хүчин чадалтай. Тус депо үндсэн 6 тасагтай бөгөөд засварын тасагт өдөрт гурван вагон, нэг жилд зуу гаруй ачааны вагонд дунд болон их засвар хийдэг (Зураг 5).

5-р зураг 8. БТЕГ ХХК-ийн вагон депо

2023 онд Тавантолгой төмөр зам ХХК-ийн Гашуунсухайтын депод хөдлөх бүрэлдэхүүний засвар үйлчилгээ хийхэд бэлэн болсон байна (Зураг 6). Тус депод вагон, зүтгүүрээс гадна төмөр замын тусгай зориулалтын машин, механизмын засвар, үйлчилгээ үзүүлдэг. Гашуунсухайт засварын төв гучин хоёр төрлийн машин, тоног төхөөрөмж ашигладаг ба 1000 м^3 эзэлхүүнтэй сав бүхий түлш зэхэлтийн байгууламж ажиллаж байна.

6-р зураг. Таван толгой төмөр зам ХХК-ийн Гашуунсухайт депо

2024 онд Өмнөговь аймгийн Цогтцэций суманд Таван толгой төмөр зам ХХК-ийн вагоны депо ашиглалтанд орсон (Зураг 7). Уг засварын төв өдөрт 6 вагон буюу жилд 1300-аас 1500 вагонд их засвар, дунд засвар хийж, 3800 тэргэнцэр, 12000 гаруй эд ангийг оношилж, засварлах боломжтой. Таван толгой төмөр зам ХХК нийт 4 төрлийн 811 вагоныг ОХУ-ын Тихвины вагоны үйлдвэрээс, 1 ширхэг GCY 300 моторт зорчигчийн вагоныг БНХАУ-аас хүлээн авч ашиглаж байна. Цогтцэций вагон засварын депо Монгол улсдаа хамгийн орчин үеийн тоног төхөөрөмжөөр тоноглогдсон бөгөөд дараах 4 үндсэн цех, 6 тасагтай, засварын 2 замтай үйл ажиллагаа явуулж байна.



7-р зураг. Таван толгой төмөр зам ХХК-ийн вагон депо

Зүтгүүр болон вагоны засвар, үйлчилгээний өнөөгийн нөхцөл байдал, хүчин чадлыг Хүснэгт 1-д нэгтгэж үзүүлэв. Манай улсад зүтгүүр, вагоны техник үйлчилгээ, урсгал болон дунд засварын ажлыг боломжийн түвшинд хийж гүйцэтгэж байгаа боловч их засвар, сэргээх их засварын ажлыг бүрэн хийх боломжгүй тул ОХУ, БНХАУ болон бусад улсад их хэмжээний төлбөр төлж хийлгэж байна. Одоо ашиглаж буй 15 мянга гаруй ачааны вагоны засвар, үйлчилгээг бүрэн хэрэгжүүлэхийн тулд одоо ашиглаж буй засварын газрын хүчин чадал хүрэлцэхгүй байгаа тул цаашид нэмж 2 депо байгуулах шаардлагатай болж байна.

ЗҮТГҮҮР, ВАГОНЫ ЗАСВАР, ҮЙЛЧИЛГЭЭНИЙ ТӨРӨЛ, ХҮЧИН ЧАДАЛ, ТОО

1-Р ХҮСНЭГТ

Засвар, үйлчилгээний төрөл	УБ	Дархан	Сайншанд	Баянтүмэн	Сүхбаатар	Зүүнхараа	Хандгайт	Цогтцэций
ТҮ-1, ТҮ-2, ТҮ-3, ТҮ-4, ТҮ-5	10601	3404	5250	106	7255			
Урсгал засвар УЗ-1	107	69	180		11			
Урсгал засвар УЗ-2	10		4			2300	1000	
Урсгал засвар УЗ-3	30	6						
Дунд засвар /ДЗ/	9					1750		
Их засвар /ИЗ-1, ИЗ-2/						140	100	1500
Сэргээх их засвар /СИЗ/								

V. АЧААНЫ ВАГОНЫ ЗАСВАР, ҮЙЛЧИЛГЭЭНД ТУЛГАМДАЖ БУЙ АСУУДАЛ

2010 оноос эхлэн төмөр замын тээврийн үйл ажиллагаанд УБТЗ ХНН-ээс гадна хувийн хэвшил,

аж ахуйн нэгжүүдийн бусад вагонууд оролцох болсон. Гэвч эдгээр вагоны техникийн аюулгүй, бүрэн бүтэн байдал болон засвар, үйлчилгээний ажилд тухайн вагон эзэмшигч байгууллагын зүгээс анхаарал тавихгүй орхигдуулах нь их болж байна.

БНХАУ-д үйлдвэрлэсэн ачааны вагоны үзлэг, засварыг стандартад заасны дагуу сайтар төлөвлөж, тогтмол хийх шаардлага тулгарч байна. Монгол улсын стандартад заагдаагүй хос дугуй, тэргэнцэртэй ачааны вагоныг тээвэрт явуулсаар байгаа нь хөдөлгөөний аюулгүй байдлыг алдагдуулж, томоохон эрсдэл үүсгэж байна. Тухайлбал, 2013 онд 2803-р галт тэрэгний БНХАУ-д үйлдвэрлэсэн вагоны дөрвөн дугуй гацсаны улмаас чирэг үүсч, бүрэлдэхүүнээс салсан тохиолдол гарсан. Эдгээр вагонууд 2010 оны 6 сард үйлдвэрлэсэн боловч техникийн үзлэгт огт ороогүй явж байсан нь илэрсэн. Вагоны авто дэглэм гэмтэсний улмаас, агаар хуваарилагчаас ирсэн шахсан агаарыг хязгаарлах боломжгүй байсан тул тоормосны цилиндрт их хэмжээний хий хуримтлагдаж, даралт өссөнөөр хос дугуйн тоормос гацсан байна.

БНХАУ-ын ЕС-70 вагоны тоормосны системийн эд ангиудыг ОХУ-аас худалдан авсан гэж гэж техникийн баримтад дурьдсан байдаг ч авто дэглэмд үйлдвэрлэсэн газрын таних тэмдэг, тэмдэглэгээ байхгүй асуудал гарсан. ЕС-70 вагоны тоормосын гол хоолойн хэсэгт төгсгөлийн кранаар агаар алдагдаж байсан тул шинээр солих шаардлага үүсдэг байна. БНХАУ-д үйлдвэрлэсэн вагоны тоормосны шахавч амархан хугарч унаад хөдөлгөөний үед галт тэрэгний дугуйн дор унаж галт тэрэг замаас гаргах эрсдэл үүсгэдэг тул ОХУ-д үйлдвэрлэсэн шахавчаар сольдог.

VI. АЧААНЫ ВАГОНЫ ҮЙЛДВЭРЛЭЛ

Монгол улсад төмөр замын тээврийн салбар үүссэн цагаас хойш ачааны вагоныг зөвхөн ОХУ-аас худалдан авч хэрэглэдэг байсан. 2013 онд УБТЗ ХНН-ийн инженерүүд вагоныг дотооддоо үйлдвэрлэх талаар анхны санаачлага гаргасан. 2017 онд Монголын төмөр зам ТӨХК-аас тусгайлан баг томилон ажиллуулж "Ачааны вагоны үйлдвэр" төслийн урьдчилсан ТЭЗҮ боловсруулсан. Төслийн хүрээнд ачааны вагоны гадаад зах зээлийн судалгаа, үнийн өрсөлдөөн, вагоны загвар дизайн, патент, хууль эрх зүйн асуудал болон технологийн шийдэл дээр тодорхой болгох зарим чухал асуудал орхигдсон байна. Энэ баримт бичгийн дагуу Зам тээвэр хөгжлийн сайдын тушаал гарч ажлын хэсэг байгуулж, ачааны вагон үйлдвэрлэлийг хөгжүүлэх чиглэлд ажилласан боловч хөрөнгө санхүүжилтийг шийдвэрлэж чадаагүй тул төсөл хэрэгжилгүй орхигдсон.

2016 оноос Монгол улсын Засгийн газар төмөр замын салбарт төр болон хувийн хэвшлийн хамтын ажиллагааг сайжруулах, дотоодын үйлдвэрлэлийг хөгжүүлэх, ажлын байрыг ихэсгэх бодлого баримталж ирсэн. Энэ ажлын хүрээнд хэд хэдэн төсөл хэрэгжиж, Монгол улсад ачааны вагон угсрах ажил яригдаж эхэлсэн. Тухайлбал, Зам Тээврийн Яамнаас санаачлага гарган УБТЗ ХНН-тэй хамтарч Монгол улсад анх удаа ачааны вагон угсрах ажлыг эхлүүлж, 2017 онд Зүүнхараагийн депод “Ачааны вагон угсрах цех” байгуулсан (Зураг 8). Эхний ээлжид 5 ачааны хагас вагон угсарч, тээвэрт хүлээлгэн өгсөн байна. ОХУ-ын ачааны вагон 80-аас 100 мянган ам.доллар, БНХАУ-ын вагон дунджаар 79 мянган ам.долларын үнэтэй байдаг. Харин манай улсад угсарсан вагон ердөө 35 мянган ам.доллар өртөгтэй гарч байгаа тул эдийн засгийн өндөр үр ашиг хүртэх боломж нээлттэй байна.

8-р зураг. УБТЗ ХНН-ийн угсарсан хагас ачааны вагон

2020 онд “Кэй Эйч Эм Зэт Фактор” (KHMZ) ХХК санаачлан Монголд анх удаа 1 жилд 1000 ачааны хагас вагон угсрах хүчин чадалтай үйлдвэр байгуулах төсөл хэрэгжүүлж эхэлсэн. Тус төслөөр эхний ээлжинд 10 ачааны хагас вагоныг үйлдвэрлэхээр шийдвэрлэсэн. 2024 онд эхний 1 вагоныг УБТЗ ХНН-тэй хамтарч угсарч дуусгасан (Зураг 9). Тус төсөл хэрэгжсэнээр импортын вагоноос 10-15% хямд үнэтэй вагон үйлдвэрлэж, валютын гадагш урсгалыг бууруулах боломж бүрдэж байна.

9-р зураг. “Кэй Эйч Эм Зэт Фактору” ХХК-ийн үйлдвэрлэсэн хагас вагон

2021 онд Монголын төмөр зам ТӨХК жилд 1000 ачааны вагон үйлдвэрлэх, 1500 ачааны вагон засварлах хүчин чадалтай ТЭЗҮ боловсруулан батлуулсан. Төслийн эхний шатанд ачааны хагас

вагон, чингэлэг тээврийн тавцант вагон, контейнер вагон болон 20, 40 тн-ын контейнер үйлдвэрлэхээр төлөвлөсөн. Тус үйлдвэрлэлийн эцсийн бүтээгдэхүүн болох ачааны нэг вагоны зах зээлд худалдаалах үнийг 63-81.4 мянган ам.доллар байхаар тооцоолсон. Гэвч одоо хүртэл үйлдвэрийн барилгын ажил эхэлж, бодит байдал дээр төсөл хэрэгжиж эхлээгүй байна.

2024 онд Зам, Тээврийн Яам, Эрдэнэт Үйлдвэр ТӨҮГ хамтарч "Эрдэнэт машин цогцолбор" байгуулах ТЭЗҮ баталсан. Тус цогцолбор ашиглалтад орвол 1100 орчим ажлын байр шинээр үүсч, Монгол Улсын төмөр замын ачаа тээврийн хэмжээг нэмэгдүүлж, дотоодын вагоны эрэлт хэрэгцээний тал хувийг хангах боломж бүрдэнэ. Эрдэнэт машин цогцолборт нэг жилд 500 ачааны хагас вагон, бага оврын ачааны 10000 автомашин, 500 автобус үйлдвэрлэхээр төлөвлөсөн боловч одоогийн байдлаар тус төсөл бодит ажил болж эхлээгүй байна.

Дүгнэлт

1). Манай улсад ашиглаж буй зүтгүүрийн техник үйлчилгээ, урсгал засвар, бага, болон дунд засварыг тодорхой түвшинд хийж байгаа боловч эд анги, сэлбэг хэрэгслийн нийлүүлэлт хангалтгүй, санхүүгийн бэрхшээл үүсдэгээс болж засварын ажил удаашрах асуудал тулгамдсан хэвээр байна. Тиймээс орчин үеийн тоног төхөөрөмж, суурь машин, багаж хэрэгсэл, оношлогооны иж бүрэн хэрэгсэлтэй, зүтгүүрийн засвар, үйлчилгээний цогцолбор, депо шинээр байгуулах эрэлт, хэрэгцээ үүссэн байна.

2). Зүтгүүрийн сэргээх их засварыг тухайн зүтгүүрийг үйлдвэрлэсэн улсад шилжүүлэн өгч хийлгэж байна. Манай улсад зүтгүүрийн их засвар хийх боломж бүрдүүлэх, энэ чиглэлд мэргэшсэн тусгай депо байгуулах боломжтой.

3). 2024 оны байдлаар манай улсад 15 мянга гаруй ачааны вагон бүртгэлтэй байгаа бөгөөд эдгээр вагоны засвар, үйлчилгээг төр, хувийн хэвшлийн вагон засварын төвүүд хамтран гүйцэтгэж байгаа боловч эдгээр засварын төвүүдийн хүчин чадал огт хүрэлцэхгүй байна. Вагоны үзлэг, үйлчилгээ, засварын ажил орхигдож, төмөр замын тээврийн аюулгүй байдалд өндөр эрсдэл учруулж байгаа тул вагон засварын төвийн тоог нэмэх зайлшгүй шаардлага үүссэн байна.

4). Монгол улсад ачааны вагон үйлдвэрлэлийн чиглэлд хэд хэдэн төсөл, хөтөлбөр хэрэгжсэн боловч туршилтын байдлаар жилд 5 вагон угсарснаас өөр амжилттай хэрэгжсэн төсөл байхгүй тул ачааны вагоныг гаднаас өндөр үнээр худалдан авах эсвэл хуучин вагон түрээсэлж ашиглах байдал үргэлжилж, их хэмжээний валют гадагш алдсан хэвээр байна.

Ашигласан материал, ном зүй

[1] Монгол улсын Шинэ сэргэлтийн бодлого, Боомтын сэргэлт, 2021

[2] Монгол-Орос-Хятадын эдийн засгийн коридорын хэсэг УБТЗ-ын төв шугамыг шинэчлэн хөгжүүлэх ТЭЗҮ, 2024

[3] Төрөөс төмөр замын талаар баримтлах бодлого, 2010, https://legalinfo.mn/mn/detail?lawId=16231264680181&showType=1

[4] MNS 6466, Вагоны техникийн үзлэг, үйлчилгээ, засвар

[5] MNS 6039, Илчит тэрэг-Техникийн ерөнхий шаардлага,

[6] MNS 6276, Төмөр замын ачааны вагон- Техникийн ерөнхий шаардлага

[7] MNS 6312, Төмөр замын зорчигчийн вагон-Техникийн ерөнхий шаардлага

[8] MNS 6500, Төмөр замын зорчигчийн вагоны техникийн нөөцийн үнэлгээ, Ерөнхий шаардлага

[9] Зам, Тээврийн салбарын статистик мэдээ, 2022

[10] Зам, Тээврийн салбарын статистик мэдээ, 2023

[11] Зам, Тээврийн салбарын статистик мэдээ, 2024

[12] Зам, Тээврийн салбарын статистик мэдээ, 2025

[13] Үндэсний статистикийн хороо, Төмөр замын тээврийн үндсэн үзүүлэлт, 1212.mn

[14] УБТЗ ХНН-ийн харьяа алба, хэлтэс, тасаг, төвүүдийн 2023 оны үйл ажиллагааны төлөвлөгөөний биелэлтэд хийсэн хяналт-шинжилгээ, үнэлгээний тайлан

[15] УБТЗ ХНН-ийн харьяа алба, хэлтэс, тасаг, төвүүдийн 2024 оны үйл ажиллагааны төлөвлөгөөний биелэлтэд хийсэн хяналт-шинжилгээ, үнэлгээний тайлан

[16] УБТЗ ХНН-ийн гүйцэтгэлийн төлөвлөгөөний биелэлтийн тайлан 2025

[17] Монголын Төмөр Зам ТӨХК-ийн 2022 оны үйл ажиллагааны тайлан, 2022

[18] Монголын Төмөр Зам ТӨХК-ийн 2023 оны үйл ажиллагааны тайлан, 2023

[19] Монголын Төмөр Зам ТӨХК-ийн 2024 оны үйл ажиллагааны тайлан, 2024

.

МОНГОЛ ХЭЛНИЙ ҮГИЙН АЛДАА ШАЛГАГЧ ПРОГРАММЫН АЛДААТАЙ ҮГИЙН ЗӨВ БИЧЛЭГИЙГ ТООЦОХ ЛЕВЕНШТЕЙНИЙ ЗАЙД СУУРИЛСАН АЛГОРИТМЫН СУДАЛГАА

Доржготовын БАТМӨНХ[1]

[1]Монгол Улс, Улаанбаатар, ШУТИС, Мэдээлэл холбооны технологийн сургууль, Компьютерын ухааны салбар

Холбоо барих зохиогчийн имэйл хаяг: batmunkh.d@must.edu.mn[1]

Хураангуй: **Энэхүү судалгааны ажлаар Hunspell программын монгол хэлний зөв үг санал болгох (suggest) алгоритмын хязгаарлалтыг гийгүүлэгч болон эгшиг үсгийн алдааны төвшинд нарийвчлан шинжиллээ. Судалгааны хүрээнд монгол хэлний affix файлын 4101 REP (replacement) орлуулах дүрмийг ангилахад эгшигтэй холбоотой дүрэм 47.4%-ийг эзэлж байгаа бол гийгүүлэгчтэй холбоотой дүрэм ердөө 1.2% байгааг тогтоов (харьцаа 1:39). Туршилтын үр дүнгээс харахад эгшиг үсгийн алдааг REP дүрмээр нөхөн засаж чаддаг тул санал болгох чадвар харьцангуй өндөр (4 үсгийн алдаанд 62.4%) хэвээр байгаа бол, гийгүүлэгч голдуу 4 ба түүнээс дээш үсгийн алдааны хувьд Hunspell-ийн зөв хувилал санал болгох чадвар 5.4% хүртэл огцом буурч байгаа нь Левенштейний зайн босго утга болон REP дүрмийн хязгаарлагдмал байдалтай шууд холбоотой байна. Энэхүү хязгаарлалт нь ялангуяа гадаад үг хэллэг болон OCR (Дүрс танигч)-оор таниулсан бичвэрийг засахад гол саад болж байгааг харуулж, цаашид "Жинлэсэн Левенштейний зай" (Weighted Levenshtein Distance) ашиглах боломжит чиглэлийг *тодорхойлов.***

Түлхүүр үг: Левенштейний зай, гийгүүлэгч үсгийн алдаа, REP дүрэм, OCR алдаа засалт, залгамал хэл

I. Удиртгал

Эх хэлний боловсруулалт (Natural Language Processing, NLP) нь хиймэл оюуны салбарын нэг чухал чиглэл бөгөөд хэлний өгөгдлийг компьютероор боловсруулах, ойлгох, үүсгэх зорилготой [5]. Энэ салбарын нэг үндсэн бүрэлдэхүүн хэсэг нь үгийн алдаа шалгах болон засах систем юм. Hunspell нь нээлттэй эх бүхий хамгийн түгээмэл программ боловч монгол хэл мэтийн залгамал (agglutinative) бүтэцтэй хэлний хувьд үгийн урт болон гийгүүлэгчийн дараалал нь алгоритмын үр ашигт нөлөөлдөг [3].

Hunspell нь алдаатай үгийн зөв хувиллыг санал болгохдоо хоёр үндсэн аргыг ашигладаг: (1) Левенштейний засварлах зайн алгоритмаар хамгийн ойр үгийг хайх [1], (2) affix файлд тодорхойлсон REP (replacement) орлуулах дүрмээр алдааны загварыг таньж засах [3].

Левенштейний зайн алгоритмыг 1965 онд Владимир Левенштейн анх боловсруулсан бөгөөд хоёр тэмдэгт мөрийг хооронд нь хувиргахад шаардагдах нэмэх (insertion), устгах (deletion), орлуулах (substitution) гэсэн гурван үйлдлийн хамгийн бага тоог тодорхойлдог [1]. Гэвч Hunspell-ийн босго утга нь бодит амьдрал дээрх OCR-ийн сарнил (noise) болон гадаад үгсийн алдааг нөхөн засахад хангалтгүй байгаа нь энэхүү судалгааны үндэслэл болсон.

Энэхүү судалгаанд бид Hunspell-ийн санал болгох алгоритмын хязгаарлалтыг монгол хэлний хүрээнд REP дүрмийн бүтцийн тэнцвэргүй байдлыг шинжлэхэд чиглэв.

II. Холбогдох судалгааны тойм

Үгийн алдааг автоматаар засах техникийн судалгаа нь 1960-аад оноос эхлэлтэй бөгөөд олон төрлийн алгоритм боловсруулагдсан байдаг [7], [10]. Засварлах зайд суурилсан аргууд нь Түрк, Финланд зэрэг залгамал хэлнүүдэд өргөн судлагдсан. Эдгээр хэлний хувьд Hunspell-ийн affix дүрмүүд нь морфологийн хувилбаруудыг үүсгэхэд маш үр дүнтэй боловч санал болгох үйлдэл нь тэмдэгт бүрд ижил жин (unit cost) оноодог тул учир дутагдалтай гэж үздэг [3], [6]. Левенштейний зайнаас гадна Дамерау-Левенштейний зай нь зэргэлдээ хоёр тэмдэгтийг солих (transposition) үйлдлийг нэмж тооцдог бөгөөд бодит алдааны нөхцөл байдалд илүү тохиромжтой байдаг [2].

Hunspell-ийн suggest функц нь зөвхөн Левенштейний зайд тулгуурлахаас гадна affix файлд тодорхойлсон REP дүрмийг мөн ашигладаг [3]. REP дүрэм нь тухайн хэлний нийтлэг алдааны хэв маягийг урьдчилан тодорхойлж, тэмдэгт мөрийн орлуулалтаар зөв хувилбарыг олох боломжийг олгодог бөгөөд энэ нь хайлтын хүрээг хумихгүйгээр үр дүнг сайжруулах ач холбогдолтой байдаг [4], [8]. Монгол хэлний хувьд эгшиг гээгдэх болон эгшиг зохицох ёсны дүрмүүд нь REP хэсэгт түлхүү туссан байдаг бол гийгүүлэгч үсгийн орлуулалт, ялангуяа гадаад үг болон OCR-ийн алдаа засах чиглэлээр Hunspell-ийн нарийвчилсан судалгаа дутагдалтай байна.

Хэл шинжлэлийн судалгаагаар гийгүүлэгч үсэг нь үгийн утга, хэлбэрийг тодорхойлоход эгшиг үсгээс илүү чухал үүрэг гүйцэтгэдэг болохыг олон судлаач тэмдэглэсэн байдаг [9]. Монгол хэлэнд ч гийгүүлэгч нь үгийн язгуурын утгыг тодорхойлоход чухал үүргийг гүйцэтгэдэг.

Сүүлийн жилүүдэд гүн сургалтад суурилсан үгийн алдаа засах арга ч боловсруулагдаж байна [5]. Transformer архитектурт суурилсан загварууд нь хам утгыг бүрэн харгалзан, алдааг засах чадвартай боловч их хэмжээний сургалтын өгөгдөл болон тооцооллын нөөц шаарддаг. Монгол хэлний хувьд ийм их хэмжээний тэмдэглэгээт өгөгдөл хомс байгаа нь Hunspell зэрэг дүрэмд суурилсан хэрэгслийн ач холбогдлыг хэвээр хадгалах шалтгаан болсоор байна.

III. Арга зүй

1. Туршилтын орчин

Туршилтыг Hunspell 1.7.2 хувилбар дээр Debian 13 үйлдлийн систем дээр Python 3.10 программчлалын хэлний pyhunspell сангийн тусламжтайгаар хэрэгжүүлэв.

2. REP дүрмийн шинжилгээ

Монгол хэлний affix файлын 4101 REP дүрмийг эгшиг, гийгүүлэгч, морфологи, холимог гэж ангилан тоолсон.

3. Туршилтын өгөгдөл ба алдааны ангилал

Монгол хэлний нийтлэг 500 үгийг сонгон авч, алдааг гийгүүлэгч ба эгшиг үсгийн алдаа гэж 1-ээс 5+ хүртэлх төвшинд зохиомлоор үүсгэсэн.

“Сургууль” гэдэг үгийг жишээ болгон авч үзвэл: “сургуль” (1 гийгүүлэгчийн алдаа — “р” дутуу) бол Hunspell зөв хувилбарыг санал болгож чадна. Харин “сулёууль”, “сөргүуль”, “сурлууть”, “гүлгууль”, “суллүуль” зэрэг жишээнд орлуулах болон нэмэх төрлийн нийлмэл засварууд давхар тохиолдож байгаа тул нийт засварлах алхмын тоо 4+ болж, Hunspell зөв үг санал болгож чадахгүйд хүрч байна.

4. OCR алдааны загварчлал

OCR-ийн үед түгээмэл тохиолддог гийгүүлэгч солигдлыг (б↔в, л↔н, л↔и г.м) загварчлан туршсан.

5. Үнэлгээний арга

Туршилт бүрд Hunspell-ийн suggest() функцийг ашиглан алдаатай үгийн зөв хувилбар санал болгох эсэхийг шалгасан. Дараах хэмжигдэхүүнүүдийг бүртгэсэн: зөв үг санал болгосон эсэх, санал болгосон үгийн тоо, зөв хувиллын байрлал.

IV. Туршилтын үр дүн

1. REP дүрмийн тэнцвэргүй байдал

Монгол хэлний affix файлын 4101 REP дүрмийг ангилсан үр дүнг 1-р хүснэгтэд харуулав.

REP ДҮРМИЙН АНГИЛАЛ БА ТООН ХАРЬЦАА

1-Р ХҮСНЭГТ.

REP дүрмийн ангилал	Тоо	%	Жишээ
Эгшиг давамгай (Дан+Морф.)	1945	47.4	аа→а, ийн→ны
Дан гийгүүлэгч↔гийгүүлэгч	50	1.2	б→в, г→х
Бусад (холимог, үг, латин)	2106	51.4	ууд→нууд

1-р хүснэгтээс харахад REP дүрмийн дотроос эгшиггэй холбоотой дүрэм нийт 1945 буюу 47.4%-ийг эзэлж байгаа бол, дан гийгүүлэгч↔гийгүүлэгч орлуулалт нь зөвхөн 50 буюу 1.2% байна. Гийгүүлэгч:эгшиг харьцаа 1:39 болж байна.

2. Алдааны төрлөөс хамаарсан нарийвчлал

АЛДААНЫ ТӨРӨЛ БА ТООНООС ХАМААРСАН САНАЛ БОЛГОХ ЧАДВАР (%)

2-Р ХҮСНЭГТ.

Алдааны тоо	Гийгүүлэгч	Эгшиг
1	95.6	97.8
2	84.2	92.2
3	60.4	79.6
4	5.4	62.4

4 ба түүнээс дээш гийгүүлэгчийн алдааны үед санал болгох чадвар бараг бүрэн алдагддаг (5.4%) бол эгшиг үсгийн хувьд REP дүрмийн ачаар 4 үсэг алдаатай байхад ч 62.4%-ийн амжилттай байна.

3. Бодит жишээ: “сургууль” үгийн туршилт

“СУРГУУЛЬ” ҮГИЙН ГИЙГҮҮЛЭГЧ ҮСГИЙН АЛДААНЫ ЖИШЭЭ

3-Р ХҮСНЭГТ.

Алдаатай хувилбар	Алдааны тоо	Санал болгосон уу?
сургуль	1	Тийм
суруугль	2	Тийм
сулгуурь	2	Тийм
сулёууль	4	Үгүй
сөргүуль	4	Үгүй
сурлууть	4	Үгүй
гүлгууль	4	Үгүй
суллүуль	4	Үгүй

4. OCR алдааны бодит тохиолдлууд

OCR-ИЙН ГИЙГҮҮЛЭГЧ ҮСГИЙН ХУВИРГАЛТЫН ЖИШЭЭ

4-Р ХҮСНЭГТ.

Эх үг	OCR алдаа	Алдааны тоо	Санал болгосон уу?
боловсрол	воловсрои	2	Тийм
боловсрол	воиовсрои	3	Үгүй

V. Хэлэлцүүлэг

1. Асуудлын оношилгоо

Hunspell-ийн санал болгох алгоритм нь засварлах зайн босго утгыг шалгадаг. Эгшиг үсгийн алдааг REP дүрэм урьдчилан засаж, засварлах зайг буурууллдаг тул босго утгад багтдаг. Харин гийгүүлэгч үсгийн REP дүрэм ердөө 1.2% байгаа нь гийгүүлэгч үсгийн алдаа бүрийг Левенштейний зайд бүрэн ачаалж, 3-аас дээш алдааг “хэт алдаатай” гэж ангилахад хүргэж байна.

Мэдээж 4+ алдаа нь заавал бүгд гийгүүлэгчийн алдаа байх албагүй ч, гийгүүлэгчийн алдаа давамгайлсан тохиолдолд REP дүрмийн ашиг тус хомстох тул асуудал урган гарч байна.

2. Бодит хэрэгцээ: Гадаад үг болон OCR

Бодит амьдрал дээр монгол хэлээр бичигч хүн, төрөлх хэлнийхээ үгэнд 3-аас олон үсэг зэрэг алдаж

бичих нь харьцангуй ховор боловч энэхүү хязгаарлалт нь дараах хоёр тохиолдолд томоохон асуудал үүсгэж байна:

Гадаад үг хэллэг: Гадаад үгс голдуу гийгүүлэгч давамгайлсан бүтэцтэй байдаг тул цөөн үсэг алдахад л Hunspell-ийн зөв хувиллыг олох магадлал эрс буурдаг.

Дүрс танигч (OCR): Хуучин хэвлэлийн эх сурвалжийг дижитал хэлбэрт шилжүүлэхэд үгнээс 3 болон түүнээс олон тэмдэгтийг буруу таних тохиолдол түгээмэл байдаг бөгөөд энэ үед Hunspell зөв үгийг санал болгож чаддаггүй.

3. Онолын шийдэл: Жинлэсэн Левенштейний зай

Судалгаагаар тэмдэгт бүрд ижил "1" гэсэн жин оноох нь оновчгүй болохыг тогтоов. Шийдэл нь эгшиг болон гийгүүлэгчийн хувиргалтад ялгаатай жин (weight) оноох явдал юм. Эгшиг↔эгшиг орлуулалтын зардал: 0.5, Гийгүүлэгч↔гийгүүлэгч орлуулалтын зардал: 1.5.

Хиймэл оюуны гүн сургалтын загвар (Transformer г.м.) нь хам утгыг харгалзан, алдааг засах чадвартай нэг боломжит шийдэл боловч, их хэмжээний тооцооллын нөөц (GPU санах ой) шаарддаг нь бодит хэрэглээнд нэвтрүүлэхэд саад болдог [5]. Ялангуяа хязгаарлагдмал тооцооллын нөөцтэй орчинд (гар утас, суулгац систем г.м.) гүн сургалтын загварыг ашиглахад нэмэлт тооцооллын нөөц шаардлагатай байж болох тул дээрх жинлэсэн засварлах зайн арга нь тооцооллын нөөц багатай орчинд хэрэгжүүлэх боломжтой хувилбар байж болох юм.

ДҮГНЭЛТ

Энэхүү судалгаагаар Hunspell-ийн монгол хэл дээрх гийгүүлэгчийн алдаа засах чадвар нь эгшиг үсгийнхээс 11 дахин сул байгааг (5.4% vs 62.4%) тоон шинжилгээгээр харууллаа. Үндсэн шалтгаан нь REP дүрмийн 1:39 харьцаа болон Левенштейний зайн нэгж жингийн хязгаарлалт юм.

Энэхүү шинжилгээ нь цаашид дараах хоёр чиглэлээр сайжруулалт хийх суурь болно:

Практик шийдэл: REP хэсэгт OCR болон гадаад үгэнд зориулсан гийгүүлэгч үсгийг хувиргах дүрмийг системтэйгээр нэмэх. Гэхдээ олон тооны хувилбар үүсэж болзошгүй тул оновчтой тоог тодорхойлох нэмэлт судалгаа шаардлагатай.

Цаашдын судалгааны боломжит чиглэл: Жинлэсэн Левенштейний алгоритмыг Hunspell-ийн suggest хэсэгт нэгтгэх боломжийг цаашид судлах шаардлагатай.

АШИГЛАСАН МАТЕРИАЛ, НОМ ЗҮЙ

[1] V. I. Levenshtein, "Binary codes capable of correcting deletions, insertions, and reversals," Soviet Physics Doklady, vol. 10, no. 8, pp. 707-710, 1966.

[2] F. J. Damerau, "A technique for computer detection and correction of spelling errors," Communications of the ACM, vol. 7, no. 3, pp. 171-176, 1964.

[3] L. Németh, "Hunspell – spell checker, stemmer, morphological analyzer," [Цахим], Хаяг: https://hunspell.github.io/.

[4] P. Norvig, "How to write a spelling corrector," [Цахим], Хаяг: https://norvig.com/spell-correct.html, 2007.

[5] D. Jurafsky, J. H. Martin, Speech and Language Processing, 3rd ed., [Цахим], 2023.

[6] M. Hulden, "Foma: a finite-state compiler and library," in Proc. of the Demonstrations Session at EACL, Athens, Greece, 2009, pp. 29-32.

[7] K. Kukich, "Techniques for automatically correcting words in text," ACM Computing Surveys, vol. 24, no. 4, pp. 377-439, 1992.

[8] R. Mitton, "Ordering the suggestions of a spellchecker without using context," Natural Language Engineering, vol. 15, no. 2, pp. 173-192, 2009.

[9] A. R. Golding, D. Roth, "A Winnow-based approach to context-sensitive spelling correction," Machine Learning, vol. 34, no. 1-3, pp. 107-130, 1999.

[10] G. E. Heidorn, K. Jensen, L. A. Miller, R. J. Byrd, M. S. Chodorow, "The EPISTLE text-critiquing system," IBM Systems Journal, vol. 21, no. 3, pp. 305-326, 1982.

МОНГОЛ ХЭЛНИЙ УТГЫН АЛДААГ ХАМ СЭДЭВТ СУУРИЛСАН ХЭЛНИЙ ЗАГВАР (BERT) АШИГЛАН ИЛРҮҮЛЭХ СУДАЛГАА

Доржготовын БАТМӨНХ[1], Бямбаагийн АЛТАНТУЯА[2]

[1,2] Монгол Улс, Улаанбаатар, ШУТИС, Мэдээлэл Холбооны Технологийн Сургууль, Компьютерын ухааны салбар

Холбоо барих зохиогчийн имэйл хаяг: batmunkh.d@must.edu.mn

Хураангуй: **Hunspell зэрэг дүрэмд суурилсан үгийн алдаа шалгагч нь үгийг дангаар нь шинжилдэг тул өгүүлбэр доторх утгын зөрчлийг (semantic error) илрүүлж чаддаггүй. Энэхүү судалгаагаар монгол хэлний утгын алдааг хам сэдэвт суурилсан хэлний загвар болох BERT (Bidirectional Encoder Representations from Transformers)-д тулгуурлан илрүүлэх аргыг санал болгож байна.Судалгааны хүрээнд утгын алдааг sequence labeling бодлого хэлбэрээр тодорхойлж, PLL (Pseudo-Log-Likelihood)-д суурилсан магадлалын үнэлгээний аргыг томьёолсон. Мөн монгол хэлний залгамал бүтцийн онцлогт тохирсон гурван шатлалт урьдчилан сургах арга, Masked Language Modeling (MLM)-д суурилсан нарийвчилсан тохируулга, ижил дуудлагатай боловч өөр утгатай үгсийн жагсаалт үүсгэх аргачлал, түүнчлэн дүрэмд суурилсан болон нейрон хэлний загварыг хослуулсан hybrid бүтцийн ойлголтыг тодорхойлов. Түүнчлэн утгын алдааг сонголтын зөрчил, морфо-утгын зөрчил, confusion-set алдаа гэсэн гурван төрөлд ангилсан. Санал болгож буй энэхүү арга нь монгол хэлний утгын алдаа илрүүлэх системийн онолын үндэс, цаашдын бодит хэрэгжүүлэлт болон туршилтын судалгааны суурийг бүрдүүлж байгаагаараа ач холбогдолтой юм.**

Түлхүүр үг: Утгын алдаа, BERT, хам сэдвийн шинжилгээ, залгамал хэл, хосолмол систем

I. Удиртгал

Үгийн алдаа шалгах систем нь хэл боловсруулалтын чухал бүрэлдэхүүн хэсэг бөгөөд хоёр үндсэн төрөлд хуваагддаг: (1) үгийн бичлэгийн алдаа (non-word error) — толь бичигт байхгүй үг үүсэх, (2) утгын алдаа (real-word error / semantic error) — үг бүр тус тусдаа зөв боловч хам сэдвийн хувьд буруу үг сонгогдсон тохиолдол [6]. Hunspell зэрэг дүрэмд суурилсан алдаа шалгагч нь эхний төрлийн алдааг сайн илрүүлдэг боловч хоёр дахь төрлийн алдааг илрүүлэх чадваргүй. Жишээлбэл, “Би хоол идэв” (зөв) болон "Би хоол идэх" (утгын алдаа байж болох) гэсэн хоёр өгүүлбэрийг Hunspell хоёулыг нь зөв гэж үзнэ.

Сүүлийн жилүүдэд гүн сургалтын загварууд, ялангуяа Transformer архитектурт суурилсан BERT загвар нь хам сэдвийг бүрэн харгалзан үгийн утгыг тодорхойлох чадвараараа дэлхий даяар өргөн хэрэглэгдэж байна [3]. BERT нь өгүүлбэр доторх үг бүрийн хоёр чиглэлт (bidirectional) хам сэдвийг тооцож, Masked Language Modeling (MLM) аргаар тухайн байрлалд ямар үг хамгийн их магадлалтай байхыг тодорхойлж чаддаг. Энэхүү чадвар нь утгын алдааг илрүүлэхэд шууд хэрэглэгдэх боломжтой юм.

Монгол хэл нь залгамал (agglutinative) бүтэцтэй тул нэг язгуур үгэнд олон тооны дагавар, нөхцөл залгагдаж маш олон үүсмэл үг үүсдэг. Энэ онцлог нь BERT загварыг монгол хэлэнд шууд ашиглахад бэрхшээл учруулдаг ч сүүлийн жилүүдэд монгол хэлэнд зориулсан BERT загварууд хөгжиж, залгамал бүтцийг тусгасан урьдчилан сургах аргууд боловсруулагдсаар байна [1].

Энэхүү судалгааны зорилго нь монгол хэлний утгын алдааг BERT загвар ашиглан илрүүлэх боломжийг онолын төвшинд судалж, одоогийн аргуудыг тойм болгон нэгтгэж, математик үндэслэл бүхий арга зүйн хүрээг (framework) боловсруулан, цаашдын бодит хэрэгжүүлэлтийн суурийг тавихад оршино. Энэхүү судалгаа нь одоо байгаа системийг туршилтаар давж гарахыг зорилгоо болгоогүй бөгөөд харин монгол хэлний утгын алдааг илрүүлэх чиглэлээр одоогоор дутагдалтай байгаа онолын үндэслэл бүхий, хэл шинжлэлийн мэдлэгт тулгуурласан аргазүйн хүрээг бий болгоход чиглэсэн ажил юм.

II. Холбогдох судалгааны тойм

1. Монгол хэлний BERT загварууд

Монгол хэлэнд зориулсан BERT загварууд нь залгамал морфологийн онцлогийг тусгасан урьдчилан сургах аргуудыг ашигладаг. Na нарын (2024) гурван шатлалт залгамал бүтцийг тусгах аргыг санал болгосон: эхний шатанд язгуур+дагавар бүхий дэд үг (subword) болгон задлах, дундын шатанд морфологийн мэдлэгт суурилсан нуулт (morphological knowledge masking), сүүлийн шатанд дагаврын дарааллыг таамаглах (suffix order prediction) зэрэг даалгавруудаар урьдчилан сургадаг [1]. Мөн монгол хэлний мэдээний ангилал, онооосон нэрийг таних (NER), үг тодорхойлох (POS) зэрэг даалгаварт зориулсан их хэмжээний өгөгдлийн сан бүрдүүлсэн байна[1].

Нарийвчилсан тохируулга (fine-tuning) хийсэн хувилбаруудаас `bert-base-multilingual-cased` болон `bert-large-mongolian-uncased` загварууд нь эхүүдийн хамаарлыг тогтоох даалгаварт ашиглагдсан байна [2].

2. Хам сэдвийн алдаа илрүүлэлтийн гүйцэтгэл

BERT загварт суурилсан системүүд нь өгүүлбэрийн төвшний дүгнэлт хийх даалгаварт сайн үр дүн

үзүүлжээ. Khaltarkhuu нарын (2024) нарийвчлан тохируулсан `bert-base-multilingual-cased` загвар нь монгол хэл дээр хуулийн шалгалтад дүгнэлт хийх даалгаварт 0.7619 нарийвчлалтай ажилласан бол `bert-large-mongolian-uncased` нь зөрчил/хамаарал илрүүлэхэд F1 утга 0.7470 үзүүлсэн байна [2]. Энэ нь BERT загвар монгол хэлний өгүүлбэрзүйн төвшний хам сэдвийг ойлгох чадвартай болохыг баталж байна.

3. BERT-ийн хөгжүүлэлт: RoBERTa, ELECTRA загварууд

BERT-ийн анхны архитектурыг сайжруулсан хэд хэдэн загвар боловсруулагдсан байна. RoBERTa (Robustly Optimized BERT Pretraining Approach) нь BERT-ийн сургалтын аргыг оновчилж, Next Sentence Prediction (NSP) даалгаврыг хасаж, илүү том өгөгдөл дээр сургасnаар BERT-ээс харьцангуй давуу үр дүнд хүрсэн [9]. ELECTRA (Efficiently Learning an Encoder that Classifies Token Replacements Accurately) нь MLM-ийн оронд “орлуулсан тэмдэгтийг илрүүлэх” (replaced token detection) гэсэн шинэ урьдчилан сургах аргыг санал болгож бага тооцоолох нөөцөөр BERT-тэй дүйцэхүйц үр дүнд хүрчээ [10]. Утгын алдаа илрүүлэхэд ELECTRA нь тэмдэгт бүрийг шалгадаг (all-token prediction) тул BERT-ийн зөвхөн нуусан тэмдэгтийг таамаглах (masked-only prediction) аргаас онолын хувьд давуу талтай. Гэвч монгол хэлний хувьд эдгээр загваруудыг харьцуулсан бодит туршилт одоогоор хийгдээгүй байна.

4. Статистик болон N-грамм аргууд

BERT загвараас өмнө N-грамм загварууд нь дараалсан үгийн магадлалыг тооцоолж, утгын алдааг илрүүлэхэд ашиглагдаж байсан[4]. Гэвч N-грамм загварын гол хязгаарлалт нь зөвхөн зэргэлдээх цөөн тооны үгийн хамаарлыг тооцдог бөгөөд өгүүлбэрийн бүтэн хам сэдвийг харгалзаж чаддаггүй. BERT загвар нь энэ хязгаарлалтыг давж, өгүүлбэр доторх бүх үгсийн хоёр чиглэлт хамаарлыг нэгэн зэрэг тооцох чадвартай юм [3].

5. Дүрэмд суурилсан системийн хязгаарлалт

Hunspell зэрэг дүрэмд суурилсан алдаа шалгагч нь толь бичиг болон affix дүрэмд тулгуурлан үгийг дангаар нь шалгадаг [5]. Энэ нь бичлэгийн алдааг илрүүлэхэд үр дүнтэй боловч хам сэдвийг харгалздаггүй тул “зөв бичигдсэн боловч буруу сонгогдсон үг” (real-word error)-ийг илрүүлэх чадваргүй юм. Олон улсын судалгаагаар дүрэмд суурилсан арга болон мэдрэлийн сүлжээний аргыг хослуулсан (hybrid) систем нь зөвхөн дүрэмд суурилсан аргаас давуу үр дүн үзүүлдэг болохыг олон судалгаа баталсаар байна [6].

6. Утгын алдааны ангилал (Error Taxonomy)

Монгол хэлний утгын алдааг дараах гурван төрөлд ангилна:

(1) Сонголтын зөрчил (Selectional violation): Үйл үг болон нэр үгийн утгын хамаарал зөрчилдсөн тохиолдол. Жишээ нь: “хоол унтсан” — “унтах” гэсэн үйл үг нь “хоол” гэсэн нэр үгтэй утгын хувьд нийцэхгүй.

(2) Морфо-утгын зөрчил (Morpho-semantic mismatch): Үгийн залгавар, нөхцөл нь хам сэдвийн хувьд буруу сонгогдсон тохиолдол. Жишээ нь: “Би хоол идэх” — өнгөрсөн цагийн хам сэдэвт “идэв” гэсэн үгийн оронд “идэх” хэрэглэгдсэн.

(3) Ижил дуудлагатай үгийн алдаа (Confusion-set error): Дуудлага ижил боловч өөр утгатай үг андуурагдсан тохиолдол. Жишээ нь: “хэр” ба “хир”.

Ямар алдааг ямар аргаар барьж болохыг дараах байдлаар үзүүлэв:

АЛДААНЫ ТӨРӨЛ БА ИЛРҮҮЛЭХ АРГА

1-Р ХҮСНЭГТ.

Алдааны төрөл	Hunspell	BERT	Hybrid
Бичлэгийн алдаа	Тийм	Үгүй	Тийм
Ижил дуудлагатай үг	Үгүй	Тийм	Тийм
Морфо-утгын зөрчил	Үгүй	Тийм	Тийм
Сонголтын зөрчил	Үгүй	Тийм	Тийм

III. АРГАЗҮЙ

1. Даалгаврын тодорхойлолт

Оролт: $S=(w_1, w_2, \ldots, w_n)$ нь n тэмдэгтээс бүрдэх өгүүлбэр

Гаралт: $Y=(y_1, y_2, \ldots, y_n)$ нь тэмдэгт тус бүрийн шошго. Энд:

$$y_i=\begin{cases}1, & \text{хэрэв} w_i \text{нь утгын хувьд буруу}\\ 0, & \text{бусад тохиолдолд}\end{cases}$$

Зорилгын функц (objective function) нь PLL (Хуурмаг логарифм үнэмшил буюу Pseudo-Log-Likelihood)-д суурилсан хөндлөн энтроп (cross-entropy) алдагдлын функц юм:

$$L= -\sum_{i=1}^{n} y_i \cdot logP(w_i|S \setminus w_i) \quad (1)$$

энд $P(w_i|Sw_i)$ нь BERT загварын MLM аргаар тооцсон нөхцөлт магадлал.

Таамаглал (Proposition 1): PLL-д суурилсан утгын зөв дараалалыг хадгалах нь. Хэрэв P_θ нь P^*-г KL divergence-ийн хувьд ϵ нарийвчлалтай ойролцоолдог, өөрөөр хэлбэл $D_{KL}(P^* \parallel P_\theta) \le \epsilon$ бол PLL-д суурилсан эрэмбэлэлт нь утгын зөв дараалалыг өндөр магадлалтайгаар хадгална.

Үндэслэл (Intuition): нь утгын хувьд зөв, нь утгын алдаатай өгүүлбэр байг. Жинхэнэ тархалтаар байна. Хэрэв бол тэмдэгт бүрийн магадлалын зөрөө $|logP_\theta(w_i) - logP^*(w_i)|$ нь $\sqrt{2\epsilon}$-ээр хязгаарлагдана (Pinsker-ийн тэнцэтгэл бишээс). Иймд n тэмдэгт бүхий өгүүлбэрийн хувьд

$$|PLL_\theta(S) - PLL^*(S)| \le n \cdot \sqrt{2\epsilon} \quad (2)$$

байна.

$$PLL^*(S_1) - PLL^*(S_2) > 2n \cdot \sqrt{2\epsilon} \quad (3)$$

нөхцөл хангагдвал $PLL_\theta(S_1)>PLL_\theta(S_2)$ байх нь тодорхой бөгөөд энэ нь BERT загварын ойролцоо утга хангалттай бага (ϵ бага) үед хангагдана.

Энэхүү таамаглал нь MLM нь pseudo-likelihood томьёо үед ашиглагдсан бөгөөд pseudo-likelihood нь нийцтэй томьёо (consistent estimator) болох нь онолын хувьд батлагдсан байдаг. Иймд BERT загвар хангалттай их өгөгдөл дээр сургагдсан бол PLL-д суурилсан алдаа илрүүлэлт нь онолын хувьд үндэслэлтэй юм.

2. Өгөгдөл бэлтгэх

1 сая гаруй өгүүлбэрийн эмхтгэл үүсгэх шаардлагатай [1]. Мөн монгол хэлний ижил дуудлагатай боловч утга ондоо үгсийн жагсаалт (confusion sets) үүсгэх хэрэгтэй.

Confusion set үүсгэх аргачлал: (1) Засварлах зайд суурилсан арга — Левенштейний зай 1-2 байх үгийн хосыг толь бичгээс олох (жишээ: “хэр” ↔ “хир”), (2) Авианы ижил төстэй байдалд суурилсан арга (phonetic mapping) — монгол хэлний дүрэмд тулгуурлан ижил дуудлагатай үгсийг бүлэглэх (жишээ: “нар” — олон утгат), (3) Морфологийн ойролцоо байдалд суурилсан арга — нөхцөлөөр андуурагдах хосыг олох (жишээ нь: “шидэл” ↔ “шидлэх”).

Зохиомол алдааг үүсгэхдээ санамсаргүй орлуулах аргыг (random replacement) ашиглалгүй, confusion set-д суурилсан орлуулах аргыг ашиглах нь бодит алдааны хэв маягт илүү дөхөм байх болно.

3. Загварын бүтэц

Монгол хэл дээр урьдчилан сургасан BERT загварыг суурь болгон сонгох нь зүйтэй[1], [2]. Na нар (2024) боловсруулсан залгамал бүтцийн онцлогийг тусгасан гурван шатлалт урьдчилан сургах арга (stem+suffix tokenization, morphological masking, suffix order prediction) нь монгол хэлний морфологийг илүү сайн загварчлах боломжийг олгосон [1]. Загварыг судалгааны өгөгдөл дээр MLM аргаар нарийвчлан тохируулах (fine-tuning) шаардлагатай.

4. Утгын алдаа илрүүлэх алгоритм

BERT загвар нь Masked Language Modeling (MLM) аргыг ашиглан өгүүлбэр доторх үг бүрийн хам сэдвийн магадлалыг тооцоолох чадвартай 1. Өгүүлбэр S=$(w_1, w_2, \ldots, w_n)$ дотор i-р байрлал дахь w_i үгийн магадлалыг дараах байдлаар тодорхойлно:

$P(w_i|S \setminus w_i)$=$P(w_i|w_1, \ldots, w_{i-1}$,[MASK],$w_{i+1}, \ldots, w_n)$

Утгын алдааг илрүүлэх алгоритмыг дараах байдлаар томьёолно:

Алгоритм 1: BERT (PLL) дээр суурилсан утгын алдааг илрүүлэх

Оролт: Өгүүлбэр S=$(w_1, \ldots, w_n)$, босго утга τ Гаралт: Алдааны шошго Y=$(y_1, \ldots, y_n)$

1. i=1-ээс n хүртэл давтах:
   a. $S' \leftarrow w_i$-г `[MASK]`-аар орлуулсан өгүүлбэр
   b. $p_i \leftarrow P(w_i|S')$ — BERT загвараар тооцоолох
   c. Хэрэв $p_i<\tau$ бол $y_i \leftarrow 1$ (алдаатай)
   d. Эсрэг тохиолдолд $y_i \leftarrow 0$ (зөв)
2. Y=$(y_1, \ldots, y_n)$-г буцаах

Тооцооллын нарийвчлал: $O(n \cdot T_{\text{BERT}})$, энд n нь өгүүлбэр дэх тэмдэгтийн тоо, T_{BERT} нь BERT загварын нэг удаагийн таамаглал дэвшүүлэх хугацаа.

Босго утга τ-ийг тодорхойлохдоо баталгаажуулах өгөгдлийн сангаас (validation set) F1-score хамгийн их байх утгыг хайж олно. Тодруулбал, алдаагүй өгүүлбэрүүд дэх үг бүрийн $P(w_i|S \setminus w_i)$ утгын тархалтыг тооцоолж, τ=$\mu - k\sigma$ (k нь тохируулах параметр) гэж тогтоож болно.

Жишээлбэл, “Би хоол идэв” гэсэн өгүүлбэрт P(идэв|Бихоол[$MASK$]) нь их утгатай (жишээ нь 0.85) байна. Харин "Би хоол идэх" гэсэн өгүүлбэрт P(идэх|Бихоол[$MASK$]) нь бага утгатай (жишээ нь 0.12) байж болох бөгөөд τ=0.3 гэж тогтоосон бол "идэх" нь утгын алдаа гэж илэрнэ.

Дээрх PLL-д суурилсан арга нь босго утгад тулгуурласан дүрмийн (heuristic) арга юм. Цаашид илүү нарийвчлалтай болгохын тулд PLL-ийн гаралтыг ангилагч (classifier)-ын оролт болгон ашиглах хувилбарыг мөн авч үзэж болно:

Хувилбар B (PLL + Ангилагч hybrid): Тэмдэгт бүрд дараах шинж чанарыг гаргаж, ангилалд оруулна: (1) $logP(w_i|S \setminus w_i)$ нөхцөлт магадлалын логарифм, (2) $H(w_i)$ BERT загварын гаралтын энтроп, (3) $rank(w_i)$ зөв үг санал болгосон жагсаалт дахь байрлал. Эдгээр шинж чанарыг ашиглан хялбар ангилагч (logistic regression, decision tree г.м.) сургаснаар босго утгын тогтмол хязгаарлалтаас зайлсхийж, илүү уян хатан шийдвэр гаргах боломжтой болно. Энэ хувилбар нь тэмдэглэгээт өгөгдөл шаарддаг боловч τ-ийн гараар тохируулах шаардлагыг хөнгөвчилдөг давуу талтай.

5. Hybrid системийн бүтэц (Pipeline)

Дүрэмд суурилсан арга болон BERT загварыг хослуулсан (hybrid) системийн ажиллах дарааллыг дараах байдлаар тодорхойлно:

```
Текст → Тэмдэгтчилэл (Tokenization) →
  ├── Hunspell → Бичлэгийн алдаа илрүүлэх (толь бичигт байхгүй үг)
  └── BERT (PLL) → Утгын алдаа илрүүлэх (хам сэдвийн зөрчил)
→ Нэгтгэх (Merge) → Гаралт
```

Hunspell нь бичлэгийн алдааг хурдан, бага нөөц зарцуулан шалгаж, BERT нь зөвхөн Hunspell-ийн зөв гэж үзсэн үгсийн утгын алдааг шалгана. Ингэснээр BERT загварын тооцооллын ачааллыг бууруулахын зэрэгцээ хоёр төрлийн алдааг хамтад нь илрүүлэх боломжтой болно. Тухайлбал, `zuv.bichig.dev` зэрэг одоо байгаа тольд энэхүү hybrid аргачлалыг нэвтрүүлж болох юм.

6. Үнэлгээний арга зүй (Evaluation Protocol)

Цаашдын туршилтад ашиглах үнэлгээний арга зүйг дараах байдлаар тодорхойлно.

Өгөгдлийн сан бэлтгэх төлөвлөгөө: (1) Цэвэр корпусоос зөв өгүүлбэрүүдийг сонгох, (2) Confusion set-д суурилсан орлуулалтаар зохиомол алдаа үүсгэх (санамсаргүй орлуулалт бус), (3) Сургалт (70%), баталгаажуулалт (15%), тест (15%) гэж хуваах.

Үнэлгээний хэмжигдэхүүнүүд:

$$Precision=\frac{TP}{TP+FP} \quad (4)$$

$$Recall=\frac{TP}{TP+FN} \quad (5)$$

$$F1=2\cdot\frac{Precision\cdot Recall}{Precision+Recall} \quad (6)$$

Харьцуулах суурь загварууд (baselines): (1) N-грамм хэлний загвар (N-gram LM) — статистик аргын суурь төвшин, (2) Hunspell дангаар — дүрэмд суурилсан аргын суурь төвшин, (3) Санамсаргүй суурь (Random baseline) — доод хязгаар.

Таамаглал (Hypothesis): Бид дараах таамаглалыг дэвшүүлж байна: (1) BERT (PLL) нь N-грамм загвараас Recall-аар давуу байна, (2) Hybrid систем (Hunspell + BERT) нь аль алинаас F1-score-оор давуу байна, (3) Confusion set-д суурилсан зохиомол өгөгдөл нь санамсаргүй орлуулалтаас илүү бодитой сургалтын өгөгдөл үүсгэнэ.

Таналтын шинжилгээ (Ablation study): Цаашдын туршилтад дараах таналтын шинжилгээг хийх нь системийн бүрэлдэхүүн хэсэг тус бүрийн нөлөөг тодорхойлоход чухал болно: (1) Confusion sets үгүй — зохиомол өгөгдлийн чанарын нөлөө, (2) Morphological masking үгүй — залгамал бүтцийн сургалтын нөлөө, (3) Hunspell үгүй (зөвхөн BERT) — hybrid байдлын нөлөө.

7. Шинжилгээний баталгаажуулалт (Analytical Validation)

Бодит туршилт хийгдээгүй боловч санал болгосон аргын үндэслэлийг дараах гурван шинжилгээгээр баталгаажуулж байна.

A. Хүлээгдэж буй зан үйлийн шинжилгээ (Expected Behavior Analysis):

ЗАН ҮЙЛИЙН ШИНЖИЛГЭЭ

2-Р ХҮСНЭГТ.

Өгүүлбэр	$P(w_i \mid \text{context})$	Стандарт хазайлт	Тайлбар
Би хоол идэв	$P(\text{идэв})$= өндөр (~0.85)	Зөв — хам сэдэвт нийцэж байна	Би хоол идэв
Би хоол идэх	$P(\text{идэх})$= бага (~0.12)	Алдаа — өнгөрсөн цагийн хам сэдэвт нийцэхгүй	Би хоол идэх
Хоол унтсан	$P(\text{унтсан})$= маш бага (~0.02)	Алдаа — сонголтын зөрчил	Хоол унтсан

Эдгээр жишээнүүд нь PLL оноо зөв бөгөөд алдаатай өгүүлбэрийг тусгаарлах чадвартай болохыг (PLL separation hypothesis) харуулж байна.

Алдааны төрөл тус бүрийн хүлээгдэж буй PLL утгуудын тархалтыг дараах хүснэгтэд нэгтгэв:

PLL УТГУУДЫН ТАРХАЛТ

3-Р ХҮСНЭГТ.

Өгүүлбэрийн төрөл	Хүлээгдэж буй дундаж $P(w_i)$	Стандарт хазайлт	Тайлбар
Зөв өгүүлбэр	~0.78	~0.05	Нийцсэн
Confusion алдаа	~0.32	~0.12	Бага
Selectional зөрчил	~0.10	~0.07	Маш бага
Morpho-semantic	~0.25	~0.10	Хэлбэлздэг

Энэ хүснэгтээс харахад зөв өгүүлбэр (~0.78) ба алдаатай өгүүлбэрийн (~0.10-0.32) PLL утгууд хоорондоо тодорхой зааглагдаж байгаа нь τ босго утгаар тусгаарлах боломжтой болохыг харуулж байна.

B. Тооцооллын нарийвчлалын харьцуулалт (Complexity Analysis):

ТООЦООЛЛЫН НАРИЙВЧЛАЛ

4-Р ХҮСНЭГТ.

Арга	Нарийвчлал	Тайлбар
N-грамм	O(n)	Хурдан, гэхдээ зөвхөн зэргэлдээх үгсийг тооцно
BERT (PLL)	$O(n\cdot T_{BERT})$	Хам сэдвийг хамарна, гэхдээ удаан
Hybrid	$O(k\cdot T_{BERT})$, k<<n	Зөвхөн сэжигтэй үгсийг BERT-ээр шалгана

Hybrid системд Hunspell нь бичлэгийн алдааг хурдан шүүж, зөвхөн Hunspell-ийн зөв гэж үзсэн k тооны үгийг BERT-ээр шалгадаг тул $k \ll n$ байж, нийт тооцооллын ачааллыг бууруулна.

C. Алдаа илрүүлэх чадварын чанарын шинжилгээ (Error Detection Power):

N-грамм загвар нь зөвхөн зэргэлдээх хэдэн үгийн хамаарлыг (local context) тооцдог тул өгүүлбэрийн холын хамаарлыг барьж чаддаггүй. BERT загвар нь өгүүлбэр доторх бүх үгийн хоёр чиглэлт хамаарлыг (global context) нэгэн зэрэг тооцдог тул онолын хувьд Recall-аар N-грамм загвараас давуу байна. Hybrid систем нь хоёр аргын давуу талыг нэгтгэсэн тул F1-score-оор хамгийн сайн үр дүнг үзүүлэх онолын үндэслэлтэй.

Бодит туршилт оруулаагүй боловч санал болгосон аргыг магадлалын тайлбар, тооцооллын нарийвчлалын шинжилгээ, болон жишээгээр хүлээгдэж буй зан үйлийн шинжилгээгээр баталгаажуулсан болно.

IV. ХЭЛЭЛЦҮҮЛЭГ

1. BERT загварын давуу тал

BERT загвар нь дараах давуу талтай: үгийн дагавар, нөхцөл болон өмнөх/дараах үгсийн хамаарлыг (context) бүрэн тооцож чаддаг, Masked Language Modeling аргаар тухайн байрлалд хамгийн тохирох үгийг тодорхойлж чаддаг, мөн монгол хэлний залгамал бүтцийг тусгасан урьдчилан сургах аргууд боловсрогдсон байна [1]. Монгол хэлний эх дүгнэх даалгаварт 0.76 нарийвчлал үзүүлсэн нь утгын алдаа илрүүлэхэд хангалттай суурь чадвартай болохыг харуулж байна [2]. Орчин үеийн GPT, Llama зэрэг хэлний том загваруудаас (LLM) ялгаатай нь BERT нь өгүүлбэрийн хоёр чиглэлт хам сэдвийг нэгэн зэрэг тооцож чаддаг бөгөөд тооцооллын хувьд хамаагүй хөнгөн байдаг тул алдаа шалгагч системд илүү тохиромжтой байдаг.

2. Хязгаарлалт

BERT загварын гол хязгаарлалт нь тооцооллын нөөц (GPU санах ой) болон загварын ажиллах хурд (latency) юм. Бодит цагийн (real-time) алдаа шалгахад ашиглахад загварын хурд чухал бөгөөд энэ нь ялангуяа гар утас, суурилуулах (embedded) систем зэрэг хязгаарлагдмал нөөцтэй төхөөрөмжид асуудал үүсгэж болно. Мөн монгол хэлний урьдчилан сургасан BERT загварын сургалтын өгөгдлийн хэмжээ нь англи хэлнийхээс харьцангуй бага тул загварын чанар хязгаарлагдмал байж болно.

Одоогийн судалгааны тоймоос харахад BERT загвар болон Hunspell хооронд шууд харьцуулсан тоон судалгаа дутагдалтай байна. Иймд цаашид хоёр аргын давуу болон сул талыг бодит туршилтаар харьцуулах шаардлагатай.

3. Босго утга τ-ийн хам сэдвээс хамаарах байдал

Арга зүйн хэсэгт санал болгосон босго утга τ нь бүх өгүүлбэрт ижил утгатай байх шаардлагагүй байж болно. Богино өгүүлбэрт (жишээ нь 3-4 үгтэй) хам сэдвийн мэдээлэл хомс тул BERT загварын магадлалын тооцоо тогтворгүй байх хандлагатай байдаг бол урт өгүүлбэрт (10+ үгтэй) хам сэдвийн мэдээлэл илүү баялаг тул магадлалын тооцоо илүү найдвартай болдог. Иймд тогтмол τ-ийн оронд дараах зохицох (adaptive) босго утгыг санал болгож байна:

$$\tau_i = \mu_{\text{len}(i)} - k \cdot \sigma_{\text{len}(i)} \quad (7)$$

Энд $\text{len}(i)$ нь i-р өгүүлбэрийн үгийн тоо, $\mu_{\text{len}(i)}$ нь тухайн урттай зөв өгүүлбэрүүдийн магадлалын дундаж, $\sigma_{\text{len}(i)}$ нь стандарт хазайлт, k нь тохируулах параметр юм. Өөрөөр хэлбэл, өгүүлбэрийн уртаар бүлэглэн тус бүрд нь тусдаа босго утга тодорхойлно.

Илүү ерөнхий хувилбарт τ-ийг олон хүчин зүйлээс хамааруулан тооцож болно:

$$\tau_i = f(\text{sentence_length, entropy, variance})$$

Энд entropy нь BERT загварын гаралтын тархалтын тодорхой бус байдлыг, variance нь тэмдэгтүүдийн магадлалын хэлбэлзлийг тус тус илэрхийлнэ. Энэхүү зохицох хандлага нь эерэг хуурамч (false positive) болон сөрөг хуурамч (false negative) алдааны тэнцвэрийг сайжруулах боломжтой бөгөөд цаашдын бодит туршилтаар шалгах чухал асуудал болно.

4. Дүрэмд суурилсан болон хиймэл оюуны хослол

Зөвхөн дүрэмд суурилсан арга нь хам сэдвээс хамааралтай алдааг илрүүлэхэд хангалтгүй байдаг бол зөвхөн мэдрэлийн сүлжээний арга нь тооцооллын нөөцийг их шаарддаг. Хоёр аргыг хослуулсан hybrid систем нь: толь бичигт байгаа үгсийн бичлэгийн алдааг дүрмээр хурдан шалгаж, утгын алдаатай үгсийг BERT загвараар илрүүлэх боломжийг олгодог. Энэ нь нөөц (resource) хэмнэхийн зэрэгцээ илрүүлэлтийн чанарыг дээшлүүлэх давуу талтай.

ДҮГНЭЛТ

Энэхүү судалгаагаар монгол хэлний утгын алдааг BERT загвар ашиглан илрүүлэх боломжийг онолын төвшинд судалж, дараах дүгнэлтэд хүрлээ.

Нэгдүгээрт, Hunspell зэрэг дүрэмд суурилсан алдаа шалгагч нь утгын алдааг илрүүлэх чадваргүй бөгөөд энэ нь монгол хэлний бичвэрийн чанарыг сайжруулахад ноцтой хязгаарлалт болж байна.

Хоёрдугаарт, монгол хэлэнд зориулсан BERT загварууд хөгжиж, залгамал бүтцийг тусгасан урьдчилан сургах аргууд боловсруулагдсаар байна [1]. Эх дүгнэх даалгаварт 0.76 нарийвчлал үзүүлсэн нь утгын алдаа илрүүлэхэд хангалттай суурь чадвартай болохыг харуулж байна [2].

Гуравдугаарт, дүрэмд суурилсан арга болон BERT загварыг хослуулсан hybrid систем нь хамгийн оновчтой шийдэл юм. Энэ нь бичлэгийн алдааг Hunspell-ээр, утгын алдааг BERT-ээр тус тус илрүүлэх боломжийг олгож, нөөц хэмнэхийн зэрэгцээ илрүүлэлтийн чанарыг дээшлүүлнэ.

Цаашдын судалгааны чиглэлд энэхүү онолын хүрээг бодит туршилтаар баталгаажуулах нь чухал байна. Тодруулбал: (1) Монгол хэлний утгын алдааны зохиомол өгөгдлийн сан (synthetic dataset) бүрдүүлэх, (2) BERT загварыг монгол хэлний утгын алдааг илрүүлэхэд нарийвчлан тохируулж (fine-tuning), санал болгосон босго утга -ийн аргачлалыг бодит өгөгдөл дээр туршин шалгах, (3) Hybrid системийг бодит орчинд (жишээ нь `zuv.bichig.dev`) туршиж, Precision, Recall, F1-score үзүүлэлтүүдээр үнэлэх зэрэг ажлууд хамаарна. Эдгээр туршилтын үр дүн нь энэхүү онолын судалгааг бодитоор хэрэгжүүлэх гол алхам байх болно.

АШИГЛАСАН МАТЕРИАЛ, НОМ ЗҮЙ

[1] M. Na, B. Liu, F. Bao, G. Gao, “Pre-training Language Model for Mongolian with Agglutinative Linguistic Knowledge Injection,” 2024.

[2] G. Khaltarkhuu, B. Batjargal, A. Maeda, “Recognizing Textual Inference in Mongolian Bar Exam Questions,” 2024.

[3] D. Jurafsky, J. H. Martin, Speech and Language Processing, 3rd ed., [Цахим], 2023.

[4] P. Norvig, “How to write a spelling corrector,” [Цахим], 2007.

[5] L. Németh, “Hunspell – spell checker, stemmer, morphological analyzer,” [Цахим].

[6] K. Kukich, “Techniques for automatically correcting words in text,” ACM Computing Surveys, vol. 24, no. 4, pp. 377-439, 1992.

[7] J. Devlin et al., “BERT: Pre-training of Deep Bidirectional Transformers,” NAACL-HLT, 2019, pp. 4171-4186.

[8] A. Vaswani et al., “Attention Is All You Need,” NeurIPS, vol. 30, 2017.

[9] Y. Liu et al., “RoBERTa: A Robustly Optimized BERT Pretraining Approach,” arXiv:1907.11692, 2019.

[10] K. Clark et al., “ELECTRA: Pre-training Text Encoders as Discriminators,” ICLR, 2020.

ХАЯГДАЛ ЦААС БОЛОН СҮРЭЛНЭЭС “THERMOFLOC” БАРИЛГЫН ДУЛААЛГЫН МАТЕРИАЛ ГАРГАН АВАХ ТЕХНОЛОГИЙН СУДАЛГАА

Рэнцэнлхүндэвийн МЯДАГМАА[1]
[1]Монгол Улс, Улаанбаатар, ШУТИС, Хүнс, хөнгөн үйлдвэрлэл, дизайны сургууль, Хөнгөн үйлдвэрлэл, технологи инженерчлэлийн тэнхим
Холбогдох зохиогчийн и-мэйл хаяг: myadagmaa@must.edu.mn[1]

Хураангуй: **Дэлхийн хүн ам өсөн нэмэгдэхийн хэрээр байгалийн баялаг шавхагдан, хүрээлэн буй орчин бохирдож байгаа өнөө үед хүн төрөлхтөн байгаль орчинд ээлтэй, дахин боловсруулагдсан бүтээгдэхүүн хэрэглэх болсны нэг нь “thermofloc” барилгын дулаалгын материал юм. Энэ материалыг голдуу хаягдал сонины цаасаар хийдэг боловч сүүлийн жилүүдэд бүх төрлийн хаягдал цаасаар хийх болсон. Манай орны хувьд цаасан сав баглаа боодлын хэрэгцээ жил тутам өсөж 2025 онд 135.372 тн цаасан хаягдал гарчээ. Мөн импортын цаас нь хэрэглээ зориулалтаасаа хамаарч 1 жилийн дотор 60-95% нь хаягдал болдгийг Хэвлэлийн хүрээлэнгийн 2024 оны тайланд тусгажээ. Химийн бүтэц, шинж чанараар цаастай ижил материалын нэг нь сүрэл юм. Сүрэл нь буудайн иш бөгөөд 2025 онд манай улс 255500 тонн буудай хураасан ба тэдгээрийн 10% нь сүрэл хэлбэрээр хаягдаг байна. Энэ судалгааны ажлаар хаягдал цаас болон сүрэлийг дахин боловсруулж дулаан хадгалах чадвартай, хөнгөн, галд тэсвэртэй “thermofloc” барилгын дулаалгын материалыг гарган авах технологи болон тэдгээрийн галд тэсвэрлэх байдал, дулаан хадгалалт зэргийг судалсан болно.**

Түлхүүр үг:, Гал үл дэмжих дулаан туснаарлагч материал, дахин боловсруулалт, ногоон технологи

I. УДИРТГАЛ

“Thermofloc“ нь байгаль орчинд ээлтэй, эрүүл мэндэд аюулгүй, дулаан тусгаарлагч материал тул дэлхий дахинд өргөнөөр ашиглагдаж байна. Хаягдал цаасаар хийж буй “thermofloc” материалыг борын хүчлээр боловсруулснаар шилэн ширхэгтээс илүү галд тэсвэрлэдэг [1]. Галд тэсвэрлэлт гэдэг нь галын тархалт болон эрчмийг удаашруулж, шаталтыг бууруулдаг чадвар юм [2]. Галд тэсвэртэй болгож химийн болон байгалийн гаралтай давсаар боловсруулна [3].

Анх 1950 онд хаягдал сонин боловсруулж галд тэсвэртэй “thermofloc” материалыг гарган авсан бол 1970 онд АНУ-ын зах зээлд нэвтэрч, 2000 оны дунд үеэс дэлхий нийтээрээ хэрэглэх болсон. Өнөөгийн байдлаар хаягдал цаас, сав баглаа боодол болон сүрлийг дахин боловсруулж байгаль болон хүнд хоргүй, хямд өртөгтэй “thermofloc” барилгын дулаалгын материалыг өргөнөөр үйлдвэрлэн хэрэглэж байна.

“Thermofloc“ нь шилэн болон ноосон ширхэгтээр хийсэн материалаас 20-30%-иар бага дулаан алдалттай, 3 дахин илүү дуу чимээ тусгаарладаг байна [4]. Түүнийг борын хүчлээр боловсруулж галд тэсвэртэй мөн нян үржихгүй болгодог. “Thermofloc”-ын усыг шингээж хурдан гадагшлуулдаг нь целлюлоз суурьтай материалаар хийдэгтэй холбоотой юм [5].

Уг материал нь CE маркын гэрчилгээтэй, “Natureplus” стандартад нийцсэн юм. CE маркын гэрчилгээ нь байгальд ээлтэй, дахин боловсруулсан бүтээгдэхүүнийг илэрхийлэх ба “Natureplus” нь тухайн материалын хор аюулгүйг батласан стандарт юм [6]. “Thermofloc” дулаалгын материал нь чийгийг шингээж түргэн гадагшлуулдаг учраас хүйтний улиралд дулааныг хадгалж, дулааны улиралд сэрүүн байдлыг бий болгодог давуу талтай бөгөөд дараах үндсэн шинж чанаруудтай. Үүнд:

- Амьсгалдаг, байгальд ээлтэй
- Зардал багатай, хэрэглэхэд хялбар
- Галыг дэмждэггүй, тэсвэртэй
- Дулаан дамжуулалт багатай

“Thermofloc” нь 1м^2 талбайд 40кг материалиар дулаалга хийдэг учраас дулаан хадгалалт сайтай юм [7].

Өнөөгийн байдлаар олон улсад асгаасан болон үрлэн хэлбэртэй “thermofloc” материалыг хаягдал цаасаар үйлдвэрлэж байгаа бөгөөд түүгээр барилгын дээвэр, гадна дотор хана, тааз, шал зэргийг дулаалж байна. Асгаасан хэлбэртэй “thermofloc” материал нь 0,5 мм-ээс бага хэмжээтэй хөнгөн сүвэрхэг бүтэцтэй учир шал, дээвэр, таазны хөндийг дүүргэж дулаалахад хэрэглэдэг. Энэ нь дулаан алдагдлыг бууруулах, дуу түгсаарлах, шалны ачааллыг хөнгөлөх давуу талтай. Үрлэн хэлбэрийн “thermofloc” материал нь 3-8 мм хэмжээтэй байх ба түүнийг бетонд хольж хөнгөрүүлэх болон модон шаланд дүүргэгчээр ашигласнаар дуу чимээг сайн тусгаарладаг. Асгаасан болон үрлэн “thermofloc” материалыг даралттай агаарын урсгалаар

“thermoblow” төхөөрөмжөөр үлээлгэн байшин, барилгыг дүүргэн дулаална [8].

Энэ судалгааны ажлаар буудайн хаягдал сүрлийг цаастай хольж гал үл дэмжих асгаасан болон хавтан хэлбэрийн “thermofloc” барилгын дулаалгын материалыг гарган авах туршилтыг гүйцэтгэсэн.

II. СУДАЛГААНЫ АРГА ЗҮЙ

Судалгааг ШУТИС-ийн ХХҮДС-ийн Хөнгөн Үйлдвэрлэл Технологи Инженерчлэлийн Тэнхимийн Текстилийн эко-химийн лабораторид хийж дараах стандартын дагуу галд тэсвэрлэх болон дулаан хадгалах шинж чанарыг үнэлсэн. Үүнд:

- Галд шатах тест-Галын дөлөөр бүтээгдэхүүний шатах байдал-Парт 2-Нэг үүсгэвэртэй галын дөлөөр тодорхойлох стандарт EN ISO 11925-2:2026
- Босоо чиглэлд дээжинд дөл тархах байдлыг тодорхойлох стандарт ISO 6940/6941
- Хэвтээ чиглэлд дээжинд дөл тархах байдлыг тодорхойлох стандарт DIN 54333 T1
- Барилгын дулаан тусгаарлах материал-Нягтыг тодорхойлох арга MNS ISO 29470:2010
- Барилгын дулаан хамгаалалт - Дамжуулалтын болон агаар сэлгэлтийн дулаан шилжүүлэлтийн итгэлцүүрүүд - Тооцооны аргачлал MNS ISO 13789:2013

Хаягдал цаас ба сүрэлээр галд тэсвэртэй, дулаан хадгалалт сайтай “thermofloc” материалыг дараах байдлаар гарган авсан. Эхлээд хаягдал цаас, сүрэлийг 1-3 мм хэмжээтэй жижиглээд жигд хольж, галд тэсвэрлэх бодисыг нэмж илүүдэл усыг шахаж хатаана. Энэ судалгааны ажлаар 2 төрлийн бүтээгдэхүүн хийсэн. Үүнд:

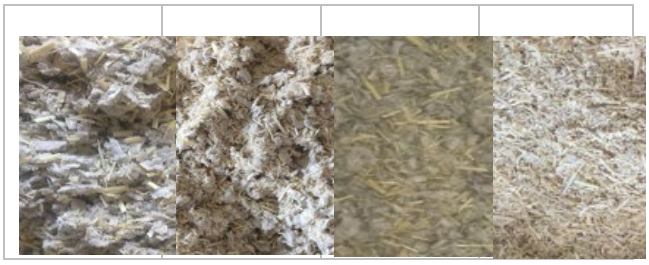
- Асгаасан /задгай ширхэгт/ хэлбэртэй
- Хавтан хэлбэртэй

Асгаасан хэлбэртэй “thermofloc” материалыг 4 өөр хувилбараар (хаягдал цаас, сүрэл, галд тэсвэрлэх бодисын зарцуулалтыг өөрчилсөн) 22^0C хэмд 15 минут боловсруулж бэлтгэсэн. Жорын хувилбарыг Хүснэгт 1-т харуулав.

АСГААСАН ХЭЛБЭРИЙН “THERMOFLOC” МАТЕРИАЛЫН ЖОРЫН ХУВИЛБАР

1-Р ХҮСНЭГТ

Хувилбар 1	Хувилбар 2	Хувилбар 3	Хувилбар 4
50/50% хаягдал цаас/сүрэл Галд тэсвэрлэх бодис 30 г/л	50/50% хаягдал цаас/сүрэл Галд тэсвэрлэх бодис 50 г/л	33/66% хаягдал цаас/сүрэл Галд тэсвэрлэх бодис 20 г/л	33/66% хаягдал цаас/сүрэл Галд тэсвэрлэх бодис 40 г/л



Хавтан хэлбэртэй “thermofloc” материалыг 4 өөр хувилбараар өөрөөр хэлбэл хувилбар 1,2-т хаягдал цаас, сүрлийн хэмжээг ижил авч галд тэсвэрлэх бодисыг тус бүр өөр хэмжээтэйгээр харин хувилбар 3,4-т хаягдал цаас, сүрлийн холиог өөрчлөн галд тэсвэрлэх бодисыг адилхан авч 22^0C хэмд 15 минутын боловсруулалтыг хийсэн. Жорын хувилбарыг Хүснэгт 2-т харуулав.

ХАВТАН ХЭЛБЭРИЙН “THERMOFLOC” МАТЕРИАЛЫН ЖОРЫН ХУВИЛБАР

2-Р ХҮСНЭГТ

Хувилбар 1	Хувилбар 2	Хувилбар 3	Хувилбар 4
50/50% хаягдал цаас/сүрэл Галд тэсвэрлэх бодис 35 г/л	50/50% хаягдал цаас/сүрэл Галд тэсвэрлэх бодис 50 г/л	75/25% хаягдал цаас/сүрэл Галд тэсвэрлэх бодис 35 г/л	75/25% хаягдал цаас/сүрэл Галд тэсвэрлэх бодис 50 г/л

III. СУДАЛГААНЫ ҮР ДҮН

Асгаасан хэлбэртэй “thermofloc” дулаалгын материалын холиог Хүснэгт 1-т харуулсны дагуу бэлтгэн шүлтлэг суурьтай байгалийн гаралтай давсаар галд тэсвэрлэх боловсруулалыг хийсэн. Хаягдал цаас, сүрлийн холионы хувь хэмжээнээс хамаарч бэлэн болсон асгаасан хэлбэртэй “thermofloc” дулаалгын материалыг Зураг 1-т харуулав.

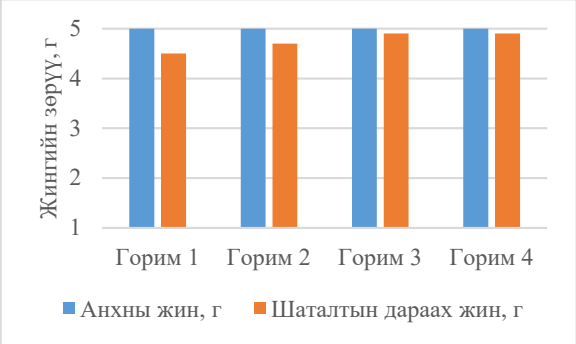
1 **2**

1-р зураг. Асгаасан хэлбэртэй "thermofloc" дулаалгын материал

1. 50/50% (хаягдал цаас/сүрэл) холиотой
2. 33/66% (хаягдал цаас/сүрэл) холиотой

Хаягдал цаас, сүрлийн (50/50% ба 33/66%) холиотой "thermofloc" дулаалгын материалууд нь хоорондоо барьцалдах чадвар сайн, тоосонцор бага үүссэн.

Асгаасан хэлбэртэй "thermofloc" дулаалгын материалын галд тэсвэрлэх байдлыг EN ISO 11925-2:2026 стандартын дагуу үнэлэж, материалын жингийн зөрүүгээр галд тэсвэрлэх байдлыг тодорхойлсон (Зураг 2).



2-р зураг. Асгаасан хэлбэртэй "thermofloc" дулаалгын материалын галд тэсвэрлэх байдлын үнэлгээ

Судалгааны үр дүнгээс харахад галд тэсвэрлэх бодисын хэмжээг нэмэгдүүлэх тутам галын дөлийг дэмжихгүй шаталт багатай хэдий ч хар утаа ихтэй уугиж байсан. Харин хувилбар 1,3-р боловсруулсан "thermofloc" дулаалгын материал нь шаталт багатай, хар утаа хаяхгүй галын дөлнөөс холдуулмагц өөрөө унтарч галыг дэмжихгүй байв. Хувилбар 3-т 10 г/л-р бага галд тэсвэрлэх бодисоор боловсруулсан хэдий ч горим 4-тэй ижилхэн шаталтыг харуулсан нь сүрлийн агууламж харьцангуй ихтэй холбоотой юм. Мөн шаталтын дараа анхны жингээ 2%-иар алдсан. Тиймээс 33/66% (хаягдал цаас/сүрэл)-ийн холиотой 20 г/л галд тэсвэрлэх бодисоор боловсруулах нь зохистой гэж үзсэн.

Хавтан хэлбэртэй "thermofloc" дулаалгын материалыг 50/50% (хаягдал цаас/сүрэл), 75/25% (хаягдал цаас/сүрэл) холиотой хийж гал тэсвэрлэх бодисыг (шүлтлэг суурьтай давс) 35 г/л, 50 г/л хэмжээгээр нэмсэн. Хүснэгт 2-т харуулсны дагуу 4 хувилбараар тус бүр 1см-ийн зузаантай, 10 см^2 талбай бүхий хавтан гарган авсан ба хэлбэрээ хадгалах чадварыг дээшлүүлэх зорилгоор хаягдал цаасыг түлхүү холсон.

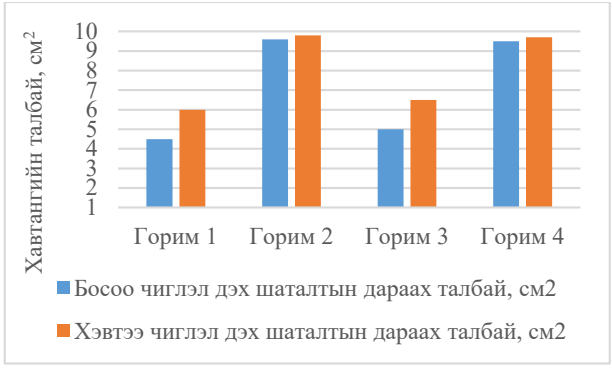
a **b**

3-р зураг. Хавтан хэлбэртэй "thermofloc" дулаалгын материал

a. 50/50% (хаягдал цаас/сүрэл) холиотой
b. 75/25% (хаягдал цаас/сүрэл) холиотой

Хаягдал цаасны орц нэмэгдэх тутам өөр хоорондоо барьцалдан сайн хэлбэржиж, хатах явцад хагаралт, цууралт үүсээгүй байсан.

Хавтан хэлбэртэй "thermofloc" дулаалгын материалуудын галд тэсвэрлэх байдлыг босоо чиглэлд ISO 6940/6941, хэвтээ чиглэлд DIN 54333 T1 стандартын дагуу дөл тархан шатах чанараар тодорхойлсон. Аливаа материал босоо чиглэлд хэвтээгээсээ илүү галыг дөлийг дэмждэг учраас 2 хэмжээст материалын дөл өгч шатах байдлыг зайлшгүй босоо болон хэвтээ чиглэлд тодорхойлно [8]. Дээрх стандартын дагуу гарган авсан хавтангуудын шаталтыг үнэлээд шатсан талбайн хэмжээгээр галд тэсвэрлэх байдлыг тодорхойлсон (Зураг 4).



4-р зураг. Хавтан хэлбэртэй "thermofloc" дулаалгын материалын галд тэсвэрлэх байдлын үнэлгээ

Шүлтлэг суурьтай давсны хэмжээ нэмэгдэх тутам шаталт багасч байсан хэдий ч хувилбар 1,3-р боловсруулсан хавтан босоо болон хэвтээ чиглэлд галыг дэмжин шатаж дөлнөөс холдуулсаны дараа цогшиж, хар утаа хаяж, усаар унтраах шаардлагатай гарсан. Харин хувилбар 2-оор боловсруулсан хавтан босоо чиглэлд нийт талбайн 4%, хэвтээд 2% нь шатсан. Хувилбар 4-оор боловсруулсан хавтан босоо чиглэлд нийт талбайн 5% хэвтээ чиглэлд 3% нь шатсан. Дээрх 2,4-р хувилбараар гарган авсан хавтангууд дөлнөөс холдуулахад гадны нөлөөгүй унтарснаас гадна хар утаа, тортог хаяагүй болно. Тиймээс хавтан хэлбэртэй “thermofloc” дулаалгын материалыг 50/50% (хаягдал цаас/сүрэл) холиогоор хийж 50 г/л галд тэсвэрлэх бодисоор боловсруулах нь зүйтэй гэж үзэв.

Асгаасан болон хавтан хэлбэртэй “thermofloc” дулаалгын материалын дулаан хадгалалтын судалгаа: ШУТИС, Барилга Архитектурын Сургуулийн физик, механик шинжилгээний лабораторид MNS ISO 29470:2010-ын дагуу нягт, MNS ISO 13789:2013 стандартын дагуу дулааны хадгалах байдлыг тодорхойлсон. Ингэхдээ манай улсын зах зээлд түгээмэл байдаг базальт, изовер (Isover) болон хонины ноосон дулаалгын материалуудын дулаан хадгалалтыг асгаасан (33/66% хаягдал цаас/сүрэл) ба хавтан (50/50% хаягдал цаас/сүрэл) хэлбэртэй “thermofloc” материалтай харьцуулж судлав.

Барилгын материалын дулаан хадгалалтанд нягт чухал нөлөөтэй учраас нягтыг нь тодорхойлж 3-р хүснэгтэнд үр дүнг нь харуулав.

БАРИЛГЫН ДУЛААЛГЫН МАТЕРИАЛУУДЫН НЯГТ

3-Р ХҮСНЭГТ

Д/д	**Барилгын дулаан материал**	**Нягт г/см^3**
1	Базальт	0.03
2	Изовер (Isover)	0.02
3	Хонины ноосон дулаалга	0.025
4	Асгаасан “thermofloc” (33/66% хаягдал цаас/сүрэл)	0.02
5	Хавтан “thermofloc” (50/50% хаягдал цаас/сүрэл)	0.035

Асгаасан болон хавтан хэлбэртэй “thermofloc”-ийн нягт нь бусад дулаалгын материалтай ойролцоо байна.

Дулаан хадгалалтыг 4-р хүснэгтэд харуулав.

БАРИЛГЫН ДУЛААЛГЫН МАТЕРИАЛУУДЫН ДУЛААН ХАДГАЛАЛТ

4-Р ХҮСНЭГТ

Д/д	**Барилгын дулаан материал**	**Дулаан хадгалалт м^2 ^{0}C/ Вт**
1	Базальт	33.3
2	Изовер (Isover)	46,5
3	Хонины ноосон дулаалга	44
4	Асгаасан “thermofloc” (33/66% хаягдал цаас/сүрэл)	38
5	Хавтан “thermofloc” (50/50% хаягдал цаас/сүрэл)	44,5

Хаягдал цаас ба сүрлийг 50/50% хольсон хавтан хэлбэртэй “thermofloc” материал нь импортын изоверээс 4%-иар бага, харин базальтаас 28%-иар илүү дулаан хадгалах чадвартай байна. Асгаасан хэлбэртэй “thermofloc” (33/66% хаягдал цаас/сүрэл) материалыг барилгын хана, шал, таазанд дүүргэгч байдлаар ашиглах боломжтой юм.

ДҮГНЭЛТ

Сав баглаа боодлын цаас болон буудайн хаягдлуудыг өөр хооронд нь хольж, нэмэлтээр шүлтлэг суурьтай давсаар боловсруулан гал үл дэмжих асгаасан болон хавтан хэлбэртэй “thermofloc” барилгын дулаалгын материалыг гарган авч галд тэсвэрлэх байдал болон дулаан хадгалалтыг харьцуулан судлав. Үүнд:

- Хаягдал цаас, сүрлийг 33/66%-иар хольж, 20 г/л галд тэсвэрлэх бодисоор боловсруулсан агаасан хэлбэртэй “thermofloc” дулаалгын материал нь галын дөлийг дэмжээгүй.
- Хавтан хэлбэртэй “thermofloc” дулаалгын материалыг 50/50% (хаягдал цаас/сүрэл)-иар хольж, 50 г/л галд тэсвэрлэх бодисоор боловсруулсан нь бусад горимуудаас илүү сайн галд тэсвэртэй үнэлэгдсэн.
- Хавтан хэлбэртэй “thermofloc” (50/50% хаягдал цаас/сүрэл) материалын дулаан хадгалах байдал нь манай улсын зах зээлд борлуулагддаг базальтаас 28%-иар илүү, изоверээс 4%-иар бага, хонины ноосон дулаалгын материалтай ижил байсан.

Асгаасан (35/65% хаягдал цаас/сүрэл) болон хавтан (50/50% хаягдал цаас/сүрэл) хэлбэртэй “thermofloc” дулаалгын материалууд нь гал дэмжихгүй, дулаан хадгалах чадвар сайтай тул барилгын аюулгүй байдал болон шаардлагыг хангасан, импортын барилгын материалыг орлох боломжтой юм. Мөн өртөг багатай хаягдлыг дахин боловсруулж байгаа тул тогтвортой үйлдвэрлэлээр хөгжүүлэх бүрэн боломж байна.

АШИГЛАСАН МАТЕРИАЛ, НОМ ЗҮЙ

[1] Brett French “Cellulose Insulation used in Historic Yellowstone photography store”, the Billing Gazette, 2021

[2] Sergey A. Mizuriaev, Anna Yu.Zhigulina, Aleksandr N.Mamonov "Fire resistant thermal insulation material with regulated moulding viscosity and mixed bonding agent" Journal of building engineering, 2016

[3] Vyto Babrauskas, Richard H. Harris Jr., Richard Gann, Barbara C. Levin, B T. Lee, Richard Peacock, M Paabo, W H. Twilley, M F. Yoklavich, H M. Clark "Fire Hazard Comparison of Fire-Retarded and Non-Fire-Retarded Products", NIST, 1988

[4] Manuel "Thermofloc intelligent insulation system- Natural Insulation material for the industrial application", Austria/Drau, 2020

[5] Thermofloc brochure "Insulation made from cellulose fibers" Austria/Drau, 2021

[6] NaturePlus™ Standard Version, 2023

[7] "Home Energy Savings-Blown-in Cellulose Insulation"

[8] https://www.thermofloc.com/en/cellulose-based-insulation

SPS ТӨХӨӨРӨМЖ АШИГЛАН ГАРГАН АВСАН КОМПОЗИТ МАТЕРИАЛЫН ШИНЖ ЧАНАРТ БЭХЖҮҮЛЭГЧИЙН ҮНСНИЙ (FLY ASH) НӨЛӨӨ

Цолмонгийн ДЭМБЭРЭЛ[1], Лхагваагийн ТЭЛМЭНБАЯР[2], Самдангийн ТҮМЭНБАЯР[3]

Монгол Улс, Улаанбаатар, ШУТИС, Механик инженер, тээврийн сургууль, Машин үйлдвэрлэлийн тэнхим

Холбогдох зохиогчийн и-мэйл хаяг: tsdemberel@must.edu.mn[1]

***Хураангуй*: Нунтаг металлургийн SPS төхөөрөмж нь композит материал гарган авахад зориулагдсан орчин үеийн дэвшилтэт тоног төхөөрөмж юм. Композит материалын шинж чанар бэхжүүлэгч материалаас ихээхэн хамаардаг болохыг олон улсын судлаачдын судалгаанаас харж болно. Энэхүү туршилт, судалгааны хүрээнд өргөн ашиглагддаг хөнгөнцагааныг матрицаар, энгийн зууханд шатаасан шахмал түлшний үнс болон дулааны цахилгаан станцын шүүлтүүрийн үнсийг бэхжүүлэгчээр сонгон авч композит материал гарган авахад ашиглав. Бэхжүүлэгч үнснүүдэд 900^0C-н урьдчилан халаалт явуулж доторх дэгдэмхий хий, чийгийг арилган, шинж чанарыг нь сайжруулсан. Хөнгөнцагаан матритай ширхэглэг үнсэн бэхжүүлэгчтэй композитын хатуулагт хэрхэн нөлөөлсөн болон ширхэгийн тархалтыг судалсан. Бэхжүүлэгч шахмал түлшний үнс болон ДЦС-IV-н шүүлтүүрийн үнсийг жингийн 3%, 6%, 9%-иар жинлэн авч, очит плазмын синтерлэх машинаар (SPS) 500^0C температурт 10 минутын турш 40 МПа хүчээр шахаж металл матрицтай композитыг гарган авсан болно. Гарган авсан хоёр композитын хамгийн өндөр хатуулагтай нь 6% -н бэхжүүлэгч үнстэй байсан бөгөөд үр дүн нь 61.5 болон 53.2 HV байсан. Энэхүү судалгааны ажлын хүрээнд бэхжүүлэгчээр ашиглсан 2 төрлийн үнс хатуулагт хэрхэн нөлөөлж буйг тогтоох зорилготой хийсэн болно.**

Түлхүүр үг- SPS, шахмал түлш, станц, үнс, хөнгөнцагаан

I. УДИРТГАЛ

Шинжлэх ухаан, технологийн хурдацтай хөгжлийн ачаар уламжлалт дан байгалийн материалууд нь төрөл бүрийн салбарын хэрэгцээ шаардлагыг хангахад хангалтгүй болсон.

Өнөө үеийн шинжлэх ухаан, технологийн хэрэгцээнд нийцүүлэн, хангахын тулд композит материалууд гарч ирсэн [1] бөгөөд материалын шинжлэх ухаан, инженерийн салбарт зайлшгүй шаардлагатай, чухал бүрэлдэхүүн хэсэг болсон.

Композит материал гэдэг нь хоорондоо уусдаггүй хоёр болон түүнээс дээш материалын холимог бөгөөд бүрдүүлэгч материал бүрийнхээ шинж чанараас илүү давуу талыг агуулсан байдаг.

Композит материал нь ган зэрэг түгээмэл ашиглагддаг материалуудтай харьцуулахад илүү бат бөх атлаа хөнгөн юм.

Автомашины үйлдвэрлэлд тээврийн хэрэгслийн жинг бууруулах зорилгоор олон эд ангиудыг гангаас композит материал руу шилжүүлэн өөрчилж байна [2].

Бэхжүүлэгч материалын өргөн сонголт болон боловсруулалтын шинэ техникүүдийн хөгжил нь композит материалыг томоохон хэмжээний үйлдвэрлэлд нэвтрүүлэх боломжийг олгож, олны анхаарлыг ихээр татах болсон.

Матриц материалын төрлөөс хамааран дараах байдлаар ангилдаг:

Металл матрицтай композит (ММК)

Керамик матрицтай композит (КМК)

Полимер матрицтай композит (ПМК)

Нүүрстөрөгчит матрицтай композит.

Эдгээрээс металл матрицтай композит (ММК) нь өндөр температур, чийг, цацраг туяанд тэсвэртэй, вакум орчинд хий ялгаруулдаггүй, дулаан болон цахилгаан дамжуулах чадвар сайн, мөн механик шинж чанар нь эрс дээшилсэн зэрэг давуу талуудаараа бусад композит материалаас ялгардаг[3].

Судлаачдын судалгаанаас харахад хамгийн өргөн ашигласан матриц материалууд нь Al-Si, Al-Cu, Al-Mg болон бусад хөнгөнцагааны хайлшууд байна. [4]

Бэхжүүлэгч материалыг органик болон органик биш гэж ангилж байна. Органик бэхжүүлэгчээр үнс, шавар, будааны хальс, газрын самрын хальс, амтат гуан хальсны үнс, элсэн чихрийн нишингийн үнс гэх мэт. Харин органик биш бэхжүүлэгчээр оксидын Al_2O_3, MgO, SiO_2, TiO_2, ZrO г.м, нитридын тухайлбал, TiN, BN, Si_3N_4 г.м, карбидын TiC, B_4C, CNT, SiC_8, MWCMT, Ti_3SiC_2, графит г.м, бусад төрлийн бэхжүүлэгчээр алмаз, нүүрстөрөгчит файбэр, WS_2 гэх мэт [5] бэхжүүлэгчийг судлаачид ашиглаж композит материалын механик, физик, технологи шинж чанарыг өөрчлөн сайжруулж байгаа харагдаж байсан.

Хөнгөнцагаан металл матрицтай композит материал (ХММК) үйлдвэрлэх сул тал нь бэхжүүлэгч материалын өртөг өндөр, матриц дахь бэхжүүлэгчийн жигд биш (эсвэл олон янз) тархалт, мөн хөрөнгө оруулалтын өртөг өндөр юм. Композит материал үйлдвэрлэх хэмнэлттэй арга нь тэдгээрийн хэрэглээг өргөжүүлэх хаягдал түүхий эдийг ашиглан үйлдвэрлэлийн зардлыг багасгах нь чухал ач холбогдолтой юм [6].

Металл матрицтай композит материалыг үйлдвэрлэх технологиудыг хатуу төлвийн процесс

тухайлбал нунтаг металлургийн арга, шингэн төлвийн процессоос хамгийн өргөн хэрэглэгддэг эргэлтэт цутгуурын арга, бусад процесс компо цутгуур, ин ситу цутгуур (газар дээр нь цутгах) гэх мэт технолгиудаар үйлдвэрлэж байгаа судлаачдын судалгаан дээрээс харагдаж байсан.

Нунтаг металлургийн аргын гол давуу тал нь бэхжүүлэгч фазын эзлэх хувийг хэрэгцээнд тааруулан тохируулох боломжтой.

Эзлэхүүний фракцын 70% хүртэл байж болох бөгөөд ширхгийн хэмжээг наногоос микрон хэмжээтэй болгон тохируулах боломжтой.

Бага температурт бэхжүүлэгч ба матрицын хоорондох интерфейсийн урвалыг бууруулж болно.

Нунтаг металлургийн хувьд матриц хайлшийн нунтаг ба бэхжүүлэгч ширхгүүдийг жигд холих шаардлагатай байдаг.

Сүүлийн үед үнсийг химийн найрлага , хөнгөн, хямд тул хөнгөнцагаан матрицтай композит материал үйлдвэрлэхэд бэхжүүлэгч материал болгон ашиглаж байна. Уламжлалт керамик бэхжүүлэгчүүдийн (Al_2O_3, SiC, TiC гэх мэт) оронд үнсийг ашиглах нь эдийн засгийн хувьд ашигтай.

Олон тооны судалгаагаар үнсэн бэхжүүлэгчийг оруулснаар хөнгөнцагаан композит материалын бат бөх, хөшүүн чанар, чийгшүүлэх чадвар, элэгдэлд тэсвэртэй, дулааны эсэргүүцлийг сайжруулж, зэрэг хөнгөнцагааны нягтыг бууруулдаг болохыг баталж байсан [7], [8], [9].

Судлаач Херзалла нар нунтаг металлургиийн арга ашиглан SiC болон CNT-ээр бэхжүүлсэн цэвэр хөнгөнцагааны композит материалыг бэлтгэсэн. Тэд өөр өөр найрлага, ширхэгтэй композит материалын шинж чанарт үзүүлэх нөлөөг судалж, SiC болон CNT-ийн агууламж нэмэгдэхийн хэрээр композит материалын харьцангуй нягт ба үрэлтийн коэффициент буурдаг болохыг тогтоосон мөн композит материалын хатуулаг ба шахалтын бат бах нэмэгдсэн гэж дурьдсан байсан [10].

Энэхүү судалгааны ажлаар дэвшилтэт төхөөрөмж болох очит плазмын **синтерлэх** (sps) машиныг ашиглан хатуулаг шинж чанар өндөртэй хөнгөнцагаан матрицтай композит материал гарган авах туршилт, судалгааг хийж гүйцэтгэсэн.

Хаягдал түүхий эдийг ашиглан хямд үнээр металл матрицтай композит материал гарган авах боломж бүрдэнэ.

Хаягдлыг ашигласнаар байгаль орчинд үзүүлэх нөлөөллийг багасгахад бага ч болов хувь нэмэр оруулах практик ач холбогдолтой судалгаа юм.

II. АРГА ЗҮЙ

Энэхүү судалгаа, туршилтад AlSi8 маркийн нунтаг (0.01-0.02мм) хөнгөнцагааны хайлш болон энгийн зууханд түлсэн шахмал түлшний шаталтын үлдэгдэл үнс болон дулааны цахилгаан станц-4-н шүүлтүүрийн үнсийг жингийн 3, 6, 9%-р авч органик бэхжүүлэгчтэй металл матрицтай композит гарган авахаар туршилт хийсэн.

Туршилтад бэхжүүлэгч үнсийг 45 мкм-ээс доош ширхгийн хэмжээтэйг сонгон авч ашигласан.

A. Рентген дифрактометрын аргачлал (XRD)

Хоёр төрлийн үнсний фазын найрлагыг тодорхойлохын тулд XRD-7000S маркийн рентген рефрактометр багажийг хэрэглэсэн. XRD шинжилгээг CuKα болон 40 кВ-ын ажиллах хүчдэл, 30 мА гүйдэл ашиглан гүйцэтгэв.

Б. Хатуулаг тодорхойлох аргачлал

Гарган авсан композит материалын микро хатуулгийн туршилтыг MNS 2563:78, JIS Z 2244-2003 стандартын дагуу Нидерланд улсын FH-10 маркийн универсал микро хатуулаг хэмжигч багажаар F= HV1 Кпаунд буюу 9.807 Н хүчээр ачааллыг тохируулж тасалгааны температурт нэг сорьц дээр гадаргуу болон хөндлөн огтлолд 10 удаа туршилт хийн дундаж хатуулаг утгыг гаргасан. Туршилтын үр дүнг эксел программ t-Test: Two-Sample Assuming Equal Variances буюу хоёр түүврийн дундаж утгын ялгааг шалгадаг статистик шинжилгээ хийсэн. $P < 0.05$ бол хоёр бүлгийн хооронд статистик ач холбогдол бүхий ялгаа байна гэж үзнэ.

$P > 0.05$ бол хоёр бүлгийн хооронд ялгаа байхгүй, ижил байна гэж үзнэ.

В. Дотоод бүтэц тодорхойлох аргачлал

Дотоод бүтцийг судлахын тулд MNS4686:98 стандартыг дагуу микро шлиф бэлтгэн дээжээс сорьцыг тайрч аван микро шлифийг герман улсын KHUTH-ROTER2 маркийн усан хөргөлтэй зүлгүүрийн машин дээр усанд тэсвэртэй цахиурын карбидан материалтай P80,120,180,320,500,1000,1200 ширхэглэгтэй зүлгүүрийн цаасыг ашиглан зүлгэж дараагаар нь нарийн өнгөлөөг 250 эрг/мин хурдтайгаар төрөөмж дээр 10 мкм-н ширхэгтэй алмазан паст ашиглан толин өнгөлгөө хийнэ. Үүний дараа пастыг ус болон стиртээр угааж арчаад хатаана.

Үүний дараагаар өнгөлгөөг шалгаж дуусаад идүүлэлтийн 80 мл нэрмэл ус H_20, 20 мл H_2SO_4 уусмлыг 70 ^{0}C халаагаад 2 минут дүрж идүүлэлтийг хийж дотоод бүтцийг тодорхойлов.

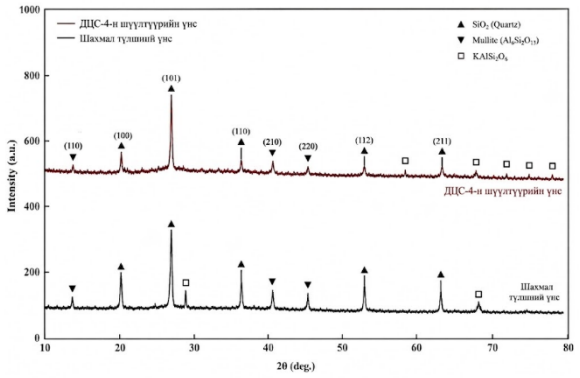
D. *Очит плазмын синтерлэх машинаар (SPS) туршилт гүйцэтгэсэн аргачлал*

Туршилтыг гүйцэтгэхдээ нунтаг хөнгөнцагааны хайлш болон бэхжүүлэгч үнснүүдийг мянганы нарийвчлалтай электрон жингээр тооцоололын дагуу жинлэн авч 250 эрг/ мин хурдтайгаар циркон аяга болон бөмбөлөг ашиглан нунтаг:бөмбөлөг 1:8 харьцаатайгаар 4 цагийн турш холилт хийсэн. 100^{0}C/мин хурдтайгаар 500 ^{0} C хүртэл халааж энэ температурт 10 минут вакуум орчинд барилт хийн, 40 МПа хүчээр шахаж, 50^{0}C/мин хурдтайгаар хөргөсөн.

III. Үр дүн ба хэлэлцүүлэг

3.1 Рентген дифрактометрын (XRD) шинжилгээний үр дүн

900 ^{0}С-т урьдчилан халаасан шахмал түлшний үнс болон ДЦС-4-н шүүлтүүрийн үнсний рентген дифракцийн хэмжилтийг <Match!> программыг ашиглан үр дүнг боловсруулан 1-р зураг үзүүлэв.



1-р зураг. 900 ^{0}С-т урьдчилан халаасан шахмал түлшний үнс болон ДЦС-4-н шүүлтүүрийн үнсний рентген дифрактограмм.

Хөнгөнцагаан химийн найрлага 92% Al, 8% цахиурын 45-90 мкм ширхэглэлтэй нунтаг энгийн зууханд шатаасан үнсийг 900^{0}С урьдчилан халаасан үнсний фазын найрлага 68.78 SiO_2, 10.59% $KMg_2Al_2Si_3O_{11}(OH)$, 4.58% SO_2, 16.06% $Mg_{3.41}Si_{2.86}Al_{1.14}O_{10}(OH)_2(H_2O)_{3.72}$ мөн ДЦС-4-н шүүлтүүрийн үнсний фазын найрлага 32.5% SiO_2, 7.40% $KAl_3Si_3O_{10}(OH)_2$, 11.15% $KAlSi_2O_6$, 5.20% $CaSiO_3$, 17.90% $Na._{25}Ca._{71}(Al_2Si_2O_8)$, 25.83% $Ca_4(Al_8Si_8O_{32})(H_2O)_{17.21}$ найрлагатай болох нь тогтоогдсон ба рентген дифрактограмм дээр миллерийн индексээр кварц, муллитийг тэмдэглэв.

3.2 Гарган авсан композит материалын хатуулгын туршилтын үр дүн

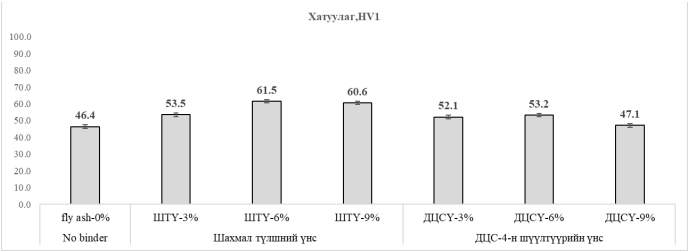
Туршилтыг гадаргуу болон хөндлөн огтлолд 10 удаа туршилт хийн дундаж хатуулгын ($\bar{X}$) үр дүн, стандарт хазайлтыг (SD) 1 дүгээр хүснэгтэд мөн 2-р зураг графикаар дүрслэн харуулав. 3-4-р зураг хатуулгыг сорьцны хөндлөн огтлолд хийж буй байдал болон туршилтын үр дүн багажны дэлгэц дээр харагдах байдлыг харуулав.

Хатуулгын үзүүлэлтүүдэд t-Test: хийсэн үр дүнг 2-р хүснэгтээр харуулав.

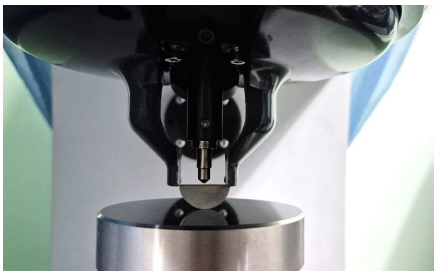
2 ТӨРЛИЙН БЭХЖҮҮЛЭГЧ ҮНСНИЙ ХАТУУЛАГ

1-Р ХҮСНЭГТ .

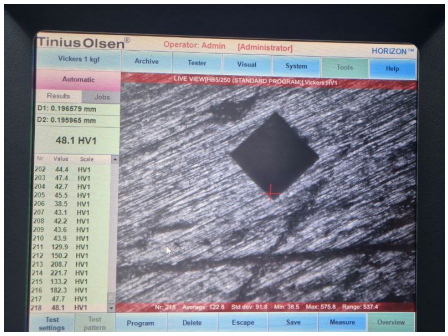
№	ДЦС-4-н шүүлтүүрийн үнс, жингийн %				Шахмал түлшний үнс, жингийн %		
	0	**3**	**6**	**9**	**3**	**6**	**9**
1	45.51	51.34	57.36	46.2	54.5	68.8	64.29
2	47.97	51.01	55.44	44.68	54.32	66.0	59.4
3	45.93	54.68	48.55	46.94	52.19	58.99	60.66
4	43.6	47.53	52.37	46.78	49.22	57.97	61.56
5	44.13	48.42	55.06	43.9	50.02	58.99	58.77
6	48.1	57.72	48.75	50.5	51.16	64.29	61.77
7	47.7	56.1	53.04	45.5	55.79	61.34	55.24
8	48.7	54.1	56.15	51.0	56.5	61.11	63.58
9	46.1	49.7	53.8	45.5	58.8	59.4	62.2
10	46.2	50.7	51.5	49.8	52	58.4	58.38
$\bar{X}$	**46.4**	**52.1**	**53.2**	**47.1**	**53.5**	**61.5**	**60.6**
SD	**1.71**	**3.37**	**2.98**	**2.50**	**3.05**	**3.66**	**2.7**



2-р зураг. Хатуулгын туршилтын үр дүн



3-р зураг. Хатуулгыг хөндлөн огтлолд үзэж буй байдал.



4-р зураг. Хатуулгын үр дүн дэлгэц дээр харагдах байдал

Бидний судалгааны үр дүнгээс харахад шахмал түлшний үнсний фазын найрлагад 68.78% SiO_2 болон ДЦС-4 шүүлтүүрийн үнсэнд 32.5% SiO_2-н хамгийн өндөр хувьтай гарсан нь хатуулгын үзүүлэлтэд ихээхэн нөлөөлсөн. Бэхжүүлэгчгүй хөнгөнцагааны хайлш нь 46.4 (±1.71) HV хатуулагтай байхад шахмал түлшний үнс болон ДЦС-4-н шүүлтүүрийн жингийн 6% үнсээр бэхжүүлсэн композит материалуудын хатуулаг нь

ТАХУУЛГЫН ТУРШИЛТЫН УТГУУДАД T-TEST: ХИЙСЭН ҮР ДҮН

2-Р ХҮСНЭГТ.

	fly ash-0%	ШТҮ-3%	ШТҮ-6%	ШТҮ-9%	ДЦСҮ-3%	ДЦСҮ-6%	ДЦСҮ-9%
fly ash-0%	1	0.000005	0.000000001	0.0000000000399	0.000143942	0.000006606	0.4833
ШТҮ-3%	0.000005	1	0.000042831	0.000029719	0.3706	0.8562	0.000029719
ШТҮ-6%	0.00000000063	0.00004283	1	0.52012	0.0000119	0.00007228	0.00000000558
ШТҮ-9%	0.0000000000399	0.000029719	0.5201	1	0.000007662	0.00001691	0.000000000870
ДЦСҮ-3%	0.0001439	0.370649081	0.00001187	0.000007662	1	0.460716053	0.00129075
ДЦСҮ-6%	0.000006606	0.856170201	0.00002696	0.00001691	0.460716053	1	0.00009724
ДЦСҮ-9%	0.483346541	0.00007381	0.000000005576	0.0000000008703	0.00129075	0.00009724	1

Тайлбар:
ШТҮ- Шахмал түлшний үнс
ДЦСҮ- Дулааны цахилгаан станц 4-н шүүлтүүрийн үнс
fly ash -0% - нэмэлт бэхжүүлэгчгүй

61.5 (±3.66) HV болон 53.2 (±2.98) HV болж нэмэгдсэн ШТҮ (3%, 6%, 9%) болон ДЦСҮ (3%,

6%)-тай харьцуулсан P утгууд нь маш бага буюу 0.05-аас бага байна. Бэхжүүлэгч 2 төрлийн үнсийг ашиглахад Fly ash-0%-аас эрс өөр статистик ач холбогдол бүхий гарсан. ДЦСҮ-9% бэхжүүлэгчтэй (P=0.48) үр дүн 0.05-аас их байгаа тул хатуулагт өөрчлөлт ороогүй үндсэн сорьцтой ижил түвшинд байгааг харуулж байна. Хамгийн өндөр хатуулагтай ШТҮ-6% (Шахмал түлшний үнс) бэхжүүлэгчтэй болон Fly ash-0% хоорондын P утга маш бага (0.0000000001) байгаа нь 15.1 HV-ээр өссөн статистикийн хувьд маш өндөр ач холбогдолтой (санамсаргүй биш) болохыг баталж байна.

ШТҮ (Шахмал түлшний үнс): 3%-иас 6% хүртэл нэмэхэд хатуулаг эрчимтэй өсөж (**53.5 →61.5**), 9% болоход бага зэрэг буурсан (**60.6**) байна. Энэ нь ШТҮ-ийн хувьд **6%** орчим нь хамгийн тохиромжтой байж болохыг харуулж байна.

Хөнгөнцагаан матрицын хатуулаг шинж чанар өссөн нь үнсэн дэх цахиурын исэл бэхжүүлэх нөлөө

үзүүлж байгаатай холбоотой юм. Хатуулаг нэмэгдсэн шалтгааныг тайлбарлавал мөхлөгийн зааг дээр үүссэн хөдөлгөөнгүй дислокаци нь дислокацийн хөдөлгөөнд саад учруулж, деформацийн оронд эсрэг хүчдэл (negative strain field) үүсгэдэг. Үүний улмаас уг саадыг даван туулахын тулд илүү өндөр хүч шаардагдаж, материалын бат бөх нэмэгддэг.

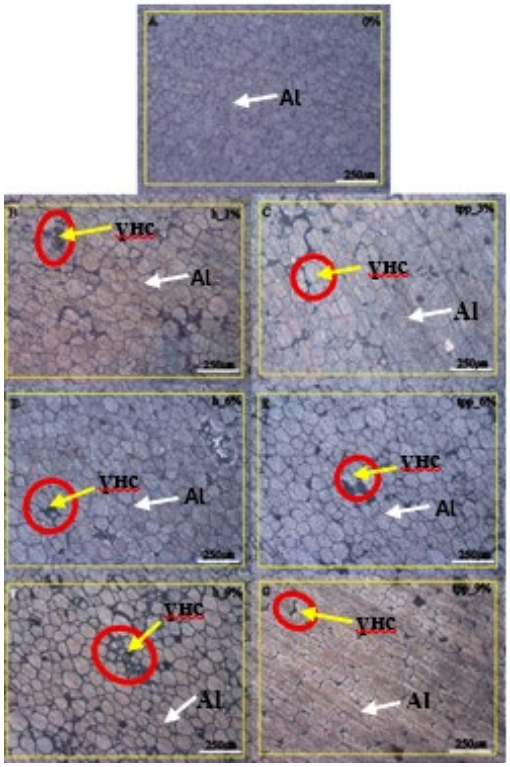
3.3 Дотоод бүтцийн шинжилгээний үр дүн

Композит материалын дотоод бүтцийн шинжилгээгээр матриц дахь бэхжүүлэгч үнсэнд агуулагдах хатуу керамик эрдсүүдийн тархалтыг харуулав. (5-6-р зураг)

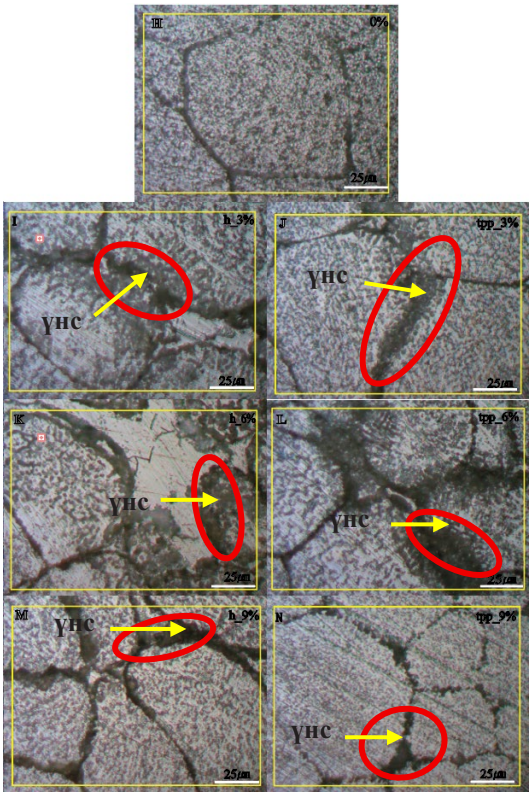
Гэр хорооллын шахмал түлшний үнс болон "Дулааны IV цахилгаан станц" ТӨХК-ийн шүүлтүүрийн үнсийг авч шигшүүр 1.4 мм -ээс 0.045 мм-ээс доош шигшүүрийн суурь дээр унасан 220/240 В, 50Гц нийт 12 төрлийн шигшүүр ашиглан ангилаад үүнээс 0.045 мм-с доош ширхэгтэй үнсийг 3,6,9%-иар авч япон улсын Labox650F маркийн очит плазмаар синтерлэх төхөөрөмж ашиглан туршилтыг хийж гүйцэтгэв.

A, H тэмдэглэгээтэй бэхжүүлэгчгүй матриц материалын дотоод бүтцийн зураг 250 мкм болон 25 мкм өсгөлттэй авсан. B,D,F тэмдэглэгээтэй нь 250 мкм өсгөлттэй харин I, E,M нь 25 мкм өсгөлттэйгээр авсан гэр хорооллын шахмал түлшний үнсээр бэхжүүлсэн композит материалын дотоод бүтэц харин бусад тэмдэглэгээтэй нь цахилгаан станцын шүүлтүүрийн үнсээр бэхжүүлсэн композит материалын дотоод бүтэц болно.

Туршилтаар гарган авсан металл матрицтай композитын микро бүтцийн шинжилгээнээс харахад бэхжүүлэгч үнсний ширхгүүд мөхлөгийн заагаар тархсан мөн нүх үүссэн байдал ажиглагдаагүй болно.



5-р зураг. Гэрлэн микроскопоор 250 мкм өсгөсөн шахмал түлшний үнс болон ДЦС-н үнсээр бэхжүүлсэн композит материалын тархалтыг харуулав. (A) 0 % үнс , (B) h_3 % үнс, (C) hpp_3 % үнс, (D) h_6 % үнс, (E) hpp_6 % үнс, (F) h_9 % үнс, (G) hpp_9 % үнс,



6-р зураг. Гэрлэн микроскопоор 25 мкм өсгөсөн шахмал түлшний үнс болон ДЦС-н үнсээр бэхжүүлсэн композит материалын тархалтыг харуулав.
(H) 0 % үнс, (I) h_3 % үнс, (J) hpp_3 % үнс, (K) h_6 % үнс, (L) hpp_6 % үнс, (M) h_9 % үнс, (N) hpp_9% үнс

ДҮГНЭЛТ

1. Туршилтад бэхжүүлэгчээр ашигласан 2 төрлийн үнсний хувьд 2-лаа 6% бэхжүүлэгч үнс агуулсан хамгийн өндөр буюу 61.5 HV болон 53.2 HV хатуулагтай байсан. Энэ нь үнсэн дэх бэхжүүлэгчийн хэмжээ оновчтой, тархалт жигд явагдсантай холбоотой.
2. ДЦСҮ-6% (P=0.8562 байсан) ба ШТҮ-3% (P=0.3706) хоёрын хатуулаг (53.2HV ба 53.5HV) байгаа нь t-test-ээр статистик ялгаа алга байна.
3. ДЦС-4-н шүүлтүүрийн үнсээр бэхжүүлсэн композитыг шахмал түлшний үнсээр бэхжүүлсэн композит материалын хатуулгын үр дүнг харьцуулан үзэхэд шахмал түлшний үнсээр бэхжүүлсэн композит харьцангуй өндөр хатуулагтай байгаа нь тодорхойлогдсон.
4. **ШТҮ-6%** бол энэ туршилтын хамгийн өндөр хатуулаг статистикийн хувьд хамгийн хувьд маш өндөр ач холбогдолтой (санамсаргүй биш) болохыг баталж байна
5. Дотоод бүтцийн шинжилгээний үр дүнгээс харахад бэхжүүлэгч үнсний ширхгүүд мөхлөгийн заагаар байрласан нь дислокацийн шилжилтэд саад болж үүнээс шалтгаалан илүү композит материалын хатуулаг нэмэгдсэн.
6. SPS төхөөрөмж ашиглан хөнгөнцагаан матритай композит гарган авах нь уламжлалт аргаар гарган авсан композиттой харьцуулахад бүтцийн хувьд согог багатай нэгэн жигд байгаа нь ажиглагдаж байна.
7. Шахмал түлшний үнсийг ашиглан ирээдүйд үнэ, цэнэ нь өсөх композит материалд бэхжүүлэгч болгон ашиглах боломжтой.
8. Цаашид туршилтын горим болон бэхжүүлэгч үнсний хувь, ширхгийн хэмжээнээс хамаарсан туршилт хийн харьцуулах шаардлагатай.

АШИГЛАСАН МАТЕРИАЛ, НОМ ЗҮЙ

[1] K. Morsi, A. M. K. Esawi, P. Borah, S. Lanka, A. Sayed, and M. Taher, “Properties of single and dual matrix aluminum–carbon nanotube composites processed via spark plasma extrusion (SPE),” *Materials Science and Engineering: A*, vol. 527, no. 21–22, pp. 5686–5690, Aug. 2010, doi: 10.1016/j.msea.2010.05.081.

[2] S. N. A. Safri, M. T. H. Sultan, M. Jawaid, and K. Jayakrishna, “Impact behaviour of hybrid composites for structural applications: A review,” *Compos. B Eng.*, vol. 133, pp. 112–121, Jan. 2018, doi: 10.1016/j.compositesb.2017.09.008.

[3] T. P. D. Rajan, R. M. Pillai, and B. C. Pai, “Reinforcement coatings and interfaces in aluminium metal matrix composites,” *J. Mater. Sci.*, vol. 33, no. 14, pp. 3491–3503, Jul. 1998, doi: 10.1023/A:1004674822751.

[4] Y. Wang and J. Zhang, “A Review of the Friction and Wear Behavior of Particle-Reinforced Aluminum Matrix Composites,” *Lubricants*, vol. 11, no. 8, p. 317, Jul. 2023, doi: 10.3390/lubricants11080317.

[5] P. K. Gupta, A. K. Trivedi, M. K. Gupta, and M. Dixit, “Metal matrix composites for sustainable products: A review on current development,” *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part L: Journal of Materials: Design and Applications*, vol. 238, no. 10, pp. 1827–1864, Oct. 2024, doi: 10.1177/14644207241238197.

[6] H. Kala, K. K. S. Mer, and S. Kumar, “A Review on Mechanical and Tribological Behaviors of Stir Cast Aluminum Matrix Composites.,” *Procedia Materials Science*, vol. 6, pp. 1951–1960, 2014, doi: 10.1016/j.mspro.2014.07.229.

[7] L.-J. Fan and S. H. Juang, “Reaction effect of fly ash with Al–3Mg melt on the microstructure and hardness of aluminum matrix composites,” *Mater. Des.*, vol. 89, pp. 941–949, Jan. 2016, doi: 10.1016/j.matdes.2015.10.070.

[8] G. H. Wu, Z. Y. Dou, L. T. Jiang, and J. H. Cao, “Damping properties of aluminum matrix–fly ash composites,” *Mater. Lett.*, vol. 60, no. 24, pp. 2945–2948, Oct. 2006, doi: 10.1016/j.matlet.2006.02.018.

[9] S. G. Kulkarni, J. V. Meghnani, and A. Lal, “Effect of Fly Ash Hybrid Reinforcement on Mechanical Property and Density of Aluminium 356 Alloy,” *Procedia Materials Science*, vol. 5, pp. 746–754, 2014, doi: 10.1016/j.mspro.2014.07.324.

[10] H. Herzallah, A. Elsayd, A. Shash, and M. Adly, “Effect of carbon nanotubes (CNTs) and silicon carbide (SiC) on mechanical properties of pure Al manufactured by powder metallurgy,” *Journal of Materials Research and Technology*, vol. 9, no. 2, pp. 1948–1954, Mar. 2020, doi: 10.1016/j.jmrt.2019.12.027.

ДҮРС БОЛОВСРУУЛАЛТАД СУУРИЛСАН ЭРТНИЙ РҮНИ-МОНГОЛ БИЧГИЙГ ОРЧИН ЦАГИЙН МОНГОЛ ХЭЛ РҮҮ ХӨРВҮҮЛЭХ ОЛОН ҮЕ ШАТ БҮХИЙ АРГАЧЛАЛЫН СУДАЛГАА

Соном-Очирын ӨЛЗИЙБАЯР[1], Бямбадоржийн ЗОЛЗАЯА[2], Юндэнбатын БОЛДБААТАР[3]

[1,2] Монгол Улс, Улаанбаатар хот, ШУТИС, Мэдээлэл, холбооны технологийн сургууль, Мэдээллийн технологийн тэнхим

[3] Монгол Улс, Улаанбаатар хот, ШУТИС, Нийгэм, хүмүүнлэгийн сургууль, Түүх соёл, аялал жуулчлалын тэнхим

Холбоо барих зохиогчийн и-мэйл хаяг: b.zolzaya@must.edu.mn[2]

Хураангуй: **Төв Азийн түүх, соёл, хэл шинжлэлийн судалгаанд эртний рүни бичгийн дурсгалууд онцгой байр суурь эзэлдэг. Түрэг болон эртний монгол угсаатны соёл, төрийн байгуулал, нийгмийн харилцаа, хэлний хөгжлийн талаархи чухал мэдээллийг хадгалсан эдгээр хадны бичээс, дурсгалууд нь өнөөдөр түрэг судлал, монгол судлал, түүх-соёлын судалгааны үндсэн эх сурвалжийн нэг юм. Гэвч рүни бичгийн уншлага, тайлал нь ихэвчлэн мэргэжлийн цөөн судлаачдын гар ажиллагаанд тулгуурладаг бөгөөд олон дурсгалын бичээсүүд бүрэн судлагдаагүй, эсвэл судалгаанд ашиглахад хүндрэлтэй хэвээр байна. Энэхүү судалгааны зорилго нь эртний рүни-монгол бичгээр бичигдсэн хадны бичээс, дурсгалын зургийг оролт болгон авч, тэдгээрийг орчин үеийн кирилл монгол хэл рүү автоматаар хөрвүүлэх дижитал системийн загварыг боловсруулахад оршино. Судалгаанд дүрсийн боловсруулалт, OCR (Optical Character Recognition), дараалал-дараалал (seq2seq) нейрон загварууд болон хэлний том загвар (LLM)-д суурилсан контекстийн засвар, утга зүйн тайлбар бүхий шаталсан аргачлал санал болгож байна. Санал болгож буй аргачлал нь гурван үндсэн шаттай. Нэгдүгээр шатанд хадны бичээс болон дурсгалын зургаас рүни үсгийг илрүүлж таних дүрсийн боловсруулалтын алгоритм болон OCR загварыг ашиглана. Хоёрдугаар шатанд танигдсан тэмдэгтүүдийг анхан шатны галиглалд хөрвүүлэх seq2seq загвар хэрэгжинэ. Гуравдугаар шатанд хэлний том загварт суурилсан контекстийн засварын механизм ашиглан тухайн бичээсийн цаг үеийн хэлзүйн онцлог, түүхэн утга агуулгыг харгалзан орчин үеийн монгол хэл рүү илүү оновчтой хөрвүүлэлт, тайлбар хийхийг зорьж байна. Мөн судалгаанд хэд хэдэн seq2seq архитектуруудыг туршин харьцуулж, рүни бичгийн галиглал болон орчуулгын гүйцэтгэлийг үнэлэх туршилтын орчныг төлөвлөсөн. Туршилтын үр дүнд Vision Transformer-д суурилсан OCR загвар 86% таних нарийвчлал, Transformer-д суурилсан seq2seq загвар BLEU оноо нь 0.71 хүрсэн бөгөөд LLM сайжруулалтын шат нь semantic similarity оноог 0.58-аас 0.82 хүртэл нэмэгдүүлж, нийт системийн гүйцэтгэлийг мэдэгдэхүйц сайжруулсан. Энэхүү судалгаа нь эртний бичгийн дурсгалуудыг дижитал хэлбэрт хадгалах, судалгаанд ашиглах боломжийг өргөжүүлэхээс гадна түрэг-монголын түүх, хэл шинжлэл, соёлын өвийг орчин үеийн хиймэл оюуны технологитой холбох шинэ боломжийг нээх ач холбогдолтой юм.**

Түлхүүр үг: Дүрс боловсруулалт, Рүни бичээс, Оптик тэмдэгт таних (OCR), Дараалал-дараалал (Seq2Seq), Хэлний том загвар (LLM)

I. ОРШИЛ

Эртний рүни бичээсүүд нь Төв Азийн нүүдэлчдийн түүх, хэл шинжлэл, соёлын судалгаанд онцгой ач холбогдолтой эх сурвалж бөгөөд түрэг болон эртний монгол угсаатны төр, нийгмийн байгуулал, үзэл санаа, хэлний хөгжлийн талаарх үнэт мэдээллийг агуулдаг. Ялангуяа Орхоны хөндийн бичээсүүд нь эртний түрэг хэлний бичгийн уламжлал, төрийн үзэл баримтлал, түүхэн үйл явдлыг судлах үндсэн эх хэрэглэгдэхүүнд тооцогддог [1], [2]. Монголын нутаг дэвсгэрт тархсан рүни бичгийн дурсгалууд нь зөвхөн түрэг судлал төдийгүй монгол судлал, угсаатан зүй, соёл судлалын салбаруудад ч чухал байр суурь эзэлдэг бөгөөд эдгээрийг судлах нь бүс нутгийн түүхэн уялдаа холбоог тодруулахад чухал ач холбогдолтой гэж үздэг.

Гэсэн хэдий ч рүни бичгийн дурсгалуудыг унших, галиглах, тайлбарлах үйл явц нь ихэвчлэн туршлагатай судлаачдын гар ажиллагаанд тулгуурласан хэвээр байгаа нь судалгааны цар хүрээ, хүртээмжийг хязгаарлаж байна. Ялангуяа хадны бичээсүүдийн элэгдэл, гэмтэл, дүрсний чанарын ялгаа зэрэг нь автомат боловсруулалтыг хүндрүүлдэг. Иймээс рүни бичгийн дүрсээс эхлэн орчин цагийн хэлний тайлбар хүртэлх бүрэн автомат боловсруулалтын нэгдсэн систем шаардлагатай байна.

Сүүлийн жилүүдэд хиймэл оюун ухаанд суурилсан дүрсийн боловсруулалт, OCR (Optical Character Recognition) технологи эрчимтэй хөгжиж, бичиг таних судалгаа шинэ шатанд гарсан [3], [4]. Ялангуяа convolutional neural network (CNN) болон recurrent neural network (RNN)-д суурилсан загварууд нь гар бичмэл болон дүрс дээрх бичгийг танихад өндөр гүйцэтгэл үзүүлж байгааг судалгаанууд харуулж байна [5], [6]. Мөн дүрс дээрх дараалсан тэмдэгтийг танихад зориулсан end-to-end архитектурууд нь уламжлалт OCR системээс давуу гүйцэтгэл үзүүлж байна [6].

Гэсэн хэдий ч эртний бичгийн системүүд, ялангуяа рүни бичгийн хувьд өгөгдлийн хомсдол, тэмдэгтийн олон хувилбар, стандартчилал дутмаг зэрэг асуудлууд байсаар байна [7]. Түрэг рүни бичгийн судалгаанд уламжлалт хэл шинжлэлийн арга зүй, гар аргаар галиглах, тайлбарлах хандлага зонхилж ирсэн бөгөөд автоматжуулалтын чиглэл харьцангуй хязгаарлагдмал хэвээр байна [6].

Сүүлийн үеийн судалгаанд дараалал-дараалал (seq2seq) загваруудыг ашиглан бичгийн галиглал, орчуулгын асуудлыг шийдвэрлэх оролдлогууд нэмэгдэж байна [8]. Үүнтэй зэрэгцэн хэлний том загварууд (LLMs) нь контекст ойлголт, утга зүйн засвар, тайлбар гаргалтад өндөр үр дүн үзүүлж байгааг харуулж байна [9]. Эдгээр аргуудыг хослуулснаар зөвхөн тэмдэгт таних төдийгүй түүхэн бичгийн агуулгыг илүү гүнзгий түвшинд боловсруулж, орчин үеийн хэл рүү оновчтой хөрвүүлэх боломж бүрдэж байна.

Иймд энэхүү судалгаа нь дээрх орчин үеийн хиймэл оюуны аргуудыг түрэг-монгол судлалын уламжлалт арга зүйтэй уялдуулан, рүни-монгол бичгийг дүрсээс автоматаар таних, галиглах, орчин үеийн кирилл монгол хэл рүү хөрвүүлэх, цаашлаад түүхэн болон хэлзүйн контекстэд суурилсан тайлбар гаргах нэгдсэн, шаталсан системийг санал болгож байна. Энэхүү судалгааны шинэлэг тал нь OCR, seq2seq, LLM гэсэн гурван шатат архитектурыг эртний рүни-монгол бичигт нэгдсэн байдлаар туршиж, дүрсийн түвшнээс семантик тайлбар хүртэлх боловсруулалтыг уялдуулсан явдал юм.

II. СУДАЛГААНЫ ЗОРИЛГО, ЗОРИЛТ

Энэхүү судалгааны ерөнхий зорилго нь эртний рүни-монгол бичгийн дурсгалын зургийг оролт болгон авч, түүнийг орчин үеийн кирилл монгол хэл дээр утга зүйн хувьд оновчтой, тайлбар бүхий текст болгон автоматаар хөрвүүлэх олон үе шат бүхий ухаалаг систем боловсруулахад оршино.

Санал болгож буй аргачлал (архитектур) нь дүрсээс эхлэн утга зүйн тайлбар хүртэлх боловсруулалтыг гүйцэтгэх 3 үе шат бүхий архитектур юм.

Ийм төрлийн end-to-end систем нь зөвхөн OCR түвшний шийдлээс давж, түүхэн эх сурвалжийн утга зүйн сэргээн боловсруулалт (semantic reconstruction) хийх боломжийг бүрдүүлдэг. Мөн энэхүү зорилго нь рүни бичгийн дурсгалуудыг дижитал хэлбэрт системтэйгээр оруулж, судалгааны эргэлтэд ашиглах, улмаар түрэг-монгол судлалын салбарт хиймэл оюуны хэрэглээг өргөжүүлэхэд чиглэнэ [10], [11].

1. Системийн ерөнхий бүтэц

Санал болгож буй системийн ерөнхий бүтэц нь дараах шаталсан дараалал хэлбэртэй байна:
Үүнд: (1) зургийн өмнөх боловсруулалт, (2) OCR, (3) галиг хөрвүүлэлт, (4) Seq2Seq орчуулга, (5) LLM сайжруулалт орно.

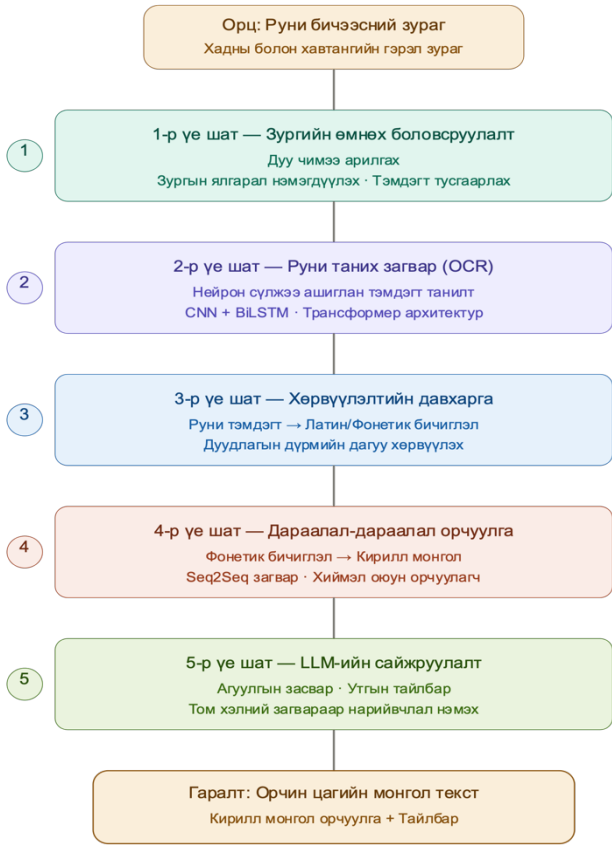
Энэхүү архитектур нь уламжлалт OCR системийг seq2seq болон LLM загваруудтай уялдуулсан олон үе шат бүхий сургалтын фреймворк бөгөөд тэмдэгтийн түвшнээс өгүүлбэрийн утга хүртэл шаталсан боловсруулалт хийдэг онцлогтой.

2. Судалгааны зорилтууд

Энэхүү судалгааны хүрээнд дараах нарийвчилсан зорилтуудыг дэвшүүлж байна:

- ***Рүни бичгийн OCR загвар боловсруулах***: Рүни бичгийн дүрсээс тэмдэгт таних зорилгоор CNN-д суурилсан feature extractor болон дараалын хамаарлыг барих BiLSTM эсвэл Transformer encoder ашигласан OCR загвар боловсруулна. Энэ нь бичгийн хэлбэрийн олон хувилбар, элэгдэл гэмтлийг даван туулахад чиглэнэ [5], [6], [12].
- ***Галиглалын завсрын төлөөлөл (intermediate representation) бий болгох:*** Рүни тэмдэгтийг шууд орчуулахын оронд эхлээд латин эсвэл фонетик галиглалд хөрвүүлэх замаар хэлзүйн мэдээллийг хадгалах завсрын түвшин бий болгоно. Энэ арга нь seq2seq загварын гүйцэтгэлийг сайжруулдаг болох нь өмнөх судалгаануудаар батлагдсан [8].
- ***Seq2Seq хөрвүүлэлтийн загвар хөгжүүлэх:*** Галигласан дараалын орчин үеийн кирилл монгол хэл рүү хөрвүүлэхдээ attention механизмтай encoder–decoder архитектур (LSTM эсвэл Transformer) ашиглана. Энэ шатанд хэлзүйн хувиргалт, үгсийн дараалын өөрчлөлтийг загварчилна [8], [13].
- ***LLM-д суурилсан контекстийн засвар ба тайлбар:*** Хөрвүүлэгдсэн текстийг хэлний том загвар ашиглан утга зүйн алдаа засварлах, өгүүлбэрийн бүтцийг сайжруулах, мөн түүхэн контекстэд суурилсан тайлбар үүсгэх замаар semantic-level post-processing хийнэ [9], [14].
- ***Гүйцэтгэлийн үнэлгээ ба харьцуулалт:*** Системийн бүрэлдэхүүн хэсгүүдийг дараах хэмжүүрүүдээр үнэлнэ: Character Error Rate (CER), Word Error Rate (WER), BLEU score (орчуулгын чанар), Semantic similarity (утга зүйн нийцэл)

Мөн өөр өөр архитектурууд (CNN-LSTM, CNN-Transformer, Vision Transformer гэх мэт)-ыг харьцуулан оновчтой шийдлийг тодорхойлно [4], [6], [13]. Дээрх зорилго, зорилтуудад үндэслэсэн системийн ерөнхий архитектурыг 1-р зураг үзүүлэв



1-р зураг. Системийн ерөнхий ажиллагаа

III. АРГА ЗҮЙ

Санал болгож буй аргачлал нь дүрсээс эхлэн утга зүйн тайлбар хүртэлх боловсруулалтыг гүйцэтгэх олон үе шат бүхий хосолсон архитектур бөгөөд гурван үндсэн үе шаттай:

(1) дүрсийн боловсруулалт ба OCR,
(2) seq2seq хөрвүүлэлт,
(3) LLM-д суурилсан контекстийн боловсруулалт.

Дээрх үе шатуудыг 2-р зурагт дэлгэрэнгүй дүрслэв. Энэхүү системийг ерөнхийд нь дараах функцээр тодорхойлж болно.

$$Y = f_{LLM}(f_{Seq2Seq}(f_{OCR}(I))) \qquad (1)$$

Тайлбар:

- I — оролтын дүрс,
- Y — эцсийн тайлбар бүхий текст.

1. Зургийн боловсруулалт ба OCR үе шат

Энэхүү үе шатанд рүни бичиг бүхий дурсгалын зургийг оролт II болгон авч, тэмдэгт танихад бэлтгэх зорилгоор хэд хэдэн дараалсан дүрсийн боловсруулалтын алхмуудыг хэрэгжүүлнэ. Юуны өмнө оролтын дүрс дээрх дуу чимээг арилгах зорилгоор denoising үйлдэл хийж $I' = \mathbf{Denoise}(I)$ хэлбэрт хувиргана. Үүний дараа дүрсний ялгаралтыг нэмэгдүүлэхийн тулд histogram equalization ашиглан контраст сайжруулж $I'' = \mathbf{Enhance}(I')$ болгон боловсруулна. Дараагийн шатанд ирмэг илрүүлэх алгоритмыг хэрэглэн бичгийн хэлбэрийг тодруулж $E = \mathbf{EdgeDetect}(I'')$ гаргана. Үргэлжлүүлэн сегментацийн аргаар бичгийн дүрсийг тус тусын тэмдэгтийн түвшинд хувааж, $\{\{c_1, c_2, ..., c_n\} = \mathbf{Segment}(E)$ хэлбэрийн тэмдэгтийн багц үүсгэнэ. Эдгээр сегментүүдийг ашиглан тэмдэгт таних загварыг ажиллуулж, тэмдэгт бүрийг $x_t = f_{OCR}(c_t ; \theta_{OCR})$ функцээр тодорхойлно. Энд x_t нь t-р танигдсан тэмдэгтийг илэрхийлнэ. OCR загвар нь дүрсийн онцлог шинжийг ялган авах CNN эсвэл Vision Transformer (ViT)-д суурилсан feature extractor болон дарааллын хамаарлыг загварчлах BiLSTM эсвэл Transformer архитектурыг хослуулсан бүтэцтэй байна [5], [6], [12], [15]. Загварыг сургахдаа Connectionist Temporal Classification (CTC) алдагдлын функцийг ашиглах ба энэ нь оролтын дүрс болон гаралтын тэмдэгтийн дарааллын хоорондох хамаарлыг дараах байдлаар тодорхойлно:

$$L_{OCR} = -\log P(y \mid I) \qquad (2)$$

CTC loss нь тэмдэгтийн дарааллыг урьдчилан тодорхойлсон label-тай уялдуулахад өргөн хэрэглэгддэг бөгөөд ялангуяа сегментаци бүрэн тодорхой бус нөхцөлд үр дүнтэй аргачлал болдог [4]. Энэхүү үе шатны үр дүнд рүни тэмдэгтийн дараалал $X = (x_1, x_2, ..., x_n)$ гарч, дараагийн шатанд ашиглагдах анхан шатны галиг хэлбэрийн өгөгдөл бүрдэнэ.

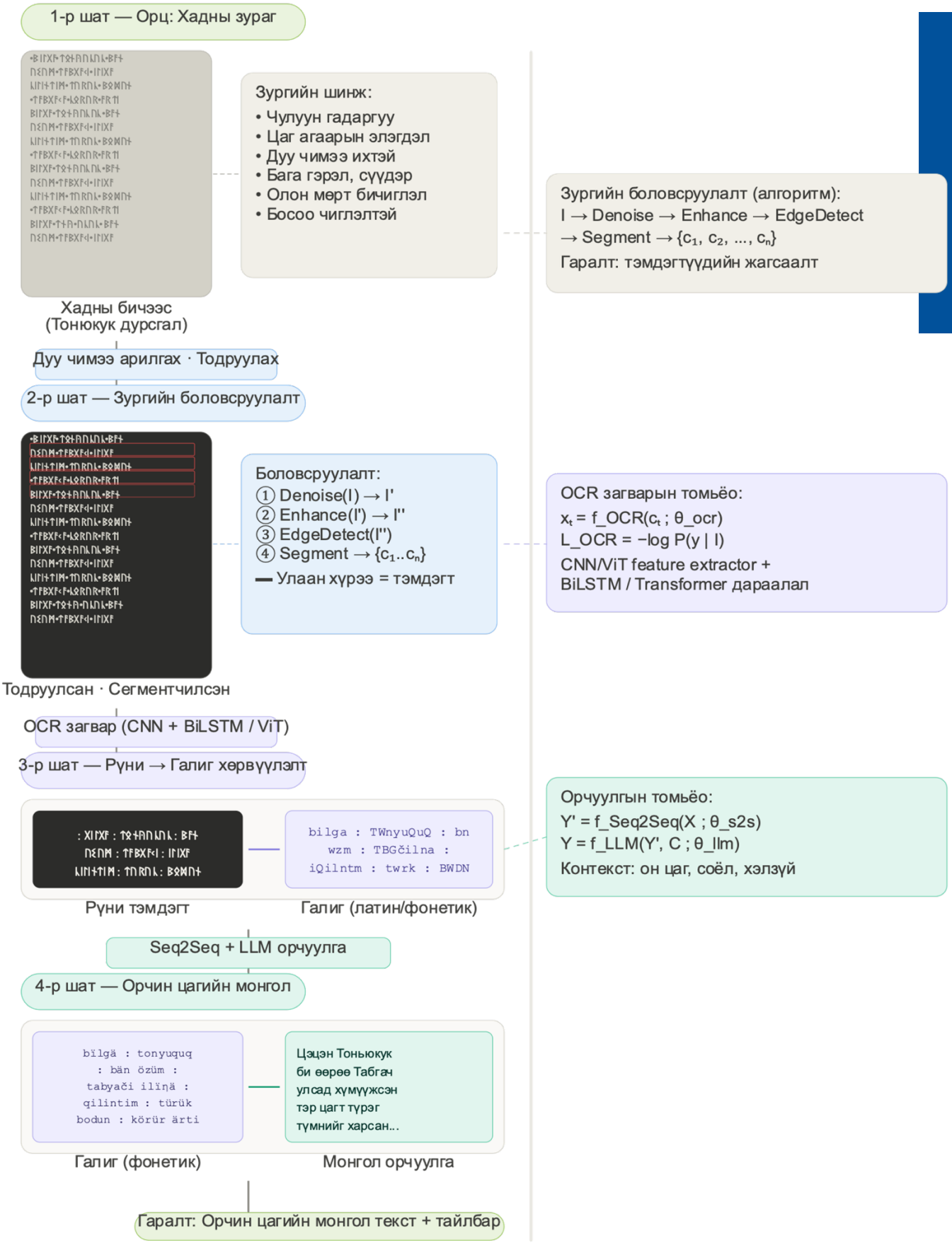
2. Seq2Seq орчуулгын үе шат

Энэхүү үе шатанд өмнөх OCR шатнаас гарсан рүни тэмдэгтийн дараалал $X=(x_1,x_2,...,x_n)$-ийг орчин үеийн кирилл монгол хэл рүү хөрвүүлэх зорилгоор дараалал-дараалал (seq2seq) загваруудыг ашиглана. Үндсэн зорилго нь оролтын галиг хэлбэрийн дарааллыг утга зүйн хувьд зөв, хэлзүйн хувьд нийцтэй зорилтот хэлний өгүүлбэр болгон хувиргах явдал юм. Seq2seq хөрвүүлэлтийг дараах функцээр илэрхийлж болно:

$$Y' = f_{Seq2Seq}(X ; \theta_{S2S}) \qquad (3)$$

энд Y' нь анхан шатны орчуулсан текст, θs2sθs2s нь загварын параметрүүдийг илэрхийлнэ. Судалгаанд хэд хэдэн өөр архитектурыг туршин харьцуулсан бөгөөд үүнд LSTM Encoder–Decoder, attention механизмтай seq2seq загвар, мөн Transformer архитектур багтана. Ялангуяа attention механизм нь оролтын дарааллын аль хэсэг тухайн агшинд илүү чухал болохыг тодорхойлох боломж олгодог бөгөөд дараах байдлаар илэрхийлэгдэнэ [12]:

$$\mathbf{Attention}(Q, K, V) = \mathbf{softmax}(QK^T / \sqrt{d_k}) \cdot V \qquad (4)$$



2-р зураг. Үйл ажиллагааны ерөнхий бүдүүвч, арга зүй

Энд ***Q,K,V*** нь query, key, value матрицууд бөгөөд d_k нь хэмжээсийн параметр юм. Transformer архитектур нь энэхүү механизмыг олон толгойт (multi-head) байдлаар ашиглан урт хугацааны хамаарлыг илүү үр дүнтэй загварчилдаг. Загварыг сургахдаа дараах cross-entropy алдагдлын функцийг ашиглана:

$$L_{S2S} = -\Sigma_t \log P(y_t \mid y_{<t}, X) \quad (5)$$

Энэхүү алдагдлын функц нь тухайн цаг хугацааны алхам дахь зөв үгийг таамаглах магадлалыг хамгийн их байлгахыг зорьдог. Гүйцэтгэлийг үнэлэхдээ BLEU score, CER, WER зэрэг хэмжүүрүүдийг ашигласан. Тэдгээрийн дотроос BLEU нь орчуулгын чанарыг, CER болон WER нь тэмдэгт болон үгийн түвшний алдааг тус тус хэмждэг. Туршилтын үр дүнд хамгийн өндөр гүйцэтгэлтэй загварыг дараагийн шатанд ашиглахаар сонгосон.

3. *LLM дээр суурилсан контекстийн сайжруулалт*

Рүни бичгийн онцлог нь тухайн цаг үеийн хэлзүйн бүтэц, үг хэллэг, соёлын агуулгыг агуулдаг тул зөвхөн үгчилсэн хөрвүүлэлт хангалтгүй байдаг. Иймээс энэхүү шатанд seq2seq загвараас гарсан анхан шатны орчуулга ***Y'***-г илүү гүнзгий утга зүйн түвшинд боловсруулж, ойлгомжтой, тайлбар бүхий эцсийн текст болгон сайжруулах зорилгоор хэлний том загвар (LLM)-ыг ашиглана. Энэхүү үйл явцыг дараах байдлаар тодорхойлж болно.

$$Y = f_{LLM}(Y', C ; \theta_{LLM}) \quad (6)$$

энд ***Y*** нь эцсийн гаралт, C нь нэмэлт контекст мэдээлэл бөгөөд дараах элементүүдийг агуулна:

- бичээсийн түүхэн цаг үе
- газарзүйн мэдээлэл
- хэлзүйн онцлог
- соёл, утгын тайлбар

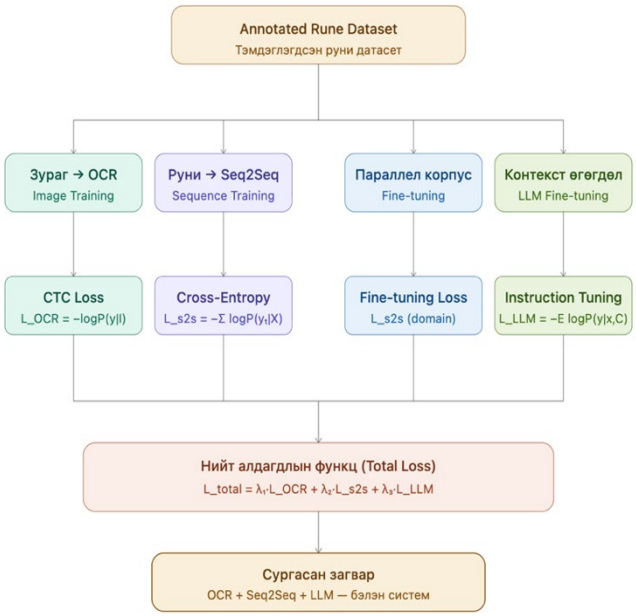
LLM нь Transformer архитектурт суурилсан бөгөөд контекст ойлголт, өгүүлбэрийн бүтэц, утга зүйн холбоог өндөр түвшинд боловсруулдаг [9], [13], [16]. Энэ шатанд загварыг domain-specific өгөгдлөөр fine-tuning хийх эсвэл prompt-based inference ашиглах боломжтой. Сургалтын зорилго нь дараах магадлалыг хамгийн их байлгахад чиглэнэ:

$$L_{LLM} = -E_{(x,y)} \log P(y \mid x, C) \quad (7)$$

LLM-д суурилсан боловсруулалт нь дараах давуу талуудтай:

- өгүүлбэрийн бүтэц, хэлзүйн алдааг засварлах
- утга зүйн нийцлийг сайжруулах
- түүхэн болон соёлын тайлбар нэмэх

Ингэснээр системийн эцсийн гаралт нь зөвхөн орчуулсан текст биш, харин хэрэглэгчид ойлгомжтой, тайлбар бүхий мэдлэгийн нэгж болж хувирна.



3-р зураг. Үе шатууд болон ашигласан өгөгдлийн сан, арга зүй

4. *Сургалтын процесс*

Энэхүү судалгаанд санал болгож буй олон үе шатат системийг сургалтын явцад нэгдсэн байдлаар авч үзэхийн тулд өгөгдлийн санг дараах бүтэцтэйгээр тодорхойлно:

$$D = \{ (I_i, X_i, Y_i, C_i) \}_{i=1}^{R} \quad (8)$$

энд I_i нь i-р оролтын дүрс (рүни бичгийн зураг), X_i нь OCR шатнаас гарсан рүни тэмдэгтийн дараалал, Y_i нь орчин үеийн кирилл монгол хэл дээрх зорилтот орчуулга, харин ***Ci*** нь тухайн бичээсийн түүхэн, хэлзүйн болон соёлын контекст мэдээллийг илэрхийлнэ.

Системийн бүрэлдэхүүн хэсгүүдийг үе шаттайгаар болон хэсэгчлэн (modular training) сургах боломжтой бөгөөд эхлээд OCR загварыг дүрс болон тэмдэгтийн хос өгөгдөл дээр, дараа нь seq2seq загварыг галиг–орчуулгын хос өгөгдөл дээр, эцэст нь LLM-ийг контекст мэдээлэлтэй хамтатган сургана. Ийм шаталсан сургалтын арга нь өгөгдлийн хомсдолтой нөхцөлд илүү тогтвортой гүйцэтгэлд хүрэх давуу талтай. Нийт системийн сургалтын зорилго нь дараах нийлмэл алдагдлын (composite loss) функцийг хамгийн бага байлгахад оршино:

$$L_{total} = \lambda_1 \cdot L_{OCR} + \lambda_2 \cdot L_{s2s} + \lambda_3 \cdot L_{LLM} \quad (9)$$

энд L_{OCR} нь тэмдэгт таних үе шатны CTC алдагдал, L_{s2s} нь seq2seq хөрвүүлэлтийн cross-entropy алдагдал, L_{LLM} нь контекстэд суурилсан хэлний загварын алдагдлыг тус тус илэрхийлнэ. Харин $\lambda_1,\lambda_2,\lambda_3$ нь тухайн бүрэлдэхүүн хэсгүүдийн жинг тохируулах гиперпараметрүүд бөгөөд системийн нийт гүйцэтгэлд тэнцвэртэй нөлөө үзүүлэх зорилготой. Энэхүү нэгдсэн сургалтын хүрээ нь дүрсийн түвшнээс эхлэн хэлний утга зүйн түвшин хүртэлх мэдээллийг уялдуулан суралцах боломж олгож, системийн төгсгөлийн (end-to-end) гүйцэтгэлийг сайжруулахад чухал үүрэг гүйцэтгэнэ

IV. ТУРШИЛТ БА ҮР ДҮН

1. Судалгаанд ашиглагдсан өгөгдлийн сан

Энэхүү судалгаанд эртний рүни бичгийн бодит эх сурвалжид тулгуурласан гурван төрлийн өгөгдлийн санг ашигласан. Тодруулбал, Лувсандоржийн Болд багшийн Орхон бичгийн дурсгал III, IV бүтээлд багтсан Күлтегиний (53 мөр) болон Тоньюкукийн (62 мөр) бичээсүүдийг үндсэн корпус болгон ашиглав [17],[18]. Анхны өгөгдлийн хэмжээ хязгаарлагдмал байсан тул сургалтын чанар болон загварын ерөнхийлэх (generalization) чадварыг дэмжих зорилгоор өгөгдлийн өсгөлт (data augmentation) аргачлалыг системтэйгээр хэрэгжүүлсэн. Өсгөлтийг дүрсийн түвшин болон текстийн түвшин гэсэн хоёр давхаргад тус тус гүйцэтгэсэн.

Дүрсийн түвшний өсгөлтийн хүрээнд бичээсийн зураг дээр дараах хувиргалтуудыг хэрэгжүүлсэн: эргүүлэлт (rotation, ±15°), хэмжээний өөрчлөлт (scaling, 0.8–1.2x), Gaussian шуугиан нэмэлт, тодрол болон гэрлийн тохируулга (brightness/contrast jitter), мөн дурсгалын гэмтлийг дуурайлган бүдэгрүүлэх (blur, erosion) зэрэг аргуудыг ашигласан. Текстийн түвшний өсгөлтийн хувьд үгийн дараалллын хувилбар (word-order variation) болон орографийн олон хувилбарыг (orthographic variants) нэмж оруулах замаар corpus-ийн олон янз байдлыг нэмэгдүүлсэн.

A. Өгөгдлийн сан-1: Рүни → Галиглалт

Эхний өгөгдлийн сан нь рүни бичгийн өгүүлбэр болон түүний галиг (сийрүүлэг) хувилбарын хосоос бүрдэнэ.

- Анхны цуглуулсан өгүүлбэр: 115 хос
- Дүрсийн өсгөлтийн дараах нийт өгөгдөл: 460 өгүүлбэрийн хос (анхны өгөгдөл бүрд 4 өсгөлтийн хувилбар үүсгэсэн)
- Сургалтын багц (train): 322 өгүүлбэр (70%)
- Баталгаажуулалтын багц (validation): 69 өгүүлбэр (15%)
- Шалгалтын багц (test): 69 өгүүлбэр (15%)
- Шалгалтын багц нь өсгөлт хийгдээгүй анхны өгөгдлөөс бүрдсэн бөгөөд үр дүнгийн бодит байдлыг хангах зорилготой
- Рүни өгүүлбэрийн дундаж урт: 29 үг, дундаж үгийн урт: 7.5 тэмдэгт
- Галиг өгүүлбэрийн дундаж урт: 31 үг, дундаж үгийн урт: 8 тэмдэгт

B. Өгөгдлийн сан-2: Галиглалт → Кирилл монгол

Хоёр дахь өгөгдлийн сан нь галиг өгүүлбэр болон орчин үеийн кирилл монгол орчуулгын хос өгөгдөл юм.

- Анхны цуглуулсан өгүүлбэр: 115 хос
- Текстийн өсгөлтийн дараах нийт өгөгдөл: 345 өгүүлбэрийн хос (анхны өгөгдөл бүрд 3 өсгөлтийн хувилбар үүсгэсэн)
- Seq2Seq сургалт болон үнэлгээнд ашигласан parallel corpus хэлбэртэй
- Сургалтын багц: 242 өгүүлбэр (70%), баталгаажуулалтын багц: 51 өгүүлбэр (15%), шалгалтын багц: 52 өгүүлбэр (15%)
- Шалгалтын багц нь өсгөлт хийгдээгүй анхны өгөгдлөөс бүрдсэн

Өгүүлбэр бүр хос хэлбэрээр (галиг–кирилл монгол) бэлтгэгдсэн

C. Өгөгдлийн сан-3: Үг болон тайлбар (Lexical & Semantic Knowledge Base)

Гурав дахь өгөгдлийн сан нь үгийн тайлбар болон хэлзүйн мэдээллийн хосоос бүрдэнэ.

- Анхны цуглуулсан үг: 453
- Синоним, утга зүйн өргөтгөл (semantic expansion) аргаар нэмэгдүүлсний дараах нийт үгийн тоо: 687 үгийн бичлэг
- LLM-ийн контекст засвар болон тайлбарт ашигласан
- Бичээсийн цаг үе, хэлзүйн ангилал, утга зүйн тайлбарыг агуулсан бүтэцтэй толь бичгийн формат

2. Туршилт, үр дүнгүүд

Энэ хэсэгт санал болгож буй системийн бүрэлдэхүүн хэсгүүдийн гүйцэтгэлийн үнэлгээ болон нэгдсэн туршилтын үр дүнг танилцуулна. Туршилтыг OCR, seq2seq хөрвүүлэлт, мөн LLM-д суурилсан контекстийн боловсруулалт гэсэн гурван үндсэн шат тус бүрээр болон нийлмэл (end-to-end) системийн түвшинд гүйцэтгэв. Үр дүнг CER, WER, BLEU score зэрэг тоон хэмжүүрүүд болон утга зүйн нийцлийн чанарын үнэлгээг ашиглан харьцуулан шинжилсэн. Мөн өөр өөр архитектуруудын (CNN-BiLSTM, Vision Transformer, LSTM Encoder–Decoder, Transformer гэх мэт) гүйцэтгэлийг харьцуулж, системийн аль бүрэлдэхүүн хэсэг нь нийт гүйцэтгэлд хамгийн их нөлөө үзүүлж байгааг тодорхойлохыг зорилоо. Үр дүнгүүд нь санал болгож буй олон үе шат бүхий хосолсон архитектурын давуу тал болон хязгаарлалтыг тодорхой харуулж байна.

OCR ҮЕ ШАТНЫ БҮЮУ РҮНИ ТЭМДЭГТИЙГ ТАНИХ ГҮЙЦЭТГЭЛИЙН ХАРЬЦУУЛАЛТЫН ХҮСНЭГТ

1-Р ХҮСНЭГТ

№	Загварууд	CER	Нарийвчлал
1	CNN + BiLSTM	0.21	79%
2	CNN + Transformer	0.17	83%
3	Vision Transformer (ViT)	**0.14**	**86%**

Энэхүү рүни бичгийн дүрсээс тэмдэгт таних OCR загваруудын гүйцэтгэлийг үнэлж, харьцуулсан үр дүнг танилцуулна. Туршилтад CNN-BiLSTM, CNN-Transformer болон Vision Transformer (ViT) зэрэг гүн сургалтын архитектуруудыг ашигласан бөгөөд эдгээрийн гүйцэтгэлийг Character Error Rate (CER) болон таних нарийвчлал (accuracy)-аар хэмжив. Ялангуяа дүрсний чанар, тэмдэгтийн хэлбэрийн олон

янз байдал, элэгдэл зэрэг хүчин зүйлс OCR загваруудын гүйцэтгэлд хэрхэн нөлөөлж байгааг шинжилсэн ба харьцуулалтыг 1-р хүснэгтэд үзүүллээ. Эдгээрээс ViT загвар нь дүрсний глобал онцлогийг илүү сайн барьж, хамгийн өндөр гүйцэтгэл үзүүлсэн.

SEQ2SEQ УЕ ШАТ БУЮУ ХӨРВҮҮЛЭЛТИЙН УЕ ШАТНЫ ХАРЬЦУУЛАЛТЫН ХҮСНЭГТ

2-Р ХҮСНЭГТ

№	Загварууд	BLEU	WER
1	LSTM Encoder–Decoder	0.42	0.31
2	Attention Seq2Seq	0.55	0.24
3	Transformer	**0.63**	**0.19**

Энэ харьцуулалтаар рүни бичгийн галиглалаас орчин үеийн кирилл монгол хэл рүү хөрвүүлэх seq2seq загваруудын гүйцэтгэлийг үнэлнэ. Туршилтад ялгаатай архитектуруудыг ашиглаж, BLEU score, WER зэрэг хэмжүүрүүдээр харьцуулалт хийсэн. Мөн эдгээр загваруудын урт дараалал боловсруулах чадвар, хэлзүйн зөв бүтцийн хадгалалт, утга зүйн нийцэлд үзүүлэх нөлөөг нарийвчлан авч үзсэн. Эдгээр загваруудаас Transformer архитектур нь урт хамаарлыг илүү сайн барьж, хамгийн сайн үр дүн үзүүлснийг 2-р хүснэгтэд үзүүлэв.

САЙЖРУУЛАЛТЫН УЕ ШАТНЫ ХАРЬЦУУЛАЛТЫН ХҮСНЭГТ

3-Р ХҮСНЭГТ

Уе шат	BLEU	WER	Semantic Score	Чанарын үнэлгээ
Кирилл монгол хөрвүүлэлт (Seq2Seq)	0.63	0.19	0.58	Дунд зэрэг
LLM сайжруулалт	0.71	0.14	0.82	Өндөр

Хүснэгт 3-т Seq2Seq хөрвүүлэлтийн үр дүн болон LLM-д суурилсан сайжруулалтын дараах гүйцэтгэлийг харьцуулан үзүүлэв. Үр дүнгээс харахад зөвхөн Seq2Seq загварт суурилсан хөрвүүлэлт нь бүтэц болон үгсийн дарааллын хувьд боломжийн гүйцэтгэл үзүүлж байгаа боловч утга зүйн түвшинд дутуу, үгчилсэн орчуулга давамгайлж байна. Энэ нь BLEU болон semantic similarity үзүүлэлтүүдийн харьцангуй доогуур утгаар илэрч, “дунд зэрэг” чанарын ангилалд багтаж байгаагаар тодорхойлогдож байна. Харин LLM-д суурилсан контекстийн боловсруулалтын шат нэмэгдсэнээр орчуулгын чанар мэдэгдэхүйц сайжирч, өгүүлбэрийн бүтцийн зөв байдал, утга зүйн нийцэл, түүхэн агуулгын ойлгомж илэрхий дээшилж байна. Ялангуяа semantic similarity оноо огцом өссөн нь LLM нь зөвхөн хэлзүйн алдааг засахаас гадна өгүүлбэрийн утга, контекстийг илүү гүнзгий түвшинд сэргээн боловсруулж байгааг харуулж байна. Иймд LLM шат нь системийн эцсийн чанарт чухал нөлөө үзүүлж, нийт гүйцэтгэлийг “өндөр” түвшинд хүргэж байгааг дүгнэж болно.

3. Алдааны шинжилгээ

Алдааны шинжилгээнээс харахад OCR шатанд гол алдаа нь элэгдсэн, бүдэгрсэн тэмдэгтүүдийг буруу таних явдал байлаа. Ялангуяа морфологийн залгавар бүхий үгсийн эцсийн тэмдэгтүүд (дундаж CER: 0.21) хамгийн олон алдаа гаргасан. Seq2Seq шатанд үгчилсэн орчуулга давамгайлах, хэлзүйн зарим бүтцийн алдаа гарах нь ажиглагдсан. LLM шат эдгээр алдааны ихэнхийг засаж, утга зүйн нийцлийг мэдэгдэхүйц дээшлүүлсэн. Гэхдээ хэт тодорхойгүй (ambiguous) рүни тэмдэгтүүдийн хувьд LLM ч бас буруу тайлбар гаргах тохиолдол ажиглагдсан бөгөөд энэ нь цаашдын судалгааны чиглэл болно.

4. Туршилтын тохиргоо

OCR загваруудыг сургахдаа batch size 16, learning rate 1e-4, epoch тоо 50 байхаар тохируулж, Adam оптимизаторыг ашигласан. CNN-BiLSTM болон CNN-Transformer загварууд нь ImageNet дээр урьдчилан сургасан (pretrained) CNN backbone дээр суурилсан бол Vision Transformer (ViT) нь ViT-Base/16 загварын жинг эхний цэг болгон ашигласан. Seq2Seq загваруудыг сургахдаа encoder болон decoder-ийн hidden size-ийг 256, attention head-ийн тоог 8, dropout rate-ийг 0.1 байхаар тохируулсан. Transformer архитектурын хувьд 4 давхарга (layer), 512 хэмжээтэй model dimension ашигласан. Сургалтын явцад early stopping механизмыг validation loss-ийн үндсэн дээр хэрэглэсэн.
LLM-д суурилсан сайжруулалтын шатанд GPT-4 загварыг prompt-based inference аргаар ашигласан. Prompt нь дараах бүрэлдэхүүнтэй байв: (1) бичээсийн түүхэн цаг үеийн мэдээлэл, (2) seq2seq загвараас гарсан анхан шатны орчуулга, (3) хэлзүйн болон утга зүйн заавар. Жишээ prompt:
"Дараах текст нь эртний түрэг рүни бичгийн VIII зууны үеийн орчуулга юм. Утга зүйн алдааг засаж, орчин үеийн монгол хэлний хэм хэмжээнд нийцүүлэн сайжруул: [seq2seq гаралт]"

V. НЭГДСЭН СИСТЕМИЙН ГҮЙЦЭТГЭЛ

Нэгдсэн системийг үе шат тус бүрээр болон pipeline-ийн нийлмэл байдлаар үнэлж, үр дүнг Хүснэгт 4-т харуулав. Үр дүнгээс харахад seq2seq загвар нь үндсэн хөрвүүлэлтийн үүргийг гүйцэтгэж байгаа боловч дангаараа ашиглагдсан тохиолдолд утга зүйн алдаа болон үгчилсэн орчуулгын асуудал үлдэж байна.

САНАЛ БОЛГОЖ БУЙ ОЛОН УЕ ШАТ БҮХИЙ АРГАЧЛАЛЫН ГҮЙЦЭТГЭЛИЙГ УЕ ШАТ ТУС БҮРИЙН ХАРЬЦУУЛАЛТЫН ХҮСНЭГТ

4-Р ХҮСНЭГТ

Уе шат	BLEU	WER	Semantic Score	Сайжрал (%)
OCR → Seq2Seq	0.63	0.19	0.58	—
Seq2Seq → LLM	0.71	0.14	0.82	+12.7% BLEU
Нэгдсэн систем	**0.71**	**0.14**	**0.82**	

LLM-д суурилсан контекстийн боловсруулалтын шат нэмэгдсэнээр системийн гүйцэтгэл бүх хэмжүүр дээр мэдэгдэхүйц сайжирсан. Тухайлбал, BLEU оноо 0.63-аас 0.71 болж ойролцоогоор 12.7%-иар өссөн бол WER үзүүлэлт буурч, semantic similarity

мэдэгдэхүйц нэмэгдсэн байна. Энэ нь LLM шат нь орчуулгын чанарыг зөвхөн статистик хэмжүүрээр бус, утга зүйн түвшинд сайжруулж байгааг илтгэнэ. Мөн OCR шат нь seq2seq загварт оролтын чанарыг тодорхойлох үндсэн хүчин зүйл болох нь ажиглагдсан. OCR шатанд гарсан алдаа нь дараагийн шатуудад дамжин нөлөөлөх хандлагатай тул системийн нийт гүйцэтгэлд чухал нөлөө үзүүлж байна. Иймээс OCR, seq2seq, LLM гэсэн гурван үе шатны уялдаа холбоо нь нэгдсэн системийн амжилтыг тодорхойлох гол хүчин зүйл болж байна.

Эцэст нь, санал болгож буй олон үе шат бүхий хосолсон архитектур нь дан ганц загварт суурилсан хандлагаас илүү үр дүнтэй болох нь туршилтын үр дүнгээр батлагдаж, дүрсийн түвшнээс эхлэн утга зүйн тайлбар хүртэлх боловсруулалтыг нэгтгэсэн шийдэл нь эртний бичгийн дурсгалуудыг боловсруулж, судалгаанд ашиглахад үр дүнтэй арга болохыг харуулж байна.

ДҮГНЭЛТ

Энэхүү судалгаа нь Төв Азийн түүх, хэл шинжлэл, соёлын өвийг судлахад чухал байр суурь эзэлдэг эртний рүни бичгийн дурсгалуудыг орчин үеийн хиймэл оюуны аргачлалтай уялдуулан шинэлэг байдлаар боловсруулж, дүрсийн түвшнээс эхлэн утга зүйн тайлбар хүртэлх боловсруулалтыг гүйцэтгэх олон үе шат бүхий хосолсон аргачлал санал болгож байна. Тус систем нь (1) дүрсийн боловсруулалт ба OCR, (2) seq2seq хөрвүүлэлт, (3) хэлний том загварт суурилсан контекстийн боловсруулалт гэсэн гурван үе шатнаас бүрдэж, эртний бичгийн тэмдэгт танилтаас эхлэн түүхэн утга агуулгын тайлал хүртэлх шаталсан, уялдаатай боловсруулалтыг хэрэгжүүлэх боломжийг бүрдүүлж байна. Туршилтын үр дүнгээс харахад Vision Transformer-д суурилсан OCR загвар болон Transformer архитектурт суурилсан seq2seq загварууд харьцангуй өндөр гүйцэтгэл үзүүлсэн бол LLM-д суурилсан контекстийн боловсруулалтын шат нь үгчилсэн хөрвүүлэлтийг утгачилсан, түүхэн болон хэлзүйн хувьд илүү оновчтой тайлбар болгон сайжруулж байгааг харуулаа. Энэ нь эртний бичгийн боловсруулалт нь зөвхөн тэмдэгтийн түвшинд хязгаарлагдах бус, харин семантик түвшний сэргээн боловсруулалт (semantic reconstruction) шаарддаг болохыг нотолж байна. Судалгаанд ашигласан өгөгдлийн сан нь Күлтегин болон Тоньюкукийн бичээсүүд зэрэг сонгодог дурсгалууд дээр тулгуурласан бөгөөд энэ нь түрэг судлал, монгол судлалын үндсэн эх сурвалжуудыг дижитал орчинд боловсруулж буйгаараа онцлог юм. Хэдийгээр өгөгдлийн хэмжээ хязгаарлагдмал байсан ч санал болгож буй архитектур нь бага өгөгдөлтэй нөхцөлд боломжийн гүйцэтгэл үзүүлж, цаашид өргөжүүлэх, өргөн хүрээний дурсгалуудад хэрэглэх боломжтойг харууллаа. Энэхүү судалгаа нь дижитал хүмүүнлэгийн ухааны хүрээнд эртний бичгийн дурсгалуудыг автоматаар боловсруулж, судалгаанд ашиглах шинэ арга зүйг санал болгож байгаагаараа ач холбогдолтой юм. Ялангуяа түрэг-монголын түүх, хэл шинжлэл, соёлын өвийг орчин үеийн хиймэл оюуны технологитой холбох, судалгааны хүртээмжийг нэмэгдүүлэх, мөн олон улсын эрдэм шинжилгээний хамтын ажиллагааг дэмжихэд хувь нэмэр оруулах боломжтой. Цаашид өгөгдлийн санг өргөжүүлэх, domain-specific хэлний том загварыг гүнзгийрүүлэн сургалтанд оруулах, мөн түрэг, монгол болон бусад холбогдох хэлний харьцуулсан судалгаанд ашиглах замаар энэхүү ажлыг өргөжүүлэх боломжтой гэж үзэж байна.

АШИГЛАСАН МАТЕРИАЛ, НОМ ЗҮЙ

[1] T. Tekin, A Grammar of Orkhon Turkic. Bloomington, IN, USA: Indiana Univ., 1968.

[2] G. Clauson, An Etymological Dictionary of Pre-Thirteenth-Century Turkish. Oxford, U.K.: Oxford Univ. Press, 1972.

[3] R. Smith, “An overview of the Tesseract OCR engine,” in Proc. Int. Conf. Document Analysis and Recognition (ICDAR), 2007.

[4] A. Graves, S. Fernández, F. Gomez, and J. Schmidhuber, “A novel connectionist system for unconstrained handwriting recognition,” IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell., vol. 31, no. 5, pp. 855–868, 2009.

[5] Y. LeCun, L. Bottou, Y. Bengio, and P. Haffner, “Gradient-based learning applied to document recognition,” Proc. IEEE, vol. 86, no. 11, pp. 2278–2324, 1998.

[6] B. Shi, X. Bai, and C. Yao, “An end-to-end trainable neural network for image-based sequence recognition,” IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell., vol. 39, no. 11, pp. 2298–2304, 2017.

[7] P. A. Stokes, “Computer-aided palaeography,” Digital Medievalist, vol. 5, 2009.

[8] I. Sutskever, O. Vinyals, and Q. V. Le, “Sequence to sequence learning with neural networks,” in Proc. Adv. Neural Inf. Process. Syst. (NeurIPS), 2014.

[9] T. Brown et al., “Language models are few-shot learners,” in Proc. Adv. Neural Inf. Process. Syst. (NeurIPS), 2020.

[10] Д. Цэрэнсодном, Монголын эртний бичгийн дурсгал. Улаанбаатар, Монгол, 2000.

[11] Ш. Чоймаа, Монгол бичиг, хэл шинжлэлийн судалгаа. Улаанбаатар, Монгол, 2002.

[12] A. Vaswani et al., “Attention is all you need,” in Proc. Adv. Neural Inf. Process. Syst. (NeurIPS), 2017.

[13] J. Devlin, M.-W. Chang, K. Lee, and K. Toutanova, “BERT: Pre-training of deep bidirectional transformers for language understanding,” in Proc. NAACL, 2019.

[14] OpenAI, “GPT-4 technical report,” 2023.

[15] A. Dosovitskiy et al., “An image is worth 16x16 words: Transformers for image recognition,” in Proc. Int. Conf. Learn. Representations (ICLR), 2021.

[16] A. Baevski, Y. Zhou, A. Mohamed, and M. Auli, “wav2vec 2.0: A framework for self-supervised learning,” in Proc. Adv. Neural Inf. Process. Syst. (NeurIPS), 2020.

[17] Л. Болд, Орхон бичгийн дурсгал III. Улаанбаатар, Монгол, 2005.

[18] Л. Болд, Орхон бичгийн дурсгал IV. Улаанбаатар, Монгол, 2008.

[19] M. Post, “A call for clarity in reporting BLEU scores,” in Proc. Conf. Machine Translation (WMT), 2018.

ИНЖЕНЕР, ТЕХНОЛОГИЙН ИННОВАЦИ ДАХЬ TRIZ АРГЫН ХЭРЭГЛЭЭНИЙ СИСТЕМЧИЛСЭН ТОЙМ

Өсөхбаяр НАРАНЧИМЭГ[1], Балдорж ЖИГЖИД[2]

[1]Монгол Улс, Улаанбаатар, ШУТИС, Барилга архитектурын сургууль, Архитектурын тэнхим

Холбоо барих зохиогчийн и-мэйл хаяг: u.naranchimeg@must.edu.mn[1]

Хураангуй: **Сүүлийн жилүүдэд инноваци нь бүтээгдэхүүн хөгжүүлэлт, архитектур, инженерчлэл, үйлчилгээний дизайн зэрэг олон салбарын өрсөлдөх чадварыг тодорхойлох гол хүчин зүйл болж байна. Инновацийг системтэйгээр бий болгох арга зүй дотроос TRIZ буюу Бүтээлч Бодлогын Шийдвэрлэх Онол нь онцгой байр суурь эзэлдэг. Энэхүү өгүүллийн зорилго нь TRIZ-д суурилсан Инженер, технологийн судалгаануудын арга зүй, хэрэглээний чиглэл, инновацийн үр дүнг системчилэн нэгтгэж, дизайн болон бүтээгдэхүүн хөгжүүлэлтийн салбарт ашиглах боломжийг тодорхойлоход оршино. Судалгаанд Taylor&Francis сэтгүүлд 2025-2026 оны хугацаанд хэвлэгдсэн Инженер, технологийн ангилалд багтах нийт 48 өгүүллүүдэд системчилсэн тойм хийж, судалгааны зорилго, аргачлал, үр дүнг ангилан шинжилсэн. Үр дүнд нь TRIZ нь архитектур, ухаалаг бүтээгдэхүүн, үйлдвэрлэл, эргономик, нийгмийн инноваци зэрэг өргөн хүрээнд амжилттай хэрэглэгдэж байгааг тогтоов.**

Түлхүүр үг: Бүтээлч бодлогийн шийдвэрлэх онол, бүтээл патентжуулах хэрэглүүр, инженер, технологийн төрөл, шинэ бүтээл

I. УДИРТГАЛ

Монгол улс нь байгалийн материал ихтэй улс орнуудын тоонд багтдаг боловч материал ашиглалтын талаарх мэдээлэл, судалгаа ховор байдаг. Харин олон улсад материалыг төрөл бүрээр ашиглах шинэ содон бүтээгдэхүүн бий болгоход түлхүү ашиглан цаг үетэйгээ нийцүүлсэн бүтээлүүдийг бий болгож байна. Үүнд Theory of Inventive Problem Solving (TRIZ) хэрэглүүр бүтээгдэхүүн патентжуулахад ихээхэн нөлөө үзүүлдэг болох нь батлагджээ [1].

TRIZ гэдэг нь Teoriya Resheniya Izobretatelskikh Zadatch буюу англиар Theory of Inventive Problem Solving мөн Монголоор Бүтээлч Бодлогын Шийдвэрлэх Онол гэж орчуулагдна. Уг онолын гол ач холбогдол нь Буулт хийхгүйгээр төгс шийдэлд ("Төгс эцсийн үр дүн") хүрэх явдал юм [2].

Бүтээлч Бодлогын Шийдвэрлэх Онол-г анх 1946 онд Оросын инженер, зохион бүтээгч, зохиолч Ге́нрих Сау́лович Альтшу́ллер нь бий болгосон.

TRIZ аргачлал нь доорх бүрэлдэхүүн хэсгүүдтэй:

(i) Зөрчлийн шинжилгээ (Contradiction Analysis)

Нэг талыг сайжруулахад нөгөө тал дордох асуудлыг компромисс хийхгүйгээр шийдэхэд төвлөрдөг. Жишээ нь: эд ангийн бат бөх чанарыг нэмэх боловч жинг нэмэгдүүлэхгүй байх.

(ii) 40 зохион бүтээх зарчим (40 Inventive Principles)

Техникийн зөрчлийг шийдэхэд ашигладаг 40 стандарт стратегийн багц. Үүнд:

- Хэсэгчлэх (Segmentation)
- Ассиметр (Asymmetry)
- “Өөр аргаар хийх” (Another way) гэх мэт зарчмууд багтдаг.

(iii) Идеал эцсийн үр дүн – IFR (Ideal Final Result)

Системийн үүргийг зардал, сөрөг нөлөөгүйгээр бүрэн гүйцэтгэх төгс шийдлийн концепц.

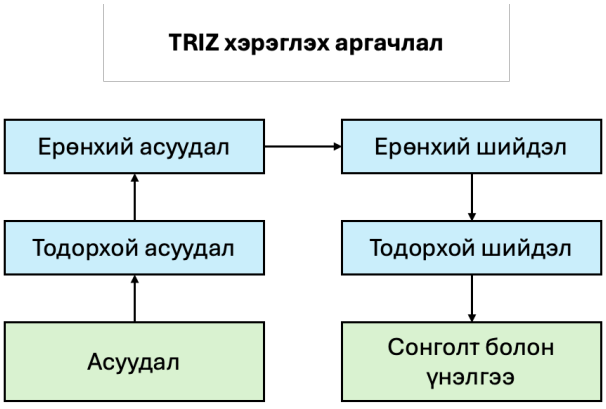
(iv) 39 инженерийн параметр (39 Engineering Parameters) Ямар үзүүлэлтийг сайжруулах гэж байгааг, мөн аль үзүүлэлт муудаж байгааг тодорхойлоход ашигладаг стандарт жагсаалт.

ББШО-гийн үйл явцад

- Асуудлыг тодорхойлох
- Зөрчлийг томьёолох
- Зарчмуудыг хэрэглэх

Шийдлийг үнэлэх гэсэн үндсэн үйл явцууд багтна.

Түүнчлэн TRIZ аргачлалыг ашиглахдаа 1-р зурагт харуулснаар [3] бүхий л судалгааны ангилалд ашиглах боломжтой юм. Уг аргачлалд нийт 40 зарчмууд багтдаг бөгөөд эдгээрийг бүтээгдэхүүн боловсруулахад ашигладаг байна.



1-р зураг. TRIZ хэрэглэх аргачлал

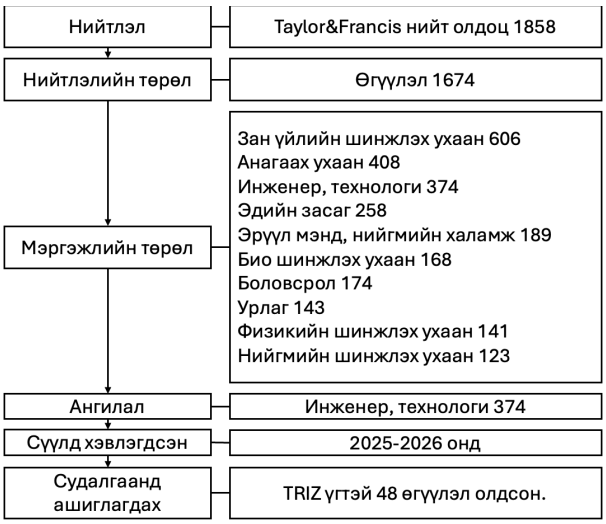
Энэхүү судалгааны зорилго нь TRIZ аргачлалыг ашигласан 2025–2026 онд Taylor&Francis-д хэвлэгдсэн инженер, технологийн эрдэм шинжилгээний өгүүллүүдийг системчилсэн тоймын аргаар шинжилж, судалгаанд дэвшүүлсэн үндсэн асуудлууд, хэрэглэсэн арга зүй, гарсан үр дүн болон хэрэглээний чиг хандлагыг тодорхойлон нэгтгэн дүгнэхэд оршино.

II. СУДАЛГААНЫ АРГАЧЛАЛ

Уг судалгаанд Atlas.ti программ хангамжийг ашиглан өгүүллүүдийг тоймлон нэр үгийн давтамжийн аргыг хэрэглэв. Судалгааны зорилгод нийцүүлэн санал болгосон түлхүүр үгнүүдийг шинжилж, ангилалд хуваах, мөн ижил төстэй шинжээр нь бүлэглэх зорилгоор сүлжээний шинжилгээ хийсэн болно [4].

Taylor&Francis-н хэвлэлийн эх үүсвэрээс TRIZ гэх үгийг ашиглан судалгаануудыг хайв. Хайлтын үр дүнд нийт 1858 судалгаа олдсон [5].

Хайлтанд өгүүлэл, мэргэжлийн ангилал болон 2025-аас 2026 онд хэвлэгдсэн он цагаар нь тус тус шүүж нийт 48 TRIZ гэсэн үг орсон өгүүллүүдийг олж 2-р зурагт үзүүлэв. Тус үзүүлэлтээс харахад TRIZ аргачлалыг дурдсан өгүүлэлүүд жилд их хэмжээгээр бичигддэг болох нь ажиглагдаж байна.



2-р зураг. Хайлтын процесс

1. Инженер, технологийн өгүүлэлээс олдсон шинэ бүтээлүүд

Нийт олдсон сэтгүүлүүдийн хураангуйг ашиглан инженер, технологи ангилалд Atlas.ti программ хангамжийн Word Frequencies буюу үгний давтамж коммандаар 48 өгүүлэлд хамгийн багадаа 10 удаа болон 30 удаа давтагдсан нэр үгсийг түүж 3-р зурагт үзүүлэв. Өгүүллэгүүдээс түүвэрлэсэн давтагдсан үгс нь судалгааны үр дүнг боловсруулахад 48 өгүүллээ ангилахад ашиглах зориулалттай.

3-р зураг. Atlas.ti програмд 10-аас дээш удаа давтагдсан үгнүүд

3-р зургаас харахад Мэргэжлийн ангилал, шаардлага ба зарчим, сайжруулалт, стратеги зэрэг үгнүүд 10-с дээш удаа давтагдсан харагдаж байна. Үүнээс бид хамгийн их давтагдаж байгаа үгийг олохын тулд 30-с дээш давтагдсан үгнүүдийг олж 4-р зурагт үзүүлэв.

4-р зураг. Atlas.ti програмд 30-аас дээш удаа давтагдсан үгнүүд

4-р Зургаас харахад систем, хэрэглэгч, модел, дизайн, шинэчлэл, аргачлал, ерөнхий бүтэц, бүтээгдэхүүн, судалгаа, анализ, хөгжил зэрэг нэр үгнүүд шүүгдэж гарч ирсэн.

III. Үр дүн

А. Судалгаануудын тойм

Энэхүү тоймд хамрагдсан нийт 48 эх сурвалжуудыг стандартчилах, ангилах зорилгоор тусгай шүүлтүүрийн систем боловсруулсан. Уг систем нь инженерчлэл болон дизайны олон талт, нийлмэл судалгааг нэгдсэн бүтэцтэй хүрээрүү оруулах зорилготой юм. Судалгааны бүрийн эх сурвалжийг Atlas.ti-д 30-аас дээш давтагдсан үгнээс хамааруулж зорилго (Судалгаа, дизайн, ерөнхий бүтэц гэх үгнүүдээс хамааруулан нэмсэн багана), аргачлал, үр дүн (бүтээгдэхүүн, систем, хөгжил зэрэг үгнээс хамааруулан нэмсэн багана), инновац гэсэн дөрвөн үндсэн баганад задлан 1-р хүснэгтэнд ангилсан болно.

СОНГОГДСОН 48 ИНЖЕНЕР, ТЕХНОЛОГИЙН ӨГҮҮЛЭЛ

1-Р ХҮСНЭГТ.

№	Судалгааны зорилго	Арга зүй	Үр дүн	Инновац
1	Нарийн төвөгтэй бүтээгдэхүүний UI-г оновчлох	DSM ба MBSE	Автомат жолоодлоготой платформоор баталгаажсан архитектур	Интерфэйсийг системтэй сайжруулах “secondary re-coupling” арга
2	Ляо гүрний пагодын бүтээгдэхүүнд соёл-хэрэглэгчийг холбох	Физиологийн олон дохио + IGA-HIIF	Хэрэглэгчид таалагдах дизайн шинж тодорхойлох	Генетик алгоритмд HIIF ашигласан
3	Шинэлэг санаанаас концепц автоматаар үүсгэх	ConceptInnoGPT + RAG LLM	Шинэлэг байдал, хэрэгжих боломж, үр ашиг өссөн	Патент өгөгдөл + LLM-ийн нэгдэл
4	Өндөр тодорхойгүй нөхцөл дэх радикал инновац	Зах зээл-Технологи-Мэдлэгийн загвар	Салхин турбины ирэнд баталгаажсан	“Creative tension” ойлголт
5	Динамик зах зээлд disruptive инновац	Function-flow анализ	Робот тоос сорогч кейс	Хэрэглэгч-орчны харилцаанд суурилсан сценари
6	Ухаалаг гоёлын CMF дизайн дахь сэтгэл хөдлөл	Q-KANO + Kansei	Сэтгэл хөдлөлд нийцсэн CMF стратеги	Q methodology интеграц
7	Асуудал шийдэх аргыг сонгоход туслах	Статистик инженерчлэл	4 кейсээр баталсан шийдвэрийн логик	Асуудалд тулгуурлан арга сонгох
8	Smart PSS сайжруулах	BERTopic текст олборлолт	Цахилгаан авто сайжруулах стратеги	Хэрэглэгч-үйлдвэрлэгч-өрсөлдөгч хандлага
9	Шинэ бүтээгдэхүүнд agile инновац	3 давхар статик загвар	Мэс заслын роботын 16 концепц	Патент давхар үнэлгээ
10	Бүтээгдэхүүн шинэчлэх боломж	Flow анализ + патент	Самар цэвэрлэх машин кейс	Flow-д суурилсан инновац олборлолт
11	Генератив дизайн prompt систем	RL + diffusion	Дизайнерын хэв маягт нийцсэн бүтээгдэхүүн	Дизайн элемент-мэдрэмжийн зураглал
12	Ирээдүйн хэрэглээний тренд	Эргономикийн ярилцлага	Trend board боловсруулсан	Өнгөрсөн ба одоо технологиос таамаг
13	Биологийн шийдэл-инженерчлэл	AskNatureGPT	Өндөр чанартай BID концепц	Биологийн аналогийг LLM-ээр автоматжуулсан
14	Био-санаа дэмжих	BICAD assistant	Мэдлэг дамжуулалт хялбаршсан	Асуудал-шийдлийн параметр нэгтгэл
15	Эмнэлгийн үйлчилгээ дахин дизайн	4S загвар + CNN + TRIZ	6 шийдэл боловсруулсан	Сэтгэл хөдлөлд суурилсан дизайн
16	Их сургуулийн технологи дамжуулалт	Экосистем анализ	Инновацийн экосистем бэхжсэн	Их сургууль-аж үйлдвэр хамтын ажиллагаа
17	Smart PSS концепц дизайн	FBS + FOS	Ухаалаг өргөгч систем	Салбар хоорондын мэдлэг
18	Digital twin уян хатан байдал	RFBLP	Өөрийгөө засах турбо DT	Resilient Machine зарчим
19	Автомашинд DT нэвтрүүлэх	Дизайн үе шатны өгөгдөл	Жин 9% буурсан	Synthetic load data
20	Нисэхийн эд анги боловсруулах	IMS + DT	Автомат өөрчлөгдөх үйлдэрлэл	DT-г машин багажтай нэгтгэх
21	Чанарын хүчин зүйл тодорхойлох	Root cause + статистик	Нэхмэлийн будалтын чанар сайжирсан	Ерөнхий хүрээ
22	Сошиал медиагаас хэрэглэгчийн зорилго	DM-CAM	87% нарийвчлал	CAM-ийг генератив AI-д ашигласан
23	Олон соёлт багийн бүтээлч байдал	DRM	Хамтын ажиллагаа сайжирсан	Six Thinking Hats интеграц
24	Хэрэглэгчийн feedback-д суурилсан шинэчлэл	Extenics + TRIZ	15–20% сэтгэл ханамж өссөн	MIPCA хүрээ
25	Чанар-өртөг оновчлол	QFD	Оновчтой шийдэл	Параметрийн минимум загвар
26	Цагдаагийн тоног төхөөрөмж	PKG-RAG	81.28% F1	SLM + мэдлэгийн граф
27	Функцийн холболт анализ	Bayesian network	Салхин турбин	System cycle анализ
28	Supply chain тогтвортой байдал	Green Lean Six Sigma	CO_2 75% буурсан	GLSS хүрээ
29	Функциональ ген дизайн	Gene ontology	Хог цэвэрлэх усан онгоц	Flow + scientific effects
30	Soy-liposome сайжруулах	Ууршуулах арга	Хэмжээ багассан	Pegylation
31	Агаар цэвэршүүлэгч сонголт	FKANO-DEMATEL-VIKOR	Сэтгэл ханамж өссөн	Загвар тогтвортой баталгаажуулалт
32	AIGC vs AIGC+TRIZ	Эмпирик судалгаа	Нөөц хамаарал буурсан	Methodology-technology парадигм
33	Хүүхдийн дижитал унших	4C загвар	Хэрэглэгч-технологи холбоо	Abductive logic
34	Зөрчил шийдвэрлэх	Мэдлэгт суурилсан загвар	Автомат шийдэл	Consistency checking
35	STS том сорилтууд	STS арга	Хүн-робот шийдэл	SDGs-тэй уялдуулах
36	Инновацийн багаж сонгох	QFD + LLM	45>89% өсөлт	Self-feedback fine-tuning
37	Industry 5.0 дахь DT+CSR	Фактор анализ	Human-centricity өссөн	Хос үнэлгээ
38	Хүүхдийн өсөлт	Хооллолтын судалгаа	TMV хэв маяг үр дүнтэй	Орлогыг нэгтгэсэн
39	Олон биологийн мэдлэг	TRIZ + morphology	Дөрвөн хөлт робот	Био-функц зураглал
40	Хүн-AI хамтын дизайн	GNN recommender	Хамтын ажиллагаа сайжирсан	Сүлжээний холболт таамаг
41	Шинэ бүтээгдэхүүн + патент	GSE + TRIZ	Цай түүгч машин	GSE загвар
42	Smart supply chain мэдээлэл	M-QFD	Мэдээллийн найдвартай байдал	Fuzzy HoQ
43	Sustainable PSS	Системчилсэн тойм	TRIZ-ийг бүх мөчлөгт	Шинэ стратеги
44	Technology roadmapping	STM + SAO	Вакцины технологийн зураглал	Автомат семантик холбоо
45	Digital twin тодорхойлолт	Системийн ангилал	210 ойлголт	DT entity vs system ялгаа
46	AI бүтээгдэхүүний санаа	IStAI toolkit	Бүтээлч байдал өссөн	Context-aware stimuli
47	Smart PSS хэрэглэгчийн шаардлага	ESCI-MR	Робот кейс	Бүтээгдэхүүн-үйлчилгээ холбоо
48	Market whitespace→концепц	Vec2Text	Зах зээлд тестэй концепц	Text inversion автоматжуулалт

1. Багана 1: Судалгааны зорилго

Энэ багана нь судлаачид ямар асуудал, мэдлэгийн хоосон зайг шийдвэрлэхийг зорьсныг тодорхойлно. Судалгаанууд нь үйлдвэрлэл болон академик орчны өргөн хүрээний сорилтуудыг хамарсан бөгөөд голлон дараах чиглэлүүдэд төвлөрсөн. Хэрэглэгчийн туршлагын доройтол (UX deterioration) Бүтээгдэхүүн хурдтай шинэчлэгдэх явцад интерфэйс болон мэдээллийн архитектур [6] хоцрох асуудлыг шийдвэрлэх шаардлага гарч байна.

a) Дизайны субъектив шинж чанар: Зөвхөн дизайнерын туршлага, гоо зүйн мэдрэмжид тулгуурласан шийдвэр гаргалтыг бууруулж, өгөгдөлд суурилсан болон хэрэглэгч төвтэй шийдэлд шилжих шаардлага нэмэгдэж байна.

b) Нарийн төвөгтэй байдал ба уян хатан чанар: Дижитал ихэр (digital twin) системийн динамик дасан зохицол дутмаг байдал болон “wicked problem” шинжтэй глобал сорилтуудыг шийдвэрлэх шаардлага нэмэгдсэн [7].

Иймээс судалгааны зорилгууд нь уламжлалт инженерийн асуудлаас давж, хүн төвтэй, систем төвтэй, тогтвортой хөгжлийн асуудлууд руу өргөжсөн байна.

2. Багана 2: Арга зүй

Энэ ангилал нь судалгаанд ашигласан техник, аргачлал, хүрээг тодорхойлно. Эх сурвалжуудыг нэгтгэн үзэхэд уламжлалт дизайны аргачлал болон шинэ технологийн интеграц эрчимжиж буй нь тодорхой харагдана.

Гол чиглэлүүд: Хиймэл оюун ухаан ба LLM, Том хэлний загвар ашиглан концепц үүсгэх [8], Биомимикри [9] болон био-урамшилт [10] дизайн, Инновацийн багаж хэрэгсэл санал болгох систем [11], Системчилсэн инновацийн арга хэрэгсэл [12]

TRIZ өргөн хэрэглэгдсэн чиглэлүүдэд: Дизайны зөрчил шийдвэрлэхэд [13] голлох арга болсон өгөгдөлд суурилсан анализ [14], Design Structure Matrix (DSM) [15], Онлайн хэрэглэгчийн сэтгэгдлийн sentiment analysis [16]

3. Багана 3: Үр дүн

Энэ баганад санал болгосон аргачлалууд бодит орчинд ямар үр дүн өгснийг нэгтгэн харуулав. Ихэнх TRIZ аргачлал орсон судалгаанд бодит кейс судалгаа ашиглан аргачлалыг баталгаажуулсан нь онцлог юм.

- Аж үйлдвэрийн хэрэглээ [17]

- Автомат жолоодлоготой тээвэр [18]
- Мэс заслын робот [19]
- Гүйцэтгэлийн бодит сайжруулалт [20]
- Нийлүүлэлтийн сүлжээний CO_2 ялгаралт 75% буурсан [21]

Эдгээр үр дүн нь судалгаанууд зөвхөн онолын түвшинд бус, аж үйлдвэрийн бодит нөлөө үзүүлж байгааг харуулж байна. Дөрвөн баганад ангилснаар орчин үеийн бүтээгдэхүүн хөгжүүлэлт болон системчилсэн инновацийн сорилтуудыг судлаачид хэрхэн шийдвэрлэж буйг харьцуулан шинжлэх боломж бүрдсэн.

4. Багана 4: Инновац

Энэхүү багана нь тухайн судалгааг өмнөх ажлуудаас ялгаруулж буй шинэ санаа, хүрээг тодорхойлно.

Гол шинэлэг чиглэлүүд: Автомат R&D-д зориулсан ConceptInnoGPT [22], Q methodology + KANO model [23], Link prediction, LLM [24] болон patent data [25], [26].

Энэхүү системчилсэн тоймд багтсан 48 судалгааг нэгтгэн дүгнэхэд TRIZ арга нь орчин үеийн инженерийн инновацийн [27] олон салбарт өргөн хэрэглэгдэж, уламжлалт инженерчлэлийн аргачлалуудаас өгөгдөлд суурилсан, хиймэл оюун ухаантай уялдсан, системийн хандлагатай чиглэл рүү эрчимтэй шилжиж байгааг харуулж байна.

Судалгаануудыг агуулгын хувьд дараах үндсэн чиглэлүүдэд ангилан тайлбарлаж болно.

a) TRIZ + Хиймэл оюун ухаан (AI) ба өгөгдөлд суурилсан инновац

Хамрагдсан судалгаануудын хамгийн хүчтэй илэрхий хандлага нь TRIZ-ийг AI, LLM, өгөгдөл олборлолттой нэгтгэх явдал байв. Нийт судалгааны ойролцоогоор гуравны нэг нь энэ чиглэлд хамаарч байна.

Гол ажиглалтууд: LLM [28], RAG, Knowledge Graph, Diffusion model зэрэг AI технологи TRIZ-ийн санаа үүсгэх (ideation) үе шатыг автоматжуулж байгаа бөгөөд Патентын өгөгдөл, хэрэглэгчийн сэтгэгдэл, сошиал медиа зэрэг их өгөгдөл (big data) инновацийн оролт болж байна. Мөн шинэлэг санаа гаргах процесс хүн төвтэй ба хүн-AI [29] хамтын ажиллагаа руу шилжиж байгааг харуулж байна.

b) TRIZ + Digital Twin ба Industry 4.0/5.0 [30]

Судалгааны хоёр дахь том кластер нь TRIZ-ийг Digital Twin [31], Smart manufacturing [32], Industry 5.0 орчинд ашигласан бүтээлүүд байв.

c) TRIZ + Хэрэглэгч төвтэй дизайн (Human-Centered Innovation)

Олон судалгаанд TRIZ-ийг Kansei engineering [33], эмоци, UX, соёлын хүчин зүйлтэй холбосон нь онцлог байв.

Гол үр дүн: Хэрэглэгчийн сэтгэл хөдлөл [34], инновацийн гол оролт болж байгаа бөгөөд PSS (Product-Service System) [35] судалгаанд TRIZ өргөн хэрэглэгдэж байна.

Нийт 48 судалгаанаас 2-р хүснэгтэнд бичигдсэн TRIZ-д хамаарах нийтлэг хөгжлийн чиглэлүүд харагдаж байна.

СОНГОГДСОН 48 СУДАЛГААНААС ГАРСАН НИЙТЛЭГ ХӨГЖЛИЙН ЗАГВАР

2-Р ХҮСНЭГТ.

Үе шат	TRIZ-ийн хөгжлийн чиглэл
Уламжлалт үе	Инженерийн зөрчил шийдвэрлэх
Дунд үе	Патент, мэдлэгийн сан ашиглах
Орчин үе	AI, Big Data, Digital Twin
Ирээдүй	Autonomous innovation systems

IV. ХЭЛЭЛЦҮҮЛЭГ

Судалгаанд хамрагдсан эх сурвалжуудын үр дүнг нэгтгэн үзэхэд хиймэл оюун ухаан, дижитал ихэр, системчилсэн инновацийн аргачлалуудыг интеграцчилснаар дизайны үр ашиг, инновацийн чанар сайжирч, субъектив хандлага буурч байгааг тодорхой харуулж байна.

1. Тоон гүйцэтгэл ба үйл ажиллагааны бодит сайжруулалт

Ихэнх судалгаанд техникийн гүйцэтгэл болон нөөцийн ашиглалтад хэмжигдэхүйц сайжруулалт гарсан байна. Жишээлбэл: Green Lean Six Sigma (GLSS) хүрээг ашигласнаар CO_2 ялгаралт 75% буурсан хугацаанд нь хүргэлт 36%-аас 75% хүртэл өссөн [21]

2. Инновац ба хэрэгжих боломжийн сайжруулалт

Судалгаануудын нийтлэг дүгнэлт нь структурчилсан аргачлал болон генератив технологийн хослол нь илүү чанартай дизайны үр дүн гаргадаг болохыг харуулж байна.

AI ба TRIZ-ийн синерги болон эмпирик судалгаанууд үр дүнд: AIGC [36] болон TRIZ арга нь дизайны зөрчил шийдвэрлэх чадварыг сайжруулсан, функциональ чанарыг нэмэгдүүлсэн [37], хэрэгжих боломжийг өсгөсөн, гадаад нөөцөөс хамаарах хамаарлыг бууруулсан.

Концепц үүсгэх автомат системConceptInnoGPT хэрэгсэл: Инновацийн боломжийг link prediction ашиглан илрүүлж концепцийн шинэлэг байдал, олон төрөл, хэрэгжих боломж-ийг мэдэгдэхүйц сайжруулсан [38].

Тусгай тоног төхөөрөмжийн дизайн буюу цагдаагийн тоног төхөөрөмжийн судалгаанд: PKG-RAG арга entity extraction-ийн F1 = 81.28% үзүүлэлттэйгээр практик ба холбогдох байдлаар суурь загваруудаас давсан [39].

Agile R&D Интервенцийн мэс заслын роботын судалгаанд: 16 өндөр үнэ цэнтэй концепц бий болгосноос тав нь амжилттай патентжсан.

3. Субъектив байдлыг бууруулж хэрэглэгчид нийцүүлэх нь

Судалгаанд дахин давтагдсан нэг чухал хандлага нь дизайнер төвтэй зөн совингоос өгөгдөлд суурилсан хэрэглэгчийн нийцэл рүү шилжсэн явдал юм.

Физиологи ба эмоцийн зураглал болон Kansei инженерчлэлд суурилсан арга [40]: Соёлын бүтээгдэхүүний онцлог шинжийг [41] олон сувгийн физиологийн өгөгдөлтэй холбож хэрэглэгчдэд хамгийн таалагдах дизайн хослолыг амжилттай таамагласан.

Генератив дизайны хэв маягийн удирдлага Style perception-д суурилсан prompt систем: Үүсгэсэн бүтээгдэхүүнийг дизайнерын гоо зүйн хүлээлттэй илүү сайн нийцүүлж чадсан.

Тайлбарлагдахуйц дизайн буюу DM-CAM арга [42]: Сошиал медиагаас хэрэглэгчийн зорилгыг илрүүлэхэд 87% итгэлцлийн түвшин үзүүлсэн [42], Visual clarity болон дизайны байгаллаг чанараар уламжлалт Grad-CAM-оос давсан.

4. Зах зээл ба системийн баталгаажуулалт

Эдгээр хүрээнүүдийн бодит үнэ цэнэ нь зах зээлийн нийцэл болон системийн тогтвортой байдлаар баталгаажсан.

Зах зээлийн “whitespace” илрүүлэлт [43] хүрээ: Зах зээлийн нуугдмал боломжийг илрүүлж Бодит зах зээлд дараа нь гарсан бүтээгдэхүүнүүдтэй өндөр семантик төстэй концепцууд үүсгэсэн [44].

Системийн уян хатан байдал, олон түвшний digital twin загвар: Turbocharger зэрэг тасралтгүй ажиллагаа self-healing чадвар хангах боломжийг нотолсон [45].

Эдгээр үр дүнг нэгтгэн дүгнэхэд hybrid intelligence буюу хүний мэдлэг системчилсэн аргачлал (TRIZ, DSM) өгөгдөлд суурилсан AI гэсэн гурвалсан нэгдэл нь уламжлалт тусгаарлагдсан дизайны практиктай харьцуулахад илүү бат бөх, инновацлаг, хэрэглэгчид нийцсэн үр дүн тогтмол бий болгож байгааг харуулж байна.

Дүгнэлт

Энэхүү системчилсэн тойм нь инженерийн инновацийн салбарт TRIZ болон орчин үеийн дэвшилтэт технологиудын нэгдэл хэрхэн шинэ шатанд хүрч буйг цогцоор нь харууллаа. Судалгаанд хамрагдсан эх сурвалжуудыг “судалгааны зорилго–арга зүй–үр дүн–инновац” гэсэн дөрвөн тулгуурт бүтэцтэйгээр шинжилснээр орчин үеийн бүтээгдэхүүн хөгжүүлэлт нь уламжлалт инженерчлэлээс давж, өгөгдөлд суурилсан, хэрэглэгч төвтэй, системийн хандлагатай болж буй нь тодорхой харагдлаа.

Нэгдүгээрт, хиймэл оюун ухаан, дижитал ихэр, өгөгдлийн аналитик болон TRIZ зэрэг системчилсэн инновацийн аргачлалуудын интеграц нь дизайны үр ашиг, бүтээмж, шийдвэр гаргалтын чанарыг мэдэгдэхүйц сайжруулж байна. Судалгааны кейсүүдэд дизайны мөчлөг богиносох, материалын хэрэглээ буурах, нүүрстөрөгчийн ялгаралт багасах зэрэг бодит хэмжигдэхүйц үр дүнгүүд гарсан нь эдгээр аргачлалын практик ач холбогдлыг баталж байна.

Хоёрдугаарт, TRIZ нь орчин үеийн инновацийн экосистемд [46], [47] төв байр суурь эзэлсээр байгаа бөгөөд ялангуяа хиймэл оюун ухаантай хосолсон үедээ илүү өндөр үр нөлөө үзүүлж байгааг судалгаанууд нотолж байна. TRIZ-ийн зөрчил шийдвэрлэх логик нь генератив AI, патентын шинжилгээ, биомимикри, өгөгдлийн олборлолт зэрэг технологитой нэгдэх үед илүү бүтээлч, хэрэгжих боломжтой шийдлүүдийг бий болгож байна.

Гуравдугаарт, судалгааны үр дүнгээс харахад бүтээгдэхүүн хөгжүүлэлт нь дизайнер төвтэй зөн совингоос өгөгдөлд суурилсан, хэрэглэгчийн сэтгэл хөдлөл, зан төлөв, хэрэгцээг тооцсон шийдвэр гаргалт руу шилжиж байна. Хэрэглэгчийн туршлага, эмоц, соёлын хүчин зүйлсийг хэмжих, загварчлах, дизайнд шууд тусгах аргачлалууд нь инновацийн чанарыг нэмэгдүүлэх чухал хүчин зүйл болжээ.

Дөрөвдүгээрт, судалгаанд дурдагдсан шинэ хүрээ, загварууд нь системчилсэн инновацийн судалгааг олон салбарын уялдаа холбоотой, холимог шинжтэй болсныг харуулж байна. Ялангуяа зах зээлийн боломж илрүүлэх, тогтвортой хөгжил, уян хатан системийн дизайн, үйлчилгээний инновац зэрэг өргөн хүрээний асуудлуудыг нэгтгэн авч үзэх хандлага нэмэгдсэн байна.

Эцэст нь дүгнэвэл, хүний туршлага, системчилсэн инновацийн аргачлал, өгөгдөлд суурилсан хиймэл оюун ухааныг хослуулсан hybrid intelligence хандлага нь инженерийн инновацийн ирээдүйн гол чиглэл болох нь тодорхой байна. Цаашдын судалгаанд эдгээр аргачлалуудын интеграцийн гүнзгийрүүлэлт, бодит үйлдвэрлэлийн орчин дахь өргөн хэрэглээ [48], тогтвортой хөгжлийн зорилттой уялдуулах асуудалд илүү анхаарах шаардлагатай юм.

АШИГЛАСАН МАТЕРИАЛ, НОМ ЗҮЙ

[1] J. Jantschgi ба J. Fresner, “The Usage of TRIZ to improve material efficiency and energy efficiency of industrial production processes -Ideas for a conceptual framework,” %1-д *ETRIA*, Austria, 2006.

[2] D. Mann, “An Introduction to TRIZ: The Theory of Inventive Problem Solving,” *Creativity and Innovation Management,* б. 10, %1-ийн д.д2, pp. 123-125, 2001.

[3] D. Mann, The Four Pillars of TRIZ, 2000.

[4] G. S. Lucas , M. d. Souza, T. P. Librelato ба L. Trento , “Design Science Research in practice: review of applications in Industrial Engineering,” *Gestão & Produção,* б. 28, %1-ийн д.д4, p. 5811, 2021.

[5] Taylor&Francis, “Taylor & Francis,” Taylor&Francis, [Холбогдсон]. Available: https://www.tandfonline.com/action/doSearch?AllField=TRIZ. [Нэвтэрсэн 1 2 2026].

[6] M. Chandrasekaran ба P. K. Rajesh, “Conceptualisation of digital twin-enabled new product design framework for the automotive industry,” *Journal of Engineering Design,* б. 37, %1-ийн д.д3, 2026.

[7] Y. Zhang , N. Wan , Z. Zeng , X. Li, Z. Zheng , H. Sun ба X. Zhou, “Constructed by multiple on-machine inspection: intelligent machining system driven by digital twin,” *International Journal of Production Research,* 2026.

[8] J. Zhao, W. Li, C. Wan, Y. Hong ба G. Xu, “Multi-scenario-driven innovative tool intelligent push method and system implementation,” *Journal of Engineering Design,* 2025.

[9] A. Y. Akter ба H. Başak, “BICAD bio-inspired design method and BICAD assistant design tool,” *Journal of Engineering Design,* б. 37, %1-ийн д.д1, 2026.

[10] F. Liu, Q. Deng, Y. Jing ба G. Jialu, “Product innovation design methods based on multi-biological knowledge inspiration,” *Journal of Engineering Design,,* б. 37, %1-ийн д.д3, 2026.

[11] J. Nelson, A. v. Ooteghem ба G. Bourma, “Analysing trends in the use of technical systems in prospective ergonomics: the case of the phone,” *Ergonomics,* б. 69, %1-ийн д.д1, 2026.

[12] D. A. d. J. Pacheco, R. Teixeira ба C. Sch, “Systematic innovation in sustainable product-service systems: a systematic literature review, proposed framework and pathways for sustainable innovation,” *Journal of Engineering Design,* 2026.

[13] L. Munro, R. W. Hoerl , R. D. Snee ба E. A. Cudney, “A statistical engineering approach to problem-solving,” *Quality Engineering,* 2026.

[14] Y. Yang ба L. Wu, “Integration Theory of Inventive Problem Solving into the AIGC Design Method: An Empirical Study,” *International Journal of Human–Computer Interaction,* 2026.

[15] Y. Wang, M. Li ба L. Zhang, “A Framework for Optimizing the User Interface Design of Complex Products Based on Design Structure Matrix and System Architecture,” *International Journal of Human–Computer Interaction,* б. 42, %1-ийн д.д5, 2026.

[16] Q. Min, R. Zhao-Xian, W. Can ба X. Li, “Integrating User Feedback into Air Purifier Innovation: The FKANO-DEMATEL-VIKOR Decision Framework,” *Engineering Management Journal,* 2025.

[17] F. A. Atta Panyin Essiam, M. Amoako, K. Ofori-Panyin, S. Atta Tonyemevor ба K. Owusu Akuffo, “Poverty, food insecurity and dietary patterns as drivers of infant growth outcomes in rural Ghana: implications for community nutrition programs,” *Journal of Hunger & Environmental Nutrition,* б. 21, %1-ийн д.д2, 2026.

[18] L. Feng , M. Han ба Z. He, “Supply Chain Information Transmission Framework with M-QFD and Sentiment Analysis Based on Online Reviews,” *Engineering Management Journal,* 2025.

[19] M. C. Davis, H. P. N. Hughes, M. A. Robinson, J. Scales, S. Sankaran, D. Liu, E. Findlay ба G. Emma, “Leveraging socio-technical systems to tackle grand challenges: Reflections on human-robot teams, hybrid workplaces, med-tech, and digital transformation,” *Ergonomics,* 2025.

[20] Y. Chen ба Y. Xu, “An intelligent prompt system for product generative design based on style perception preference values,” *Journal of Engineering Design,* 2025.

[21] H. Alozade , S. Houfaidi, . M. B. Ali ба O. Oullada, “Green Lean Six sigma for multidimensional performance improvement: a case study on supply chain management,” *International Journal of Sustainable Engineering,* б. 19, %1-ийн д.д1, 2026.

[22] G. Cao, H. Song, J. Liang, X. Ji ба Y. Sun, “A product scenario construction method oriented toward disruptive innovation design,” *Journal of Engineering Design,* 2026.

[23] H. Huang ба R. Cui, “A smart jewelry CMF design based on Kansei engineering and Q-KANO model,” *Journal of Engineering Design,* 2025.

[24] Z.-X. Chang, W. Guo, L. Wang, H.-Y. Shao, Y.-R. Zhang ба X. Guo, “A generation framework of conceptual solutions integrating link prediction and large language model,” *Journal of Engineering Design,* б. 37, %1-ийн д.д4, 2026.

[25] H. Li, Q. Long ба R. Tan, “Agile innovation design for incipient product based on three-layer statics evolution model,” *Journal of Engineering Design ,* 2025.

[26] F. Liu, Z. Wu, R. Tan ба Z. Liu, “Research on product combined invention method oriented to design for patentability,” *Journal of Engineering Design ,* 2025.

[27] C. Zheng, Y. Yu, S. Gao, X. Zhang, B. Eynard ба J. Xia, “Knowledge-based approach for resolving constraint conflicts in collaborative engineering design,” *Journal of Engineering Design,* 2025.

[28] L. Chen, Z. Cai, W. Cheang, Q. Long, L. Sun, P. Childs ба H. Zuo, “AskNatureGPT: an LLM-driven concept generation method based on bio-inspired design knowledge,” *Journal of Engineering Design,* 2026.

[29] X. Jin , A. Yao , H. Dong , E. Mark ба Z. Tang, “Toward Intelligent Product Interaction: A Medium-Level Stimuli Toolkit Supporting AI-Powered Product Design Iteration and Innovation,” *International Journal of Human–Computer Interaction,* 2025.

[30] J. Felipe Capioto Seelent, J. Alessandra Mendonça, F. Henrique Lermen ба G. Brittes Benitez, “Navigating Industry 5.0 through corporate social responsibility and digital transformation: a stakeholder and institutional perspective,” *Production Planning & Control,* б. 37, %1-ийн д.д5, 2026.

[31] H. Duan , S. Gao , X. Yang ба Y. Li, “The development of a digital twin concept system,” *Digital Twin,* б. 2, %1-ийн д.д3, 2025.

[32] C. Wu, X. Wang, T. Chen, H. Li ба H. q. Wang, “Conceptual design of smart product-service system based on function-oriented search,” *Journal of Engineering Design,* б. 36, %1-ийн д.д5, 2025.

[33] X. L. E.-M. X. Y. Z. Z.-Z. Y. J.-Q. R. Z. F. &. C.-H. L. An-Jin Shie, “Kansei-driven and TRIZ-informed product service systems design with abductive logic: case study of children’s digital Reading book,” *Journal of Engineering Design,* б. 37, %1-ийн д.д2, 2025.

[34] G. R. Jiancheng Xu, “Dynamic product redesign optimization: integrating Extenics and TRIZ with SO-PMI analysis for time-Dependent customer feedback from online reviews,” *Journal of Engineering Design,* 2025.

[35] H. Cui, X. Zhang, H. Liu, L. Zha ба Y. Yan, “Tracing the evolution of user requirements: a sentiment analysis -- based method for smart PSS innovative design,” *Journal of Engineering Design,* 2025.

[36] D. Ji, M. Zhang ба Y. Lou, “Recommender systems as co-design tools: empowering human-AI hybrid intelligence in complex design networks,” *Journal of Engineering Design,* 2025.

[37] R. Milutinović , B. Stošić , L. Đo ба D. Makajić-Nikolić , “Efficient Decision-Making in Early Stages of Innovation: A QFD-Based Approach for Quality and Cost Optimization,” *Engineering Management Journal,* 2025.

[38] X. Guo, J. Zhang, J. Gu ба J. Yan, “A process model for achieving product radical innovation driven by creative tension,” *Journal of Engineering Design,* 2026.

[39] R. Wang, J. Liu, Y. Xi, K. Yu ба Z. Song, “Facilitating police equipment design via retrieval-augmented generation with knowledge graphs and small language models,” *Journal of Engineering Design,* 2026.

[40] C. Hong, Y. Liu, Q. Yu ба C. Yang, “A Kansei-inspired product design approach for the Liao Dynasty Pagoda: bridging cultural heritage and physiological signals,” *Journal of Engineering Design,* б. 37, %1-ийн д.д1, 2026.

[41] A. Bastian, P. C. Restrepo, J. Will ба A. Albers, “Development of a culture-based support method for creativity in distributed product development,” *International Journal of Design Creativity and Innovation,* б. 13, %1-ийн д.д4, 2025.

[42] Z. Wang, Y. Ping, Z. Lu, J. Wang ба F. You, “DM-CAM: A novel product design method combining diffusion models and class activation mapping for enhanced user-driven design,” *Journal of Engineering Design,* б. 37, %1-ийн д.д4, 2026.

[43] B. Xuan, S. Lee ба H. Lee, “Transforming market whitespaces into new product concepts: a text embedding and inversion approach,” *Journal of Engineering Design,* 2025.

[44] B. Liu, L. Pan , J. Li ба H. Yuan, “Technology Roadmap Construction Based on Structural Theme Model and SAO Semantic Analysis,” *Engineering Management Journal,* 2025.

[45] C. Wu ба A. Cui, “Conceptual modelling method of multi-abstraction level digital twin based on extended RFLP model,” *Journal of Engineering Design,* 2025.

[46] K. K. Onyechi, I. T. Nzekwe ба C. A. Igwegbe, “Influence of pegylation and active loading on the physicochemical properties of soy-liposomes containing chloroquine and cetirizine,” *Essential Chem,* %1-ийн д.д1, 2025.

[47] S. Susalka, J. Lillard, T. Litvin-Vec, S. Nappi ба K. Porter, “CULTIVATING INNOVATION, DEVELOPING AN ECOSYSTEM FOR INNOVATION AND ENTREPRENEURSHIP, AND PROVIDING A SUPPORT SYSTEM FOR TECHNOLOGY TRANSFER,” *Technology and Innovation,* б. 24, %1-ийн д.д3, 2025.

[48] C. Mecheri , N. Q. Nguyen, Y. Ouazene, F. Yalaoui ба T. Scaglia, “Critical factor identification for quality improvement in multi-stage manufacturing: a textile industry case study,” *Production & Manufacturing Research,* б. 13, %1-ийн д.д1, 2025.

ХОНИНЫ НООСНООС БИОМАТЕРИАЛ ГАРГАН АВАХ СУДАЛГААНЫ ТОЙМ

Түвшинбаатарын АРИУНАА[1], Рэнцэнлхүндэвийн МЯДАГМАА[2]

[1,2] Монгол Улс, Улаанбаатар, ШУТИС, Хүнс, хөнгөн үйлдвэрлэл, дизайны сургууль, Хөнгөн үйлдвэрлэлийн технологи, инженерчлэлийн тэнхим

Холбоо барих зохиогчийн и-мэйл хаяг: myadagmaa@must.edu.mn[2]

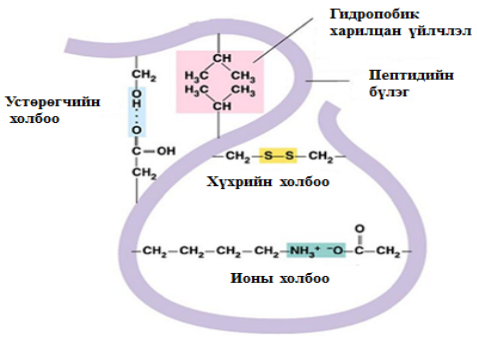
Хураангуй: **Монгол улс нь мал аж ахуйн орон, сүүлийн жилүүдийн статистик үзүүлэлтээс харахад хонин сүрэг нийт малын 40-50 хувийг эзэлж, жил бүр 30-35 тонн ноос бэлтгэж байна. Гэвч энэхүү ноосны дийлэнх хэсгийг анхан шатны боловсруулалтаас цааш гүн боловсруулж, нэмүү өртөг шингэсэн бүтээгдэхүүн болгох түвшин хангалтгүй байна. Энэ нь эко системд сөргөөр нөлөөлөхийн зэрэгцээ ашиглагдаагүй нөөц үүсгэж байгаа юм. Хонины ноосыг гүн боловсруулж шинэ нэр төрлийн биоматериал болгон эдийн засгийн эргэлтэнд оруулах шаардлагатай байна. Хонины ноос нь уураг бүтэцтэй, био задралд ордог. Олон улсад хонины ноосноос биополимер (кератин) гарган авч нано болон микро бүтэцтэй ширхэгт материал, эмнэлгийн зориулалттай шархны боолт, бордоо, эм бэлдмэл, шүдний оо, хиймэл арьс, биохуванцар, бактерийн эсрэг материал зэргийг үйлдвэрлэж байна. Эдгээр нь дэлхий даяар эрчимтэй хөгжиж буй ногоон технологи, тогтвортой материалын чиг хандлагатай нийцэж байна. Манай улсын ноос боловсруулах салбарын технологи ихэвчлэн механик боловсруулалт давамгайлж байгаа нь өртөг багатай бүтээгдэхүүн үйлдвэрлэхэд хүргэж байна. Харин кератин ялгах химийн болон биотехнологийн аргыг хослуулан шинэ материал бүтээх судалгаа, үйлдвэрлэлийг хөгжүүлснээр ноосны үнэ цэнийг өсгөх боломжтой. Энэ судалгааны өгүүллээр хонины ноосноос биополимер гарган авах олон улсын туршилт, судалгааг харьцуулсан болно.**

Түлхүүр үг: ***Байгальд ээлтэй материал, Байгальд ээлтэй, Кератин ялгах аргууд, уураг ширхэгт***

I. УДИРТГАЛ

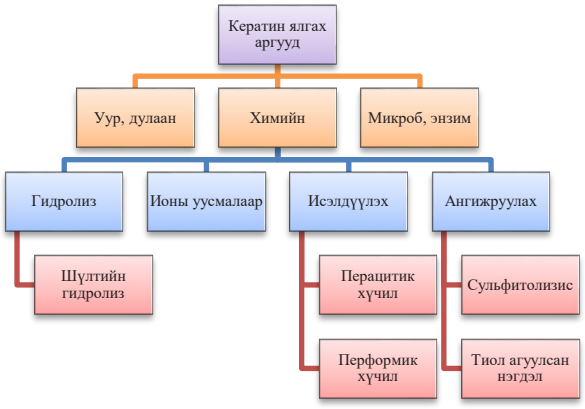
Сүүлийн жилүүдэд байгаль орчинд ээлтэй, сэргээгдэх түүхий эдэд суурилсан материалын судалгаа эрчимтэй хөгжиж, нефть суурьтай нийлэг материалуудыг орлох боломжит шийдлүүдийг эрэлхийлэх болсон [1]. Энэ хүрээнд уураг суурилсан биополимерууд, тэр дундаа кератин нь хор нөлөөгүй, био задралд ордог, функциональ шинж чанар сайтай тул эрдэм шинжилгээ, үйлдвэрлэлийн салбарт ихээхэн анхаарал татаж байна [2].

Хонины ноос нь Монгол орны хувьд арвин нөөцтэй, сэргээгдэх байгалийн түүхий эд боловч түүний хэрэглээ харьцангуй хязгаарлагдмал, их хэмжээний ноос бүрэн боловсруулагдалгүй үлдэх тохиолдол түгээмэл байна [3]. Ноос нь хүхрийн холбоогоор холбогдсон бат бөх шинж чанар сайтай, уураг ширхэгт бөгөөд үүнээс кератин ялган биоматериал болгон хөгжүүлэхэд хүндрэлүүд үүсдэг [4, 5].



1-р зураг. Кератины молекул бүтэц

Иймээс кератин ялган авах гидролизын, исэлдүүлэх, энзимийн болон ионы шингэний зэрэг (зураг 2) олон төрлийн аргуудыг судалж, гарц, чанар, байгаль орчинд үзүүлэх нөлөө, эдийн засгийн үр ашиг зэргийг харьцуулан үнэлэх шаардлагатай байна. Сүүлийн үеийн судалгаануудад дээрх аргуудын оновчтой хослол нь кератины бүтцийн хадгалалт болон функциональ шинж чанарыг алдагдуулахгүйгээр гарган авах боломжтойг харуулсан[6].



2-р зураг. Кератин ялгах аргууд

Кератины эх сурвалжуудыг авч үзвэл хонины ноосноос гадна хүний үс, шувууны өд, малын эвэр туурай зэрэгт агуулагддаг.

3-р зураг. Кератинаас биоматериал ялгах болом, эх сурвалж

Анагаах ухааны салбарт кератинд суурилсан материалуудыг шархны боолт, эд нөхөн төлжүүлэх суурь материал (scaffold) зэрэгт ашиглах судалгаа эрчимтэй хөгжиж байна. Кератин нь хүний эд эстэй зохицох чадвар өндөртэй тул биоматериалын чухал түүхий эдэд тооцогддог [7].

Текстиль болон материал судлалын салбарт ноосноос гарган авсан кератиныг нано ширхэгт, биополимер хальс, композит материал болгон боловсруулж, өндөр гүйцэтгэлтэй, байгальд задардаг шинэ бүтээгдэхүүн гарган авах чиглэл давамгайлж байна. Энэ нь уламжлалт нийлэг материалуудыг орлох боломжийг бүрдүүлж байна [8].

Байгаль орчны салбарт ноосны кератиныг хүнд металл, бохирдуулагч бодис шингээгч, ус цэвэршүүлэх шүүлтүүр материал болгон ашиглах судалгаа хийгдэж байгаа нь хаягдал ноосыг дахин ашиглах, экологийн асуудлыг бууруулахад чухал ач холбогдолтой юм [9].

Гоо сайхны салбарт кератин нь үс, арьсны бүтэцтэй төстэй шинж чанартай тул үсний өөрийн үндсэн чанарыг сэргээх, арьсыг чийгшүүлэх, харшилаас сэргийлэх бүтээгдэхүүний найрлагад өргөн хэрэглэгдэх болж, био идэвхт найрлага бүхий шинэ бүтээгдэхүүн хөгжүүлэх үндэс болж байна [10].

Иймд энэхүү судалгаагаар хонины ноосноос кератин ялган авах аргуудыг харьцуулан судалж, гарган авсан кератины шинж чанарыг тодорхойлон, биоматериалын хэрэглээний боломжийг үнэлэхээр зорьж байна. Энэ нь хонины ноосны ашиглалтыг нэмэгдүүлэх, өртөг шингэсэн бүтээгдэхүүн үйлдвэрлэх, тогтвортой хөгжлийн зорилтуудыг дэмжихэд чухал ач холбогдолтой юм.

II. СУДАЛГААНЫ АРГА ЗҮЙ

Энэхүү судалгаанд хонины ноосноос кератин ялган авах түгээмэл хэрэглэгддэг аргуудыг сонгож, тэдгээрийн үр ашиг, кератины бүтцийн хадгалалт, функциональ шинж чанарт үзүүлэх нөлөөг харьцуулан үнэлсэн. Кератин ялгах чиглэлээр хийгдсэн өмнөх судалгаануудын (chemical, enzymatic, ionic liquid-based extraction) аргачлалд тулгуурлан сонгож харьцуулсан [11].

КЕРАТИН ЯЛГАХ АРГУУДЫН ХАРЬЦУУЛАЛТ

1-Р ХҮСНЭГТ

Кератин ялгах аргууд	**Гарц**	**Чанар**	**Байгаль орчинд үзүүлэх нөлөө**	**Кератин ялгах өртөг**	**Дүгнэлт**
Гидролизын арга	Их	Дунд	Дунд	Бага	Үйлдвэрлэлд тохиромжтой
Ангижруулах арга	Их	Сайн	Сөрөг	Дунд	Сайн чанарын кератин ялгах боломжтой.
Хүчиллэг сууриар ялгах арга	Дунд	Бага	Дунд	Бага	Ховор хэрэглэгддэг.
Ион сууртай уусмалаар ялгах арга	Их	Маш сайн	Бага	Өндөр	Судалгааны түвшинд явагдаж байгаа.
Энзим	Бага	Сайн	Маш бага	Дунд	Ногоон технологийн арга

Химийн гидролизын арга

Энэхүү арга нь хүчтэй хүчил эсвэл шүлтийн уусмалаар уургийн пептид холбоог гидролизын аргаар сулруулан задлах зарчимд суурилна. Хүчлийн гидролизын үед ихэвчлэн давсны хүчил (HCl) ашиглаж 100–120°C температурт 12–24 цагийн турш урвалыг явуулснаар кератин бүрэн задарч чөлөөт амин хүчлүүд үүсдэг.

Шүлтийн гидролизоор ялгах тохиолдолд натрийн гидроксид (NaOH) зэрэг хүчтэй шүлтлэг уусмалыг ашиглан 60–110°C температурт тодорхой хугацаанд урвалыг явуулж, пептид болон дисульфид холбоог эрчимтэй задлан уусамтгай бага жинтэй молекулт нэгдлүүд үүсгэнэ. Энэхүү процессын явцад кератины анхдагч бүтэц бүрэн алдагдаж, уургийн макромолекулын гинжин холбоо тасардаг [12].

Ангижруулах арга

Судалгаануудын үр дүнгээр энэхүү арга нь кератины анхдагч бүтэц болон зарим хоёрдогч бүтцийг харьцангуй сайн хадгалдаг гэж үздэг. Иймд өндөр чанартай кератин гарган авахад тохиромжтой аргын нэг гэж үздэг байна.

Энэхүү аргын үндсэн зарчим нь кератин уурагт агуулагдах цистиний дисульфид холбоо (–S–S)-г тиол (–SH) бүлэг болгон химийн аргаар ангижруулж, уургийн бүтэц болон нягтралыг сулруулахад оршино. Ихэвчлэн β-меркаптоэтанол (β-mercaptoethanol), дитиотрейтол (DTT) зэрэг ангижруулагч бодисыг ашигладаг бөгөөд урвал нь сул шүлтлэг орчинд (pH 8–11) 40–90°C температурт явагддаг.

Энэхүү процесс нь кератины уусах чадварыг нэмэгдүүлж, дараагийн шатны шинжилгээ болон боловсруулалтад тохиромжтой хэлбэрт шилжүүлэх боломжийг бүрдүүлсэн [13].

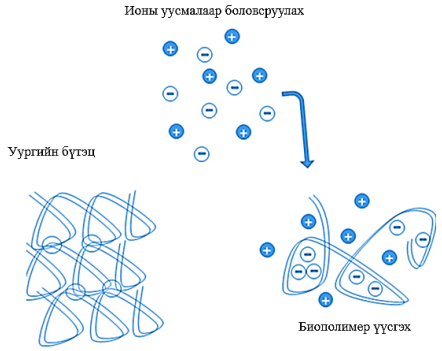
Энзимийн арга

Ферментийн задралыг кератин ялгах “ногоон технологи” гэж тодорхойлсон байдаг. Протеазууд нь уургийн анхдагч бүтцийг гэмтээхгүйгээр задалж, кератины бүтцийн бүрэн бүтэн байдлыг хадгалах давуу талтай боловч гарц харьцангуй бага байдаг. Ихэвчлэн 30–60°C температурт, pH 7–10 үед туршдаг бөгөөд ферментийн идэвхийг хадгалах зориулалттай буфер уусмалыг нэмэлтээр ашигладаг. Иймд энзимийн аргаар кератин ялгах нь байгальд хор хөнөөл багатай гэж тооцогддог.

Ионы шингэний арга

Сүүлийн үеийн судалгаагаар ионы шингэнүүд нь кератины дотоод бүтцийг задлахгүйгээр уусгах өндөр чадвартай болох нь тогтоогдоод байгаа. Энэ арга нь кератины молекул бүтцийг хадгалдаг, дахин ашиглах боломжтой уусгагчтай гэдгээрээ онцлог боловч өртөг өндөртэй. Судалгаанд имидазолиум суурьтай ионы шингэнүүд тухайлбал 1-бутил-3-метилимидазолиум хлорид болон ацетат төрлийн ионы шингэнийг ашигласан байдаг.

Туршилт 80–120°C температурт явагдаж, ионы шингэн нь кератины устөрөгчийн холбоог сулруулан, дисульфид холбооны тогтвортой байдлыг бууруулснаар уургийн макромолекул бүтцийг задлахад нөлөөлдөг. Үүний үр дүнд кератин уусамтгай хэлбэрт шилжиж, дунд зэргийн молекул жинтэй уураг болон пептидүүд үүсдэг [15].



4-р зураг. Ноосыг ионы уусмалаар аргаар ялгах туршилтын зураглал

Кератиныг ялган авах аргуудыг задралын түвшин, боловсруулалтын нөхцөл болон кератин суурьтай бүтээгдэхүүний шинж чанараар нь харьцуулахад шүлтийн болон хүчлийн гидролизын аргууд нь өндөр температур, хүчтэй химийн орчинд явагдаж, кератиныг бүрэн задлан амин хүчил болон бага молекул жинтэй нэгдлүүд үүсгэдэг, гарц өндөр боловч уургийн анхдагч бүтэц, функциональ шинж чанарыг алдагдуулах сул талтай.

Харин энзимийн аргууд нь харьцангуй уургийн анхдагч бүтцийг алдагдуулахгүй нөхцөлд явагдаж, кератиныг хэсэгчлэн задалснаар био идэвхт пептидүүд үүсэх боломжтой боловч хугацаа урт байдаг. Үүний зэрэгцээ ионы шингэн /Choline chloride (HBA) + Lactic acid (HBD)/ уусмалд суурилсан орчин үеийн аргууд нь кератины бүтцийг хадгалсан хэлбэрээр ялган авах боломжийг олгож, байгальд ээлтэй технологид тооцогдож байна. Иймд кератиныг ямар салбарт ашиглах зорилгоос хамааран тохирох арга, оновчтой горимыг сонгон хэрэглэх нь чухал юм [16].

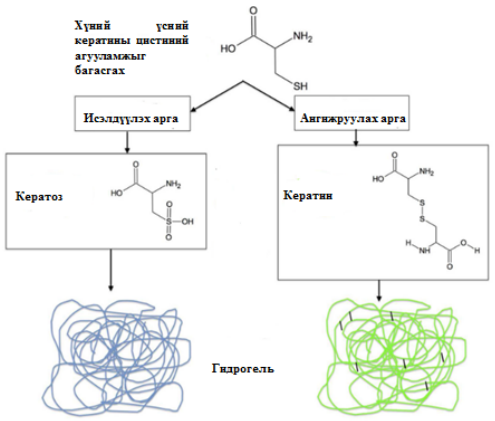
КЕРАТИН ЯЛГАХ АРГУУДЫН ХАРЬЦУУЛАЛТ

2-Р ХҮСНЭГТ

Кератин ялгах аргууд	**Кератин ялгах Температур хугацаа**	**Түүхий эд**	**Хэрэглэгдэх бодис**
Шүлтийн гидролиз	60–110 °C, 1–8 цаг	Ноос, өд, үс	NaOH, KOH
Хүчлийн гидролиз	100–120 °C, 12–24 цаг	Ноос, өд	HCl, H_2SO_4
Ионы уусмал (DES)	80–110 °C, 1–8 цаг	Ноос, өд	Choline chloride + lactic acid
Ионы шингэн (Ionic liquids)	80–120 °C, 1–6 цаг	Ноос, өд	[BMIM]Cl, [EMIM]Ac гэх мэт
Энзим	30–60 °C, 6–48 цаг	Ноос, өд, малын арьс	Кератиназа, протеаза

Хосолсон арга

Хосолсон арга нь кератин ялган авах явцад хоёр буюу түүнээс дээш аргыг хослуулан хэрэглэх технологи бөгөөд кератины гарц, уусалт болон бүтэц хадгалалтыг зэрэг сайжруулахад чиглэгддэг. Ангижруулагч бодисууд нь кератины дисульфид холбоог тасалж, уургийн макромолекулыг задлахад нөлөөлдөг бол карбамид /urea/ нь устөрөгчийн холбоог сулруулж уусах чадварыг нэмэгдүүлнэ. Харин додецил сульфат SDS нь гидрофоб харилцан үйлчлэлийг бууруулж, уургийг уусмалд тогтвортой байлгах үүргүүдийг гүйцэтгэдэг. Мөн сүүлийн үеийн судалгаанд энзим болон хэт авианы боловсруулалтыг хослуулсан арга нь кератины бүтцийг хадгалах, задралын процессыг хурдасгах давуу талтай болохыг тогтоосон байна. Хосолсон аргын гол давуу тал нь өндөр гарцтай, уусамтгай шинж чанартай кератин гарган авах боломжийг бүрдүүлдэг, процесс нь харьцангуй төвөгтэй, олон шат дамжлагатай юм [17].



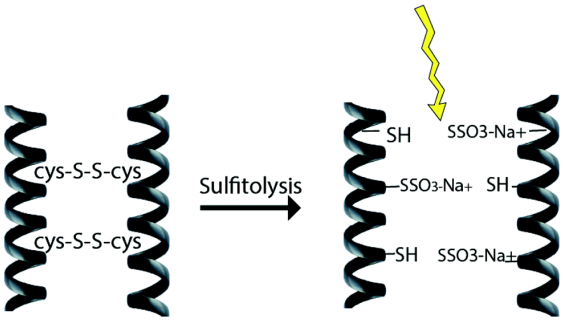
5-р зураг. Исэлдүүлэх ба ангижруулах аргаар хүний үсний кератинаас гидрогель хэлбэрийн кератин ялган авах зураглал

Сульфитолизийн арга

Сульфитолизийн арга нь кератины дисульфид холбоог сульфит ионоор тасалж, усанд уусдаг хэлбэрт шилжүүлэх химийн арга юм. Энэ аргын үед натрийн сульфит (Na_2SO_3) эсвэл натрийн бисульфит ($NaHSO_3$) ашиглан дисульфид холбоог задлаж, S-сульфонат нэгдлийг үүсгэдэг. Зураг 6-д харуулав.

Энэхүү урвалын үр дүнд кератины молекулуудын хоорондын холбоо суларч, уусах чадвар нэмэгдэн, харьцангуй бүтцийн эвдрэлгүй кератин ялган авах боломж бүрддэг. Сульфитолизийн аргын онцлог нь уургийн анхны бүтэц тодорхой хэмжээгээр хадгалагддаг тул биоматериалын хэрэглээнд илүү тохиромжтойд тооцогддог.

Процессын хувьд ноосонд анхан шатны боловсруулалт хийсний дараа сульфит уусмалд тодорхой температур, pH нөхцөлд боловсруулж дараа нь шүүх, цэвэршүүлэх, хатаах үе шатуудыг дамжуулан кератиныг гарган авдаг[18].

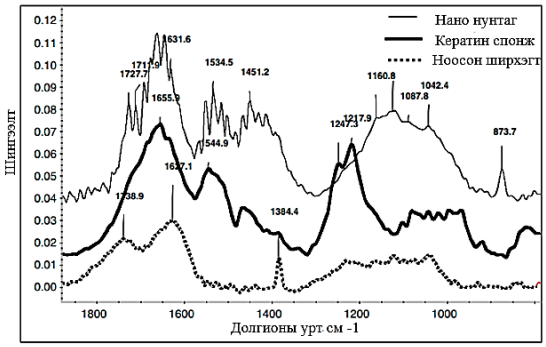


6-р зураг. Сульфитолизис аргаар ноосны хүхрийн холбоог таслаж буй зураглал

III. СУДАЛГААНЫ ҮР ДҮН

Кератины шинж чанарыг тодорхойлох

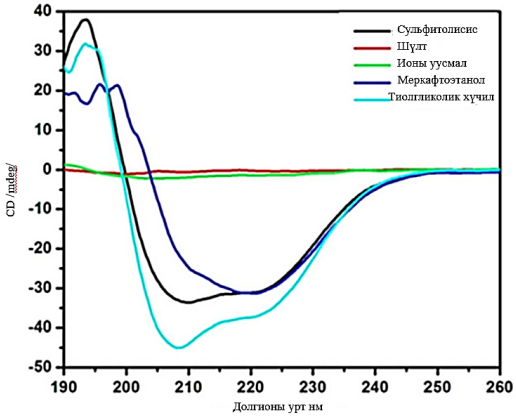
Кератины гарц, бүтцийн өөрчлөлт болон кератины шинж чанарыг үнэлэхэд олон төрлийн шинжилгээний аргуудыг цогцоор нь ашигладаг. Гарцыг жингийн аргаар тооцоолон, анхны түүхий эдтэй харьцуулан хувь (%)-иар илэрхийлдэг. Харин химийн бүтэц, функциональ бүлгүүдийн хадгалалтыг Fourier Transform Infrared (FTIR) спектроскопиор тодорхойлж, амидын бүлгүүдийн өөрчлөлтөөр уургийн бүтцийн эвдрэлийг үнэлдэг. Мөн UV-VIS спектрофотометрээр химийн бүрэлдэхүүний агууламжийг тодорхойлдог.



7-р зураг. Хонины ноосон ширхэгт, кератин (sponge) мөн электроспиннинг аргаар гарган авсан кератины нанопартиклын химийн элементүүдийн агууламжийг FTIR багажаар харьцуулан шинжилсэн үр дүн

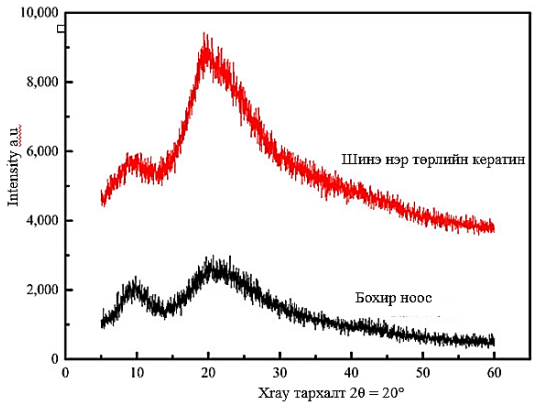
Хонины ноосны кератины бүтцэнд хийгддэг FTIR шинжилгээнд 1625–1665 $см^{-1}$, 1520–1545 $см^{-1}$ болон ойролцоогоор 1235 $см^{-1}$ дахь шингээлтийн утгууд нь тус тус амид I, амид II, амид III бүлгүүдийг илэрхийлдэг. Амид I нь C=O бүлэг, амид II болон амид III нь тус тус –NH бүлгийг илэрхийлж, шингээлтийн утгыг тодорхойлдог байна. Зураг 7-д харуулав.

Кератины хоёрдогч болон гуравдагч бүтцийн өөрчлөлтийг Circular Dichroism (CD) болон X-ray diffraction (XRD)-ийн аргуудаар судалж, химийн элементүүдийн агууламжийн өөрчлөлтийг тогтоодог. Молекул жингийн тархалтыг Sodium dodecyl sulfate polyacrylamide gel electrophoresis (SDS-PAGE) болон Gel Permeation Chromatography (GPC)-аар тодорхойлж, гидролизын зэрэг болон задралын түвшинг үнэлдэг [19].



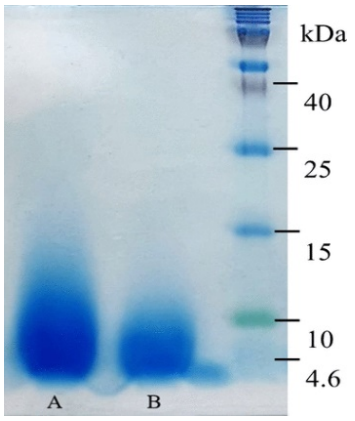
8-р зураг. Кератины уусгах аргаас хамааруулан гарцыг (CD) багажаар харьцуулсан шинжилсэн үр дүн

Дээрх (CD) багажаар үнэлсэн график үзүүлэлтээс харахад сульфитолизийн болон шүлтийн гидролизын аргаар ялган авсан кератины гарц их байна.



9-р зураг. Кератины уусгах аргаас хамааруулан гарцыг (XRD) багажаар харьцуулсан шинжилсэн үр дүн

Зураг 9-өөс харахад бохир ноосонд анхан шатны боловсруулалт хийн кератин ялгахад илүү талстлаг эмх цэгцтэй бүтэцтэй, оновчтой горимоор боловсруулалт хийгдсэн нь харагдаж байна.



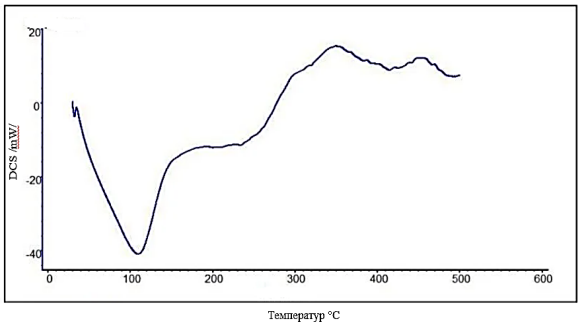
10-р зураг. Молекул жингийн тархалтыг багажаар харьцуулан шинжилсэн үр дүн

А-хонины ноосны кератин, В-шувууны өд (SDS-PAGE)

Зураг 10-д SDS-PAGE электрофорезын үр дүнг харуулсан бөгөөд А болон В дээжүүдийн уургийн молекул жингийн тархалтыг стандарт маркертай харьцуулан үнэлсэн. Баруун талд байрлах молекул жингийн маркер нь уургийн 40, 25, 15, 10 болон 4.6 kDa фракцуудыг илэрхийлж байна.

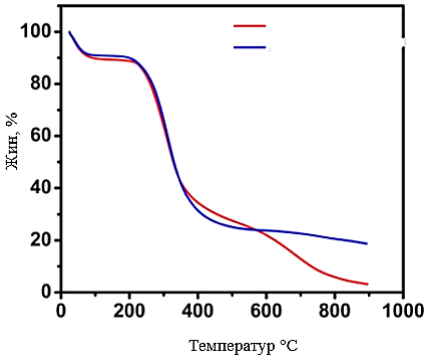
Хонины ноос, шувууны өднөөс ялгасан кератины дээжийн эрчим болон тархалтын ялгаа нь кератин гарган авах нөхцөлөөс хамааран молекул жингийн задралын зэрэг өөр байгааг илтгэнэ. Энэхүү үр дүн нь кератиныг амжилттай гидролизд орж, бага молекул жинтэй уурагт шилжсэнийг баталсан [20].

Мөн дулааны шинж чанарыг Differential Scanning Calorimetry (DSC) болон Thermogravimetric Analysis (TGA)-аар тодорхойлж, кератины тогтвортой байдал, задралын температурын өөрчлөлтийг судалдаг. Морфологи бүтцийн өөрчлөлтийг Scanning Electron Microscopy (SEM)-аар ажиглаж, гадаргуугийн бүтцийн эвдрэлийг үнэлнэ [21].



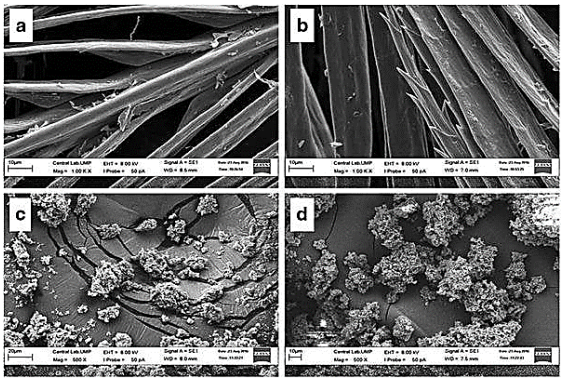
11-р зураг. Хонины ноосны уусах оновчтой температурыг (DSC) багажаар шинжилсэн үр дүн

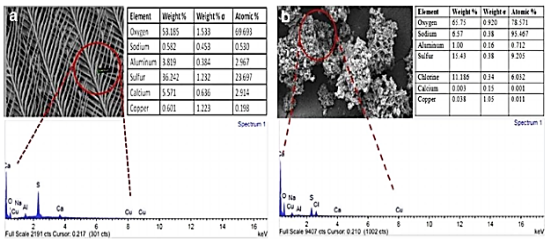
Шинжилгээний үр дүнгээс харахад хонины ноос бүрэн уусах температур 110°C байна. Зураг 11-д харуурав.



12-р зураг. Хонины ноос, шувууны өдийг жингийн алдагдлын хэмжээ болон хүхрийн холбооны задралын температураар (TGA) багажаар шинжилсэн үр дүн

Термогравиметрийн шинжилгээгээр шувууны өд болон ноосноос гарган авсан кератинд дулааны задралын хоёр үе шат ажиглагдсан. Ойролцоогоор 100°C-д эхэлсэн жингийн алдагдал нь усны ууршилттай холбоотой гэж үзсэн. Харин 240–400°C-ийн хооронд явагдсан жингийн алдагдал нь хонины ноосны дисульфид холбоо тасарч, бүтцээ өөрчлөх үетэй холбоотой гэж тодорхойлсон. [22].





13-р зураг. Хонины ноос, шувууны өдийг өндөр өсгөлтийн микроскофоор харьцуулан шинжилсэн үр дүн

Үүнээс гадна уусах чанар, механик шинж чанар, биологийн идэвхийг тодорхойлох туршилтуудыг хийснээр гарган авсан кератины хэрэглээний боломжийг тодорхойлдог. Иймд дээрх аргуудыг хослуулан хэрэглэснээр кератины гарц, бүтцийн хадгалалт болон функциональ шинж чанарыг иж бүрэн үнэлэх боломжтой юм.

Эдгээр үзүүлэлтүүд нь кератинд суурилсан биоматериалын чанарыг үнэлэх стандарт параметрүүд юм.

ДҮГНЭЛТ

Энэхүү судалгааны хүрээнд хонины ноосноос кератин ялгах аргууд, кератин суурьтай материалын шинж чанар, хэрэглээ мөн тэдгээрийн хөгжлийн чиг хандлагыг тоймлов.

Кератин ялгах аргуудын хувьд ангижруулах, сульфитолиз, шүлтлэг, исэлдүүлэх биологийн болон орчин үеийн ногоон технологийн аргуудыг өргөн хэрэглэгдэж байна. Кератин ялгах аргын сонголт нь гарц, молекул жин, бүтэц хадгалалт зэрэгт шууд нөлөөлдөг. Тухайлбал ион шингэний аргаар 90–95% хүртэл гарцтай кератин гарган авах боломжтой бол сульфитолизийн аргаар 80–89% гарцтай, харин ангижруулах аргын үед 50–60% гарцтай байдаг байна. Үүний зэрэгцээ шүлтлэг гидролизын аргаар бага молекул жинтэй кератин үүсэх хандлагатай байдаг бол сульфитолизийн болон энзимийн аргууд нь кератины анхны ба хоёрдогч бүтцийг илүү сайн хадгалдаг давуу талтай.

Кератины гарц нь ялгах аргаас гадна түүхий эдийн шинж чанараас ихээхэн хамаардаг. Хонины ноос 90–95% кератин агуулдаг түүхий эд боловч ширхэгтийн бүтэц, дисульфид холбооны нягтрал, анхан шатны боловсруулалтыг оновчтой горимоор хийгдэх эсэх нь гарцад нөлөөлдөг.

Ялгасан кератиныг олон төрлийн шинэ материал болгон боловсруулж байна. Үүнд: биополимер хальс, бүрхүүл, нано болон микро ширхэгт материал, гидрогель, бактерийн эсрэг үйлдэлтэй материал, сорбент буюу шингээгч материал. Эдгээрийг анагаах ухаан, текстиль, байгаль орчин, гоо сайхан, инженерчлэлийн салбарт өргөн хэрэглэгдэж байна.

Кератины чанарыг үнэлэхэд физик, химийн болон морфологийн бүтцийг тодорхойлох олон төрлийн шинжилгээний багаж ашигладаг.

Эдгээрийг хослуулан ашигласнаар кератины бүтцийн түвшний (анхдагч, хоёрдогч, гуравдагч) өөрчлөлтийг нарийвчлан тодорхойлох боломжтой бөгөөд ялангуяа Raman болон SAXS зэрэг нарийвчлалтай аргууд нь кератины дотоод бүтцийг судлахад үр дүнтэйд тооцогддог.

Орчин үеийн судалгааны чиг хандлага нь эрчим хүчний зарцуулалтыг бууруулах, кератины бүтцийг хадгалах, байгаль орчинд үзүүлэх сөрөг нөлөөг багасгахад чиглэж байна.

Иймд Монгол хонины ноосны нөөцийг зөв зохистой ашиглаж, кератиныг ялгаж, түүнд суурилсан биоматериал гарган авах нь шинжлэх ухаан болон үйлдвэрлэлд ач холбогдолтой гэж үзэж байна.

АШИГЛАСАН МАТЕРИАЛ, НОМ ЗҮЙ

[1] Catalin Popescu, Hiranya Dissanayake, Egla Mansi, Adrian Stancu, “Eco Breakthroughs: Sustainable Materials Transforming the Future of Our Planet,” in Sustainability 16, 2024.

[2] Great Iruoghene Edo, Winifred Ndudi, AliB.M. Ali, , Agatha Ngukuran Jikah, Endurance Fegor Isoje, Ufuoma Augustina Igbuku, Alice Njolke Mafe, Rapheal Ajiri Opiti, Chioma Judith Madueke, Arthur Efeoghene Athan Essaghah, Huzaifa Umar, “Biopolymers: An inclusive review,” in Hybrid Advances, vol. 9, 2025.

[3] Monpellets LLC “Landmark day for Mongolian wool industry in partnership with new Zealand”, 2025.

[4] Guangsheng Cao, Min Zhi Rong, Ming Qiu Zhang, “Continuous High-Content Keratin Fibers with Balanced Properties Derived from Wool Waste,” in ACS Sustainable Chemistry & Engineering, vol.8, 2020.

[5] Р.Мядагмаа “Нэхмэлийн гүйцэтгэн боловсруулах технологи” Улаанбаатар, 2014.

[6] Lidija Fras Zemlji, Lidija Tuˇsek, Anja Meˇsl, Olivija Plohl, Maja ˇColnikc and Mojca ˇSkerget, “Feathered innovation: transforming recycled keratin into bioactive micro/nanoparticles for bioactive keratin-based delivery platform,” in RSC Adv, 2026.

[7] Sandleen Feroz, Nawshad Muhammad, Jithendra Ranayake, George Dias, “Keratin - Based materials for biomedical applications,” in Bioactive Materials, vol. 5, 2020.

[8] Sixiang Wang, Siyu Meng, Yujin Han, Aihui Zhou, Bomou Ma Jiugang Yuan, “Bio-inspired all-wool keratin composites: A self-reinforcing strategy toward sustainable high-performance materials,” in International Journal of Biological Macromolecules, vol. 336, 2026.

[9] Luana Ferreira Hohemberger, Adriana Gindri Salbego, Flávia Aparecida Reitz Cardoso, Luis Enrique Gomez Armas, “Wool-based biosorbents as separation media: Process performance, fixed-bed operation, and regeneration,” in Separation and Purification Technology, vol. 393, 2026.

[10] Catarina Fernandes, Bruno Medronho, Luís Alves, Maria Graça Rasteiro, “On Hair Care Physicochemistry: From Structure and Degradation to Novel Biobased Conditioning Agents,” in Polymers 2023.

[11] Amin Shavandi, Alaa El-Din, Bekhit, Alan Carne, Adnan Bekhit, “Evaluation of keratin extraction from wool by chemical methods for bio-polymer application,” in Bioactive and Compatible Polymers, vol. 32, 2016.

[12] Agara Sommer, Antoni Taraszkiewicz, Hanna Staroszczyk, “The Role of Feather Pre-Treatment and Alkaline Hydrolysis Conditions in Enhancing the Antioxidant Activity of Keratin,” in Preprint.org10, 2024.

[13] Amin Shavandi, Alaa El-Din, Bekhit, Alan Carne, Adnan Bekhit, “Evaluation of keratin extraction from wool by chemical methods for bio-polymer application,” in Bioactive and Compatible Polymers, vol. 32, 2016.

[14] Su, Chang, Gong, Jin-Song, Qin, Jiufu, Li, Heng, Li, Hui, Xu, Zhenghong, Shi, Jin-Song, “The tale of a versatile enzyme:

Molecular insights into keratinase for its industrial dissemination," in Biotechnology Advances, vol.45, 2020.

[15] Ghosh, Arun, Clerens, Stefan, Deb-Choudhury, Santanu Dyer, Jolon, "Thermal effects of ionic liquid dissolution on the structures and properties of regenerated wool keratin," in Polymer Degradation and Stability, vol.108, 2014.

[16] Yanhua Zhang, Shizhuo Wang, Zhiqiang Fang, Hao Li, Jing Fang, "Molecular design and experimental study of deep eutectic solvent extraction of keratin derived from feathers," in Biological Macromolecules, vol. 241, 2023.

[17] Ziyuan Wang, Nan Xiao, Shanguang Guo, Xuwei Liu, Chunhong Liu, Minmin Ai, **"**Unlocking the Potential of Keratin: A Comprehensive Exploration from Extraction and Structural Properties to Cross-Disciplinary Applications," in ACS, vol. 73, 2024.

[18] Simona Perta-Crisan, Claudiu Stefan Ursachi, Simona Gavrilas, Florin Oancea, Florentina-Daniela Munteanu, "Closing the Loop with Keratin-Rich Fibrous Materials," in Polymers, vol. 13, 2021.

[19] Diego Romano Perinelli, Alessandra Cambriani, Marco Cespi, Alessia Tombesi, Linda Pecchielan, Beatrice Sabbatini, Giulia Bonacucina, Giovanni Filippo Palmieri, "Exploring the Functional Properties of Hydrolyzed Keratin: Filling the Knowledge Gap on Surface Active, Emulsifying, and Thickening properties," in ACS omega, vol. 10, 2025.

[20] Aleksandra Verdnik, Maja Čolnik, Željko Knez, Mojca Škerget, "Isolation of Keratin from Waste Wool Using Hydrothermal Processes," in Acta Chimica Slovenica, vol. 68, 2021.

[21] Oseweuba Valentine Okoroa, Hafez Jafaria, Parinaz Hobbia, Lei Nie, Houman Alimoradic, Amin Shavand, "Enhanced keratin extraction from wool waste using a deep eutectic solvent," in Chemical Papers, vol. 76, 2022.

[22] Swati Sharma, Arun Gupta, Ashok Kumar, Chua Gek Kee, Hesam Kamyab, Syed Mohd Saufi, "An efficient conversion of waste feather keratin into ecofriendly bioplastic film," in Clean Technologies and Environmental Policy, vol. 20, 2018.

МИКРО-ЛИОН РОБОТ СУРГАЛТЫН ТӨХӨӨРӨМЖ АШИГЛАН МАШИН СУРГАЛТЫГ ЗААХ АРГА ЗҮЙН СУДАЛГАА

Цэвээнжав ХҮРЭЛБААТАР[1], Ганчимэг УУГАНЧИМЭГ[2]

[1]Монгол Улс, Улаанбаатар, ШУТИС, Мэдээлэл, холбооны технологийн сургууль, Электроникийн тэнхим

Холбоо барих зохиогчийн и-мэйл хаяг: uuganchimeg.g@must.edu.mn[2]

Хураангуй: **Энэхүү судалгаа нь VI–IX ангийн сурагчдад машин сургалтын суурь ойлголтыг програмчлалын гүн мэдлэг шаардахгүйгээр робот ашиглан заах арга зүйг боловсруулсан. Python болон Scratch-д суурилсан "Микро-Лион" робот төхөөрөмжийг хөгжүүлж, KNN, шугаман регресс, Q-learning зэрэг алгоритмуудыг интерактив байдлаар ойлгуулах орчныг бүрдүүлсэн. Суралцагчид өгөгдөл цуглуулах, загвар сургах, робот удирдах чадвар эзэмшсэн. Туршилтын үр дүнгээр сурагчдын ойлголт, сонирхол мэдэгдэхүйц нэмэгдэж, хиймэл оюуны талаарх эерэг хандлага бүрэлдсэн нь хэрэглэгдэхүүнд суурилсан сургалтын үр нөлөөг баталсан.**

Түлхүүр үг: KNN, шугаман регресс, Q-learning, Микро-Лион, Интерактив сургалт

I. Удиртгал

Хиймэл оюун ухааны боловсрол нь бага, дунд, ахлах ангийн сурагчдад хиймэл оюуны системийг ойлгох, ашиглах, цаашлаад хөгжүүлэх чадвар эзэмшүүлэхэд чухал ач холбогдолтой болж байна. Энэ хэрэгцээ нь үр дүнтэй сургалтын арга зүйг судлах олон ажлыг бий болгож, дэлхийн улс орнууд K-12 боловсролд зориулсан AI сургалтын хөтөлбөрүүдийг хөгжүүлэхэд хүргэсэн [1].

Гэсэн хэдий ч одоогийн судалгааны ихэнх нь хиймэл оюуны ёс зүй болон хэрэглээнд төвлөрч байгаа бөгөөд алгоритмын дотоод ажиллагаа нь төвөгтэй байдлаас шалтгаалан сурагчдад ойлгомжгүй хэвээр байна. Ийм техникийн ойлголтуудыг ихэвчлэн их сургуулийн түвшинд заадаг бөгөөд K-12 боловсролд AI системийг "хар хайрцаг" байдлаар ойлгуулах хандлага түгээмэл байдаг. Харин судалгаагаар машин сургалтын загварын дотоод механизмыг ил тод, ойлгомжтой байдлаар харуулах нь суралцагчдын ойлголтыг мэдэгдэхүйц сайжруулдаг болохыг тогтоосон [2].

Нөгөө талаас, сургалтын орчин буюу платформд өргөн хэрэглэгддэг блок программчлал нь програмчлалын босгыг бууруулдаг боловч зарим тохиолдолд сурагчдын анхаарлыг үндсэн ойлголтоос хөндийрүүлж, хэрэгжүүлэлтийн нарийн төвөгтэй байдалд төвлөрүүлэх сул талтай байдаг [3].

Эдгээр асуудлыг шийдвэрлэхийн тулд судлаачид хиймэл оюуны ойлголтыг илүү хүртээмжтэй болгох зорилгоор визуал дүрслэл болон бодит биет төхөөрөмжид суурилсан сургалтын аргуудыг өргөнөөр судалж байна. Тухайлбал, машин сургалтын алгоритмуудыг дүрслэх интерактив платформ нь сурагчдын ойлголтыг сайжруулахад үр дүнтэй болох нь тогтоогдсон бөгөөд робот платформ ашигласан сургалт нь бодит туршилтад суурилсан суралцах боломжийг бүрдүүлдэг [4].

Гэсэн хэдий ч одоогийн ихэнх шийдлүүд нь зөвхөн нэг алгоритмд төвлөрөх эсвэл тусгай, өргөн хүртээмжгүй тоног төхөөрөмж шаарддаг сул талтай хэвээр байна. Иймээс илүү уян хатан, олон алгоритмыг хамарсан, сургалтын орчинд хялбар хэрэгжих шийдэл шаардлагатай байна [5].

Энэхүү сул талыг арилгахын тулд бид "Ерөнхий боловсролын сургуулийн сурагчдад робот хэрэглэгдэхүүн ашиглан машин сургалтын аргыг заах" аргачлалыг боловсруулсан. Энэ нь сургуулиудад өргөн хэрэглэгддэг, нэмэлт худалдан авалт шаарддаггүй "Микро Лион" роботтой хослуулан өгөгдөл болон алгоритмын интерактив дүрслэлийг ашиглаж, VI – IX ангийн сурагчдад KNN, шугаман регресс, Q-learning зэрэг алгоритмуудыг заах зорилготой. Энэхүү платформыг ашиглан бид хүүхдүүдийн дунд 14 цагийн сургалт зохион байгуулж, арга зүйн үр нөлөөг үнэлсэн.

Судалгааны ажлын агуулга:

Микро Лион робот сургалтын төхөөрөмжийн схем шийдлийг боловсруулж, загварыг зохион бүтээж, програмын хөгжүүлэлт хийх [6]. Python хэлд суурилсан нээлттэй сан бүхий програмын хөгжүүлэлтээр "Микро Лион" роботын туршилтыг видео болон интерактив дүрслэлтэй хослуулан, программчлал шаардахгүйгээр машин сургалтын үндсэн алгоритмуудыг заах. Үндсэн гурван дадлага ажлаас бүрдсэн бөгөөд Машин сургалтын KNN, шугаман регресс, Q-learning аргуудыг робот сургалтын хэрэглэгдэхүүн ашиглан бодит туршилт хийх, шаталсан сургалтын бүтэц, бодит хугацааны агшин дахь өгөгдөл дээр үндэслэсэн график дүрслэлээр илэрхийлэн заах. Сурагчдын машин сургалтын ойлголт сайжирсан, AI-д хандах хандлага эерэг болсон, платформ нь хүртээмж сайтай, харагдах байдлын хувьд сонирхол татахуйц байсан, мөн цаашид суралцах идэвх нэмэгдсэн болохыг харуулсан.

II. Төсөөтэй судалгаа

Хүүхдүүдэд хиймэл оюун ухааныг эртнээс таниулах нь орчин үеийн нийгмийг ойлгоход чухал ач холбогдолтой бөгөөд хиймэл оюуны суурь мэдлэг нь бичиг үсгийн чадвартай адил зайлшгүй хэрэгцээтэй болж байна [7]. Үүний үр дүнд K-12

түвшний суралцагчдад зориулсан хиймэл оюуны боловсролын суурь ойлголт, аргачлал бүхий загварууд боловсруулагдсан бөгөөд эдгээр нь сурагчдад ойлгомжтой байдлаар хиймэл оюуны үндсэн ухагдахуунуудыг тайлбарлахад чиглэдэг [8].

Эдгээр суурь ойлголтууд дээр тулгуурлан төрөл бүрийн сургалтын хөтөлбөрүүд хөгжсөн бөгөөд сурагчдад хиймэл оюуны чадвар эзэмшүүлэхэд чиглэсэн практик аргачлалуудыг санал болгосон байна. Жишээлбэл, ахлах ангийн сурагчдад зориулсан нэгэн судалгаанд сурагчдаар аппликэйшн хөгжүүлэлт хийлгэх замаар хиймэл оюуны ойлголтыг эзэмшүүлсэн боловч машин сургалт болон ёс зүйн ойлголтууд хамгийн хүндрэлтэй байгааг тогтоосон [9].

Машин сургалтын ойлголтуудын төвөгтэй байдал нь сурагчдын ойлголтыг шат дараатайгаар хөгжүүлэх шаардлагатайг харуулдаг [10]. Иймээс судлаачид визуал болон туршилтад суурилсан сургалтын хэрэгслүүдийг өргөнөөр ашиглаж байна. Эдгээр нь кластерчлал, k-means, KNN, gradient descent, reinforcement learning зэрэг алгоритмуудыг ойлгомжтой байдлаар тайлбарлахад чиглэдэг [11].

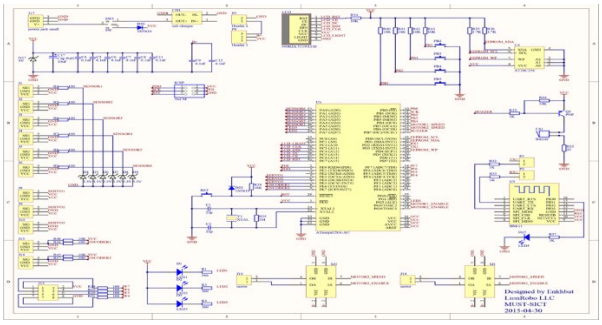
Тухайлбал, өгөгдлийг дүрслэхэд суурилсан веб платформ нь олон хэмжээст өгөгдлийг хүний нүүрний шинж чанарт хөрвүүлэх замаар сурагчдад k-means алгоритмыг ойлгуулахад ашиглагдаж байна [12]. Мөн конструктивизмын онолд тулгуурласан судалгаануудад сурагчид бодит мэдрэгч ашиглан өгөгдөл цуглуулж, хөдөлгөөн таних, зураг ангилах зэрэг даалгавраар дамжуулан машин сургалтыг суралцдаг [13].

Үүнээс гадна, интерактив биет төхөөрөмж болон робот платформуудыг ашигласан сургалтын орчин өргөн хөгжиж байна. Жишээлбэл, LEGO SPIKE Prime робот дээр суурилсан сургалтын платформ нь reinforcement learning ойлголтыг тоглоомын хэлбэрээр зааж, Q-table болон төлөв–үйлдлийн хосуудыг бодит хугацаанд дүрслэн харуулах боломжийг олгодог [8]. Мөн боловсролын робот ашигласан орчин үеийн платформууд нь нейрон сүлжээ, KNN, Q-learning зэрэг алгоритмуудын ажиллагааг визуал байдлаар харуулж, суралцах үйл явцыг хялбарчилж байна [9].

Ийм судалгаанууд дээр үндэслэн энэхүү ажил нь сурагч өөрөө өгөгдөл цуглуулах, интерактив дүрслэл ашиглах, бодит роботтой ажиллах зэрэг аргачлалуудыг нэгтгэн, программчлал шаардахгүй сургалтын орчинг бүрдүүлэхийг зорьсон. Тодруулбал, “Микро Лион” робот дээр суурилсан нээлттэй сургалтын орчин нь машин сургалтын үндсэн ойлголтуудыг залуу суралцагчдад илүү ойлгомжтой, хүртээмжтэй байдлаар хүргэх боломжийг бүрдүүлж байна [10].

III. Сургалтын төхөөрөмж

Энэхүү судалгаанд ашигласан сургалтын төхөөрөмж нь суралцагчдад машин сургалтын үндсэн ойлголтуудыг ойлгомжтой, хүртээмжтэй байдлаар эзэмшүүлэхэд чиглэсэн боловсролын робот платформ юм.



1-р зураг. Сургалтын төхөөрөмжийн техник хангамжийн схем шийдэл

Тус төхөөрөмж нь мэдрэгч, гүйцэтгэгч элементүүд болон удирдлагын микроконтроллероос бүрдэж, бодит орчноос өгөгдөл цуглуулах, боловсруулах, хариу үйлдэл үзүүлэх боломжийг бүрдүүлдэг. Суралцагчид уг төхөөрөмжийг ашиглан өгөгдөл цуглуулах, ангилах, загварын үр дүнг ажиглах зэргээр машин сургалтын үйл явцыг туршилтад суурилан ойлгох боломжтой. Мөн программчлалын төвөгтэй орчныг шаардалгүйгээр интерактив байдлаар ажиллах боломжийг олгосноор суралцах үйл явцыг хялбаршуулж, сонирхлыг нэмэгдүүлдэг. Түүнчлэн төхөөрөмжийн үйл ажиллагааг визуал хэлбэрээр ажиглах боломж нь алгоритмын дотоод процессыг илүү ойлгомжтой болгоход дэмжлэг үзүүлдэг. Ийнхүү уг сургалтын төхөөрөмж нь онол ба практикийг уялдуулсан, суралцагч төвтэй сургалтын орчинг бүрдүүлж байна.

А. Сургалтын платформын хэрэглээ болон загвар

Бид Python хэлд суурилсан нээлттэй сан бүхий програмын хөгжүүлэлтээр ерөнхий боловсролын сургуулийн сурагчдад робот хэрэглэгдэхүүн ашиглан машин сургалтын аргыг заах сургалтын орчинг бүрдүүлсэн.

2-р зураг. Сургалтын орчин нөхцөлд тохируулан гаргасан хэрэглэгдэх материал

Энэ нь “Микро Лион” робот иж бүрдлийг ашиглан машин сургалтын туршилтыг бодитоор хийх боломжийг олгодог.

Тус сургалтын орчин нь:

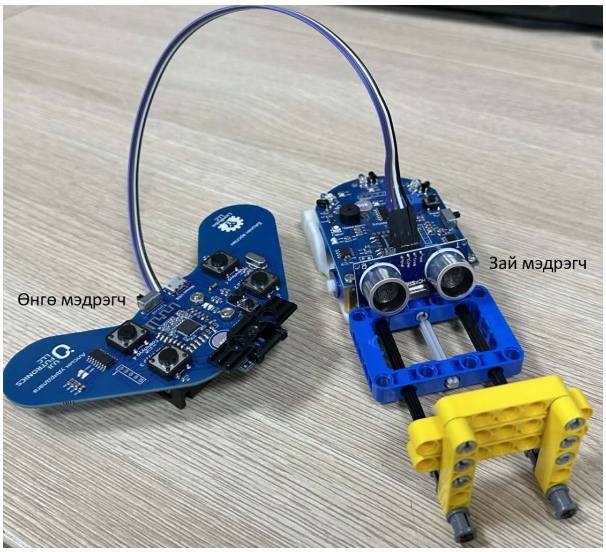
- гэртээ бие даан ашиглах
- анги танхимд багшийн удирдлага дор суралцах

аль алинд нь тохиромжтойгоор бүтээгдсэн болно.

В.. Жимс ангилагч

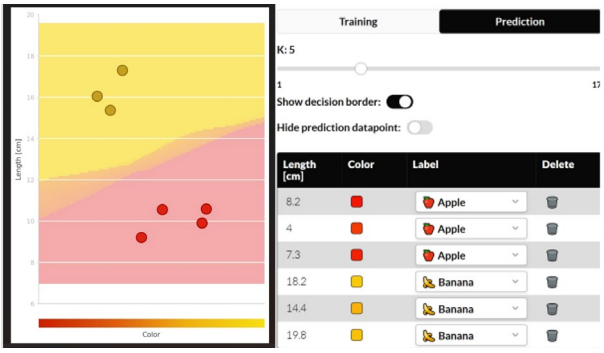
Сургалтын төхөөрөмжийн загвар Жимс ангилагч сургалтын төхөөрөмжийг 3-р зурагт дүрслэн харуулаа. Энэ нь тухайн дүрсийг таниж ангилахдаа өнгө болон урт гэсэн үндсэн 2 онцлогт

тулгуурлан ангилдаг. Өнгийг RGB өнгөний загварын ногоон сувгийн эрчимийг ашиглан 0 (улаан)-аас 255 (шар) хүртэлх утгыг ашиглан тоон үзүүлэлтээр илэрхийлдэг бол уртыг ултрасоник мэдрүүр ашиглан хэмждэг. 2 мэдрүүр маань тус тусын хавтан дээр байрлах бөгөөд хоорондоо I2C протокол болон нэмэлт утасан холбоосоор өгөгдлөө дамжуулна.



3-р зураг. Өнгө мэдрэгч болон зай мэдрэгч дээр суурилсан жимсний ангилагч сургалтын төхөөрөмж

Вэб интерфейс Вэб интерфэйс нь 4-р зурагт цуглуулсан өгөгдлийг 2 хэмжээст график дээр х тэнхлэг дээр өнгө, у тэнхлэг дээр уртыг дүрслэн харуулдаг.

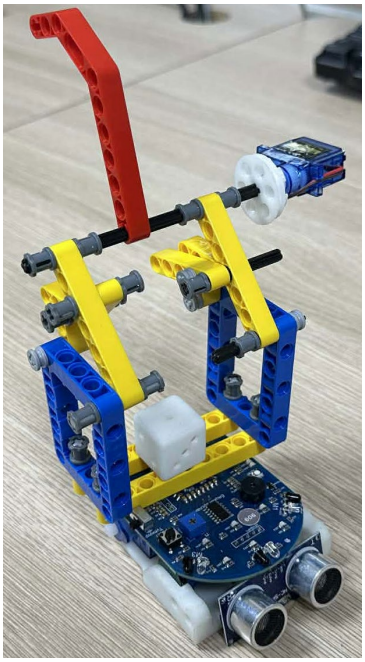


4-р зураг. Өнгө мэдрэгч болон зай мэдрэгч дээр суурилсан жимсний ангилагч сургалтын төхөөрөмж

Интерфэйс нь сургалт ба шийдвэр гаргах гэсэн хоёр горимд ажилладаг. Сургалтын горимд хэрэглэгчид жимсний ангиллыг сонгож, өнгө, уртын хэмжилтийг тэмдэглэдэг. Шийдвэр гаргах горимд үл мэдэгдэх жимсийг ангилж, хамгийн ойролцоо хэлбэр дүрстэй жимсийгхарууллдаг. Хэрэглэгчид мөн шинжилгээнд авч үзсэн хамгийн ойролцоо хэлбэр дүрстэй жимсний тоог, KNN дахь K-г тохируулж, шийдвэрийн хил хязгаарыг асаах боломжтой. Өгөгдлийн хүснэгт нь цуглуулсан бүх өгөгдлийн хураангуйлсан мэдээллийг өгдөг бөгөөд энэ нь хэрэглэгчдэд шошгыг засах эсвэл өгөгдлийн устгах боломжийг олгодог.

B. Шидэгч

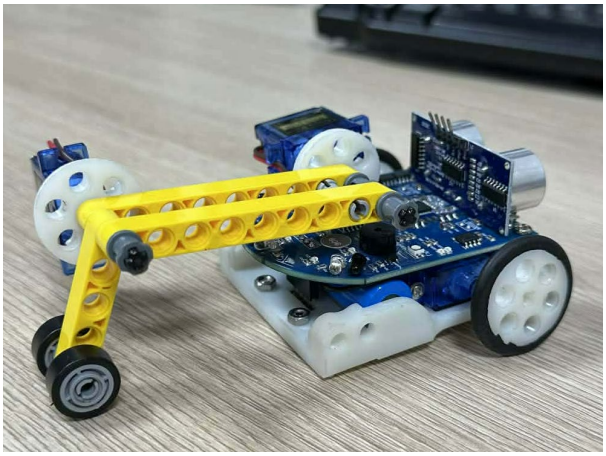
Төхөөрөмжийн загвар. Бөмбөг урд нь байрлуулсан байг онохын тулд шидэгч ширээний теннисний бөмбөгийг шиддэг. Үүний үндсэн харагдах байдлыг 5-р зурагт харуулав. Хөдөлгүүрийн хурдыг өөрчилснөөр нислэгийн зайг хянаж болох бөгөөд хөдөлгүүрийн хурд ба зайны хоорондох шугаман зураглал нь энэ хамаарлын ойролцоо утгыг өгдөг.



5-р зураг. Шидэгч сургалтын төхөөрөмжийн загвар болон бүрэлдэхүүн хэсгүүд

C. Мөлхөгч

Төхөөрөмжийн загвар. 6-р зурагт үзүүлсэн мөлхөгч нь Q-сургалтын тусламжтайгаар урагшлах хөдөлгөөнийг зөвшөөрдөг хоёр мөчөөс бүрдсэн гартай дугуйтай тавцан юм.



6-р зураг. Сургалтын төхөөрөмжийн техник хангамжийн схематик шийдэл

Гар нь дөрвөн тусдаа байрлалд хязгаарлагдсан бөгөөд эдгээр байрлалуудын хоорондох шилжилтүүдтэй тохирох үйлдлүүдтэй. Зай мэдрэгч

нь мөлхөгчний байрлалыг ойролцоох төхөөрөмжтэй харьцуулан хэмжиж, үйлдэл бүрийн үр дүнд туулсан зайг тооцоолох боломжийг олгодог бөгөөд энэ нь машин сургалтын аргад шагнал хэлбэрээр ашиглагддаг.

IV. Сургалтын үр дүн

Уг заах арга зүйн сургалтыг туршилтаар Улаанбаатар хот болон Увс, Ховд зэрэг 7 аймаг, 30 гаруй дүүрэг болон сумуудад явуулсан.

7-р зураг. Интерактив сургалт явуулсан орчин болон үйл ажиллагаа

Сургалтын үйл ажиллагааг явуулахад сургалтын төхөөрөмжийг урьдчилан бэлтгэж, тараах шаардлагатай байсан. Хөдөө орон нутаг хот суурин газрыг бодвол нэг хүүхдэд оноогдох Микро-Лион китны тоо цөөн байсан тул нэг ангид хамгийн ихдээ 12-16 хүүхэд хамруулан сургалт явуулсан.

Сургалтын үр дүнг бодитоор үнэлэхийн тулд эхлээхээс өмнө суурь мэдлэгийг шалгах үүднээс санал асуулга авсан. Мөн манай сургалтад хамрагдсанаар машин сургалтын талаарх мэдлэг нь хэр нэмэгдсэнийг бататгахын тулд яг ижил санал асуулгаа өмнө болон дараа гэж 2 удаа авсан. Санал асуулгын асуулт бүрийг 0-5 хооронд үнэлэх бөгөөд оноо бүрийн тайлбарыг 1-р хүснэгтэд харууллаа.

Санал асуулгын үнэлгээний тайлбар

1-р хүснэгт

Үнэлгээ	Тайлбар
1	Энэ талаар өмнө нь сонсож байгаагүй/ ерөөсөө мэдэхгүй
2	Зөвхөн сонсож л байсан
3	Ер нь мэднэ, гэхдээ ойлголт муу
4	Бага зэрэг мэднэ
5	Хүнд тайлбарлаж чадахаар хэмжээнд сайн ойлгосон

Өөрийн олж авсан мэдлэгээ өмнөх хүснэгтэд байсан 5 оноогоор үнэлсэн. Оролцсон хүний тоо болон үнэлгээний арифметик дунджийг 2-р хүснэгтэд харуулав.

Өөрийн мэдлэгээ дүгнэх

2-р хүснэгт

	Асуулга	Тоо	Өмнө	Тоо	Дараа
L 1	Машин сургалтын талаарх ойлголт	300	3.14	300	3.86
L 2	Сургалтад ашиглагдсан 3 машин сургалтын талаарх ойлголт болон ялгаа	300	1.79	300	3.21
L 3	Уг машин сургалтууд хаана, хэрхэн ашиглагдаж болох вэ	300	1.64	300	3.07
L 4	Машин сургалтад өгөгдөл хэр чухал вэ	300	2.46	300	3.54
L 5	KNN машин сургалтын талаарх ойлголт	300	1.25	300	3.23
L 6	Шугаман регрессийн арга	300	1.23	300	2.92
L 7	Reinforcement сургалт талаарх ойлголт	300	1.85	300	3.14
L 8	Өгөгдөлд суурилан шийдвэр гаргах талаарх ойлголт	300	2.08	300	3.23

Мөн эдгээр асуулгын дараагаар бидний заах арга зүй, сургалтын агуулга болон суралцагчдад хэр ойлгомжтой байсан талаар өгсөн үнэлгээ 3-р хүснэгтэд дүрслэв.

Сургалт болон заах арга зүйг үнэлсэн үнэлгээ

3-р хүснэгт

	Асуулга	Тоо	Үр дүн
D1	Тухайн сургалтаар заагдсан математикийг ойлгоход хялбар байсан	300	4.08
D2	Өгөгдлийг харж ойлгоход хялбар, ойлгомжтой байсан	300	4.08
D3	Өгөгдлийг веб платформ хэлбэрээр бэлтгэн тайлбарласан нь сонирхолтой байсан	300	4.38
D4	Веб платформ нь ашиглахад хялбар байсан	300	4.00
D5	Үзүүлэн хичээл болон авсан жишээнүүд нь ойлгоход хялбар байсан	300	4.54
D6	Би энэ сургалтыг бусад хүмүүст санал болгоно.	300	4.15
D7	Сургалтын төхөөрөмжийг ашиглан машин сургалтыг хөгжүүлэх нь хөгжилтэй, хялбар байсан.	300	4.54

Өөрийн олж авсан мэдлэгээ үнэлсний дараагаар бидний заах арга зүй, сургалтын агуулга болон суралцагчдад хэр ойлгомжтой байсан талаар өгсөн үнэлгээ 3-р хүснэгтэд дүрслэв.

Бидний ирээдүй болсон хүүхэд залуучууд маань ганц сургалтад суугаад орхих биш, сурах хүсэл эрмэлзлийг төрүүлж ирээдүйн мундаг инженерүүдийг бэлтгэх нь бидний гол зорилго юм. Үүний тулд ирээдүйг чиглэсэн санал асуулгыг тусгаж өгсөн бөгөөд үнэлгээг 4-р хүснэгтэд тусгах нь:

Хүртээмжтэй байдал болон чиг хандлага

4-Р ХҮСНЭГТ

	Асуулга	Тоо	Үр дүн
E1	Энэ сургалт дууссан ч машин сургалтын талаар илүү гүнзгийрүүлэн судлах болно.	300	3.92
E2	Энэ сургалтаар олж авсан мэдлэг, чадвар маань миний ирээдүйд хэрэг болно.	300	3.69

Энэхүү судалгаанд 300 суралцагч хамруулан роботод суурилсан интерактив сургалтын арга зүйн үр нөлөөг үнэлэхэд машин сургалтын ойлголт бүх үзүүлэлтээр мэдэгдэхүйц сайжирсан (жиш., L2: 1.79→3.21, L5: 1.25→3.23, L3: 1.64→3.07). Сургалтын орчин, хэрэглэгдэхүүний үнэлгээ өндөр (D5=4.54, D7=4.54, D3=4.38) байсан нь суралцах үйл явцад эерэг нөлөө үзүүлснийг харуулж байна. Мөн суралцагчдын цаашид суралцах сонирхол (E1=3.92) болон мэдлэгийн хэрэгцээний ойлголт (E2=3.69) харьцангуй өндөр үзүүлэлттэй гарсан. Иймд "Микро-Лион" роботод суурилсан сургалтын арга зүй нь суралцагчдын машин сургалтын ойлголтыг дунджаар 1.0–2.0 нэгжээр нэмэгдүүлж, сонирхол болон идэвхийг дээшлүүлэх үр дүнтэй болохыг баталж байна.

ДҮГНЭЛТ

Энэхүү судалгааны ажлын хүрээнд роботод суурилсан сургалтын арга зүйг ашиглан машин сургалтын үндсэн ойлголтыг суралцагчдад үр дүнтэйгээр эзэмшүүлэх боломжтойг баталлаа. "Микро-Лион" робот платформыг Python болон Scratch орчинтой уялдуулснаар суралцагчид онолын мэдлэгийг бодит туршилт, хэрэглээтэй холбон ойлгох, өгөгдөлд суурилсан сэтгэлгээг хөгжүүлэх нөхцөл бүрдсэн.

Судалгааны хүрээнд жимс ангилагч, теннисний бөмбөг шидэгч, мөлхөгч робот зэрэг гурван төрлийн сургалтын системийг хөгжүүлсэн нь машин сургалтын өөр өөр аргуудыг бодит хэрэглээнд харуулсан чухал үр дүн байв. Тухайлбал, жимс ангилагч робот нь ангиллын асуудлыг (KNN), теннисний шидэгч робот нь таамаглал ба оновчлолын асуудлыг (шугаман регресс, Q-learning), мөлхөгч робот нь орчинд дасан зохицох сургалтыг (Q-learning) тус тус илэрхийлсэн нь суралцагчдад алгоритмуудын ялгаа, хэрэглээг илүү ойлгомжтойгоор эзэмшүүлэх боломжийг олгосон. Энэ нь зөвхөн онолын мэдлэг олгохоос гадна туршилт хийх, асуудал шийдвэрлэх, үр дүнг шинжлэх чадварыг хөгжүүлэхэд чухал нөлөө үзүүлсэн.

Туршилтын үр дүнгээс харахад суралцагчдын машин сургалтын талаарх ойлголт мэдэгдэхүйц сайжирч, хиймэл оюун ухаанд хандах хандлага эерэг болсон байна. Мөн роботод суурилсан интерактив сургалтын орчин нь суралцах идэвх, сонирхлыг нэмэгдүүлж, багаар ажиллах болон бүтээлч сэтгэлгээг хөгжүүлэхэд үр дүнтэй болохыг харууллаа.

Цаашид энэхүү платформыг өргөжүүлэн хөгжүүлж, сургалтын агуулгыг баяжуулах, олон сургуульд нэвтрүүлэх, багш нарт зориулсан арга зүйн сургалтыг зохион байгуулах шаардлагатай. Иймт төрлийн хэрэглэгдэхүүнд суурилсан сургалт нь технологийн боловсролын чанарыг дээшлүүлэх, инженер сэтгэлгээтэй ирээдүйн боловсон хүчнийг бэлтгэхэд чухал хувь нэмэр оруулах боломжтой юм.

АШИГЛАСАН МАТЕРИАЛ, НОМ ЗҮЙ

[1] J. Touretzky, D. Gardner-McCune, F. Martin, and D. Seehorn, "Envisioning AI for K–12: What Should Every Child Know about AI?," in *Proc. AAAI Conf. Artificial Intelligence*, 2019, pp. 9795–9799.

[2] M. Kandlhofer, G. Steinbauer, and P. Hirschmugl-Gaisch, "Artificial Intelligence and Computer Science in Education: From Kindergarten to University," *KI - Künstliche Intelligenz*, vol. 34, no. 2, pp. 123–130, 2020.

[3] B. Tedre, H. Vartiainen, and T. Valtonen, "Machine Learning for K-12 Education: Challenges and Opportunities," *International Journal of Child-Computer Interaction*, vol. 27, 100216, 2021.

[4] F. Kruijff, R. Van der Sluis, and E. Barakova, "Explainable Machine Learning for Education: Improving Understanding through Transparency," in *Proc. International Conference on Artificial Intelligence in Education (AIED)*, 2020, pp. 145–156.

[5] C. Weintrop and U. Wilensky, "Comparing Block-Based and Text-Based Programming in High School Computer Science Education," *ACM Transactions on Computing Education*, vol. 18, no. 1, pp. 1–21, 2018.

[6] M. Kandlhofer and G. Steinbauer, "AI K–12 Education: A Review of Current Resources," *KI - Künstliche Intelligenz*, vol. 35, pp. 125–126, 2021.

[7] J. Van Brummelen, T. Heng, and V. Tabunshchyk, "Teaching Tech to Talk: K-12 Conversational AI Literacy Curriculum and Development Tools," in *Proc. AAAI Conf. Artificial Intelligence*, vol. 35, no. 17, pp. 15655–15663, 2021.

[8] H. N. Pang, R. Parks, C. Breazeal, and H. Abelson, "How Can I Code A.I. Responsibly?," in *Proc. AAAI Conf. Artificial Intelligence in Education*, 2023.

[9] M. Tedre et al., "Teaching Machine Learning in K-12 Computing Education: Potential and Pitfalls," *arXiv preprint arXiv:2106.11034*, 2021.

[10] H. Vartiainen et al., "Learning Machine Learning with Young Children," *International Journal of Child-Computer Interaction*, vol. 25, 100182, 2020.

[11] X. Wan et al., "SmileyCluster: Supporting Accessible Machine Learning in K-12 Scientific Discovery," in *Proc. Interaction Design and Children Conf.*, pp. 23–35, 2020.

[12] H. Vartiainen, M. Tedre, and T. Valtonen, "Learning Machine Learning Through Constructivist Approaches," *International Journal of Child-Computer Interaction*, 2020.

[13] I. Voulgari et al., "Learn to Machine Learn: A Game-Based Approach for Teaching Machine Learning," in *Proc. Interaction Design and Children*, pp. 593–598, 2021.

[14] T. Tseng et al., "PlushPal: Storytelling with Interactive Plush Toys and Machine Learning," in *Proc. Interaction Design and Children*, pp. 236–245, 2021.

[15] S. Pokress and J. J. Dominguez Veiga, "MIT App Inventor: Enabling Personal Mobile Computing," *arXiv preprint arXiv:1310.2830*, 2013.

ТЕХНОЛОГИЙН ЗАМЫН ТООСЖИЛТ БУУРУУЛАХ БОЛОМЖИЙН СУДАЛГАА

Отгондаваагийн ЭРХЭМБАЯР[1], Наранцэцэгийн БАДМААНЯМБУУ[2], Нямсүрэнгийн ЛХАГВАЖАВ[3]

[1]Монгол Улс, Улаанбаатар, ШУТИС, Барилга архитектурын сургууль, Инженерийн байгууламжийн тэнхим

[2]Монгол Улс, Улаанбаатар, Авто замын инженер

[3]Монгол Улс, Улаанбаатар, ШУТИС, Барилга архитектурын сургууль, Архитектурын тэнхим

Холбоо барих зохиогчийн и-мэйл хаяг: erkhembayar.o@must.edu.mn[1]

***Хураангуй*: Уул уурхайн орчинд үүсэх тоосжилт нь ялангуяа Монгол улс шиг хуурай бүс нутагт үзүүлэх үйлчлэл нь байгаль орчин, хүний эрүүл мэнд, ашиглалтын үйл ажиллагаанд ноцтой сөрөг нөлөө үзүүлдэг. Энэхүү судалгаагаар тоосжилт бий болгодог зүйлийн нэг болох технологийн замын материалын физик механик шинж чанарыг сайжруулах, тоосжилтыг бууруулахад органик барьцалдуулагч бодисын үзүүлэх үр нөлөөг үнэлэхийг зорилоо. Судалгаанд Монгол орны өмнөд хэсэгт үйл ажиллагаагаа явуулж буй уурхайн бүсээс авсан хоёр төрлийн хөрсний хольц (Mix 1, Mix 2)-ыг лабораторийн болон талбайн туршилтад хамруулсан. Хөрсний физик, механик шинж чанарыг MNS ASTM болон AASHTO стандартын дагуу тодорхойлж, ширхгийн бүрэлдэхүүн, Аттербергийн хязгаар, Проктор нягтруулалт, ачаа даацын харьцаа (CBR), шахалтын бат бэх (UCS)-ийг тодорхойлов. Судалгааны үр дүнд үндэслэн лигнин суурьтай органик барьцалдуулагчийг ашигласан. Туршилтын үр дүнгээс харахад бэхжүүлсний дараа CBR үзүүлэлт 20–32%-иар нэмэгдэж, шахалтын бат бэх нь бэхжилтийн хугацаанаас хамааран 3–4 дахин өссөн байна. Мөн 1 км урттай технологийн зам дээр хийсэн талбайн туршилтаар гадаргуугийн тогтвортой байдал сайжирч, тоосжилт буурч, хөдөлгөөний аюулгүй байдал дээшилсэн нь ажиглагдсан. Уламжлалт усалгааны аргатай харьцуулахад органик барьцалдуулагч ашиглах нь урт хугацаанд илүү тогтвортой, тогтмол услах шаардлагагүй, усны хэрэглээг бууруулах давуу талтай болох нь тогтоогдлоо. Иймд энэхүү арга нь хуурай бүс нутгийн уул уурхайн замын тоосжилтыг бууруулахад техникийн хувьд хэрэгжих боломжтой, байгаль орчинд ээлтэй шийдэл гэж үзэж байна.**

Түлхүүр үг: хөрсийг бэхжүүлэх, органик барьцалдуулагч, лигнин полимер, хучилтгүй авто зам

I. УДИРТГАЛ

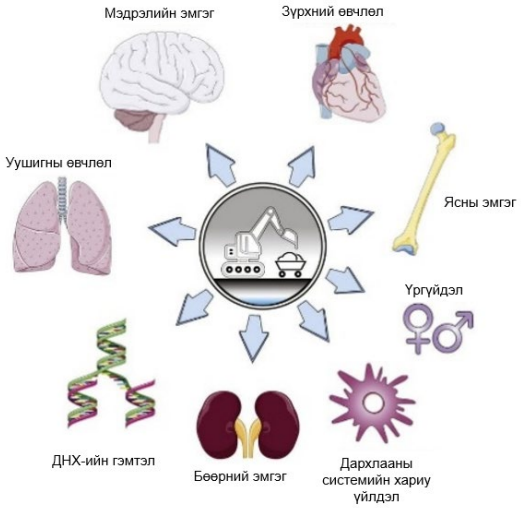
Монгол Улсын эдийн засгийн тулгуур болсон уул уурхайн салбар жил ирэх тусам тэлж, технологийн болон тээврийн зам дагуух тоосжилтын асуудал улам хурцдаж байна. 2024 оны байдлаар улсын нийт экспортын 93 хувийг уул уурхайн бүтээгдэхүүн бүрдүүлж, экспортын орлого 15.8 тэрбум ам.долларт хүрсэн бөгөөд уул уурхайн салбар дотоодын нийт бүтээгдэхүүний 27.3 хувийг дангаараа бүрдүүлж байна. Салбарын энэхүү хурдацтай өсөлт нь нэг талаас эдийн засгийн ахиц дэвшлийг илэрхийлж байгаа бол нөгөө талаас байгаль орчин, нийгмийн эрүүл мэндэд ноцтой эрсдэл дагуулж байна. [1]

1-р Зураг. ДНБ-д үзүүлсэн нөлөөлөл
Эх сурвалж : https://www.mongolianminingjournal.com/a/74513

Уул уурхайн үйл ажиллагааны улмаас үүсэх тоосонцор нь уурхайн ойр орчимд хэвийн хэмжээнээс 2–4 дахин их байдаг бөгөөд говийн бүсэд 10–100 км зайд салхинд туугдан тархах боломжтой. PM2.5 ангиллын нарийн ширхэглэгт тоосонцор нь уушгины гүн хэсэгт нэвтэрч, уушги мөгөөрсөн хоолойн үрэвсэл үүсгэж, уушгины дотоод гадаргуугийн талбайг хумидаг [2]. Тоосонцортой нөхцөлд ажилладаг хүмүүст 3–5 жилийн дараа уушги тооссих өвчний эхний үе шат илэрч эхэлдэг бөгөөд энэ өвчин нь эдгэрдэггүй тул урьдчилан сэргийлэх нь онцгой ач холбогдолтой [3].

2010–2017 оны статистикаар тоостой холбоотой өвчлөл нийт мэргэжлээс шалтгаалах өвчлөлийн 40 гаруй хувийг эзэлж байсан бөгөөд уул уурхайн нөлөөлөлд өртсөн нутаг дэвсгэрт амьсгалын замын өвчлөл нэг жилд 2.5 дахин өссөн тохиолдол бүртгэгдсэн байна. Харин өнөөдрийн байдлаар тоосжилтыг дарах тусгай хууль, стандарт дутмаг, хэрэгжилт хангалтгүй байдал нь асуудлыг шийдвэрлэхэд саад учруулсаар байна [2].

Уурхайн тоосжилтоос үүдэлтэй эрүүл мэндийн хор уршиг нь дэлхий нийтийн түвшинд хүлээн зөвшөөрөгдсөн тулгамдсан асуудал болоод байна. Австралийн Квинсленд мужид хийсэн шинжилгээгээр шалгуулсан хуучин тэтгэвэртээ гарсан уурхайчдын 10 хүн тутмын нэг нь уурхайн тоосноос үүдсэн уушгины өвчтэй болох нь тогтоогдсон бөгөөд силикоз, архаг бөглөрөлт уушгины өвчин, хар уушги зэрэг өвчин нь 10 ба түүнээс дээш жилийн дараа шинж тэмдэггүйгээр илэрдэг онцлогтой байдаг [4].



2-р Зураг. Impact of mining on human health
Эх сурвалж : https://shorturl.at/lrJ8J

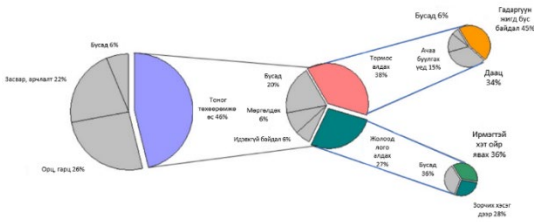
Энэ олон улсын туршлага нь Монгол Улсын хувьд ч адилхан хамааралтай бөгөөд тоостой холбоотой өвчлөл нийт мэргэжлээс шалтгаалах өвчлөлийн 40 гаруй хувийг эзэлж байгаа статистик үүнийг хэр чухал болохыг харуулж байна.

3-р Зураг. Төслийн талбайн нөхцөл байдал, 2025 оны 8 сар.
Эх сурвалж : судлаачийн боловсруулалт

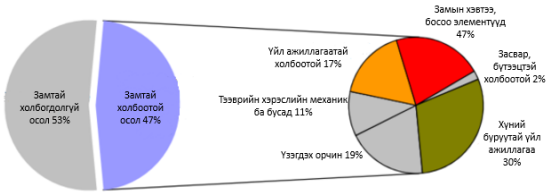
Иймд энэхүү судалгааны уурхайн орчин дахь тоосжилтын эх үүсвэр, хүн амд үзүүлэх эрүүл мэндийн нөлөөллийг дүн шинжилгээ хийж, барьцалдуулагч бодис хэрэглэх, ойжуулалт болон бусад орчин үеийн технологийн шийдлийг судлан, Монгол Улсын нөхцөлд тохирсон оновчтой арга замыг тодорхойлох зорилт дэвшүүлж байна.

Уурхайн орчинд үүсэх тоосжилт нь дараах хүчин зүйлсээс бий болдог:

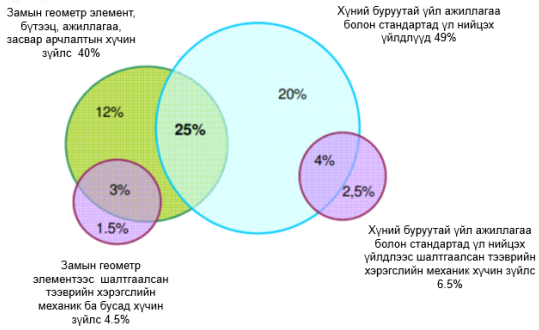
- Үйлдвэрийн дотоод тоосжилт
- Нүүрсний овоолго
- Ачилт буулгалтын үед үүсэх тоосжилт
- Бутлуур, шигшүүрийн тоосжилт
- Түр замын тоосжилт [5]



4-р Зураг. Нүүрсний ил уурхайн хүнд даацын тээврийн хэрэгслийн ослын ангилал [5]



5-р Зураг. Замын нөлөөтэй ослын төрлүүд [5]



6-р Зураг. Осолд нөлөөлдөг хүчин зүйлсийн харилцан үйлчлэл [5]

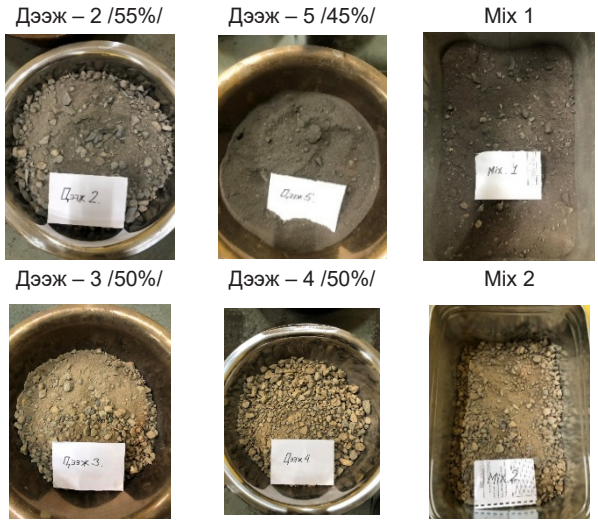
II. СУДАЛГААНЫ АРГА ЗҮЙ

Энэхүү судалгаа нь уурхайн технологийн замын тоосжилтыг бууруулах зорилгоор химийн нэмэлт материалын үр ашгийг тодорхойлоход чиглэсэн бөгөөд судалгааны ажлыг дараах 5 үндсэн үе шаттайгаар гүйцэтгэсэн. Үүнд :

7-р Зураг. Арга зүйн дараалал

1. Бэлтгэл ажил

Технологийн замд дэвсэж, тоосжилт буурулах ажилд ашиглах туршилтын эхний Mix 1 -т ирүүлсэн дээжний байршлын дугаар №2-55% №5-45% агууламжтай, Mix 2- т ирүүлсэн дээжийг №3-50% №4-50% агууламжтайгаар тус тус хольж бэхжүүлхээс өмнөх хөрсний бүрэн туршилтуудыг хийж гүйцэтгэв.

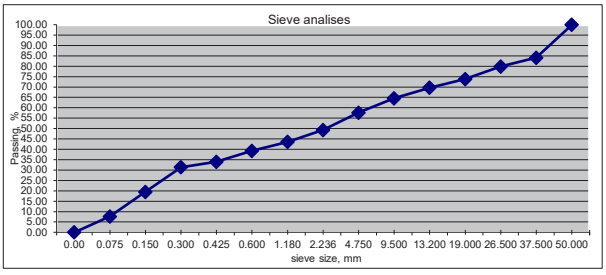


8-р Зураг. Хөрсний шинжилгээнд ашиглах дээж

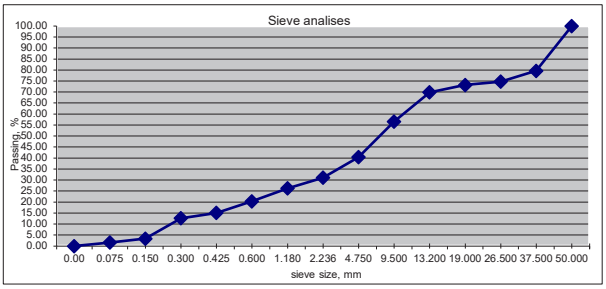
2. Физик, механик шинж чанарыг тодорхойлох

Ширхгийн бүрэлдэхүүн тодорхойлох туршилт

Ширхгийн бүрэлдэхүүн MNS AASHTOT88:2004, урсалт/уян налархай MNS ASTM D4318:2006, проктор MNS ASTM D1557:2002, ачаа даацын харьцаа MNS ASTM D1883:2002 стандартуудаар тодорхойлох туршилтуудын үр дүнгүүд дараах байдлаар гарсан.



9-р Зураг. Дээж 2 + дээж 5 буюу Mix 1 – ын ширхгийн бүрэлдэхүүн
Эх сурвалж : судлаачийн боловсруулалт

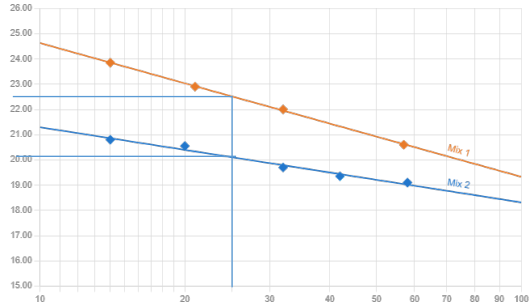


10-р Зураг. Дээж 3 + дээж 4 буюу Mix 2 – ын ширхгийн бүрэлдэхүүн
Эх сурвалж : судлаачийн боловсруулалт

Урсалт уян налархайн хязгаар тодорхойлох туршилт

Mix 1 – ын үзүүлэлт: LL – 22.5, PL- 17.34, PI - 5.16

Mix 2 – ын үзүүлэлт : LL – 20.2, PL - 17.60, PI - 2



11-р Зураг. Mix-1, Mix-2 – ийн LL, PL, PI үзүүлэлт
Эх сурвалж : судлаачийн боловсруулалт

MDDTest

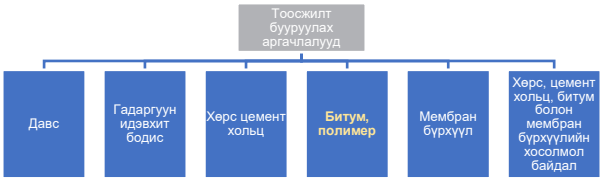
Зохистой чийг ба хуурай үеийн хамгийн их нягт тодорхойлох туршилтыг гүйцэтгэж дараах үр дүнг гарган авсан:

1-Р ХҮСНЭГТ (Хөрсний MDD, Wopt).

№	Хөрсний төрөл	MDD	Wopt
1	Mix - 1	2.094 гр/см3	6.90%
2	Mix - 2	2.153 гр/см3	7.20%

Бэхжүүлэгчийн төрөл

Уурхайн технологийн замын тоосжилтыг бууруулах олон арга техник байдаг. Уурхайн хүчин чадлаас үл хамааран замын гадаргууг услах аргыг нийтлэг ашигладаг ч энэ нь усны асар их нөөц шаарддагаас гадна зуны улиралд хурдан ууршиж, үр нөлөөгөө алддаг сул талтай. Иймд тоосжилтыг тогтмол барихын тулд ойр ойрхон услах шаардлага тулгардаг бөгөөд үүнээс илүү өндөр үр ашигтай дараах аргуудыг хэрэглэх боломжтой [6].



12-р Зураг. Бэхжүүлэгчийн төрлүүд [6]

Замын материалын бүтцийг сайжруулсны дараа тоосжилтыг дарах, замын эдэлгээг уртасгах, цаг агаараас хамаарахгүйгээр тээвэрлэлтийг хэвийн үргэлжлүүлэхийн тулд химийн нэмэлт бодис ашиглах нь үр дүнтэй. Гэхдээ хатуу хучилтгүй замын бүх асуудлыг дангаараа шийдэж чадах 'төгс' бодис гэж үгүй бөгөөд тоос дарагч бүр тодорхой нөхцөлд зориулагдсан байдаг. Иймд тухайн замд хамгийн сайн тохирох бодисыг сонгохдоо дараах журмыг баримтлах шаардлагатай болдог [7]:

2-Р ХҮСНЭГТ (Хөрсний бэхжүүлэгчийн төрөл сонгох хүснэгт).

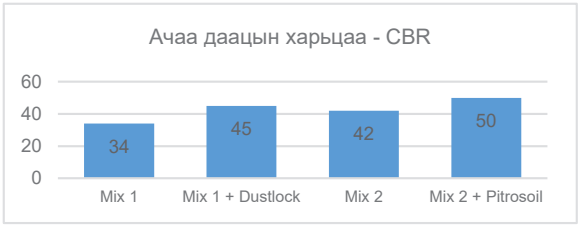
Additive Category	Traffic			Surface Material								Climate During Traffic		
	Vehicles per Day			Plasticity Index/ Shrinkage Product			Fines (% passing No.200 Sieve [75 μm])							
Dust Palliative	<100	100-250	>2501	<5 <50	5-15 50-365	>15 >365	<5	5-10	10-20	20-30	>30	Wet	Damp to Dry	Dry[2]
Water absorbing														
Calcium Chloride	A	A	B	C	A3	C[3]	C	B	A	B[3]	C[3]	C[3,4]	A	C
Mag Chloride	A	A	B	C	A	B[3]	C	B	A	B[3]	C[3]	C[3,4]	A	B
Organic petroleum/Mineral oils														
Asphalt emulsion	B	B[5]	B[5]	A	B	C	B[6]	B	B[5]	C	C	B	A	A
Petroleum resin	A	B[5]	B[5]	A	B	C	B[5]	B	A	C	C	B	A	A
Mineral oil	A	B	B	B	A	C	C	B	A	B	C	B	A	A
Organic non-petroleum														
Lignin	A	A	B[5]	C	A	B[3,5]	C	B	A	B[3,5]	B[3,5]	C[4]	A	A
Tall oil	A	B	C5	A	B	C	C	B	A5	B[5]	C	B	A	A
Vegetable oil	A	C	C	B	A	C	C	B	A	C	C	C	A	B
Bio-Fluids	A	A	B[5]	C	B	A	C	C	A	A	C[3]	C[3,4]	A	C
Synthetic polymer emulsion														
Synthetic	A	B[5]	C5	A	A	C	C	A	A5	C	C	A	A	A

Энд тухайн бэхжүүлэх болон тоосжилтыг бууруулахаар төлөвлөж буй хөрсний LL, PL, PI- д үндэслэж бэхжүүлэгчийг төрлийг сонгохыг санал болгосон ба хөрсний физик механик шинж чанарыг тодорхойлсны үндсэн дээр лигнин агуулсан органик барьцалдуулагчийн төрөл болох DUSTLOC PLUS, PITROSOIL100 бодисыг ашиглахаар төлөвлөсөн.

3. Хөрсний ачаа даацын харьцаа, UCS

Зохистой чийгийн агууламжийг гарган авч түүнд тодорхой горимоор найруулсан концентраци бүхий DUSTLOC PLUS, PITROSOIL100 бодисоор бэхжүүлж туршилтыг цааш үргэлжлүүлэв.

Хөрсийг бэхжүүлэх Mix 1 дээр хуурай үеийн хамгийн их нягтыг тодорхойлж зохистой чийгийн агууламжыг гарган авч түүнд найруулсан Dustlock нэмэлтээр хөрсийг бэхжүүлэх үед хөрсний ачаа даацын харьцаа (CBR) нь дараах байдлаар гарсан. Mix 1 – ийг бэхжүүлээгүй үед 34, Dustlock нэмэлтээр бэхжүүлсний дараагаар 45 болж 32% - аар нэмэгдсэн. Ижил аргаар гарган авсан хольц болох Mix 2 ба Mix 2 + Pitrosoil – ын ачаа даацын харьцаа 42 – ооc 50 болж ойролцоогоор 20% нэмэгдэж гарсан.



13-р Зураг. Бэхжүүлсэн хөрсний ачаа даацын харьцаа Эх сурвалж : судлаачийн боловсруулалт

Шахалтын бат бэхийн үзүүлэлт

Шахалтын бат бэхийг Mix 1, Mix 2 төрлийн хөрсийг Dustlock ба Pitrosoil төрлийн хөрсөөр бэхжүүлж. Ажлын онцлог ба бэхжүүлэх хугацаанаас нь хамааруулан 2 ба 7 хоногийн шахалтын бат бэхийг тодорхойлов.

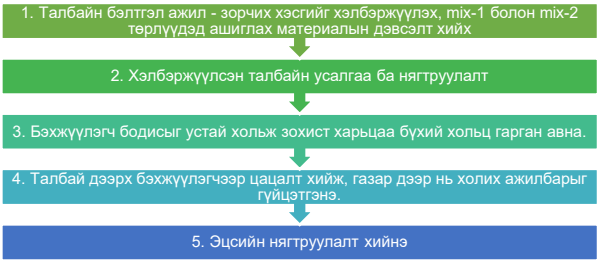
14-р Зураг. Шахалтын бат бэх тодорхойлох дээжийн бэлдэц

15-р Зураг. Бэхжүүлсэн хөрсний шахалтын бат бэхийн утга Эх сурвалж : судлаачийн боловсруулалт

Шахалтын бат бэхийн үр дүнгээс харвал хөрсийг бэхжүүлэх үйл ажиллагаа нь түүнийг бэхжүүлэх болон арчлах хоногоос хамаарч бат бэх ойролцоогоор 3-4 дахин нэмэгдэж байгаа нь харагдаж байна. Бат бэхийг сайжруулах зорилгоор цаашид бэхжүүлэгчийн усан дахь концентрацийг нэмэгдүүлэх болон бусад төрлийн бэхжүүлэгчтэй хольж ашиглан харьцуулалт хийснээр сайжруулах боломжтой.

4. Талбайн туршилт

Лабораторийн туршилтаар тогтоосон оновчтой орц, найрлагыг бодит нөхцөлд баталгаажуулах зорилгоор уурхайн технологийн 1 км зам дээр туршилтын ажлыг дараах дарааллын дагуу гүйцэтгэв.



16-р Зураг. Талбайн дээр гүйцэтгэх аргачлал

Холих ажиллагааны дараа замын гадаргууг дахин хэлбэржүүлж, хамгийн их нягттай болтол нь эцсийн нягтруулалтыг хийв. Төгсгөлд нь гадаргуугийн тэгш байдлыг ханган, тоосжилтыг дарах тогтвортой үе давхаргыг үүсгэснээр талбайн туршилтын ажил бүрэн дууссан.

17-р Зураг. Аргачллын дагуу талбай дээр гүйцэтгэсэн ажилбарууд

III. Судалгааны үр дүн

Энэхүү судалгааны хүрээнд уурхайн технологийн замын тоосжилтыг бууруулах зорилгоор хөрсний физик, механик шинж чанарыг тодорхойлж, органик барьцалдуулагч бодис ашиглан лабораторийн болон талбайн туршилтуудыг гүйцэтгэв. Судалгааны үндсэн үр дүнг дараах байдлаар нэгтгэн дүгнэж байна.

Судалгаанд ашигласан Mix 1 болон Mix 2 хөрсний ширхгийн бүрэлдэхүүн, (LL, PL, PI) нь бага уян налархай, инженерийн хувьд тогтворжилт сайтай хөрсөнд хамаарах бөгөөд барьцалдуулагч бодис ашиглан бэхжүүлэхэд тохиромжтой болох нь тогтоогдсон. Mix 1-ийн хувьд PI = 5.16, Mix 2-ийн хувьд PI = 2 байгаа нь тоосжилт үүсэх магадлал өндөр, сул ширхэглэл давамгайлсан хөрс болохыг харуулж байна.

Прокторын туршилтаар Mix 1-ийн хамгийн их хуурай нягт 2.094 гр/см³, зохистой чийг 6.90%, Mix 2-ийн хувьд 2.153 гр/см³, зохистой чийг 7.20% байгааг тогтоосон. Энэ нь Mix 2 хөрс илүү нягтшил авах чадвартайг илэрхийлж байна.

Хөрсийг органик барьцалдуулагч бодисоор бэхжүүлсний дараах ачаа даацын харьцааны (CBR) үзүүлэлт мэдэгдэхүйц нэмэгдсэн. Тодруулбал, Mix 1-ийн CBR үзүүлэлт 34-өөс 45 болж 32%-иар, Mix 2-ийн CBR 42-оос 50 болж ойролцоогоор 20%-иар тус тус өссөн байна. Энэ нь замын даац, тогтворжилт сайжирч байгааг илтгэнэ.

Шахалтын бат бэхийн туршилтаар бэхжүүлсэн хөрсний бат бэх нь арчилгааны хугацаанаас хамааран 3–4 дахин нэмэгдэж байгаа нь тогтоогдсон. Ялангуяа 7 хоногийн дараах бат бэхийн үзүүлэлтүүд нь хөрсний бүтцэд химийн холбоос үүсэж, тогтвортой байдал эрс сайжирсныг харуулж байна.

Лабораторийн туршилтаар тогтоосон оновчтой орц, найрлагыг талбайн нөхцөлд хэрэгжүүлсэн бөгөөд 1 км технологийн зам дээр гүйцэтгэсэн туршилтаар гадаргуугийн нягтшил, тэгш байдал сайжирч, тоосжилт мэдэгдэхүйц буурсан нь ажиглагдсан. Үр дүнд нь замын ашиглалтын нөхцөл сайжирч, тээврийн аюулгүй байдалд эерэг нөлөө үзүүлсэн.

Дүгнэлт

Энэхүү судалгаагаар хатуу хучилтгүй уурхайн технологийн замын тоосжилтыг бууруулах, инженерийн үзүүлэлтийг сайжруулахад органик барьцалдуулагч бодисын үр нөлөөг лабораторийн болон талбайн туршилтаар үнэлэв. Судалгааны үндсэн дүгнэлтүүдийг дараах байдлаар нэгтгэж байна:

1. Судалгаанд хамрагдсан хөрснүүд нь бага уян налархай, тоосжилт үүсэх өндөр эрсдэлтэй тул инженерийн хэрэглээнд бэхжүүлэлт зайлшгүй шаардлагатай.

2. Лигнин суурьтай органик барьцалдуулагч (DUSTLOC PLUS, PITROSOIL100) ашигласнаар хөрсний механик шинж чанар мэдэгдэхүйц сайжирч,

- ачаа даацын харьцаа (CBR) 20–32%-иар нэмэгдсэн,
- шахалтын бат бэх 3–4 дахин өссөн нь замын даац, тогтвортой байдлыг эрс сайжруулж байгааг харуулж байна.

Талбайн туршилтын үр дүнгээр бэхжүүлсэн замын гадаргуугийн нягтшил нэмэгдэж, тоосжилт буурч, тээврийн аюулгүй байдал сайжирсан нь лабораторийн үр дүнг бодит нөхцөлд баталгаажууллаа.

Уламжлалт усалгааны аргатай харьцуулахад органик барьцалдуулагч ашиглах нь илүү тогтвортой, усны хэрэглээг бууруулсан, урт хугацааны үр ашигтай шийдэл болох нь тогтоогдсон.

Иймд уул уурхайн хучилтгүй замын тоосжилтыг бууруулахад органик барьцалдуулагч бодис ашиглах нь Монгол Улсын хуурай, усны нөөц хязгаарлагдмал нөхцөлд оновчтой, тогтвортой шийдэл гэж дүгнэж байна. Цаашид бэхжүүлэгчийн найрлага, тун хэмжээ, урт хугацааны ашиглалтын үзүүлэлт болон цаг уурын нөлөөллийг нарийвчлан судлах шаардлагатай.

Ашигласан материал, ном зүй

[1] M. M. Journal, Монгол Улсын экспортын бүтээгдэхүүн, Mongolian Mining Journal, 2025.09.26.

[2] х. с. т. НЭМХ-ийн Орчны эрүүл мэнд, ТООС, ТООСОНЦОР эрүүл мэндэд хэрхэн нөлөөлдөг вэ?, 2018.

[3] M. H. M. H. Mumini Babatunde Saka, MINING DUST: HEALTH IMPACTS, CONTROL MEASURES, Romania, 2025.02.

[4] M. S. Luis Silva, Nanoparticles in fossil and mineral fuel sectors and their impact on environment and human health: A review and perspective, 2021.01.

[5] R. Thompson, MINE HAUL ROAD DESIGN AND MANAGEMENT: A CURRENT, Kalgoorlie WA, Australia.

[6] Fred N. Kissell, Handbook for Dust Control in Mining, Pittsburgh, PA, 2003.

[7] F. H. Administration, UNPAVED ROAD DUST MANAGEMENT, Washington, DC: Federal Highway Administration.

ЛАЗЕР ШАВАЛТААР ҮҮССЭН БҮРХҮҮЛИЙН ЗОРОЛТЫН ГОРИМЫН ОНОВЧЛОЛ

QING-GELE[1], Гансүхийн ОЮУНБАТ[2], Бат-Өлзийн ЖАВХЛАН[3]

[1]Монгол Улс, Улаанбаатар, ШУТИС, Механик инженерийн техникийн сургууль, Машин үйлдвэрлэлийн тэнхим

Холбоо барих зохиогчийн и-мэйл хаяг: g_oyunbat@must.edu.mn[2]

Хураангуй: **Энэхүү судалгаанд Fe105 маркийн нунтаг ашиглан лазераар шавсан бүрхүүлтэй гадаргууг куб борын нитрид (CBN) багаж ашиглан хатуу зорох үеийн термомеханик үзүүлэлтүүдийг тоон симуляцийн аргаар судлав. Судалгаанд AdvantEdge FEM программ хангамжийг ашиглан зоролтын бүс дэх температурын тархалт, зоролтын хүч болон зоргодос үүсэлтийн онцлогийг тодорхойлж, зорох хурд (Vc), өгөлт (f), зоролтын гүн (ap)-ийн нөлөөллийг шинжилсэн. Симуляцийн үр дүнгээс харахад зоролтын бүсийн хамгийн өндөр температур нь багаж–зоргодосны шүргэлцэлийн хэсэгт төвлөрч, 705–855°C-ийн хооронд хэлбэлзэж байв. Зоролтын хурд нэмэгдэхэд температур огцом өсөх хандлагатай байсан бол зоролтын гүн болон өгөлт нэмэгдэхэд зоролтын хүч мэдэгдэхүйц өссөн байна. Ялангуяа зоролтын гүн нь хүчид хамгийн их нөлөө үзүүлдэг болохыг тогтоов. Мөн өндөр параметрийн нөхцөлүүдэд температур болон хүч зэрэг өсөж, процессын тогтворгүй байдал нэмэгдэж байгааг ажигласан нь багажийн элэгдэл болон гадаргуугийн чанарт сөргөөр нөлөөлөх эрсдэлтэйг харуулж байна. Харин A6 (S = 0.70) болон A8 (S = 0.74) нөхцөлүүд нь температур, зоролтын хүч болон процессын тогтвортой байдлын хувьд тэнцвэртэй үзүүлэлттэй байгаа нь харагдаж байна. A6 нөхцөлд харьцангуй бага хурд нь температурыг хязгаарлаж, A8 нөхцөлд бага өгөлт нь зоролтын хүчийг бууруулж байгаа нь харилцан нөхөх (trade-off) нөлөөг үүсгэж, эдгээр хоёр нөхцлийг ижил түвшний оновчтой горимд хамааруулах үндэслэл болж байна. Иймээс Fe105 лазер бүрхүүлтэй материалыг хатуу зорох үед зоролтын параметрүүдийг харилцан уялдаатайгаар оновчлох шаардлагатай бөгөөд энэ судалгаа нь үйлдвэрлэлийн нөхцөлд үр ашигтай, тогтвортой боловсруулалтын горим сонгоход онол-практикийн ач холбогдолтой юм.**

Түлхүүр үгс: Fe105 нунтаг; хатуу зоролт; CBN багаж; зорох хүч;

I. УДИРТГАЛ

Орчин үеийн машин үйлдвэрлэл, уул уурхай, эрчим хүчний салбарт элэгдэл, үрэлт ихтэй нөхцөлд ажиллах эд ангиудын ашиглалтын хугацаа, найдвартай ажиллагааг нэмэгдүүлэхэд гадаргуугийн инженерчлэл чухал үүрэг гүйцэтгэдэг. Энэ хүрээнд лазер шавалтаар бүрхүүл үүсгэх (laser cladding) технологи нь өндөр энергийн нягтрал, бага дулааны нөлөөллийн бүс, бат бөх металлургийн холбоос, нягт жигд бүтэц үүсгэдэг онцлогтой бөгөөд элэгдэлд тэсвэртэй бүрхүүл үүсгэх үр ашигтай арга болж өргөн хэрэглэгдэж байна [1]

Fe суурьтай хайлш, тухайлбал Fe105 нунтаг нь лазер шавалтын аргаар боловсруулсан үед өндөр хатуулаг, элэгдэлд тэсвэртэй дендрит бүтэцтэй бүрхүүл үүсгэдэг бөгөөд ажлын нөхцөлд эд ангийн ашиглалтын хугацааг мэдэгдэхүйц нэмэгдүүлдэг [2]. Гэвч ийм төрлийн лазер бүрхүүл нь гадаргуугийн барзгаржилт өндөр, геометрийн нарийвчлал хангалтгүй байх сул талтай тул эцсийн зоролтын боловсруулалт зайлшгүй шаардлагатай болдог.

Лазер шавалтаар үүссэн өндөр хатуулагтай бүрхүүлийг уламжлалт зоролтын аргаар боловсруулахад зорох хүч ихсэх, багажны элэгдэл түргэсэх, дулааны хуримтлал нэмэгдэх зэрэг хүндрэлүүд үүсдэг. [3]. Ийм нөхцөлд хатуу зоролтын (hard machining) технологи нь өндөр бүтээмж, уян хатан байдал, дулааны боловсруулалттай дүйцэх гадаргуугийн чанарыг хангах боломжтой шийдэлд тооцогддог [4]. Куб борын нитрид (CBN) багаж нь өндөр хатуулаг, дулаан дамжуулах чадвар, химийн тогтвортой байдлынхаа ачаар лазераар шавсан болон өндөр хатуулагтай материалуудыг боловсруулахад өргөн хэрэглэгдэж байна [5].

Сүүлийн үеийн судалгаануудад лазераар шавсан болон болон аддитив үйлдвэрлэлийн аргаар гарган авсан материалуудыг CBN багаж ашиглан боловсруулах үед зорох хүч буурах, гадаргуугийн чанар сайжрах, мөн зохистой параметр сонголтоор багажны элэгдлийг бууруулах боломжтой болохыг тогтоосон байна [6].

Гэсэн хэдий ч Fe105 маркийн хайлшийг лазераар шавсан бүрхүүлийг CBN багаж ашиглан хатуу зорох үеийн температурын тархалт, зорох хүч, зоргодос үүсэлтийн механизмыг нэгэн зэрэг судалсан, ялангуяа тоон симуляцийн аргаар шинжилсэн судалгаа хомс хэвээр байна. Орчин үед метал зоролтын процессыг гүнзгий ойлгох, параметрийн нөлөөллийг оновчлох зорилгоор төгсгөлийн элементын арга (FEM) дээр суурилсан AdvantEdge FEM зэрэг программ хангамжийг өргөн ашиглаж байна. [7]. Ийм симуляци нь зорох хүч, температурын тархалт, зоргодос үүсэлтийг туршилтаас илүү нарийвчлалтай, зардал багатай тодорхойлох боломж олгодог [8].

Иймд энэхүү судалгааны ажлын зорилго нь Fe105 нунтаг ашиглан лазераар шавсан гадаргууг CBN

CNGA120404-4N хатуу хайлш багаж ашиглан хатуу зорох үеийн температурын тархалт, зорох хүч, зоргодос үүсэлтийг AdvantEdge FEM симуляцийн аргаар судалж, зоролтын үндсэн параметрүүд болох зорох хурд (V), өгөлт (s), зоролтын гүнийн (t) нөлөөллийг тогтоон, температур болон зоролтын хүч оновчтой байх зоролтын горимыг тодорхойлоход оршино.

II. МАТЕРИАЛ БА АРГА ЗҮЙ

2.1 Материал

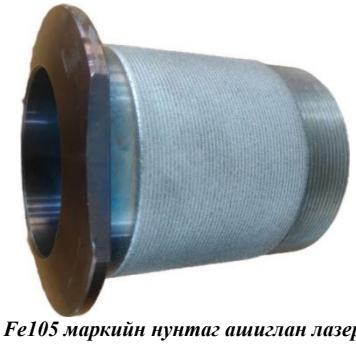
Энэхүү судалгаанд лазер шавалтаар бүрхүүл үүсгэх материал болгон Fe105 маркийн нунтаг материалыг ашигласан. Уг материал нь өндөр хатуулаг, элэгдэлд тэсвэртэй шинж чанартай бөгөөд лазер шавалтын үед нягт, жигд микробүтэц бүхий бүрхүүл үүсгэх боломжтой. Лазер шавалтын технологиор үүссэн бүрхүүл нь суурь материалтай металлургийн бат бөх холбоо үүсгэдэг бөгөөд зоролтын явцад бүрхүүл ховхрох, салж унах эрсдэлийг бууруулдаг [1] Суурь материал болгон хийцийн ган ашигласан.

Судалгаанд ашигласан бэлдэц нь цилиндр хэлбэртэй, диаметр 90 мм, урт 117 мм хэмжээтэй болно. Лазер шавалтын дараа бүрхүүл нь өндөр хатуулагтай, дендрит бүтэцтэй болж, боловсруулахад хүндрэлтэй нөхцөл бүрдүүлдэг [3]. Лазераар шавсан бэлдэцийг 1-р зурагт үзүүлэв.

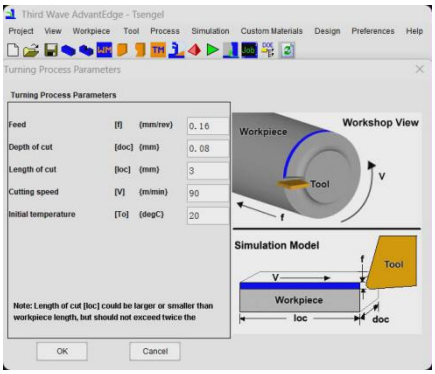
Хатуу зоролтын боловсруулалтад куб борын нитрид (CBN) багаж ашигласан. Тухайлбал CNGA120404-4N маркийн CBN хатуу хайлш багажийг сонгосон бөгөөд энэ нь өндөр хатуулаг, дулаан дамжуулах чадвар, элэгдэлд тэсвэртэй шинж чанартай тул хатуу материал боловсруулахад тохиромжтой [5].

2.2 Судалгааны арга зүй

Хатуу зоролтын явцад багаж–зоргодос–бэлдэцийн харилцан үйлчлэлийн бүсэд өндөр температур, төвөгтэй хүчний төлөв үүсдэг. Эдгээр үзэгдлийг туршилтаар иж бүрэн тодорхойлох нь хүндрэлтэй бөгөөд хэмжилтийн нарийвчлал, өндөр өртөг, техникийн хязгаарлалтаас шалтгаалан хүндрэл үүсдэг. Иймээс энэхүү судалгаанд төгсгөлөг элементийн арга (FEM)-д суурилсан тоон симуляцийн аргыг ашигласан бөгөөд 2-р зургаар харуулав.



1-р зураг Fe105 маркийн нунтаг ашиглан лазераар шавж сэргээсэн эд анги



2-р зураг Симуляцийн программын зураг

Туршилт төлөвлөлтийг Minitab программаар Taguchi-н арга ашиглан байгуулсан. Симуляцийг AdvantEdge FEM программ хангамж ашиглан гүйцэтгэсэн. Тус программ нь металл зоролтын процессыг загварчлах, зорох хүч, температурын тархалт, зоргодос үүсэлтийг өндөр нарийвчлалтай тодорхойлох боломжийг олгодог

Симуляцийн загварыг байгуулахдаа багаж болон бэлдэцийн геометрийг бодит хэмжээсийн дагуу тодорхойлж, ортогональ зоролтын нөхцөлд 2 хэмжээст (2D) загварчлал хийсэн. Бэлдэцийн материалыг хэв гажилтанд орох биет, багажийг хатуу биет гэж үзсэн.

2.3 Зоролтын параметрийн сонголт

Энэхүү судалгаанд хатуу зоролтын үндсэн параметрүүд болох зорох хурд (V), өгөлт (s), зоролтын гүний (t), нөлөөллийг судлах зорилгоор симуляцийн туршилтыг олон хувилбараар гүйцэтгэсэн. Зоролтын горимын утгуудыг практикт хэрэглэгддэг мужид сонгон авч, параметрийн нөлөөллийг харьцуулах боломжийг бүрдүүлсэн.

Симуляцийн туршилтуудыг 1-р хүснэгтэд үзүүлсэн зоролтын горимын дагуу гүйцэтгэж, дараах үндсэн үзүүлэлтүүдийг тодорхойлов. Үүнд:

- Зорох хүч (cutting force)
- Температурын тархалт (temperature distribution)

Зоролтын горимын туршилт төлөвлөлт

1-р хүснэгт

Туршилт №	V (m/min)	t(mm)	S(mm/r)
A1	**90**	**0.10**	**0.06**
A2	90	0.20	0.12
A3	90	0.25	0.16
A4	120	0.10	0.12
A5	120	0.20	0.16
A6	120	0.20	0.10
A7	150	0.10	0.16
A8	150	0.20	0.06
A9	150	0.25	0.12

III. ҮР ДҮН БА ХЭЛЭЛЦҮҮЛЭГ

3.1 Температурын тархалтын шинжилгээ

A1–A9 нөхцөл тус бүрийн AdvantEdge FEM симуляцийн үр дүнгээс зоролтын бүс дэх температурын тархалт тодорхой ажиглагдаж байна. Бүх нөхцөлд температурын хамгийн өндөр муж нь зорох ирний орчим, тухайлбал багаж–зоргодосны шүргэлцэлийн бүс зоргодосны хэв гажилтын бүсэд төвлөрсөн байна. Энэ нь металын зоролтын онолтой нийцэж байгаа бөгөөд хэв гажилт болон үрэлтийн ажлын ихэнх хэсэг дулаанд хувирдгийг харуулж байна.

Симуляцийн үр дүнгээс температурын дээд утгуудыг харьцуулбал:

A1 – ~705°C A6 – ~752°C

A2 – ~728°C A7 – ~855°C

A3 – ~756°C A8 – ~819°C

A4 – ~772°C A9 – ~853°C

A5 – ~849°C

Эдгээрээс хамгийн бага температур A1 нөхцөлд, харин хамгийн өндөр температур A7 болон A9 нөхцөлд бүртгэгдсэн байна. A1 нь бага хурд, бага гүн, бага өгөлттэй нөхцөл тул хэв гажилт болон үрэлтийн ажил бага явагдаж температурын өсөлт хязгаарлагдсан байна. Харин A7, A9 нөхцөлд өндөр хурд болон их гүний нөлөөгөөр зорох бүсэд их хэмжээний энерги төвлөрч температур огцом өссөн байна.

Параметрүүдийн нөлөөг авч үзвэл:

Зоролтынтийн хурд (V) нэмэгдэхэд дулаан үүсэлт өснө

Зоролтын гүн нэмэгдэхэд деформацийн эзлэхүүн өсч дулаан нэмэгдэнэ

Өгөлт (s) өсөхөд зоргодос зузаарч, үрэлтийн дулаан ихэснэ

Ялангуяа A5, A7, A9 нөхцөлүүдэд температур 800°C-ээс давсан нь Fe105 бүрхүүлтэй гадаргууг боловсруулах үед багажид өндөр дулааны ачаалал үүсэх эрсдэлтэйг илтгэж байна.

СИМУЛЯЦИЙН ТУРШИЛТЫН ҮР ДҮН

2-Р ХҮСНЭГТ

Туршилт №	Tmax, °C	Tmin, °C	Force-X, N	Force-Y, N	Симуляцийн үр дүнгийн үнэ
A1	705	-	50-60	140-150	Температур ба хүч хамгийн бага
A2	728	-	120-150	300-320	Дунд түвшний ачаалалтай
A3	756	-	180-220	400-420	Механик ачаалал өндөр
A4	772	-	зураг хэрэгтэй	зураг хэрэгтэй	Температур дунд түвшинд
A5	849	-	зураг хэрэгтэй	зураг хэрэгтэй	Температур ба хүч өндөр
A6	752	65.5	80-145	260-325	Дулаан ба механик ачааллын тэнцвэр сайн
A7	855	-	зураг хэрэгтэй	зураг хэрэгтэй	Температур хамгийн өндөр түвшинд
A8	819	69.9	65-140	260-310	Хурд өндөр боловч хүч хэт өсөөгүй
A9	853	-	зураг хэрэгтэй	зураг хэрэгтэй	Дулаан ба механик ачаалал өндөр

Мөн халуун бүс нь зөвхөн анхдагч зоролтын бүсэд бус, зоргодосны доод гадаргуу дагуу тархаж байгаа нь зоргодос дулааныг авч явж байгааг харуулж байна. Энэ нь тодорхой хэмжээнд ашигтай боловч зорох ир орчимд өндөр температур удаан хадгалагдвал CBN багажийн элэгдэл нэмэгдэх эрсдэлтэй.

3.2 Зоролтын хүчний шинжилгээ

Симуляцийн үр дүнгээс Force-X болон Force-Y хүчний хугацааны муруй нь эхний үед огцом өсөөд дараа нь тогтвортой төлөвт шилжиж байгааг харуулж байна. Энэ нь багаж материалд нэвтэрч тогтвортой зоролтын горимд орж байгааг илэрхийлнэ.

Бүх нөхцөлд Force-Y нь Force-X-ээс их байгаа нь үндсэн зорох чиглэл дэх ачаалал давамгай байгааг харуулж байна.

Хүчний хэмжээг харьцуулбал:

- A1: Fx ≈ 50–60 N, Fy ≈ 140–150 N
- A2: Fx ≈ 120–150 N, Fy ≈ 300–320 N
- A3: Fx ≈ 180–220 N, Fy ≈ 400–420 N

Мөн A5, A8, A9 нөхцөлүүдэд хүчний хэмжээ илүү өндөр гарсан байна.

Зоролтын хүчийг ерөнхийд нь дараах хамаарлаар илэрхийлж болно:

$$F = k \cdot t \cdot s \quad (1)$$

Энд k нь материал болон нөхцлөөс хамаарах коэффициент юм.

Үр дүнгээс харахад:

- Зоролтын гүн (t) нь хүчний өсөлтөнд хамгийн их нөлөөтэй
- Өгөлт (s) нь хүч болон хэлбэлзэлд нөлөөлнө

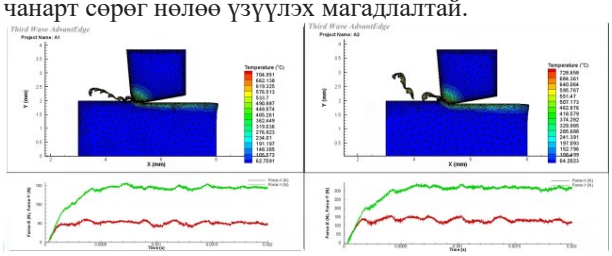
Жишээлбэл:

- A3 ба A9 нөхцөлд ap = 0.25 mm → хүч хамгийн өндөр
- A1 нөхцөлд ap = 0.10 mm → хүч хамгийн бага
- A5 (s=0.16) ба A6 (s=0.10) → A5 дээр хүч илүү өндөр

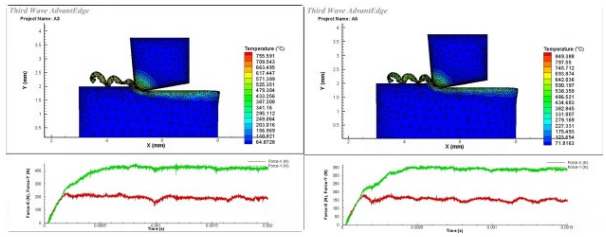
Мөн өндөр параметрийн үед хүчний муруйн хэлбэлзэл ихэссэн нь:

- Зоргодос тасралт
- температурын нөлөө
- Шүргэлцэлийн бүсийн тогтворгүй байдал

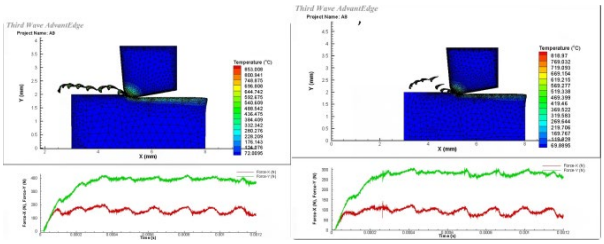
зэрэгтэй холбоотой байж болно. Энэ нь бодит боловсруулалтанд чичиргээ үүсгэж, гадаргуугийн чанарт сөрөг нөлөө үзүүлэх магадлалтай.



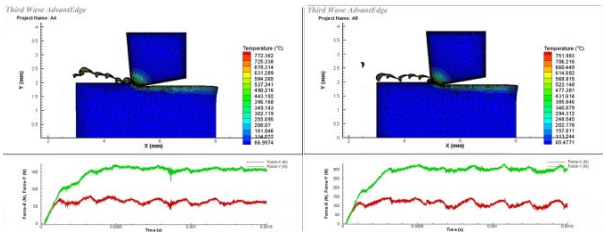
3-р зураг A1, A2 горимын үр дүн



4-р зураг A3, A5 горимын үр дүн



5-р зураг A8, A9 горимын үр дүн



6-р зураг A4, A6 горимын үр дүн

3.3 Параметрүүдийн харьцуулсан нөлөө

Судалгааны 9 нөхцөлийг нэгтгэн үзвэл:

- t (гүн) → зоролтын хүчид хамгийн их нөлөөтэй
- s(өгөлт) → хүч болон хэлбэлзэлд нөлөөлнө
- V (хурд) → температурт хамгийн их нөлөөтэй

Жишээлбэл:

- A7 → өндөр хурд, бага гүн → температур өндөр, хүч дунд
- A9 → өндөр гүн → температур ба хүч хоёулаа өндөр

Энэ нь параметрүүдийг дангаар нь биш, хам нөлөөгөөр нь авч үзэх шаардлагатайг харуулж байна.

3.4 Симулчцийн үр дүнгийн оновчтой нөхцөлийн үнэлгээ

Үр дүнг харьцуулбал:

- A1 → хамгийн бага ачаалал, гэхдээ бүтээмж бага
- A3, A5, A7, A9 → өндөр бүтээмжтэй боловч
  - температур өндөр
  - багажийн элэгдэл их
  - тогтворгүй байдал нэмэгдэнэ

Харин:

- A6 болон A8 нөхцөлүүд
  - температур дунд түвшинд
  - зоролтын хүч зохистой
  - хэлбэлзэл бага
  - процесс тогтвортой

3.4 Оновчлолын жинлэсэн үнэлгээ

Оновчтой зоролтын горимыг тодорхойлохын тулд температур (T), зоролтын хүч (F) болон процессын тогтвортой байдлыг (σ) нэгтгэн үнэлэх олон шалгуурт (multi-criteria) арга ашиглав. Үзүүлэлтүүдийг нормчлон, жинлэсэн нийлбэр функцээр дараах байдлаар илэрхийлэв:

$$S = 0.4\cdot(T/Tmax) + 0.4\cdot(F/Fmax) + 0.2\cdot(\sigma/\sigma max) \quad (2)$$

Энд Tmax = 855°C, Fmax ≈ 420 N, харин σ нь процессын хэлбэлзлийг илэрхийлэх чанарын үнэлгээ (бага=1, дунд=2, их=3) болно.

ОНОВЧЛОЛЫН ЖИНЛЭСЭН ҮНЭЛГЭЭНИЙ ҮР ДҮН

3-Р ХҮСНЭГТ

Нөхцөл	T (°C)	T norm	F (N)	F_ norm	σ	σ_ norm	S
A1	705	0.825	150	0.36	1	0.33	0.54
A2	728	0.85	320	0.76	2	0.67	0.78
A3	756	0.88	420	1.0	3	1.0	0.95
A4	772	0.9	280	0.67	2	0.67	0.76
A5	849	0.99	400	0.95	3	1.0	0.97
A6	752	0.88	300	0.71	1	0.33	0.7
A7	855	1.0	350	0.83	3	1.0	0.93
A8	819	0.96	300	0.71	1	0.33	0.74
A9	853	1.0	420	1.0	3	1.0	1.0

Жинлэсэн нийлбэр үзүүлэлтийн (S) утгаар харьцуулахад A1 нөхцөл хамгийн бага утгатай боловч зоролтын бүтээмж бага байна. Харин A6 (S = 0.70) болон A8 (S = 0.74) нөхцөлүүд нь температур, зоролтын хүч болон процессын тогтвортой байдлын хувьд тэнцвэртэй үзүүлэлттэй байгаа нь харагдаж байна. A6 нөхцөлд харьцангуй бага хурд нь температурыг хязгаарлаж, A8 нөхцөлд бага өгөлт нь зоролтын хүчийг бууруулж байгаа нь харилцан нөхөх (trade-off) нөлөөг үүсгэж, эдгээр хоёр нөхцлийг ижил түвшний оновчтой горимд хамааруулах үндэслэл болж байна.

Харин A3, A5, A7, A9 нөхцөлүүдэд S өндөр байгаа нь өндөр температур, их хүч болон процессын тогтворгүй байдал давамгайлж байгааг илтгэнэ.

Иймээс Fe105 лазер бүрхүүлтэй гадаргууг CBN багажаар хатуу зорох үед А6 ба А8 нөхцөлийг энэхүү симуляцийн хувьд оновчтой горим гэж үзэх боломжтой. Цаашид энэ туршилт төлөвлөлтийн дагуу бодит туршилт хийх шаардлагатай

ДҮГНЭЛТ

Энэхүү судалгаанд Fe105 маркийн нунтаг ашиглан лазераар шавсан бүрхүүлтэй гадаргууг CBN багаж ашиглан хатуу зорох үеийн термомеханик үзүүлэлтүүдийг AdvantEdge FEM симуляцийн аргаар судалж, зоролтын үндсэн параметрүүд болох зорох хурд (V), өгөлт (s), зоролтын гүн (t)-ийн нөлөөллийг шинжилж дараах үндсэн дүгнэлтүүдэд хүрлээ.

1. Зоролтын бүс дэх хамгийн өндөр температур нь багаж–зоргодосны шүргэлцэлийн бүс болон зоргодосны хэв гажилтын бүсэд төвлөрч байгааг тогтоов. Симуляцийн үр дүнгээр температур 705–855°C мужид хэлбэлзэж, зорох хурд (V) нэмэгдэхэд температур огцом өсөх хандлагатай байна. Өндөр параметрийн нөхцөлүүдэд (ялангуяа А7, А9) температур 800°C-ээс давж, багажид их дулааны ачаалал үүсгэх эрсдэлтэй болохыг тогтоолоо.
2. Зоролтын хүч нь эхний үед огцом өсөж, дараа нь тогтвортой төлөвт шилжиж байгааг ажиглав. Force-Y нь бүх нөхцөлд Force-X-ээс их байгаа нь үндсэн зорох чиглэл дэх ачаалал давамгай байгааг харуулж байна. Зоролтын хүч нь үндсэндээ зоролтын гүн (t) болон өгөлт (s)-өөс шууд хамааралтай бөгөөд гүн нэмэгдэхэд хүч хамгийн ихээр өсөх хандлагатай байна.
3. Зоролтын горимын параметрүүдийн харьцангуй нөлөөллийг нэгтгэн дүгнэвэл:

- Зоролтын гүн (t) → зоролтын хүчид хамгийн их нөлөөтэй
- Өгөлт (s) → хүч болон процессын тогтвортой байдалд нөлөөлнө
- Зоролтын хурд (V) → температурын өсөлтөд голлон нөлөөлнө. Иймээс зоролтын параметрүүдийг дангаар нь бус харилцан уялдаатайгаар оновчлох шаардлагатай болох нь тогтоогдов.

4. (А3, А5, А7, А9) горимуудын үед зоролтын хүч болон температур зэрэг нэмэгдэж, хүчний хэлбэлзэл ихэссэн нь зоргодос тасралт, дулааны нөлөө болон шүргэлцэлийн бүсийн тогтворгүй байдлаас үүдэлтэй байж болохыг харуулж байна. Энэ нь бодит боловсруулалтын үед багажны элэгдлийг нэмэгдүүлж, гадаргуугийн чанарт сөргөөр нөлөөлөх эрсдэлтэй.
5. Симуляцийн туршилтын үр дүнгээс А6 болон А8 нөхцөлүүд нь:

- температур дунд түвшинд
- зоролтын хүч зохистой
- процессын хэлбэлзэл бага

тогтвортой зоролт хангаж байгаа зэрэг үзүүлэлтүүдээрээ бусад нөхцөлүүдтэй харьцуулахад илүү давуу байгааг тогтоов. Иймд Fe105 лазер бүрхүүлтэй гадаргууг CBN багаж ашиглан хатуу зорох үед эдгээр нөхцөлийг оновчтой горим гэж үзээд бодит туршилт хийх боломжтой.

АШИГЛАСАН МАТЕРИАЛ, НОМ ЗҮЙ

[1] Mazumder, J. “Laser cladding process and applications.” Surface Engineering, vol. 29, no. 2, 2013, pp. 85–96. https://doi.org/10.1179/1743294412Y.0000000087

[2] Zhang, X., Li, Y., Wang, J. “Microstructure and properties of laser cladded Fe-based coatings.” Surface & Coatings Technology, vol. 385, 2020, 125–135. https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2020.125385

[3] Liu, Y., et al. “Wear resistance of Fe-based laser cladding coatings.” Wear, vol. 426–427, 2019, pp. 120–128. https://doi.org/10.1016/j.wear.2019.01.072

[4] Umbrello, D. “Hard machining of hardened steels.” Journal of Materials Processing Technology, vol. 201, no. 1–3, 2008, pp. 693–698. https://doi.org/10.1016/j.jmatprotec.2007.11.302

[5] König, W., et al. “CBN cutting tools for hard machining.” CIRP Annals, vol. 51, no. 2, 2002, pp. 45–48. https://doi.org/10.1016/S0007-8506(07)61403-3

[6] Kumar, S., et al. “CBN machining performance of laser processed alloys.” Journal of Manufacturing Processes, vol. 85, 2023, pp. 210–220. https://doi.org/10.1016/j.jmapro.2023.01.015

[7] Third Wave Systems. “AdvantEdge FEM machining simulation methodology.” Technical Report, 2022.

[8] Umbrello, D. “Finite element modeling of machining processes.” Journal of Materials Processing Technology, vol. 210, no. 3, 2010, pp. 450–460. https://doi.org/10.1016/j.jmatprotec.2009.10.012

БАЙГАЛИЙН ХӨРГӨЛТТЭЙ, АГААРЫН БИТҮҮ СЭЛГЭЛТТЭЙ ХАТААГУУРААР ТӨМС ХАТААХ ЭКСЕРГИЙН ШИНЖИЛГЭЭ

Чулуун МЯГМАРЖАВ[1], Баасанжаргал БАТСҮРЭН[2], Жоош БАЛЖИННЯМ[3]

[1,2]Монгол Улс, Улаанбаатар, ШУТИС, Барилга, архитектурын сургууль, Инженерийн зурагзүйн тэнхим

[3]Монгол Улс, ШУТИС, Хүнс, хөнгөн үйлдвэрлэлтйн дизайны сургууль, Хүнсний инженерчлэлийн тэнхим

Холбоо барих зохиогчийн и-мэйл хаяг: baljin@must.edu.mn[3]

Хураангуй: **Бид энэ өгүүллээрээ байгалийн хөргөлт бүхий агаарын битүү сэлгэлттэй хатаагуурыг танилцуулж байна. Байгалийн хүйтэн агаар ашиглан чийгийг конденсацлан ялгах ялтаст дулаан солилцуур ба дулаан сэргээгч (рекуператор) ашигласан агаарын битүү сэлгэлттэй хатаагуур нь өмнө нь туршигдаж байгаагүй учраас дулааны энергийг хэр ашигтай зарцуулж байгаа, хийцийн шийдлийн давуу талыг танилцуулах зорилгоор энэхүү туршилтыг хийлээ. Шүүгээт төхөөрөмжид хүнсний ногоо хатаахдаа агаарын урсгалын хурдыг 1, 1.5, 2 м/с, температурыг 60, 65, 70 °C болгон өөрчилж эксергийн үр ашигт хэрхэн нөлөөлөхийг судалсан. Эксергийн үр ашиг нь 66-97%, эксергийн нөөц (IPR) 0.0066-0.0312 кДж/с, тогтвортой байдлын индекс 5.49-16.7 байсан. Эксергийн шалгуур үзүүлэлтүүдийг шинжлэхэд санал болгож буй төхөөрөмж нь эрчим хүчний хэмнэлттэй болох нь харагдаж байна.**

Түлхүүр үг: Эрчим хүчний зарцуулалт, эрчим хүчний үр ашиг, агаарын битүү сэлгэлттэй хатаалт.

I. УДИРТГАЛ

Эксергийн шинжилгээ нь систем доторх энергийн ашигтай ажил хийх чадварыг үнэлдэг термодинамикийн арга юм. Эксергийн шинжилгээ хийснээр эрчим хүчийг хэрхэн үр дүнтэй зарцуулах, алдагдлыг илрүүлэх, түүнийг хэрхэн арилгаж, сайжруулах боломжийг олгоно. Хатаах процесс нь их хэмжээний эрчим хүч зарцуулдаг бөгөөд байгаль орчны бохирдол үүсгэдэг ажиллагаа юм. Хатаах ажиллагаа нь Канад, Франц болон Их Британи улсад нийт аж үйлдвэрийн эрчим хүчний хэрэглээний 10–15%-ийг, харин Герман болон Дани улсад 20–25%-ийг эзэлдэг [1]. БНХАУ-д хатаах ажиллагаа нь үндэсний эдийн засгийн нийт эрчим хүчний хэрэглээний 12%-ийг бүрдүүлдэг [2].

Судлаачид хатаах төхөөрөмжийн эрчим хүчний үр ашгийг нэмэгдүүлэх зорилгоор олон арга технологийг эрж судалдаг бөгөөд тэдгээрийн нэг нь ажилласан агаарын дулааныг буцааж ашиглах, байгалийн гаралтай дулааны эх үүсвэрийг ашиглах явдал юм. Хэт улаан туяаны халаагууртай хатаагчид агаараас агаарт дулаан сэргээгч болон нарны халаагуур хэрэглэн дулааны эрчим хүчийг 15.8-32.2% хэмнэсэн байна [3]. Судлаач Wang нар цахилгаан эрчим хүчийг дулааны эх үүсвэр болгон ашиглаж, ажиллсан агаарыг дахин эргэлтэд оруулан хаалттай цикл үүсгэх замаар эрчим хүч хэмнэх, хатаагчийн суурилагдсан чадлыг бууруулах зорилоор судалгаа хийсэн байна. Цахилгаан эрчим хүчний үр ашиг 39.79–73.9%, эксергийн үр ашиг нь 40.27–71.07% байсан бөгөөд хатаах агаарын температур нэмэгдэхэд эдгээр үзүүлэлт нь өсөж, харин агаарын урсгалын хурд нэмэгдэхэд буурах хандлагатай байжээ [4]. Zohrabi нар модны тасалгаагаар хатаах туршилтаар дулааны агаарын эргэлт бүхий туршилтын түвшний конвектив хатаагчын эксергийн үр ашгийг судалсан. Тэд хатаах температурыг, агаарын урсгалын хэмжээг, эргэлтийн хувь хэмжээг нэмэгдүүлэх нь системийн нийт эксергийн үр ашгийг сайжруулдаг болохыг тогтоосон бөгөөд агаарын эргэлт нь үр ашгийг илүү нэмэгдүүлдэг болохыг тэмдэглэжээ. Zohrabi нар модны үртэс хатаах туршилтаар ажилласан агаарыг дахин эргэлтэд оруулдаг туршилтын конвектив хатаагчийн эксергетик гүйцэтгэлийг судалсан. Судалгааны үр дүнд хатаах температур, агаарын урсгалын хурд, дахин эргэлтийн хувь нэмэгдэхэд хатаах системийн нийт эксергийн үр ашиг нэмэгддэг болохыг тогтоожээ [5]. Судлаач Folayan нар сонгиныг 0.50 см, 1.00 см, 1.50 см зузаантай зүсэж 65°C, 75°C, 85°C, 95°C температурт хатааж эксергийн алдагдал, эксергийн сайжруулалтын боломж, мөн эксергийн тогтвортой байдлын индекс-ийг хатаах агаарын температур, хугацаа болон дээжийн зузаанаас хамааруулан судалсан. Туршилтын үр дүнд зузаан нэмэгдэхэд эксерги нэмэгдэж, харин хатаах агаарын температур нэмэгдэхэд эксерги буурсан байна [6]. Andrea Aquino нарын судалгаагаар конвекцын дулааны хатаагуурт дулаан сэргээгч ашиглан эксергийн үр ашгийг 17% хүртэл нэмэгдүүлсэн байна [7]. Zexin Lei нар лабораторийн зориулалтай, агаарын битүү сэлгэлттэй тооспруулан хатаагуурт дулаан сэргээгч хэрэглэн агаарын зарцуулалтыг 0.005-аас 0.01 кг/с хүртэл нэмэгдүүлэхэд хатаах камерын эксергийн алдагдал 0.07–0.04 кВт хүртэл бууруулж, харин эксергийн үр ашгийг 69%-аас 92% хүртэл нэмэгдүүлсэн байна [8]. Tugba Kovacı нар агаарын битүү сэлгэлттэй хатаах шүүгээнд хөлдөөж хатаах аргаар гааны навчийг хатаах үед температур нэмэгдэхэд эрчим хүчний зарцуулалт багасаж эксергийн алдагдал буурсан байна [9]. Mohsen Mokhtarian нар самар хатаах нарны хатаагуурт дулаан сэргээгч ашиглан дулааны үр ашгийг 40% хүртэл нэмэгдүүлж чадсан байна [10].

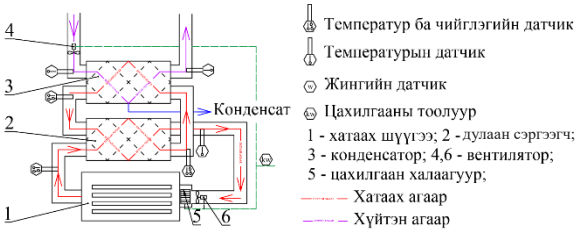
II. МАТЕРИАЛ БА АРГА

1. Материал ба туршилтын нөхцөл

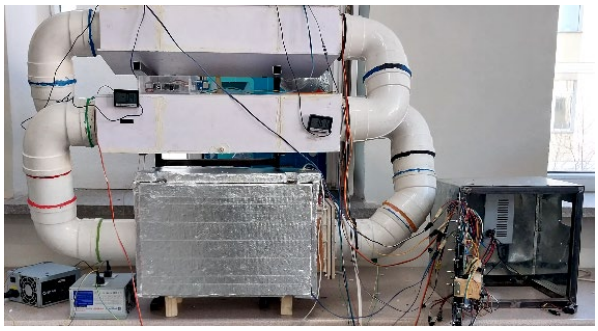
Туршилт явуулах түүхий эдээр төмсийг сонгож 4°C температурт ахуйн хөргөгчид хадгалсан. Төмсийг хальсалж, угаасны дараа 5x5x5 мм хэмжээтэй хэрчиж жижиглэнэ. Хатаах агаарын температурыг 60, 65, 70°C, агаарын урсгалын хурдыг 1, 1.5, 2 м/с утгуудад өөрчлөн туршилтыг гүйцэтгэсэн. Агаарын температур болон харьцангуй чийглэг, бүтээгдэхүүний жингийн хорогдлыг 5 минутын зайтай автоматаар хэмжсэн.

2. Туршилтын төхөөрөмж

Байгалийн хөргөлт бүхий агаарын битүү сэлгэлттэй, лабораторийн хатаах төхөөрөмж байхгүй тул өөрсдөө зохион бүтээсэн (2-р зураг). Энэ төхөөрөмжөөр ашиглан төмс болон хүнсний зарим нэр төрлийн улаан лооль, чацаргана хатаах туршилтаар байгалийн хүйтэн агаар ашиглан хатаах агаарыг хөргөн чийгийг зайлуулан хатаагуурт хэрэглэж болох нь батлагдсан. Туршилтын төхөөрөмж нь хатаах шүүгээ, конденсатор, цахилгаан халаагуур, хяналтын самбар гэсэн үндсэн хэсгүүдээс бүрдэнэ. Хатаагуурын үндсэн үзүүлэлтийг 1-р хүснэгтээр харууллаа.



1-р зураг. Байгалийн хөргөлттэй агаарын битүү сэлгэлттэй хатаагуурын схем зураг



2-р зураг. Байгалийн хөргөлттэй агаарын битүү сэлгэлттэй хатаагуурын ерөнхий байдал

ХАТААХ ТӨХӨӨРӨМЖИЙН ҮЗҮҮЛЭЛТ

1-Р ХҮСНЭГТ.

Нэр	Хэмжих нэгж	Хэмжээ
Хатаах шүүгээний эзлэхүүн	м^3	0.025
Тавиурын тоо	ш	4
Нэг тавиурын хэмжээ	м	0.200x0.323
Цахилгаан халаагуурын чадал	кВт	1.5
Дулаан сэргээгчийн дулаан солилцооны гадаргуугийн талбай	м^2	1.7
Конденсаторын дулаан солилцооны гадаргуугийн талбай	м^2	1.7
Гаднаас хүйтэн агаар оруулах вентилятор	ш	1
Вентиляторын агаарын зарцуулалт	м^3/ц	85
Вентиялторын чадал	Вт	34
Хатаах агаарын вентиялтор	ш	1
Вентиляторын агаарын зарцуулалт	м^3/ц	85
Вентиялторын чадал	Вт	34

3. Эрчим хүчний шинжилгээ

Термодинамикийн нэгдүгээр хуулийн дагуу системийн нийт энерги хадгалагдана. Цахилгаан халаагууртай агаарын битүү сэлгэлттэй хатаагуурын хувьд хатаагуурт өгөх нийт дулааны хэмжээ [4]:

$$Q = Q_e + Q_a + Q_g + \sum Q_l \qquad (1)$$

Энд:

Q – цахилгаан халаагуураас өгсөн нийт дулааны хэмжээ (цахилгаан тоолууураар хэмжинэ)

Q_e – түүхий эдээс ус ууршихад зарцуулах дулаан

Q_a – агаар халаахад зарцуулах дулаан

Q_g – төмсийг халаахад зарцуулах дулаан

Ус ууршихад зарцуулах дулаан [4]:

$$Q_e = w(2500 + 1.842T_o - c_w\theta_1) \qquad (2)$$

Энд:

c_w- усны дулаан багтаамж, кДж/(кг °C)

w– нэгж хугацаанд ууршсан усны хэмжээ, кг/с

I_i – орох агаарын энтальпи, кДж/кг

I_o – гарах агаарын энтальпи, кДж/кг

W – ууршсан чийгийн хэмжээ, кг/с

Агаарыг халаахад зарцуулах дулаан [4]:

$$Q_a = m_a c_a (t_{a2} - t_{a1}) \qquad (3)$$

Энд:

m_a – хатаах агаарын зарцуулалт, кг/с

c_a – халаагуурт өгөх агаарын дулаан багтаамж, кДж/(кг °C)

t_{a1} – халаагуурт өгөх агаарын температур, °C

t_{a2} – халаагуураас гарах агаарын температур, °C

Материалыг халаахад зарцуулах дулаан [11]:

$$Q_g = \frac{G_2 c_м}{W}(\theta_2 - \theta_1) \qquad (4)$$

Энд:

G_2 – хатаасан материалаар төхөөрөмжийн бүтээмж, кг/с

$c_м$ – төмсний дулаан багтаамж, кДж/(кг °C)

θ_2 – халаасны дараах төмсний температур, °C

θ_1 – халаахаас өмнөх төмсний температур, °C

Дулааны алдагдлыг тооцохдоо доорх томьёог ашиглалаа [11].

$$Q_l = 0.1(2493 + 1.97T_2 + q_м - 4.19\theta_1) \quad (5)$$

4. Эксергийн шинжилгээ

Хатаах шүүгээнд орох агаарын эксергийн урсгал [12]:

$$EX_i = m_a\{c_{pa} + x_i c_{pv}(T_{ai} - T_\infty) - T_\infty[(c_{pa} + x_i c_{pv}) \ln\left(\frac{T_{ai}}{T_\infty}\right) - (R_a + x_i R_v) \ln\left(\frac{P_i}{P_\infty}\right)] + T_\infty[(R_\infty + x_i R_v) \ln\left(\frac{1+1.6078x_\infty}{1+1.6078x_i}\right) + 1.6078 x_i R_\infty \ln\left(\frac{x_i}{x_\infty}\right)\} \quad (6)$$

Энд:

x_i- орох агаарын чийг агууламж, кг/кг

x_∞- орчны агаарын чийг агууламж, кг/кг

P_i- орох агаарын усны уурын даралт, кПа

P_∞ - орчны агаарын усны уурын даралт, кПа

c_{pa}- хатаах агаарын дулаан багтаамж, кДж/(кг °С)

c_{pv}- орчны агаарын дулаан багтаамж, кДж/(кг °С)

R_a – хатаах агаарын хийн тогтмол, кДж/(кг °С)

R_v – орчны агаарын хийн тогтмол, кДж/(к

Хатаах шүүгээнээс гарах эксергийн урсгал:

$$EX_o = m_a\{c_{pa} + x_o c_{pv}(T_{ao} - T_\infty) - T_\infty[(c_{pa} + x_o c_{pv}) \ln\left(\frac{T_{ao}}{T_\infty}\right) - (R_a + x_o R_v) \ln\left(\frac{P_o}{P_\infty}\right)] + T_\infty[(R_\infty + x_o R_v) \ln\left(\frac{1+1.6078x_\infty}{1+1.6078x_o}\right) + 1.6078 x_o R_\infty \ln\left(\frac{x_o}{x_\infty}\right)\} \quad (7)$$

Энд:

x_a- гарах агаарын чийг агууламж, кг/кг

x_∞- орчны агаарын чийг агууламж, кг/кг

P_o- гарах агаарын усны уурын даралт, кПа

P_∞ - орчны агаарын усны уурын даралт, кПа

c_{pa}- хатаах агаарын дулаан багтаамж, кДж/(кг °С)

c_{pv}- орчны агаарын дулаан багтаамж, кДж/(кг °С)

R_a – хатаах агаарын хийн тогтмол, кДж/(кг °С)

R_v – орчны агаарын хийн тогтмол, кДж/(кг °С)

Төмс хатаах агаарын температур 70 °С-ээс ихгүй тул хатаах агаар болон орчны агаарын хувьд доорх томьёог ашиглалаа:

$$c = 1.005 + 1.8x \quad (8)$$

Агаарын чийг агууламж

$$x = 0.622\frac{\varphi p_н}{p - \varphi p_н} \quad (9)$$

Ханасан уурын даралтыг 0°C<T<100°C үед доорх томьёогоор тодорхойлдог [11]:

$$p_н = 133{,}3 \cdot 10^{8{,}074 - \frac{1733}{T+233{,}84}} \quad (10)$$

Төмснөөс ялгарах усны эксергийн урсгалын хурдыг илэрхийлнэ:

$$EX_e = \left(1 - \frac{T_o}{T}\right) Q_e \quad (11)$$

Эксергийн алдагдал:

$$EX_l = \left(1 - \frac{T_o}{T}\right) Q_l \quad (12)$$

Хатаах процессын эксергийн үр ашиг:

$$\psi = \frac{EX_e}{EX_{ai}} \quad (13)$$

Хатаах процессын эксергийн нөөцийг (IPR) дараах байдлаар тооцоолсон болно:

$$IP = (1 - \psi)(EX_i - EX_o) \quad (14)$$

Тогтвортой байдлын индекс (SI):

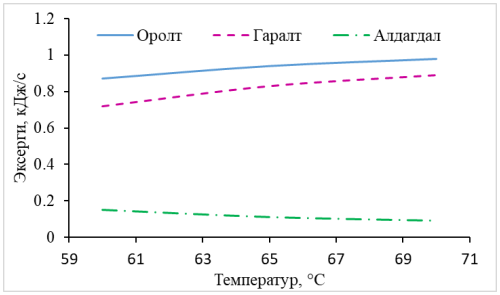
$$ESI = \frac{1}{1 - \psi} \quad (15)$$

III. ҮР ДҮН БА ХЭЛЭЛЦҮҮЛЭГ

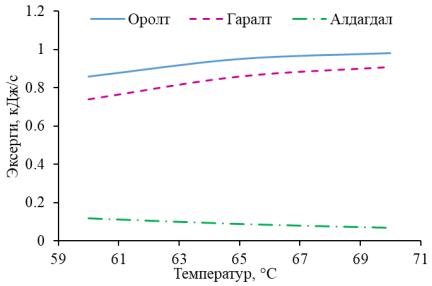
Хатаалтын энерги зарцуулалтын үзүүлэлт нь хатаах төхөөрөмжийн гүйцэтгэл болон хатаах процессын аль алинаас хамаардаг тул хатаах процессын параметрүүдийн эксергийн үр ашигт үзүүлэх нөлөөг шинжлэх нь процессын оновчлолд чухал ач холбогдолтой суурь мэдээлэл болно. Энэхүү өгүүлэлд агаарын температур болон агаарын хурдын хатаах процессын эксергийн үр ашигт үзүүлэх нөлөөг судалсан болно.

1. Эксергийн оролт, гаралт ба алдагдлын өөрчлөлт

Төмс хатаах хатаах шүүгээний эксергийн оролт, гаралт болон алдагдлын хатаалтын температураас (60–70°C, 5 °C-ийн алхамтай) хамаарсан өөрчлөлтийг 2.0 болон 1.0 м/с тогтмол агаарын хурдтай нөхцөлд 3 болон 4-р зургаар үзүүллээ.



3-р зураг. Агаарын урсгалын хурд 2 м/с байх үеийн оролт, гаралт, алдагдлын эксерги



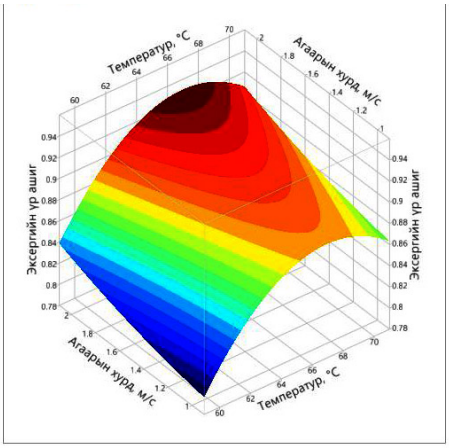
4-р зураг. Агаарын урсгалын хурд 1 м/с байх үеийн оролт, гаралт, алдагдлын эксерги

Туршилтын үр дүнгээс харахад агаарын температур нэмэгдэхэд эксергийн урсгал өсөж байна. Температур нэмэгдэхийн хэрээр эксергийн алдагдал буурч байна. Энэ нь температур нэмэгдэхэд масс болон дулаан солилцооны процесс эрчимтэй явагдан хатаах хугацаа богино байдагтай холбоотой.

2. Эксергийн үр ашиг

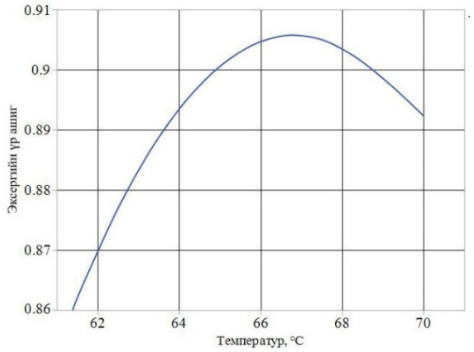
Туршилтын матрицын дагуу хатаах агаарын температур 60, 65, 70 °C, агаарын урсгалын хурд 1, 1.5, 2 м/с утгад хатаалтыг гүйцэтгэлээ. Туршилтын үр дүнг боловсруулсан загварын шалгуурууд нь RMSE=0.0184, R^2=0.88, P=0.05 байлаа. Энэ нь тооцоо ба туршилтын үзүүлэлт хоорондын зөрүү бага, гаргаж авсан математик загвар нь тухайн процессыг илэрхийлж чадах, туршилтын үр дүн нь бодитой болохыг илэрхийлж байна. Эксергийн үр ашиг нь 66-97% байгаа нь харьцангуй өндөр үзүүлэлт юм. Хатаах агаарын температур өсөхөд эксергийн үр ашиг нэмэгдэх ба агаарын температур 67.02°C хүрэхэд эксергийн үр ашиг нь буурч байна

Хатаах агаарын урсгалын хурд нэмэгдэхэд эксергийн үр ашиг дагаж нэмэгдэх нь графикаас харагдаж байна (6-р зургийн).

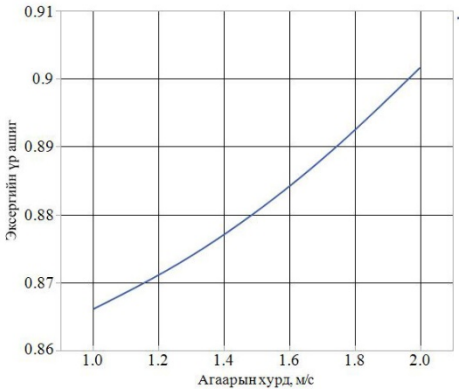


5-р зураг. Хоёр хүчин зүйлт туршилтын график

Эксергийн үр ашиг харьцангуй өндөр байгаа нь агаарын чийгийг конденсацлан ялгаж зайлуулсан хуурай агаараар хатаасантай холбоотой байх боломжтой юм.



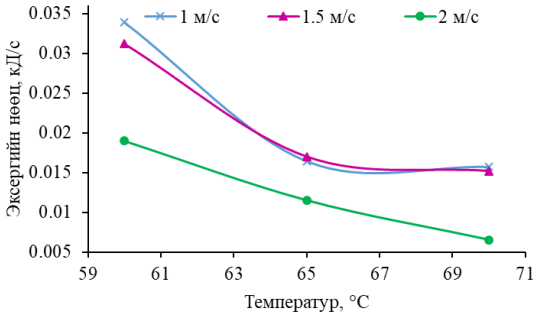
6-р зураг. Эксергийн үр ашиг ба температурын хамаарал



7-р зураг. Эксергийн үр ашиг ба агаарын урсгалын хурдны хамаарал

3. Эксергийн үр ашгийн нөөц

Эксергийн үр ашгийн нөөц нь хатаах процессыг сайжруулах боломжийг илэрхийлнэ. Энэхүү судалгааны ажлын хатаалтын температураас хамаарсан эксергийг сайжруулах боломжтой нөөцийг 8-р зургаар үзүүллээ. Хатаах температур бага үед хатаалтыг сайжруулах нөөц боломж их, харин температур нэмэгдэхэд сайжруулах боломж бага байгаа нь ажиглагдлаа. Учир нь хатаах агаарын температурыг нэмэгдүүлэх хэмжээ нь агаарыг



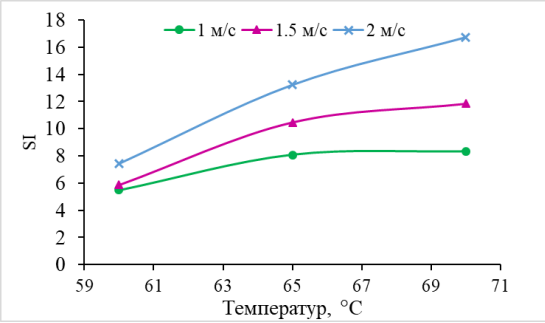
хөргөж усны уурыг конденсацлах боломжоор хязгаарлагдана.

8-р зураг. Эксергийн нөөц ба температурын хамаарал

4. Эксергийн тогтвортой байдлын индекс

Эксергийн тогтвортой байдлын индекс (Exergy Sustainability Index, ESI) нь хатаах процессын энерги, нөөцийг хэр үр ашигтай ашиглаж, байгаль орчинд хэр алдагдаж байгааг илэрхийлдэг үзүүлэлт юм. Хатаах агаарын температур нь эксергийн тогтвортой байдлын индексэд үзүүлэх нөлөөг 9-р зургаар харуулласан. Температур өсөхөд эксергийн тогтвортой байдлын индекс нэмэгдэж байна. Мөн 9-р зургаас харахад агаарын урсгалын хурд их байхад энергийн тогтвортой байдлын индекс илүү сайн байх хандлагатай байна. Эксергийн индекс нь зарим судлаачдын үзүүлэлтээс өндөр байна. Guiying Wang нарын үр тариа хатаах агаарын битүү сэлгэлттэй, цахилгаан халаагуур бүхий төхөөрөмжийн

тогтвортой байдлын индекс 1.9-2.7 байна [4]. Тогтвортой байдлын индекс нь өндөр байгаа нь битүү, хаалттай системд хатаалт явагддагтай холбоотой юм.



9-р зураг. Эксергийн тогтвортой байдлын индекс

ДҮГНЭЛТ

Байгалийн хөргөлт бүхий агаарын битүү сэлгэлттэй хатаах төхөөрөмж нь эрчим хүчний хувьд хэмнэлттэй байна. Тухайлбал: Эксергийн үр ашгийн туршилтаар агаарыг хөргөн чийг зайлуулах процесс нь үр дүнтэй, агаарыг хангалттай хуурайшуулж чадсан юм. Хатаах агаарын температурыг 70°C-с дээш нэмэгдүүлэх боломжгүй нь эксергийн нөөцөөр харагдлаа. Эксергийн нөөц харьцангуй бага байгаа нь дулааны үр ашиггүй зарцуулалт, дулааны алдагдал бага байгааг илэрхийлж байна. Эксергийн тогтвортой байдлын өндөр индекс нь эксергийн алдагдал бага, систем илүү үр ашигтай, байгаль орчинд ээлтэй, тогтвортой байгааг илтгэнэ.

Энэ туршилтаар 0.2 кг хальсалж хэрчсэн төмсийг хатаасан. Цаашид хатаах шүүгээнд ачаалах бүтээгдэхүүний хэмжээг өөрчлөн эксергийн үр ашгийг тооцох судалгааг явуулах хэрэгтэй. Бусад төрлийн хүнсний бүтээгдэхүүнийг хатааж туршин явуулж төхөөрөмжийн давуу талыг илүү баталгаажуулах ёстой.

АШИГЛАСАН МАТЕРИАЛ, НОМ ЗҮЙ

[1] M. Tohidi, M. Sadeghi and M. Torki-Harchegani, "Energy and quality aspects for fixed deep bed drying of paddy.," *Energy,* vol. 70, pp. 519-528, 2017.

[2] D. Zhang, " Discussion on energy saving and emission reduction of drying system," Vols. 36,, p. 195–199., 2009.

[3] Aktaş M, Şevik S, Amini A and Khanlari A, "Analysis of drying of melon in a solar-heat recovery assisted infrared dryer," *Solar energy,* p. 500, 2016.

[4] Guiying Wang, Wenfu Wu, Daping Fu, Wen Xu, Yan Hu and Yagiu Zhang, "Energy and Exergy Analyses of Rice Drying in a Novel Electric Stationary Bed Grain-Drying System with Internal Circulation of the Drying Medium," *Foods,* Vols. 11,101, 2022.

[5] S. Zohrabi, S. Seiiedlou, M. Aghbashlo, H. Scaar and J. Mellmann, " Enhancing the exergetic performance of a pilot-scale convective," *Dry. Technol,* vol. 38, p. 518–533, 2020.

[6] J. Adewale Folayana, F.N. Osuolaleb and P. Anawea, "Data on exergy and exergy analyses of drying," *Elsever,* pp. 1784-1793, 2018.

[7] Andrea Aquino and andPietro Poesio, "Off-Design Exergy Analysis of Convective Drying Using a Two-Phase Multispecies Model," *Energies,* Vols. 14, 223, p. 36, 2021, .

[8] Zexin Lei and Timothy Langrish, "Energy and exergy analysis for a laboratory-scale closed-loop spray drying system: Experiments and simulations," *DRYING TECHNOLOGY ,* vol. 43, p. 228–247 , 2025.

[9] Tugba Kovacı, Erkan Dikmen and Arzu Sencan Sahin, "Energy and exergy analysis of freeze-drying of mint leaves," *Food Process Engineering,* vol. 43, p. 9, 2020.

[10] Mohsen Mokhtariana, Hamid Tavakolipoura and Ahmad Kalbasi-Ashtarib, "Energy and exergy analysis in solar drying of pistachio with air recycling system," *DRYING TECHNOLOGY,* vol. 34, p. 1484–1500 , 2016.

[11] Акулич П. В, Расчёт сушильных и теплообменных установок, Минск: навука, 2010.

[12] Hasan Tarek Mondala, Ayub Hossainc, Abdul Momin Sheikha, Akhtaruzzamana and a. S. H. S. , "Energetic and exergetic investigation of a mixed flow dryer: A case study of maize grain drying," *DRYING TECHNOLOGY,* vol. 39, p. 466–480, 2021.

МОНГОЛ ХҮНИЙ НҮҮРНИЙ АНТРОПОМЕТР ХЭМЖЭЭСҮҮДИЙГ ТОДОРХОЙЛОХ БОЛОМЖИЙН СУДАЛГАА

Цагаан БААТАРХҮҮ[1], Цэнд ЖАВЗМАА[2], Оюунбилэг БАТ-ЭНХ[1], Оюунбилэг БАТТӨГС[3]

[1]Монгол Улс, Улаанбаатар, ШУТИС, МХТСургууль, Мэдээллийн технологийн тэнхим

[2]Монгол Улс, Улаанбаатар, АШУИС, Био -Анагаахын сургууль, Физик, Мэдээлэл зүйн тэнхим

[3]Монгол Улс, Улаанбаатар, СУИС, Хөгжмийн Урлагийн Сургууль, Үндэсний хөгжимийн тэнхим

Холбоо барих зохиогчийн и-мэйл хаяг: batenkh@must.edu.mn[1]

Хураангуй: **Энэхүү судалгааны ажлын зорилго нь Монгол хүний нүүрний антропометр хэмжээсүүдийг тодорхойлох боломж, аргачлал, хэрэглээг судлахын зэрэгцээ уг хэмжээсүүдийг тодорхойлоход хэрэглэгдэх өгөгдлийн санг бий болгох ба C# программ хангамжийг хөгжүүлэхэд оршино. Антропометрийн судалгаа нь хүний бие болон нүүрний морфологийн онцлогийг хэмжих, харьцуулахад чиглэдэг бөгөөд анагаах ухаан, Компьютер хараа, хиймэл оюун ухааны салбарт өргөн хэрэглэгддэг. Монгол Улсад антропометрийн чиглэлээр тодорхой судалгаанууд хийгдэж ирсэн боловч нүүрний нарийвчилсан хэмжээсийн стандарт норм бүрэн тогтоогдоогүй, ялангуяа орчин үеийн дижитал болон хиймэл оюун ухаанд суурилсан аргачлалтай хослуулсан судалгаа хомс байна. Судалгааны хүрээнд 758 хүний нүүрний зураг болон холбогдох өгөгдлийг цуглуулж, өгөгдлийн сан бүрдүүлсэн бөгөөд уг өгөгдөлд тулгуурлан нүүрний антропометрийн үндсэн үзүүлэлтүүдийг тодорхойлох, харьцуулах, ангилах боломжийг судалсан. Хувь хүний мэдээлэл хамгаалах тухай Монгол улсын хуулийн " 7.1 зүйлд Төрийн байгууллагаас бусад хуулийн этгээд, хуулийн этгээдийн эрхгүй байгууллага, хүн дараах тохиолдолд мэдээлэл цуглуулж, боловсруулж, ашиглах." Мөн " 7.1.3. хүнийг тодорхойлох боломжгүй болгож түүх, эрдэм шинжилгээ, урлаг, утга зохиолын бүтээл туурвих, нээлттэй өгөгдөл, статистикийн мэдээлэл бэлтгэх." –д ашиглаж болох тухай заасан байдаг [9].**

Түлхүүр үг: Нүүрний антропометр, Монгол хүн царай, нүүрний индекс, компьютер хараа

I. УДИРТГАЛ

Антропометр нь эртний Грекийн anthropos ("хүн") болон metron ("хэмжих") гэсэн үгнээс гаралтай бөгөөд хүний биеийн хэмжилтийг илэрхийлдэг ойлголт юм [1]. Антропометр нь хүний биеийн хэмжээсүүдийг системтэйгээр тодорхойлох шинжлэх ухаан бөгөөд биеийн хэмжээ, хэлбэр, пропорцыг тоон утгаар хэмжихэд чиглэдэг [2]. Энэхүү шинжлэх ухаан нь хүний биеийн бүтэц, морфологийн онцлог, өсөлт хөгжил, биеийн харьцаа зэрэг үзүүлэлтүүдийг тодорхойлох үндсэн аргачлал болдог. Мөн антропометрийн хэмжилтүүд нь хүн хоорондын ялгаа, нас, хүйс, үндэстэн, хүрээлэн буй орчны нөлөөллийг судлахад чухал ач холбогдолтой байдаг.

Антропометрийн судалгаа нь хүний биеийн физик шинж чанаруудыг нарийвчлан хэмжих, харьцуулах боломжийг олгодог бөгөөд эрүүл мэнд, анагаах ухаан, инженерчлэл, биомеханик, үйлдвэрлэлийн дизайн, компьютер хараа зэрэг олон салбарт өргөн хэрэглэгддэг [3]. Тухайлбал, анагаах ухаанд өсөлт хөгжлийн үнэлгээ, нүүр эрүү судлал, гоо заслын төлөвлөлтөд ашиглагддаг бол инженерчлэл болон үйлдвэрлэлийн салбарт хүний биеийн онцлогт тохирсон бүтээгдэхүүн, төхөөрөмжийн загвар боловсруулахад хэрэглэгддэг. Сүүлийн жилүүдэд хиймэл оюун ухаан болон компьютер харааны технологи хөгжихийн хэрээр антропометрийн хэмжилтийг автоматжуулах, 2D болон 3D дүрслэлээс хүний онцлогийг тодорхойлох судалгаа эрчимтэй хөгжиж байна.

Ялангуяа XX зууны эхэн үед антропометрийн хэмжилтийг арьс өнгө, соёл, сэтгэл зүйн онцлогийг бие махбодийн шинж чанартай холбон судлахад ашиглаж байсан бөгөөд энэ чиглэлийн судалгаа дэлхий даяар хурдацтай хөгжсөн байна [4]. Орчин үед антропометр нь зөвхөн биеийн ерөнхий хэмжээсээр хязгаарлагдахгүй, нүүрний бүтэц, хэлбэр, геометрийн онцлогийг тоон хэмжээсээр тодорхойлох чиглэлд өргөжин хөгжиж байна. Нүүрний антропометр нь хүний нүүрний түлхүүр цэгүүдийн хоорондын зай, өнцөг, харьцаа зэрэг үзүүлэлтүүдийг хэмжих замаар нүүрний морфологийн онцлогийг тодорхойлох боломжийг олгодог.

Нүүрний антропометрийн судалгаа нь нүүр таних, биометрийн нэвтрэлт, эрүү нүүрний эмчилгээ, гоо сайхны мэс засал, криминалистик болон хүний нүүрний загварчлал зэрэг салбарт өргөн хэрэглэгдэж байна. Ялангуяа 3D дүрслэлд суурилсан аргууд нь нүүрний гадаргуугийн геометрийн мэдээллийг нарийвчлалтай хадгалдаг тул гэрэлтүүлэг, нүүрний байрлал, өнцгийн өөрчлөлтөөс бага хамааралтай давуу талтай. Иймээс 3D нүүрний антропометрийн мэдээллийг ашиглах нь нүүр таних системийн нарийвчлал, тогтвортой байдлыг сайжруулах боломжтой гэж үздэг.

Энэхүү судалгааны ажлаар Монгол хүний нүүрний антропометрийн онцлогийг 2D болон 3D нүүрний өгөгдөлд үндэслэн тодорхойлох боломж, мөн геометрийн хэмжээс болон нүүрний түлхүүр цэгүүдэд (landmark) суурилсан нүүр таних аргын боломж, үр нөлөөг судлахыг зорьсон. Судалгааны хүрээнд нүүрний антропометрийн хэмжээсүүдийг тооцоолж, 2D геометрийн шинжүүдийг ашиглан нүүр таних аргын гүйцэтгэлийг үнэлэхэд чиглэсэн болно.

II. СУДАЛГААНЫ АРГА ЗҮЙ

3D нүүр таних технологи Хүний нүүрийг автоматаар таних асуудал нь Компьютер хараа-ны салбарт онолын болон практик ач холбогдолтой, төвөгтэй асуудлуудын нэг хэвээр байна. Энэхүү технологи нь шүүх шинжилгээ, автомат нэвтрэлт, хандалтын хяналт, цагдаагийн мэдээллийн сан, эмнэлгийн систем, аюулгүй байдал, хүн-компьютерийн харилцан үйлчлэл зэрэг олон салбарт өргөн хэрэглэгддэг [5].

Сүүлийн арван жилд хоёр хэмжээст (2D) нүүр таних системийг хөгжүүлэхэд ихээхэн анхаарал хандуулсан боловч гэрэлтүүлэг, өнцөг, нүүрний байрлалын өөрчлөлт зэрэг хүчин зүйлсээс хамааран гүйцэтгэл хязгаарлагдмал байсан. Үүний үр дүнд гурван хэмжээст (3D) нүүр таних технологи эрчимтэй хөгжиж байна.

3D аргууд нь нүүрний гадаргуугийн геометрийн мэдээллийг бүртгэдэг бөгөөд энэ нь 2D зурагт агуулагддаггүй давуу тал юм. Мөн 3D орон зайд нүүрний байрлалыг чөлөөтэй өөрчлөх боломжтой тул таних нарийвчлалыг нэмэгдүүлдэг [6]. 3D нүүр таних аргууд нь гэрэлтүүлгийн өөрчлөлтөд бага мэдрэмтгий бөгөөд нүүрний бүтцийн мэдээлэлд тулгуурлан ажилладаг.

Одоогийн байдлаар 3D нүүр таних алгоритмуудыг дараах үндсэн төрлүүдэд ангилж байна [7]:

-Бүрэн (holistic) арга

-Онцлогт суурилсан (feature-based) арга

-Гадаргуу тааруулах (surface matching) арга

3D дүр төрхт суурилсан аргууд нь 2D аргуудын өргөтгөл бөгөөд нүүрний хэлбэр, бүтцийн мэдээллийг илүү нарийвчлалтай илэрхийлэх боломжийг олгодог [8].

Сүүлийн жилүүдэд хиймэл оюун ухаан болон компьютер харааны хөгжлийн нөлөөгөөр хүний нүүрийг таних, ангилах, шинжлэх судалгааны хэрэгцээ эрс нэмэгдэж байна. Энэ хүрээнд нүүрний антропометр нь нүүрний онцлогийг тоон хэмжээсээр илэрхийлэх боломж олгодог тул чухал байр суурь эзэлдэг.

Монгол хүний хувьд нүүрний морфологийн онцлог нь бусад үндэстнээс ялгаатай бөгөөд үүнийг нарийвчилсан хэмжээсээр тодорхойлох шаардлага бий. Гэвч Монголд хийгдсэн судалгаанууд нь ихэвчлэн биеийн ерөнхий антропометр дээр төвлөрсөн бөгөөд нүүрний нарийвчилсан хэмжээс, стандарт норм, өгөгдлийн сан харьцангуй хомс хэвээр байна.

Иймээс энэхүү судалгаа нь Монгол хүний нүүрний антропометрийн хэмжээсийг тодорхойлох боломжийг шинжлэх ухааны үндэслэлтэйгээр судлахад чиглэнэ.

Нүүрний хэлбэр нь хүний төрх байдал, гадаад дүр төрхийг тодорхойлогч үндсэн хүчин зүйлүүдийн нэг бөгөөд гоо сайхан, үс засалт, нүүр будалт төдийгүй эрүү нүүрний эмчилгээ, оношилгоонд чухал ач холбогдолтой. Нүүрний хэлбэрийг шинжлэхдээ нүүрний индекс (facial index), өөрөөр хэлбэл, нүүрний өндөр болон өргөний харьцааг өргөн ашигладаг бөгөөд энэ нь нүүрний хэлбэрийг ангилах үндсэн үзүүлэлт болдог.

Таних алгоритм Судалгаанаас үзэхэд Anthroface 3D алгоритм нь нүүрний 25 антропометрийн түлхүүр цэгүүд (landmarks)-ийг ашиглан бүх боломжит хослолуудын хоорондын зайг тооцоолдог. Нийт (25×24)/2 =300 хос үүсэх бөгөөд эдгээр хос бүрийн хувьд 3D Евклидийн зай болон геодезийн зайг тооцоолдог.

3D Евклидийн зай нь хоёр цэгийн хоорондох шулуун зайг илэрхийлдэг бол геодезийн зай нь нүүрний гадаргуу дагуух хамгийн богино замыг илэрхийлдэг. Энэхүү судалгаанд геодезийн зайг тооцоолохдоо Dijkstra алгоритм-ыг ашигласан. Геодезийн зай нь нүүрний гадаргуугийн муруйлтыг илүү бодитой тусгадаг тул 3D Евклидийн зайнаас илүүгээр нүүрний хэлбэрийн онцлогийг илэрхийлэх давуу талтай.

Иймээс геодезийн зайд суурилсан шинжүүд нь нүүрний хувирал, илэрхийлэл, байрлалын өөрчлөлтөд илүү тэсвэртэй байх боломжтой гэж үздэг. Энэхүү онцлог нь 3D нүүр таних системийн нарийвчлалыг нэмэгдүүлэхэд чухал ач холбогдолтой.

Цаашид онцлог сонголтыг гүйцэтгэхийн тулд шугаман дискриминант анализ (LDA)-ыг ашигласан. Linear Discriminant Analysis нь ангиллын ялгаралтыг хамгийн их байлгах шугаман проекцыг олох зорилготой бөгөөд өгөгдлийг ялгах чадвар өндөртэй дэд орон зайд хувиргадаг. Тодруулбал, Фишерийн LDA арга нь ангиллуудын хоорондын ялгааг нэмэгдүүлж, ангиллын доторх тархалтыг багасгах замаар онцлог шинжүүдийг оновчтой сонгон ашиглах боломжийг олгодог.

Судалгааны явцад хэрэглэсэн алгоритмуудын таних нарийвчлалын харьцуулсан судалгааг *1-Р ХҮСНЭГТЭД* үзүүлэв.

ТАНИХ АЛГОРИТМУУДЫН ХАРЬЦУУЛСАН СУДАЛГАА

1-Р ХҮСНЭГТ

Таних аргууд	Таних нарийвчлал
Евклид	81.2%
Геодези	89.5%
LDA + Геодези	92.1%

Геодезийн зай нь нүүрний гадаргуугийн муруйлтыг даган хэмжигддэг тул нүүрний бодит геометрийг Евклидийн зайнаас илүү сайн илэрхийлдэг. Иймээс нүүрний хувирал болон байрлалын өөрчлөлтөнд илүү тогтвортой шинж үүсгэдэг тул сонгодог.

Матриц W оролтын вектор нь x, шугаман дэд бүлэг нь $y = W^T x$, ингэснээр төлөвлөсөн орон зай дахь өөр өөр ангиудын ялгаварлалыг дээд зэргээр нэмэгдүүлэх болно.

S_B – Ангилал хоорондын матрицын тархалт

S_w – Ангилал хоорондын матриц доторх нийлбэр

$$J(W) = \frac{|S_{\tilde{B}}|}{|S_{\tilde{W}}|} = \frac{|W^T S_B W|}{|W^T S_w W|} \quad (1)$$

$$s_B = \sum_{j=1}^{c} n_j \left(m_j - m\right)\left(m_j - m\right)^T \leftarrow \quad (2)$$

$$s_B = \sum_{j=1}^{c} \sum_{i=0}^{n_j} \left(x_i - m_j\right)\left(x_j - m_j\right)^T \leftarrow \quad (3)$$

Үүнд:

m_j – ангийн вектор дундаж

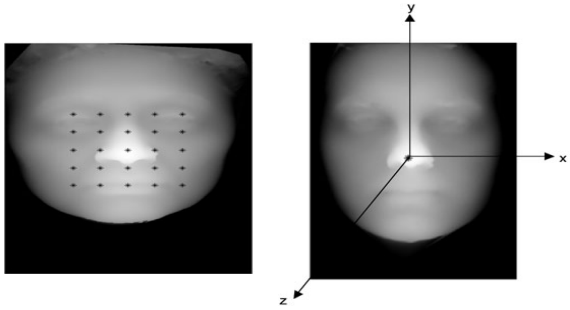
j, n_j – j анги дахь элементүүдийн тоо

m – сургалт дахь өгөгдлийн бүх дундаж тохиолдлын тоо

W – Хувийн утгын бодлогыг шийдэж болно

$$S_w^{-1} S_B w = \lambda w \quad (4)$$

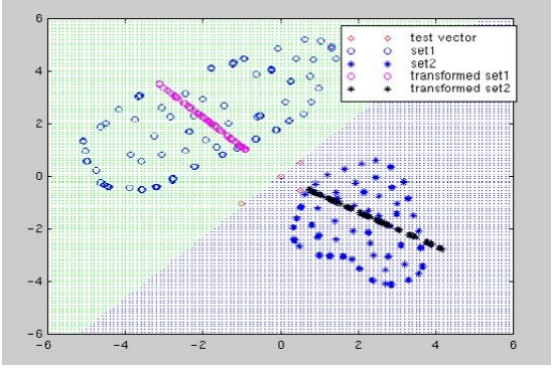
(c-1) тооцоолох замаар W – өөрийн вектор, $(S_w^{-1} S_B w)$, (λ)өөрийн утга гаргаж болно.



1-р зураг. Шугаман дискриминант шинжилгээ

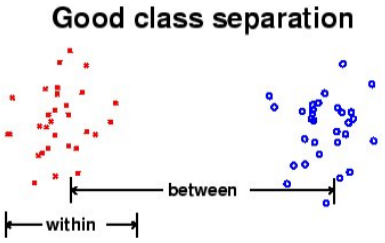
Шугаман дискриминант шинжилгээ (*1 –р зураг*) нь өгөгдлийн хоорондын ялгааг ангилж загварчлах оролдлого хийдэг. Дискриминант шинжилгээг зөвхөн регрессийн ангилалд хамааруулж болохгүй. Зорилтот хувьсагч хоёр ба түүнээс дээш ангилалттай байж болно. Шугаман дискриминант шинжилгээний арга нь өөр өөр нүүрний ангиллыг дэд орон зайгаар ялгаж олохыг оролддог. Шугаман дискриминант шинжилгээ нь хоёр хуваагдлын өөрчлөлтийг шугаман хэлбэрээр олдог. Өөрчлөгдсөн шинэ утгуудаа X ба Y өгөх ба энэ нь дан ганцаар урьдчилан таамаглахаас илүү нарийвчлалтай тооцолж өгдөг.

*Өөрчлөгдсөн бай = C1*X + C2*Y* (5)



2-р зураг. Хуваалтын функц ашиглан хувиргаж буй нь

Анги хоорондын тархалтын матрицыг хамгийн дээд зэргээр нэмэгдүүлэх ба багасгах хамгийн их сайн салж байгаа, анги доторх ба анги хоорондын өөрчлөгдсөн функцийг *3-р зургаас* харж болно.



3-р зураг. Шугаман дискриминант шинжилгээний анги тусгаарлалт

III. СУДЛАГДСАН БАЙДАЛ

“Монголын залуучуудын бие бялдрын өсөлт хөгжлийн **судалгаа” [10] ажилд 2012-2013 онд Монголын байгаль газар зүйн янз бүрийн бүсэд амьдарч буй 18-25 насны** залуусын бие бялдрын өсөлт хөгжлийг морфологийн хэмжилтийн 54 үзүүлэлтээр тодорхойлон гаргасан байдаг. Үүнд: биеийн жин, өндрийн хэмжээ, мөчдийн урт, мөрний болон ташааны голч, биеийн бүслүүр хэмжээнүүд, түүнчлэн яс, булчин, өөхлөг эдийн зарим хэмжээ, биеийн хэсгүүдийн харьцааг тодорхойлсон байдаг.

“Нүүрний индексийн антропометрийн судалгаа” ажилд Монголын 18-35 насны 100 хүнийг хамруулж, нүүрний хэлбэр болон индексийг тодорхойлсон байдаг [11]. Үүнд: Нүүрний индексийг нүүрний өндөр болон өргөний харьцаагаар тодорхойлсон байдаг.

“Монгол хүний антропометрийн болон гематологийн үзүүлэлтүүдийн бүс нутгийн харьцуулсан судалгаа” ажилд Бүс нутгийн антропометрийн ялгаа (өндөр, жин, пропорц) зэргийг тодорхойлсон байна [12].

Эндээс үзэхэд Монгол хүний нүүрний онцлогийг илэрхийлэх хэмжээсүүдтэй (landmark) хиймэл оюуны судалгаа, стандарт царайны өгөгдлийн сан, 2D/3D нүүрний хэмжилтийн судалгаа хангалтгүй буюу байхгүй байна.

Энэхүү судалгаанд нүүрний тэмдэглэгээг стандартчилсан гэрэл зураг (2D нүүрний зураг) болон хүний 3 хэмжээст (3D) дүрслэл дээр тодорхойлсон. Эдгээр зураг дээр нүүрний түлхүүр цэгүүдийг тэмдэглэж, уламжлалт онцлогт суурилсан аргуудыг (хэвтээ болон босоо хэмжээсүүд) ашиглан антропометрийн хэмжилтүүдийг тооцоолсон. Түлхүүр цэгүүдийн координатад үндэслэн нүүрний гол хэмжээсүүдийг тодорхойлох боломжтой.

IV. ӨГӨГДЛИЙН САН БОЛОН ПРОГРАММ ХАНГАМЖИЙН ХӨГЖҮҮЛЭЛТИЙН ХЭСЭГ

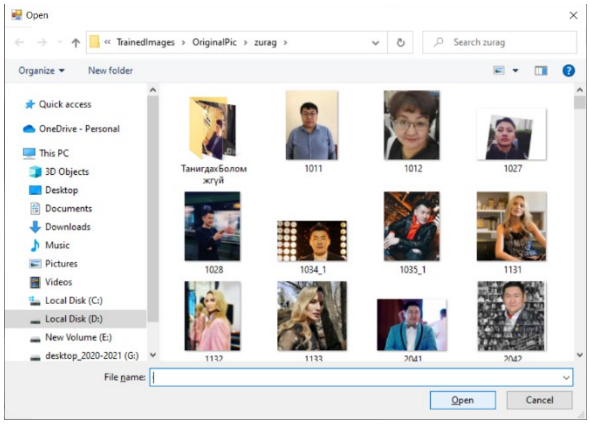
Монгол хүний нүүрний антропометр хэмжээсүүдийг тодорхойлох системийг нь 2 үе шаттайгаар хөгжүүлэх нь зүйтэй гэж үзсэн.

1. Өгөгдлийн сан үүсгэж Монгол хүмүүсийн нүүр царайны өгөгдлийг цуглуулах, царай таних, сургалт хийх.

2. Монгол хүний царайнаас антропометр хэмжээсүүдийг хэмжих гэх мэт болно.

Нэгдүгээр үе шат энэхүү системийг амжилттай хөгжүүлэхийн тулд сургалтын өгөгдлийн санг бэлтгэж, боловсруулсан. Монгол хүний нүүрний зургуудыг дараах эх үүсвэрээс цуглуулсан (*4 –р зураг*):

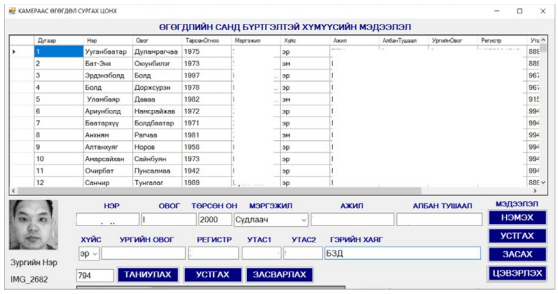
- Фото зураг (интернэт, камерын бичлэг)
- Видео бичлэг



4-р зураг. Монгол хүний зургийг олборлож буй байдал

Эдгээр өгөгдөл нь хүний царайг таних, танилт хийсэн зургаас антропометр хэмжээсүүдийг тодорхойлоход ашиглагдсан. Антропометр хэмжээсүүдийг тодорхойлох сургалтын өгөгдлийн санг Microsoft SQL Server дээр зохион байгуулсан (*5–р зураг*) бөгөөд зургууд болон нэмэлт мэдээллийг (Хувь хүний мэдээлэл хамгаалах тухай Монгол улсын хуульд заасны дагуу ID өгч) тус тус хадгалсан.

Мөн нэг хүний мэдээлэл зөвхөн цор ганц байлгах үүднээс хүн бүрт давтагдахгүй ID буюу дугаарыг өгч, энэхүү дугаарыг ашиглан сургалт хийнэ.



5-р зураг. Монгол хүний зургийг өгөгдлийн санд хадгалж буй байдал

Судалгааны үр дүнд хийгдэж буюу хөгжүүлэлтийн явцад оролтын зураг болон сургалтын өгөгдөлд хадгалагдсан зургийн хоорондох зай (distance) нь 2000 буюу түүнээс бага үед тухайн царайг амжилттай таньсан гэж үзэж, энэ тухай мэдээллийг дэлгэцэнд харуулдаг. Уг босго утга нь бусад системүүдэд ашиглагддаг 0.2 коэффициенттэй дүйцэхүйц бөгөөд танилтын нарийвчлал өндөр байгааг илэрхийлж байна.

Хэрэв зураг дээрх хүний царай хазайсан, олон объект илэрсэн тохиолдолд зургийг эргүүлж, зурагт бага зэргийг нэмэлт боловсруулалт хийх замаар царай танилтын үйл ажиллагааг үргэлжлүүлсэн. Үүний үр дүнд царай танилтын хувийг нэмэгдүүлсэн.

Энэхүү Монгол хүний царай таних хэсэгт системийн давуу тал нь олон хүний царай агуулсан оролтын зурагт сургалтын өгөгдөлд бүртгэгдсэн бүх царайнуудыг нэгэн зэрэг таних боломжтойд оршино. Өөрөөр хэлбэл, энэхүү систем нь олон царай бүхий оролтын зургийг боловсруулах үед сургалтын өгөгдлийн сантай харгалзуулан хэд хэдэн объектыг зэрэг таниж (multi-face recognition), шаардлагатай мэдээллийг харуулах чадвартай юм (*6 –р зураг*).

6-р зураг. Монгол хүний зургийг өгөгдлийн санд хадгалж буй байдал

Судалгаанд нийт 273 хүний 758 зургийг интернэтийн орчноос, 56 хүний зургийг камераас тус тус олборлосон бөгөөд давтагдсан тоогоор нийт 758 Монгол хүний царайны сургалтын өгөгдөлтэй (*2 -Р ХҮСНЭГТ*).

СУРГАЛТ ХИЙГДСЭН ӨГӨГДЛИЙН СУДАЛГАА

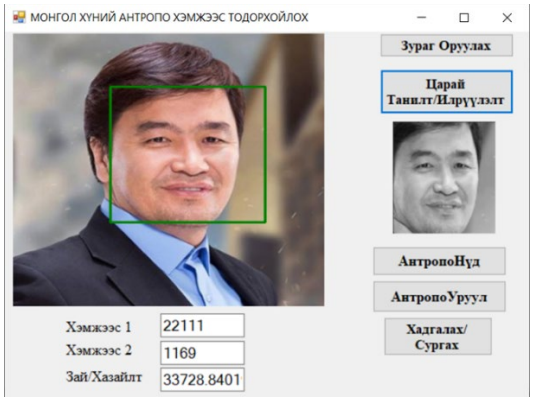
1-Р ХҮСНЭГТ

Сургалт хийгдсэн зураг	Тоо	Хувь (%)
Танигдсан зураг. Үүнд:	758	93.5
- Боловсруулалт хийхгүйгээр	599	73.9
- Эргүүлэлт хийгдсэн	53	6.5
- Олон царай илэрсэн	106	13.1
Танигдаагүй зураг	53	6.5
Нийт зураг	811	100

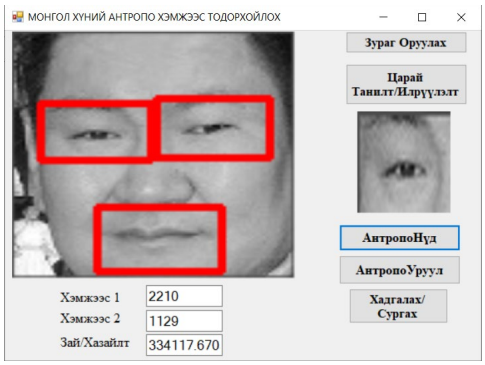
Өөрөөр хэлбэл, 273 хүний түс бүр нь 3 зургийг олборлож, сургасан байна (*7 –р зураг*). Эндээс үзэхэд сургалт хийхээр олборлосон өгөгдлүүдийн 93.5% -г нэмэлт боловсруулалт хийх шаардлагагүй сургалтын өгөгдөл болсон ба 6.5% нь сургах боломжгүй буюу царайг илрүүлэх боломжгүй байсан байна. Эдгээр

сургалт хийх боломжгүй зургууд нь хэтэрхий толгойгоо эргүүлсэн, хазайсан, гэрэл сүүдэртэй зургууд байна. Харин 13.1% нь бусад гэрэл сүүдрийг, дүрсийг хүний царайтай андуурч таньсан байна.

Хоёрдугаар үе шат



7-р зураг. Монгол хүний нүүрний антропометр хэмжээсүүдийг тодорхойлж буй байдал



8-р зураг. АнтропоУруул хэсэгт тухайн хүний царай илрүүлэлт хийж буй байдал

8 –р зурагт хэмжээсүүдийг тодорхойлж буй үйл явцыг харуулсан ба АнтропоУруул хэсэгт тухайн царай илрүүлэлт хийж буй хүний уруулын хэмжээсийг улаан хүрээгээр тодорхойлох хэсэг бөгөөд хэмжээсүүдийн тухай мэдээлэл дэлгэцэнд хэвлэгдэж байна.

Царай таних ба илрүүлэх хэсэгт хүний нүүрний хэлбэрийг илрүүлэхээс гадна танилт хийж байгаа учраас антропометр хэмжээсүүдийг тодорхойлоход янз бүрийн илүүдэл мэдээлэл орж ирэхгүй сайн талтай болсон. Энэхүү программ хангамж, өөгдлийн санг ашиглан Монгол хүний нүүрний антропометр хэмжээсүүдийг тодорхойлж болох ба цаашид улам сайн хөгжүүлэх шаардлагатай.

Дүгнэлт

Монгол хүний нүүрний антропометр хэмжээсүүдийг тодорхойлоход 4 алхамтай үйлдлийг гүйцэтгэх шаардлагатай гэж үзэж байна. Үүнд: Өгөгдлийн санд зураг оруулах; зургаас царай илрүүлэх; орон зайн геометрээр дүн шинжилгээ хийж, загварыг гаргах; тодорхойлсон хэмжээсүүдийг өгөгдлийн санд хадгалах зэрэг болно.

Босго утгыг (threshold) 1000–3000 мужид туршилтаар тодорхойлсон бөгөөд баталгаажуулалтын өгөгдөл дээр хамгийн өндөр таних нарийвчлал үзүүлсэн 2000 утгыг оновчтой босго утгаар сонгов.

Монгол хүний нүүрний антропометр хэмжээсүүдийг тодорхойлох явцад хүний арьсны өнгө, нүд, уруул гэх мэт болон онцлог шинж чанарыг зургын зарим нэг цэгүүдэд хангалттай сайн таниж чадахгүй байна. Энэ нь Монгол хүний нүүр царайны өгөгдөл хангалтгүй байгаатай холбоотой.

Энэхүү судалгааны ажлыг цаашид үргэлжлүүлж, хөгжүүлэлтийг хийснээр Монгол хүний царайны сантай болох боломжтой болж байна.

Ашигласан материал, ном зүй

[1] Encyclopaedia Britannica, “Anthropometry,” 2023.

[2] I. J. Pitt, Anthropometric Measurement in Design, London: Springer, 2018.

[3] R. Szeliski, Computer Vision: Algorithms and Applications, Springer, 2022.

[4] S. J. Gould, The Mismeasure of Man, New York: W. W. Norton & Company, 1996.

[5] A. K. Jain and S. Z. Li, Handbook of Face Recognition, Springer, 2011.

[6] A. M. Bronstein et al., “3D face recognition,” International Journal of Computer Vision, 2005.

[7] X. Lu and A. K. Jain, “Deformation analysis for 3D face matching,” IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2008.

[8] Y. Wang et al., “3D face recognition: A survey,” Pattern Recognition, 2010.

[9] https://legalinfo.mn/mn/detail?lawId=16390288615991

[10] Ш.Уранчимэг, М.Эрдэнэ, Д.Түмэн, Монголын залуучуудын бие бялдрын өсөлт хөгжлийн судалгаа, Mongolian Journal of Anthropology, Archaeology and Ethnology, Vol. 9 No. 1 (471): 69-72 (2016)

[11] Ц.Оюударь, Ж.Цолмон, Нүүрний индексийн антропометрийн судалгаа, Эрүүл мэндийн шинжлэх ухаан сэтгүүл.- Vol. 17, №6 (62), 2021., Анагаахын шинжлэх ухааны үндэсний их сургууль

[12] Мэнтэвдорж Нанжидийн, Монгол хүний антропометрийн болон гематологийн үзүүлэлтүүдийн бүс нутгийн харьцуулсан судалгаа : Анагаах ухааны доктор (Ph.D) - ийн зэрэг горилсон нэг сэдэвт бүтээл : F - 724600 - Эрүүл физиологи,УБ.: Эрхэс, 2010. - 128 х. - Номзүй Х.117-125 (БСШУЯ, ЭМШУИС)

БЕТОНЫ ШАХАЛТЫН БАТ БЭХ БА УС ҮЛ НЭВТРҮҮЛЭХ ЧАДВАРЫН ХАМААРЛЫН СУДАЛГАА

Батдорж НОМИН[1], Батмөнх НАРАНТУЯА[2], Сашка УУГАНБАЯР[3]

Монгол Улс, Улаанбаатар, ШУТИС, Барилга архитектурын сургууль,

Холбоо барих зохиогчийн и-мэйл хаяг: uuganbayar.s@must.edu.mn[2]

Хураангуй: **Энэхүү судалгаагаар Монгол орны эрс тэс уур амьсгалын нөхцөлд бетоны шахалтын бат бэх ба ус үл нэвтрүүлэх чадварын хоорондын хамаарлыг туршилтаар тодорхойлох зорилго тавьсан. Монгол орны барилгын бүтээцүүд нь температурын огцом хэлбэлзэл болон олон давтамжтай хөлдөх–гэсэх мөчлөгт өртдөг тул бетоны ус үл нэвтрүүлэх чадвар нь эдэлгээ, найдвартай байдлыг тодорхойлох үндсэн үзүүлэлт болдог. Судалгаанд хамгийн том ширхэглэл нь 16 мм буталсан хайрга, байгалийн элс, ОРС 42.5 ангийн портландцементийг ашиглан ус-цементийн харьцааг 0.50–0.38 хязгаарт өөрчилсөн дөрвөн төрлийн бетон зуурмаг бэлтгэж, ижил конусын сууллтай нөхцөлд туршсан. Бетоны шахалтын бат бэхийг MNS 1272:1999, ус үл нэвтрүүлэх чадварыг MNS 2122:1985 стандартын дагуу тодорхойлсон. Туршилтын үр дүнгээс бетоны шахалтын бат бэх нэмэгдэхийн хэрээр ус үл нэвтрүүлэх чадвар сайжирч, B25–B40 ангид W4–W10 хүртэл өссөн нь тэдгээрийн хооронд хүчтэй хамаарал байгааг харуулсан. Энэ нь ус-цементийн харьцаа буурах үед бетоны микро бүтэц нягтарч, капилляр нүх сүвний хэмжээ багассантай холбоотой гэж үзэж байна. Ийнхүү бетоны бат бэх нь ус үл нэвтрүүлэх чадварыг шууд бус, микро бүтцийн өөрчлөлтөөр тодорхойлдог болохыг тогтоосон бөгөөд энэхүү үр дүн нь Монгол орны нөхцөлд бетоны найрлага болон технологийг оновчлох, эдэлгээ сайтай бетон үйлдвэрлэхэд практик ач холбогдолтой юм.**

Түлхүүр үг: Бетоны шахалтын бат бэх, Ус үл нэвтрүүлэх чадвар, Ус-цементийн харьцаа, Капилляр нүх сүв

I. УДИРТГАЛ

Монгол орны эрс тэс эх газрын уур амьсгал нь бетоны эдэлгээний шинж чанарт онцгой шаардлага тавьдаг. Өвлийн улиралд −30°C хүртэл буурах температур, зуны улиралд +30°C хүрэх хэлбэлзэл, мөн олон давтамжтай хөлдөх–гэсэх мөчлөг нь бетоны ус нэвтрэх нөхцөлийг бүрдүүлдэг. Ийм нөхцөлд бетоны ус үл нэвтрүүлэх чадвар нь зөвхөн нэг физик шинж чанар бус, бүтээцийн удаан эдэлгээ, найдвартай байдал, засвар үйлчилгээний зардлыг тодорхойлох чухал үзүүлэлт болдог [1-3].

Бетоны ус нэвтрүүлэх чадвар нь шингэн фазын шилжилт, капилляр соролт, диффузи зэрэг олон механизмаар тодорхойлогддог бөгөөд эдгээр нь бүгд бетоны дотоод бүтцийн шинж чанартай шууд холбоотой [4-6]. Цементийн гидротацийн явцад үүсэх C-S-H гель, кальцийн гидроксид болон бусад бүтээгдэхүүнүүд нь нүх сүвний системийг дүүргэж, түүний тархалт, хэмжээ, холболтыг тодорхойлдог. Ус-цементийн харьцаа өндөр үед гидротацийн дараах сул нягт бүтэц үүсэж, холбогдсон капилляр нүх сүв давамгайлдаг тул ус нэвтрэлт ихсэх хандлагатай байдаг [7, 8] .Харин бага ус-цементийн харьцаатай үед гидротацийн бүтээгдэхүүн илүү нягт бүтэц үүсгэж, нүх сүвний холболт тасалдаж, ус нэвтрүүлэх чадвар буурдаг [9, 10].

Бетоны шахалтын бат бэх нь түүний дотоод бүтцийн нягтрал, нүх сүвний тархалтын интеграл үзүүлэлт бөгөөд бат бэх нэмэгдэхийн хэрээр ус нэвтрэлт буурдаг урвуу хамаарал байдаг нь олон судалгаагаар нотлогдсон [1, 11, 12] Бат бэх өндөртэй бетон нь нягт бүтэцтэй, тархалт сайтай, харилцан холболт багатай нүх сүвний системтэй байдаг тул ус нэвтрэх зам хязгаарлагдмал байдаг [13, 14]. Энэ үзэгдэл нь зөвхөн нүх сүвний эзлэх хувиас гадна түүний геометр, холболтын зэрэг гэх мэт параметрүүдтэй холбоотой болохыг орчин үеийн судалгаанууд онцолж байна [6, 15].

Сүүлийн жилүүдэд бетоны ус нэвтрүүлэх чадварыг бууруулахад идэвхт эрдэс нэмэлт материалуудын үүргийг өргөн судалж байна. Цахиурын тоосонцор, дэгдэмхий үнс, шохойн чулууны нунтаг зэрэг идэвхт эрдэс нэмэлтүүд нь цементийн гидротацийн хоёрдогч урвалаар нүх сүвийг бөглөж, дотоод бүтцийг сайжруулдаг [16] [15]. Үүний үр дүнд өндөр бат бэхтэй, бага ус нэвтрүүлэх чадвартай бетон үйлдвэрлэх боломж бүрдэж байна. Мөн нано материал болон полимер нэмэлтүүдийг ашигласнаар нүх сүвний бүтцийг илүү нарийн түвшинд хянах боломжтой болж байгааг судалгаанууд харуулж байна [8].

Гэвч бетоны бат бэх ба ус нэвтрэлтийн хамаарал нь зөвхөн материалын найрлагаар хязгаарлагдахгүй бөгөөд үйлдвэрлэл, тээвэрлэлт, цутгалт, нягтруулалт, арчилгаа зэрэг технологийн хүчин зүйлсээс ихээхэн хамаардаг. Жишээлбэл, хангалтгүй нягтруулалт нь бетон дотор агаарын хөндий үүсгэж, нээлттэй нүх сүвний системийг нэмэгдүүлдэг [2]. Мөн буруу арчилгаа нь гидротацийн явцыг дутуу явуулж, нягт бүтэц бүрэлдэх боломжийг хязгаарладаг [17]. Үүний улмаас бат бэх өндөр гарсан ч ус нэвтрүүлэх чадвар муу байх зөрчилтэй тохиолдол практикт ажиглагддаг.

Судалгаагаар нягтруулалтын арга, дүүргэгчийн ширхэглэлийн зохицол, агаарын агууламж зэрэг нь нүх сүвний холболтод шууд нөлөөлж, улмаар ус нэвтрэлтийн үзүүлэлтийг тодорхойлдог [10]. Мөн interface transition zone (ITZ) буюу дүүргэгч ба цементийн чулууны заагийн бүс нь харьцангуй сул

бүтэцтэй тул ус нэвтрэх гол зам болдог гэж үздэг [3]. Бат бэх өндөр бетон дахь ITZ нь илүү нягт, бага нүх сүвтэй болдог тул ус нэвтрэх чадвар буурдаг.

Монгол орны нөхцөлд хэрэглэгдэж буй дүүргэгч материалын ширхэглэлийн хэлбэлзэл, цементийн шинж чанарын ялгаа, үйлдвэрлэлийн технологийн тогтворгүй байдал нь бетоны ус нэвтрүүлэх чадварт нэмэлт нөлөө үзүүлдэг. Ялангуяа байгалийн элс доторх том ширхэглэл, тоосонцрын агууламж, дүүргэгчийн хэлбэр зэрэг нь бетоны нягтралд нөлөөлдөг. Мөн барилгын талбайн нөхцөлд технологийн горимыг бүрэн мөрдөхгүй байх нь лабораторийн нөхцөлөөс ялгаатай үр дүн гаргах шалтгаан болдог.

Иймээс бетоны бат бэх нэмэгдэхийн хэрээр ус үл нэвтрүүлэх чадвар сайжирдаг гэсэн ерөнхий зүй тогтол оршдог боловч энэ нь дотоод бүтцийн нягтрал, нүх сүвний системийн өөрчлөлт болон технологийн горимын нөлөөгөөр тодорхойлогддог нийлмэл шинжтэй үзэгдэл юм. Орчин үеийн судалгаанд энэхүү хамаарлыг зөвхөн туршилтаар бус, математик загварчлал, хиймэл оюун ухаанд суурилсан аргачлалаар тодорхойлох чиг хандлага ажиглагдаж байна.

Иймд энэхүү судалгааны ажлын зорилго нь Монгол орны нөхцөлд бетоны шахалтын бат бэх ба ус үл нэвтрүүлэх чадварын хоорондын хамаарлыг туршилтаар тодорхойлж, бетоны найрлага болон үйлдвэрлэлийн технологийг оновчлох шинжлэх ухааны үндэслэл боловсруулахад оршино.

II. Судалгааны ажлын аргачлал

Судалгаанд барьцалдуулагч материалаар MNS 974:2008 стандартын шаардлага хангасан OPC 42.5 ангийн портланд цементийг ашигласан бөгөөд цементийн үндсэн физик-механик үзүүлэлтүүд нь холбогдох шаардлагад нийцэж байсан. Нарийн дүүргэгчээр байгалийн элсийг хэрэглэсэн бөгөөд элсний ширхэглэлийн модуль 2.83 байсан ба 5 мм-ээс дээш ширхэглэлтэй хайргархаг хэсэг нь элсний жингийн 10.2%-ийг эзэлж, бетонд хэрэглэх стандартын шаардлагыг хангаж байв.

Том дүүргэгчээр голын гаралтай буталсан хайргыг ашигласан бөгөөд ширхэглэлийн хамгийн том хэмжээ 16 мм байсан. Буталсан хайрганы өнцөглөг хэлбэр нь цементийн чулуулагтай барьцалдах чадварыг сайжруулж, бетоны бат бэх болон дотоод нягтралыг нэмэгдүүлэхэд эерэг нөлөө үзүүлсэн.

Зуурмаг бэлтгэхэд хэрэглэсэн ус нь MNS ISO 12439:2012 стандартын шаардлага хангасан байсан бөгөөд бетонд хортой нөлөө үзүүлэх давс, органик хольц агуулаагүй. Усны хэмжээг найрлага тус бүрд тооцоолон тохируулж, ус-цементийн харьцааг 0.50–0.38 хязгаарт өөрчлөх замаар бетоны бат бэхийн ялгааг бий болгосон *(1-р хүснэгт)*.

Бетон зуурмагийн хөдөлгөөнт чанарыг хадгалах, бага ус-цементийн харьцаатай нөхцөлд ажлын уян нарийхай чанарыг алдагдуулахгүй байлгах зорилгоор ойролцоогоор 15%-иар усны орцыг бууруулах чадвартай суперпластификатор нэмэлтийг

Туршилтын найрлага

1-р хүснэгт.

Найрлага	Бетоны анги			
	B25	B30	B35	B40
Ус-цементийн харьцаа	0.50	0.45	0.42	0.38
Цемент	1.00	1.00	1.00	1.00
Ус	0.50	0.45	0.42	0.38
Элс	2.10	1.97	1.89	1.82
Хайрга	3.18	3.03	2.97	2.92
Суперпластификатор	0.008	0.010	0.012	0.015

Найрлагыг цементийг 1.00 гэж авч харьцааны хэлбэрээр илэрхийлсэн

хэрэглэсэн. Энэхүү нэмэлт нь усны зарцуулалтыг бууруулах замаар бетоны дотоод нягтралыг нэмэгдүүлж, улмаар ус үл нэвтрүүлэх чадварыг сайжруулах нөхцөл бүрдүүлсэн.

Бетон зуурмагийг бэлтгэхдээ зууралтын процессыг орчин үеийн судалгаанд өргөн хэрэглэгддэг лабораторийн аргачлалд нийцүүлэн үе шаттайгаар гүйцэтгэсэн. Зуурмагийг лабораторийн албадан холигчид бэлтгэхдээ эхлээд том болон нарийн дүүргэгчийг хуурайгаар ойролцоогоор 30 секунд холин жигдрүүлсэн. Үүний дараа цементийг нэмж, дүүргэгчтэй жигд холилдох хүртэл дахин 60 секунд орчим холисон.

Дараагийн шатанд ус болон суперпластификатор нэмэлтийг урьдчилан жигдрүүлэн хольж, бетон зуурмагт аажмаар нэмж, нийт 60 секунд орчим холих замаар нэгэн жигд бетон зуурмаг үүсгэсэн. Холих явцад ойролцоогоор 60 секундийн амралт хийж, дараа нь дахин богино хугацаанд холих аргыг хэрэглэсэн нь зуурмагийн дотоод бүтцийг жигд болгох, нэмэлтийн тархалтыг сайжруулах, мөн цементийн ширхэгүүдийн норголтыг нэмэгдүүлэх зорилготой байв.

Энэхүү зууралтын аргачлал нь бетон зуурмагийн нэгэн жигд байдал, ажлын чанарыг тогтворжуулахад чиглэгддэг бөгөөд ялангуяа ус-цементийн харьцаа бага нөхцөлд хөдөлгөөнт чанарыг хадгалах, дүүргэгч болон цементийн жигд тархалтыг хангахад чухал нөлөө үзүүлдэг. Үүний үр дүнд бэхэжсэн бетонд нягт дотоод бүтэц бүрэлдэж, улмаар ус үл нэвтрүүлэх чадвар сайжрах нөхцөл бүрддэг.

Ийнхүү зууралтын процессыг стандартчилсан хугацаа, дарааллын дагуу гүйцэтгэснээр туршилтын бүх найрлагад ижил нөхцөл бүрдүүлж, бетоны шахалтын бат бэх ба ус үл нэвтрүүлэх чадварын хоорондын хамаарлыг үнэн зөв тодорхойлох боломжийг хангаж өгсөн.

Бетон зуурмагийн найрлагыг тодорхойлсны дараа туршилтыг лабораторийн нөхцөлд үе шаттайгаар гүйцэтгэсэн ба бетон зуурмагийн конусан суултын туршилтыг гүйцэтгэж, бүх найрлагад ойролцоогоор 22–24 см суултыг хангах байдлаар тохируулсан. Энэ нь туршилтын бүх хувилбарт ижил хөдөлгөөнт чанарыг хангаж, зөвхөн ус-цементийн харьцааны нөлөөг харьцуулах боломж бүрдүүлсэн.

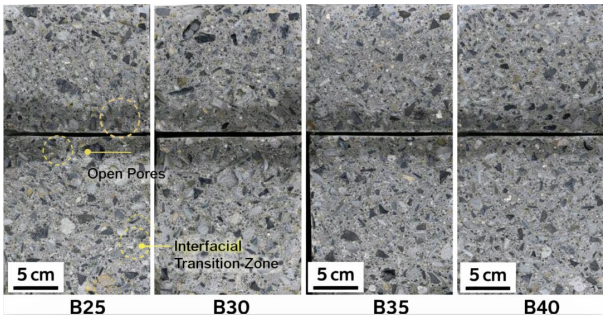
Бетон зуурмагаар сорьц бэлтгэхдээ 10*10*10 см хэмжээ бүхийх куб хэв ашиглан хоёр үеэр цутгаж, үе

бүрийг 5 секунд механик чичиргээ өгч нягтруулсан. Нягтруулалтын явцад агаарын хөндий үүсэхээс сэргийлж, бетон дотор жигд бүтэц бүрэлдэх нөхцөлийг хангахыг зорьсон. Цутгасан сорьцыг 24 цагийн турш хэвэнд хадгалсны дараа хэвнээс салгаж, 20±2°C температур, 95%-иас дээш харьцангуй чийгшилтэй орчинд нийт 28 хоног бэхжүүлсэн. Ийнхүү стандарт арчилгааны нөхцөл бүрдүүлснээр цементийн гидротацийн процесс бүрэн явагдаж, бетоны бодит бат бэхийг үнэлэх боломжтой болсон.

Бетоны шахалтын бат бэхийг MNS 1272:1999 стандартын дагуу тодорхойлсон ба тогтмол хурдтайгаар эвдрэл үүсэх хүртэл шахан, хамгийн их ачааллын утгаар шахалтын бат бэхийг тодорхойлсон. Туршилтад 3, 7 болон 28 хоног бэхжүүлсэн, үр дүнг гурван сорьцын дундаж утгаар илэрхийлсэн бөгөөд сорьц хоорондын зөрүүг хянаж, туршилтын найдвартай байдлыг хангаж ажилласан.

Бетоны ус үл нэвтрүүлэх чадварыг MNS 2122:1985 стандартын дагуу тодорхойлсон. Туршилтаар сорьцод 8 цагийн давтамжтайгаар 0.1 МПа шаталсан даралттай ус үйлчлүүлж, тодорхой хугацааны дараа ус нэвтрэх эсэргүүцлийг үнэлэн, бетоны ус үл нэвтрүүлэх ангиллыг тогтоосон. Энэхүү арга нь бетоныг тодорхой даралтын нөхцөлд ус нэвтрүүлэхгүй байх чадвараар үнэлдэг бөгөөд бетоны эдэлгээний шинж чанарыг илэрхийлэхэд өргөн хэрэглэгддэг.

Туршилтыг найрлага тус бүр дээр 6 ширхэг сорьц бэлтгэн хийж туршсан ба туршилтын дараа сорьц тус бүрийг голоор нь хагалж нэвчсэн усны гүнийг тэмдэглэн авч ажилласан (1-р зураг).



1-р зураг. Туршилтын сорьцуудын ус нэвтрүүлсэн байдал

III. СУДАЛГААНЫ АЖЛЫН ҮР ДҮН

Туршилтыг 3, 7 болон 28 хоногийн бэхжүүлж, бетоны шахалтын бат бэхийн өсөлтийн зүй тогтол болон ус үл нэвтрүүлэх чадварт үзүүлэх нөлөөг судалсан. Туршилтын үр дүнг 2-р хүснэгтээр нэгтгэн харуулав.

Туршилтын үр дүнгээс харахад бетоны шахалтын бат бэх нь хугацаанаас хамааран жигд өсөх хандлагатай байсан бөгөөд 3 хоногийн бат бэх нь 28 хоногийн бат бэхийн ойролцоогоор 50–60%-ийг, 7 хоногийн бат бэх нь 75–85%-ийг тус тус эзэлж байсан нь цементийн гидротацийн процесс хэвийн явагдаж байгааг илтгэж байна (2-р хүснэгт).

Туршилтын үр дүн

2-р хүснэгт.

Туршилтын дугаар	Бетоны шахалтын бат бэх, МПа			Ус үл нэвтрүүлэлт, W
	3 хоног	7 хоног	28 хоног	
Туршилт 1	15.2	22.8	28.5	4
Туршилт 2	17.8	26.5	32.4	6
Туршилт 3	20.1	29.7	38.2	8
Туршилт 4	23.5	33.8	42.6	10

Мөн ус-цементийн харьцаа буурах тусам бетоны шахалтын бат бэх мэдэгдэхүйц нэмэгдэж байгааг ажигласан. Тухайлбал, B25 ангийн бетоны 28 хоногийн бат бэх 28.5 МПа байсан бол B40 бетонд 42.6 МПа хүрсэн нь бетоны дотоод бүтэц нягтарч, нүх сүвний хэмжээ буурсантай холбоотой гэж үзэж байна. Энэ нь ус-цементийн харьцаа багатай нөхцөлд цементийн чулуу илүү нягт бүтцэд шилжиж, бат бэх нэмэгддэг гэсэн онолын үндэслэлтэй нийцэж байна.

Бетоны ус үл нэвтрүүлэх чадварын туршилтын үр дүнгээс харахад бат бэхийн өсөлттэй уялдан ус нэвтрүүлэх эсэргүүцэл нэмэгдэж байв. B25 бетонд W4 ангилал тогтоогдсон бол B30, B35, B40 бетонуудын хувьд W6, W8, W10 ангилалд хүрч ус нэвчилт нь тухайн дээж бүрд 1.3-2.6 см байгаа нь ус-цементийн харьцаа буурах тусам бетоны ус үл нэвтрүүлэх чадвар сайжирч байгааг илэрхийлж байна. Энэхүү үр дүн нь бетоны дотоод бүтэц нягтарч, капилляр нүх сүвний хэмжээ болон тэдгээрийн харилцан холболт багассантай шууд холбоотой гэж үзэж болно.

Ийнхүү туршилтын үр дүнгээс бетоны шахалтын бат бэх нэмэгдэхийн хэрээр ус үл нэвтрүүлэх чадвар сайжирдаг зүй тогтол тодорхой харагдаж байна. Гэвч энэхүү хамаарал нь зөвхөн бат бэхийн үзүүлэлтээр хязгаарлагдахгүй бөгөөд бетоныг бэлтгэх, зуурах, нягтруулах болон арчлах технологийн горимоос ихээхэн хамааралтай болохыг тэмдэглэх нь зүйтэй. Хэрэв бетон зуурмагийг хангалтгүй нягтруулсан эсвэл буруу арчилсан тохиолдолд дотоод ан цав, нээлттэй нүх сүв үүсэж, улмаар ус үл нэвтрүүлэх чадвар буурах эрсдэлтэй байдаг.

ДҮГНЭЛТ

Энэхүү судалгааны ажлаар Монгол орны нөхцөлд бетоны шахалтын бат бэх ба ус үл нэвтрүүлэх чадварын хоорондын хамаарлыг туршилтаар тодорхойлж, бетоны бат бэх хугацааны явцад жигд өсөхийн зэрэгцээ ус-цементийн харьцаа буурах тусам бат бэх мэдэгдэхүйц нэмэгдэж байгааг тогтоосон. Үүний зэрэгцээ бетоны ус үл нэвтрүүлэх чадвар нь бат бэхийн өсөлттэй уялдан сайжирч, бетоны ангилал B25–B40 хязгаарт W4–W10 хүртэл нэмэгдэж байгаа нь бетоны дотоод бүтэц нягтарч, капилляр нүх сүвний хэмжээ буурсантай холбоотой болохыг харуулж байна. Туршилтын үр дүнгээс бетоны шахалтын бат бэх ба ус үл нэвтрүүлэх чадварын хоорондурвуу хамаарал оршиж байгааг баталсан

боловч энэхүү хамаарал нь зөвхөн бат бэхийн үзүүлэлтээр хязгаарлагдахгүй бөгөөд бетон зуурмагийг бэлтгэх, зуурах, нягтруулах болон арчлах технологийн горимыг зөв хэрэгжүүлэхээс ихээхэн хамааралтай болох нь тогтоогдсон. Иймд бетоны бат бэхийг нэмэгдүүлэх нь ус үл нэвтрүүлэх чадварыг сайжруулах үндсэн нөхцөл боловч үйлдвэрлэлийн технологийг стандартын дагуу зөв хэрэгжүүлэх нь адил ач холбогдолтой бөгөөд энэ нь Монгол орны цаг уурын онцлог нөхцөлд бетон бүтээцийн эдэлгээ, найдвартай байдлыг хангахад чухал үүрэгтэй юм.

АШИГЛАСАН МАТЕРИАЛ, НОМ ЗҮЙ

[1] Neville, A.M., *Properties of concrete*. 1963: Pearson Education India.

[2] Alexander, M., A. Bentur, and S. Mindess, *Durability of concrete: design and construction*. 2017: CRC press.

[3] Monteiro, P., *Concrete: microstructure, properties, and materials*. 2006: McGraw-Hill Publishing.

[4] Powers, T.C., *Structure and physical properties of hardened Portland cement paste.* Journal of the american ceramic society, 1958. **41**(1): p. 1-6.

[5] Chung, D.D., *Multifunctional cement-based materials*. 2018: CRC Press.

[6] Wang, K., et al., *Permeability study of cracked concrete.* Cement and concrete research, 1997. **27**(3): p. 381-393.

[7] Bentz, D.P., *Influence of water-to-cement ratio on hydration kinetics: Simple models based on spatial considerations.* Cement and concrete research, 2006. **36**(2): p. 238-244.

[8] Li, Z., X. Zhou, and H. Ma, *Advanced Concrete Technology; Hoboken John Wiley & Sons.* Inc.: Hoboken, NJ, USA, 2011.

[9] Hooton, R.D. *Permeability and pore structure of cement pastes containing fly ash, slag, and silica fume*. in *Blended cements*. 1986. ASTM International.

[10] Basheer, L., J. Kropp, and D.J. Cleland, *Assessment of the durability of concrete from its permeation properties: a review.* Construction and building materials, 2001. **15**(2-3): p. 93-103.

[11] Liu, Z., et al., *The effect of cementitious materials on the engineering properties and pore structure of concrete with recycled fine aggregate.* Materials, 2022. **16**(1): p. 305.

[12] Shamsai, A., et al., *Effect of water-cement ratio on abrasive strength, porosity and permeability of nano-silica concrete.* World applied sciences journal, 2012. **17**(8): p. 929-933.

[13] Rahmat, M.N., N.I. Ishak, and M.A.M. Johari, *Optimization of Steam Curing Regimes for High-Strength Green Concrete: Synergistic Role of Rha and Ggbs as Supplementary Cementitious Materials.* Available at SSRN 5362481.

[14] Aïtcin, P.-C., *High performance concrete*. 1998: CRC press.

[15] Targan, Ş., et al., *Effects of supplementary cementing materials on the properties of cement and concrete.* Cement and concrete research, 2002. **32**(10): p. 1551-1558.

[16] Siddique, R., *Utilization of industrial by-products in concrete.* Procedia Engineering, 2014. **95**: p. 335-347.

[17] Dixon, D.E., et al., *Standard practice for selecting proportions for normal heavyweight, and mass concrete (ACI 211.1-91) reapproved 1997.* Reported by ACI Committee, 1991. **211**: p. 1-38.

ТЭЭРМИЙН ХУЯГ ЦУТГАХ ҮЕД ДУЛААН ЯЛГАРУУЛАХ БҮРХҮҮЛИЙН ХЭМЖЭЭ, ТООГ PROCAST 2021 АШИГЛАН ОНОВЧЛОХ

Э нхжаргалын ТҮВШИНЦЭНД[1] , Гансүхийн ОЮУНБАТ[2] , Бат-Өлзийн ЖАВХЛАН[3]

[1]Монгол Улс, Улаанбаатар, ШУТИС, Механик инженер,тээврийн сургууль, Машин үйлдвэрлэлийн тэнхим

Холбоо барих зохиогчийн и-мэйл хаяг: g_oyunbat@must.edu.mn[2]

Хураангуй: **Металл цутгах үйл явцад том хэмжээтэй, зузаан ханатай цутгамалд (ялангуяа бөмбөлөгт тээрмийн хуяг) суултын хөндий, нүх сүв үүсэх нь чанарын гол асуудал хэвээр байна. Энэхүү судалгааны зорилго нь дулаан ялгаруулах тэжээгүүрийн бүрхүүлийг ашиглан бөмбөлөгт тээрмийн хуяг цутгах үйл явцыг ProCAST 2021 программ ашиглан симуляци хийж, бүрхүүлийн хэмжээ болон тоо ширхгийг оновчлох замаар нүх сүвийн хэмжээг бууруулах, цутгамлын чанарыг дээшлүүлэх, металлын зарцуулалтыг оновчлох байв. Судалгаанд өндөр марганцын ган (110Г13Л) ашиглаж, ННХ250 (гадна Ø310 мм, дотор Ø250 мм, өндөр 310 мм) болон ННХ300 (гадна Ø360 мм, дотор Ø300 мм, өндөр 350 мм) хэмжээтэй хоёр төрлийн дулаан ялгаруулах бүрхүүлийг 1 болон 2 ширхгээр ашиглан 4 үндсэн тохиолдлыг симуляци хийв. Симуляцид цутгах температур 1480–1520°C, элсэн хэв, тетраэдр mesh (1 сая элемент), экзотермик материалын термофизик шинж чанарыг (500–850 kJ/kg дулаан ялгаралт) харгалзан тооцоолсон. Үр дүнгээс харахад ННХ250 бүрхүүлийг 2 ширхэг ашигласан тохиолдол хамгийн оновчтой байв. Энэ үед нүх сүвийн эзлэхүүн хамгийн бага (ихэнх хэсэгт 4–13.33%, дээд тал нь 22%) байсан бөгөөд Нияма коэффициент ихэнх хэсэгт 220–340 (K·s)$^{0/5}$/cm хүрч, чиглэлт талсжилт сайжирсан. Талсжилтын хугацаа 20–35%-иар сунгагдсан байна. Харин ННХ300 бүрхүүлийг 1 ширхэг ашигласан үед нүх сүв 20–80% хүрч, тэжээлт хангалтгүй байсан. 2 ширхэг ННХ300 ашиглахад чанар сайжирсан ч илүүдэл металл зарцуулалт өндөр байв. Судалгааны дүгнэлтээр бөмбөлөгт тээрмийн хуягны үйлдвэрлэлд ННХ250 бүрхүүлийг 2 ширхэг ашиглах нь чанар, эдийн засгийн хувьд хамгийн тэнцвэртэй шийдэл болохыг тогтоов. Энэ шийдэл нүх сүвийг мэдэгдэхүйц бууруулж, цутгамлын үр ашгийг нэмэгдүүлэх боломжтой юм.**

Түлхүүр үгс: ProCAST симуляци, суултын нүх сүв, бөмбөлөгт тээрмийн хуяг, оновчлол, цутгамал.

I. УДИРТГАЛ

Металл цутгах үйл явцад цутгамлын дотоод согог (суултын хөндий, нүх сүв) үүсэх нь чанарын гол асуудал хэвээр байна. Ялангуяа уул уурхайн тоног төхөөрөмжийн гол эд анги болох бөмбөлөгт тээрмийн хуяг зэрэг том хэмжээтэй, нарийн төвөгтэй геометртэй, зузаан ханатай цутгамалд энэ асуудал илүү хүндрэлтэй байдаг. Ийм цутгамлуудын хувьд тэжээгүүр нь агшилтыг нөхөхөд зайлшгүй шаардлагатай боловч уламжлалт тэжээгүүрийн хэмжээг томоор сонгох нь металлын зарцуулалтыг нэмэгдүүлж, цутгамлын үр ашгийг бууруулдаг [1]. талсжилтын хугацааг

Дулаан ялгаруулах тэжээгүүрийн нь тэжээгүүр доторх хайлсан металлыг химийн урвалаар (термит урвал: Al + Fe_2O_3) нэмэлт дулаан үүсгэж, талсжилтын хугацааг нэмэгдүүлэх идэвхтэй материал юм. Энэ нь зөвхөн дулаан хадгалах бус, нэмэлт дулаан ялгаруулж царцах хугацааг 40–55%-иар сунгадаг болохыг туршилт, симуляциар баталсан [1] [4], Дулаан ялгаруулах тэжээгүүрийн бүрхүүл ашигласнаар тэжээгүүр-ийн хэмжээг 20–40%-иар багасгах, цутгамлын гарцыг нэмэгдүүлэх, нүх сүвийн хэмжээг мэдэгдэхүйц бууруулах боломжтойг олон судалгаа харуулж байна [3].

Гэсэн хэдий ч дулаан ялгаруулах тэжээгүүрийн бүрхүүлийн хэмжээ (диаметр, өндөр, зузаан), тоо ширхэг болон байрлалыг оновчтой сонгоогүй тохиолдолд суулт багасахгүй, эсвэл тэжээгүүрийн металл илүүдэж үйлдвэрлэлийн өртөг өсдөг. Сүүлийн үеийн судалгаануудад бүрхүүлийн хэлбэр (цилиндр, бөмбөрцөг), хэмжээ (100% vs 60% volume) өөрчлөхөд бөмбөрцөг бүрхүүлийн суулт хамгийн бага байгааг тодорхойлсон боловч [4], тодорхой цутгамал (бөмбөлөгт тээрмийн хуяг) дээр хэмжээ, тоо ширхгийн оновчлолыг ProCAST 2021 программ ашиглан нарийвчлан судалсан ажил ховор байна.

Тиймээс энэхүү судалгаагаар бөмбөлөгт тээрмийн хуяг цутгах үед дулаан ялгаруулах тэжээгүүрийн бүрхүүлийн хэмжээ болон тоо ширхгийг өөрчилж, ProCAST 2021 симуляци программ ашиглан оновчлол хийж, нүх сүвийн хэмжээг тооцоолон хамгийн хямд өртөгтэй, өндөр чанартай цутгамал гаргах хамгийн ашигтай шийдлийг тодорхойлох зорилготой. Энэ нь термофизик шинж чанар, хэмжээ хэлбэрийн судалгаа, загварын оновчлол зэрэг өмнөх ажлуудыг үндэслэн бөмбөлөгт тээрмийн хуягны тодорхой үйлдвэрлэлийн нөхцөлд тохируулсан практик шийдэл болно.

II. МАТЕРИАЛ БА АРГА ЗҮЙ

1. Судалгааны материал

Судалгаанд бөмбөлөгт тээрмийн хуяг цутгахад зориулан өндөр марганцад ган (110Г13Л төрөл) ашиглав. Энэ хайлш нь уул уурхайн тоног төхөөрөмжийн элэгдэлд тэсвэртэй эд ангид өргөн

хэрэглэгддэг бөгөөд 10–15% марганц агуулсан, нүүрстөрөгчийн агууламж 0.9–1.5%-тай байдаг.

Дулаан ялгаруулах тэжээгүүрийн бүрхүүлийн хэмжээг судалгааны хүрээнд ННХ250 гадна диаметр 310 мм, дотор диаметр 250 мм, өндөр 310 мм, ННХ300 , гадна диаметр 360 мм, дотор диаметр 300 мм, өндөр 350 мм-ээр тодорхойлов. Бүрхүүлийн материал нь стандарт экзотермик материалын төрөл ($Al + Fe_2O_3$) бөгөөд дулаан ялгаралт 500–850 kJ/kg, шаталтын хугацаа 15–60 с, шатаж эхлэх температур 600°C орчим [2]. Бүрхүүлийн зузаан нь 30 мм байна.

Цутгах хэв нь элсэн хэв (цахиурын элс) ашиглав. Симуляцид тэжээгүүрийн бүрхүүлийн тоо ширхгийг өөрчилж 3 тохиолдол (1 тэжээгүүр, 2 тэжээгүүр) авч үзэв. Бүх тохиолдолд бүрхүүлийн хэмжээ ижил байв.

2. Симуляцийн арга зүй

Симуляцийг ProCAST 2021 программ ашиглан гүйцэтгэв. Энэ программ нь цутгах үйл явцын дүүргэлт, талсжилт, нүх сүв үүсэх процессыг нарийвчлан загварчлах чадвартай бөгөөд экзотермик материалын температураас хамааралтай термофизик шинж чанаруудыг (дулаан ялгаралт, шатаж эхлэх температур, шатах хугацаа) тооцоолох боломжтой [5].

3. Геометр загвар ба торлох

• Бөмбөлөгт тээрмийн хуягны сегментийн 3D загварыг CAD программ ашиглан бүтээв (нэг сегмент жингийн хэмжээ ойролцоогоор 800–1200 кг).

• Тэжээгүүрийн байрлалыг дулаан төвлөрсөн бүс бүрд (зузаан хэсгийн уулзвар) тавив.

• Mesh: Тетраэдр элемент ашиглан 1 сая элементтэй тор үүсгэв (торын хэмжээ 10–12 мм тэжээгүүр болон бүрхүүл орчимд, 15–25 мм хэв орчимд цутгамал хэсэгт торын хэмжээ бага хэвний хэсэгт том байх нь).

4. Симуляцийн нөхцөл ба параметрүүд

- Цутгах температур: 1480–1520°C
- Цутгамлын нийт эзлэхүүн 122292931мм³
- Хэвний температур: 20–25°C.
- Хөргөлтийн нөхцөл: Элсэн хэвний дулаан дамжуулалт, хувийн дулаан багтаамж, нягтрал зэрэг үзүүлэлтүүдийг цахиурын элсний стандартын өгөгдлөөр тохируулав.
- Дулаан ялгаруулах бүрхүүлийн шинж чанар: Туршилтын өгөгдлийг ашиглан дулаан дамжуулалт, хувийн дулаан багтаамж, экзотермик дулаан үүсэлт, шатаж эхлэх температур, шатах хугацааг оруулав. Modulus Extension Factor (MEF) ≈ 1.5–1.55.
- Дулаан дамжуулалтын коэффициент (ІНТС): цутгамал–бүрхүүл, бүрхүүл–хэв, цутгамал–хэв хооронд 500–2000 W/m^2K байхаар сонгов.

5***. Судалгааны тохиолдлууд***

Симуляцийг дараах нөхцөлөөр 4 удаа гүйцэтгэв (бүрхүүлийн хэмжээ ННХ250, ННХ300):

Нэг тэжээгүүрийн бүрхүүл ашиглав.

Хоёр тэжээгүүрийн бүрхүүл (нийт 2).

Бүх тохиолдолд талсжилтын чиглэлийг хангах, Нияма коэффициент (>1.0–2.0) шалгах зорилгоор тэжээгүүрийн байрлалыг тохируулав.

6. Хэмжих үзүүлэлтүүд

- Нүх сүвийн эзлэхүүн
- Талсжилтын хугацаа
- Нияма коэффициент ($Ny = G / \sqrt{\dot{T}}$)
- Температурын тархалт
- Нийт металлын зарцуулалт ба тэжээгүүрийг цэвэрлэх хөдөлмөрийн хөлсний зардал (тооцоолол)

Симуляцийн үр дүнг шинжилж, хамгийн ашигтай (чанар өндөр, өртөг багатай) тохиолдлыг тодорхойлов.

Энэхүү арга зүй нь тэжээгүүр бүрхүүлийн, термофизик үзүүлэлт хэлбэр хэмжээний нөлөө, дулаан ялгаруулах загварыг үндэслэн бөмбөлөгт тээрмийн хуягны үйлдвэрлэлийн нөхцөлд тохируулсан практик судалгаа болно.

ІІІ. ҮР ДҮН БА ХЭЛЭЛЦҮҮЛЭГ

1. Суулт, нүх сүвийн тархалт

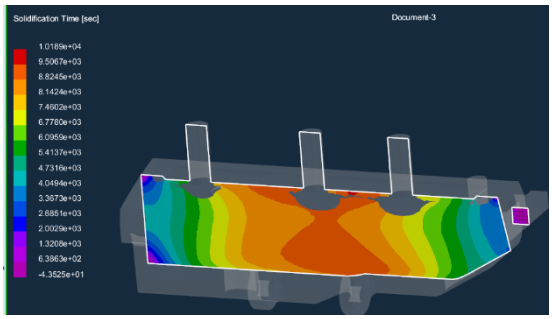
• Тэжээгүүргүй цутгалтыг зураг 1-т үзүүлэв. Энэ үр дүнгээс нияама шалгуур, хийн хөндий, талсжилтын хугацааг үндэслэн тэжээгүүрийн байрлалыг сонгов.

• ННХ300 тэжээгүүр 1 ширхэгтэй тохиолдол: Тэжээгүүрийн доод хэсэгт нүх сүв үүссэн бөгөөд сүвэрхэг чанарын хамгийн их утга 20-80% орчимд хүрсэн (төв хэсэгт шар-улаан өнгөөр илэрсэн). Талсжилтын хугацааг харахад тэжээгүүр хамгийн сүүлд царцаж байгаа ч цутгамлын их бие тэжээгүүр хоёрын завсар нүхжилт үүсэн нь цутгамал согогтой гарахыг илтгэнэ. Зураг 2

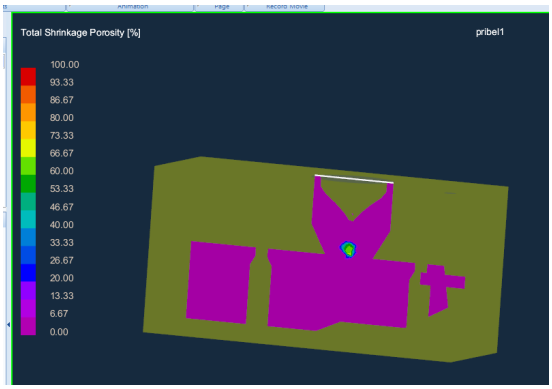
• ННХ300 тэжээгүүр 2 ширхэгтэй тохиолдол: Нүх сүвийн хэмжээ мэдэгдэхүйц буурсан. Нүхжилт суултын ихэнх хэсэг 0–20%-ийн хооронд байгаа бөгөөд зөвхөн жижиг локал бүсэд 40%-иас дээш утга ажиглагдсан. Мөн нүхжилт нь зөвхөн тэжээгүүрт үүссэн нь цутгамал зөв гарсныг илтгэнэ. Зураг 3

• ННХ250 тэжээгүүр 1 ширхэгтэй тохиолдол: суултын хэмжээ ННХ300-ээс илүү их байв. Ялангуяа цутгамлын доод хэсэгт нүх сүв их хуримтлагдсан. Мөн нүхжилт нь цутгамал дотор байгаа тул цутгамал шаардлага хангахгүй. Зураг 4

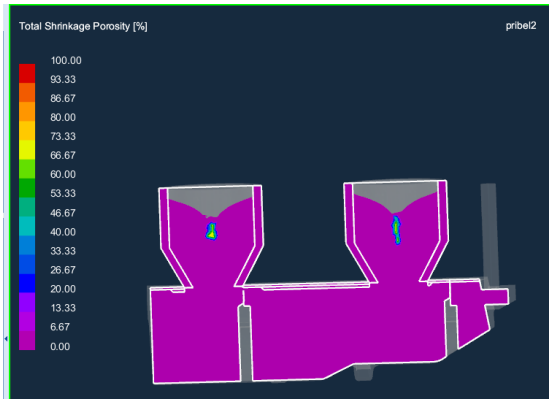
• ННХ250 тэжээгүүр 2 ширхэгтэй тохиолдол: Хамгийн сайн үр дүн гарсан. Нүх сүвийн эзлэхүүн хамгийн бага (ихэнх хэсэгт <13.33%) байсан бөгөөд тэжээгүүрээс тэжээлт илүү үр дүнтэй явагдсан. Мөн нүхжилт тэжээгүүр дотор үүссэн тул цутгамал зөв гарсныг илтгэнэ. Зураг 5



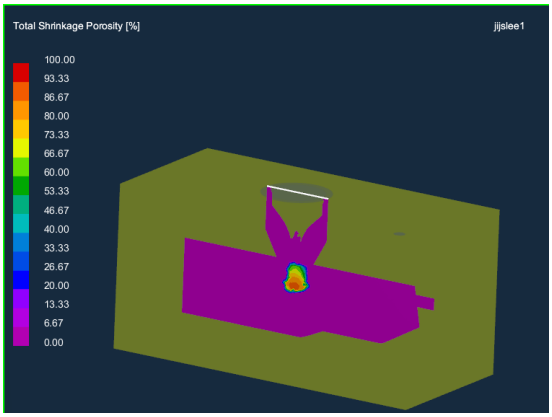
Зураг 1. Тэжээгүүргүй үеийн цутгалтын симулаци



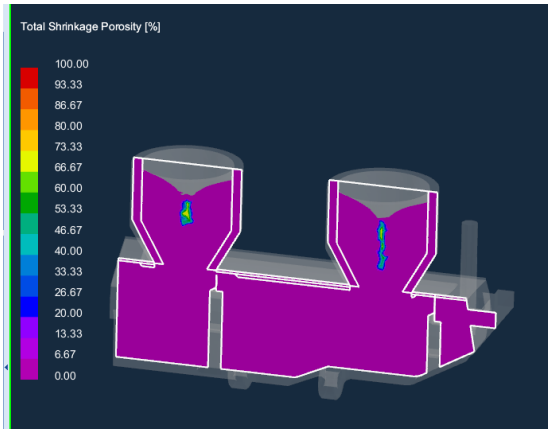
Зураг 2. ННХ 300 тэжээгүүр нэгийг хэрэглэх үеийн суулт



Зураг 3. ННХ 300 тэжээгүүр хоёрыг хэрэглэх үеийн суулт



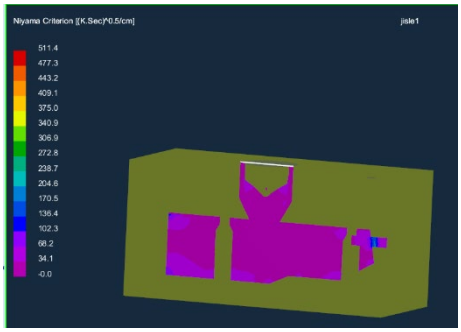
Зураг 4. ННХ 250 тэжээгүүр нэгийг хэрэглэх үеийн суулт



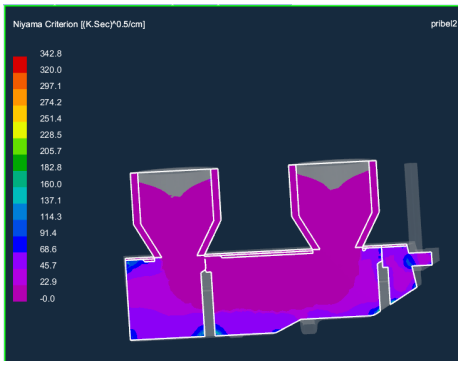
Зураг 5. ННХ 250 тэжээгүүр хоёрыг хэрэглэх үеийн суулт

2. Нияма коэффициент

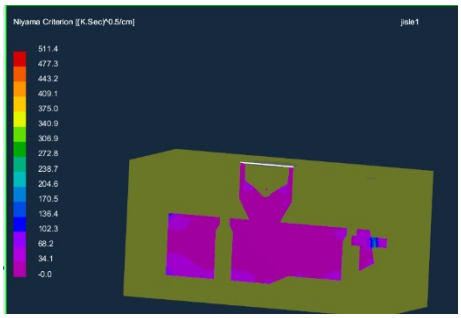
- 1 тэжээгүүртэй тохиолдлууд: Нияма коэффициент олон хэсэгт 100–200 (K·s)^0.5/cm-ээс доош байсан бөгөөд нүх сүв үүсэх эрсдэл өндөр байна. Зураг 6, 8
- 2 тэжээгүүртэй тохиолдлууд: Нияма утга ихэнх хэсэгт 200–350 (K·s)^0.5/cm хүртэл өссөн. Ялангуяа ННХ250 бүрхүүл 2 ширхэгтэй үед утга (Ny > 200)-аас дээш байсан хэсэг ихэссэн. Зураг 7, 9
- Энэ нь дулаан ялгаруулах бүрхүүлийн тоог нэмэгдүүлэх нь тэжээх чанарыг сайжруулж байгааг баталж байна.



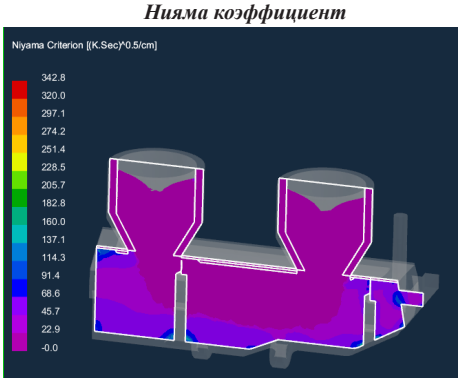
Зураг 6. ННХ 300 тэжээгүүр нэгийг хэрэглэх үеийн Нияма коэффициент



Зураг 7. ННХ 300 тэжээгүүр хоёрыг хэрэглэх үеийн Нияма коэффициент



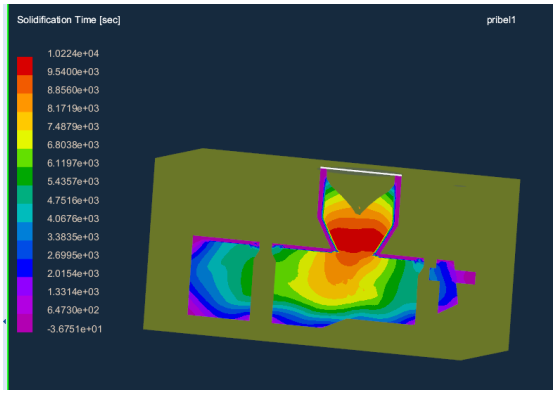
Зураг 8. ННХ 250 тэжээгүүр нэгийг хэрэглэх үеийн Нияма коэффициент



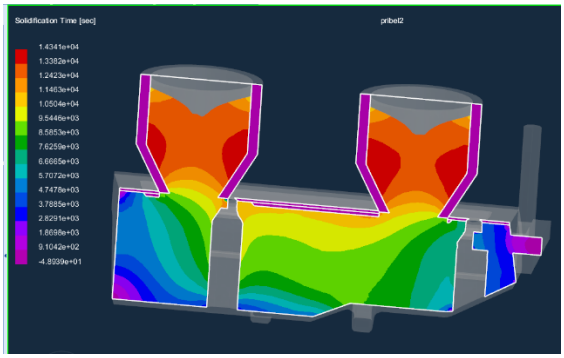
Зураг 9. ННХ 250 тэжээгүүр хоёрыг хэрэглэх үеийн Нияма коэффициент

3. Талсжилтын хугацаа (Solidification Time)

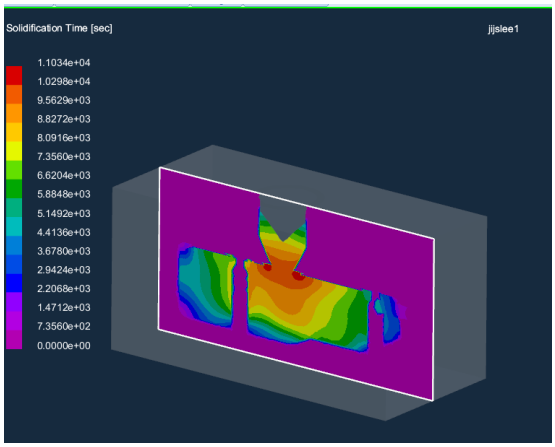
- 1 тэжээгүүртэй тохиолдол: Талсжилтын хугацаа 10000-12000 секундийн хооронд байв. Тэжээгүүрээс холдох тусам хурдан хатуурч байгаа нь ажиглагдсан.
- 2 тэжээгүүртэй тохиолдол: Талсжилтын хугацаа 20–35%-иар сунгагдсан. Ялангуяа ННХ300 бүрхүүл 2 ширхэгтэй үед тэжээгүүр орчимд 12000 секундээс дээш утга гарсан. Энэ нь дулаан ялгаруулалтын улмаас тэжээгүүр доторх металл удаан шингэн хэвээр үлдсэнийг харуулж байна.



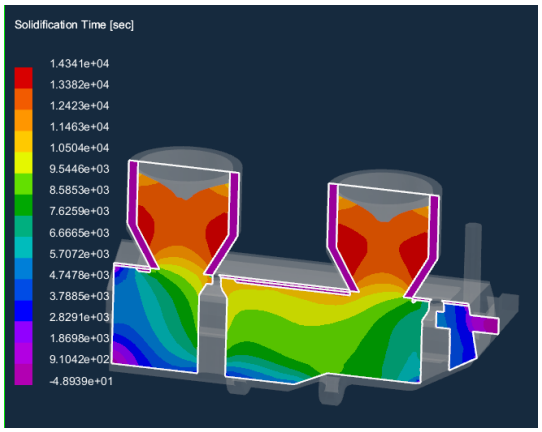
Зураг 10. ННХ 300 тэжээгүүр нэгийг хэрэглэх үеийн талсжилтын хугацаа



Зураг 11. ННХ 300 тэжээгүүр хоёрыг хэрэглэх үеийн талсжилтын хугацаа



Зураг 12. ННХ 250 тэжээгүүр нэгийг хэрэглэх үеийн талсжилтын хугацаа



Зураг 13. ННХ 250 тэжээгүүр хоёрыг хэрэглэх үеийн талсжилтын хугацаа

4. Харьцуулалтын хүснэгт

ДУЛААН ЯЛГАРУУЛАХ ТЭЖЭЭГҮҮРИЙН ТӨРӨЛ, ТООНООС ХАМААРАН ГОЛ ҮЗҮҮЛЭЛТҮҮДИЙН ХАРЬЦУУЛАЛТ

1-Р ХҮСНЭГТ

Бүрхүүл төрөл	Бүрхүүл тоо	Нүх сүвийн хэмжээ (%)	Нияма коэффициент (мин)	Талсжилтын хугацаа (сек)
ННХ300	1	20-80	80–150	10000-12000
ННХ300	2	0–20	180–320	12000-14000
ННХ250	1	28–80	120–220	10000-12000
ННХ250	2	4-22	220–340	12000-14000

ДҮГНЭЛТ

1. Дулаан ялгаруулах тэжээгүүрийн бүрхүүл ашиглах нь бөмбөлөгт тээрмийн хуягны цутгамалд нүх сүв үүсэхийг мэдэгдэхүйц бууруулж, талсжилтын чиглэлийг сайжруулж байна. Гэхдээ бүрхүүлийн хэмжээ, тоо ширхгээс ихээхэн хамааралтай байв.

2. ННХ300 бүрхүүл 1 ширхэг ашигласан тохиолдолд нүх сүвийн хэмжээ өндөр (20–80%) байсан бөгөөд цутгамлын төв хэсэгт том хөндий үүссэн нь тэжээлт хангалтгүй байсныг харуулсан.

3. ННХ250 бүрхүүл 2 ширхэг ашигласан тохиолдолд хамгийн сайн үр дүн гарсан. Нүх сүвийн эзлэхүүн хамгийн бага (4–10% орчим) байсан бөгөөд Niyama коэффициент ихэнх хэсэгт 220–340 (K·s)^0.5/cm хүртэл өссөн. Мөн талсжилтын хугацаа 20–35%-иар сунгагдаж, дулааны төвлөрсөн бүс тэжээгүүр рүү шилжин талсжилтын чиглэл сайжирсан.

4. Том хэмжээтэй ННХ300 бүрхүүлийг 2 ширхэг ашиглахад нүх сүв буурсан ч илүүдэл металл зарцуулагдаж, цутгамлын үр ашиг буурах эрсдэлтэй байв. Харин жижиг хэмжээтэй ННХ250 бүрхүүлийг 2 ширхэг ашиглах нь чанарын болон эдийн засгийн хувьд хамгийн ашигтай шийдэл болжээ.

Цаашид хийгдэх судалгааны чиглэл:

- Симуляцийн үр дүнг туршилтын цутгалтаар баталгаажуулах
- Өөр хайлш (өндөр хромт ган гэх мэт)-д турших
- Бүрхүүлийн зузаан, найрлага, байрлалыг нэмэлт оновчлол хийх
- Эдийн засгийн үр ашгийн нарийвчилсан тооцоо хийх

АШИГЛАСАН МАТЕРИАЛ, НОМ ЗҮЙ

[1] R. W. T. &. B. C. Hardin, Riser sleeve Properties for Steel Castings and the Effect of sleeve Type on Casting Yield., SFSA Technical & Operating Conference., 2013.

[2] Williams, T.J., Hardin, R.A., & Beckermann, C. , Thermophysical Properties and Performance of Riser sleeves for Steel Castings., International Journal of Metalcasting, 10(4), 535–555., 2016.

[3] O. T. A. &. C. K. Yucel, Optimization of exothermic riser sleeves Design Parameters., 9th International Symposium on High-Temperature Metallurgical Processing, 345–351, 2018.

[4] O. e. a. Sotomayor, Study on the Effects of Size-Shape Parameter Variation of exothermic riser sleeves and Its Influence on Temperature Dependent Parameters. International Journal of Metalcasting., https://doi.org/10.1007/s40962-024-00001-0, 2024.

[5] O. S. D. &. M. A. Broytman, Simulation of sleeves with Exothermic sleeves., PoligonSoft Technical Article., 2024.

МОНГОЛ ТЭМЭЭНИЙ НООСНЫ ШИНЖ ЧАНАРЫН СУДЛАГДСАН БАЙДЛЫН ТОЙМ

Чинбат ЦОЛМОН[1], Рэнцэнлхүндэв МЯДАГМАА[2]

[1]Монгол Улс, Улаанбаатар, ШУТИС, Хүнс, хөнгөн үйлдвэрлэл, дизайны сургууль, Хөнгөн үйлдвэрлэлийн технологи, инженерчлэлийн салбар

Холбоо барих зохиогчийн и-мэйл хаяг: myadagmaa@must.edu.mn[2]

Abstract: **The fiber of the Bactrian camel, adapted to Mongolia's harsh continental climate, is a natural raw material characterized by excellent thermal insulation, lightness, softness, and eco-friendly properties that meet the requirements of sustainable development. As international research on camel fiber continues to expand, there is a growing need to study Mongolian camel fiber in greater detail. Therefore, this study aims to synthesize and evaluate the structural and physico-mechanical properties of Mongolian camel fiber.**

Түлхүүр үг: Байршил, Бүрэлдэхүүн, Зүс, Үүлдэр омог

I. УДИРТГАЛ

Дэлхийн нэхмэлийн салбарт сүүлийн арав гаруй жилийн хугацаанд түүхий эдийн сонголтод байгаль орчинд үзүүлэх нөлөө, био-задрах чадвар, амьтны эрхийн асуудлыг чухалчлах болсон. Энэ хүрээнд хоёр бөхт тэмээний (*Camelus bactrianus*) ноос нь байгальд ээлтэй, дахин сэргээгдэх нөөцөд тулгуурласан, өндөр чанарын байгалийн түүхий эдэд тооцогдож байна.

Монгол улс нь дэлхийн нийт хос бөхт тэмээний удмын сангийн 40 орчим хувийг хадгалж байгаа нь тэмээний ноосны нөөц, чанарын хувьд дэлхийд өрсөлдөхүйц суурь боломжийг бүрдүүлдэг. Гэвч олон улсын зах зээлд тэмээний ноосон бүтээгдэхүүний үнэ цэнэ ноолуур зэрэг тансаг ширхэгттэй харьцуулахад доогуур хэвээр байгаа нь түүний физик, химийн болон технологийн нарийвчилсан шинж чанарыг шинжлэх ухааны үндэслэлтэйгээр баталгаажуулж бүтээгдэхүүн болгон хөгжүүлэх ажил хангалтгүй байгаатай холбоотой юм.

Олон улсын судалгаанд тэмээний ноосны боловсруулалтын технологи, бүтээгдэхүүний гүйцэтгэлийн шинж чанарт түлхүү анхаарч ирсэн бол Монгол судлаачид үүлдэр угсаа, биологийн нөөц, түүхий эдийн суурь үзүүлэлтийг мал зүйн үүднээс нарийвчлан судалсан онцлогтой. Энэ нь Монгол тэмээний ноосны судалгааны давуу тал боловч орчин үеийн өндөр технологид суурилсан үйлдвэрлэлд шаардлагатай физик-механик, микро бүтцийн нарийвчилсан, стандартчилсан өгөгдөл харьцангуй хомс байна. Олон улсад нэхмэлийн үйлдвэрлэлийн салбарт байгалийн гаралтай, "Luxury" зэрэглэлийн ширхэгтийн эрэлт хэрэгцээ тогтмол өсөж байна [1].

2025 оны статистик мэдээгээр тэмээний тоо толгой 501.3 мянгад хүрчээ. Монгол улс жил бүр дунджаар 2.3 мянган тонн тэмээний ноос бэлтгэдэг нь улсын нийт ноос, ноолуур бэлтгэлийн 10 орчим хувийг эзэлж байна [2]. Тэмээ нь био-физиологийн өвөрмөц онцлогтой, амьдын ашиг шим өндөртэй төдийгүй нэг тэмээ 20-25 наслах хугацаандаа дунджаар 280-300 кг ноос өгдөг [3]. Судалгаагаар амьтны гаралтай ширхэгтүүдийн физик шинж чанар төрөл зүйлээс хамаарч ялгаатай байдаг бөгөөд сарлагийн хөөвөр, ямааны ноолуур болон тэмээний ноосыг харьцуулахад дулаан хадгалах чадвар, ширхэгтийн голч, уян хатан чанарын хувьд өвөрмөц ялгаатай болох нь тогтоогдсон [4]. Тэмээний ноосны нарийн ширхэг болон бүтэц нь нас, хүйсээс хамаарч өөрчлөгддөгийг судлаачид тэмдэглэсэн байдаг [5].

Түүнчлэн Монгол орны эрс тэс уур амьсгалд дасан зохицсон тэмээний ноос нь хөндий бүтэц, дулаан хадгалах өндөр чадвартай "ухаалаг" байгалийн ширхэгт боловч эдгээр шинж чанарыг орчин үеийн багаж, аргачлалаар (SEM, OFDA, DSC гэх мэт) хэмжиж, олон улсын стандартад нийцсэн тоон үзүүлэлтээр нэгтгэсэн судалгаа хангалтгүй байна.

Иймд тэмээний ноосны судалгаанууд нэгдсэн дүгнэлтгүй, салангид байгаа нь үйлдвэрлэлийн технологийн шинэчлэлд ашиглах онолын нэгдмэл суурь бүрэлдэхэд саад болж байна. Тиймээс өмнөх судалгааны үр дүнг нэгтгэн, өнөөгийн судлагдсан байдлыг тоймлон дүгнэх зайлшгүй шаардлага үүсэж байна.

Монгол тэмээний ноосны физик-механик бүтэц, дулаан хадгалах шинж чанарыг орчин үеийн шинжлэх ухааны арга зүйгээр судалж, түүхэн болон орчин үеийн өгөгдлийг нэгтгэн шинжлэх нь онол, практикийн уялдааг хангах, үйлдвэрлэлийн технологийг боловсронгуй болгох, улмаар экспортын өрсөлдөх чадварыг нэмэгдүүлэхэд чухал ач холбогдолтой юм.

II. СУДАЛГААНЫ АРГА ЗҮЙ

Тэмээний ноосны шинж чанарын үнэлгээнд чанарын болон тоон судалгааны аргуудыг хослуулан ашиглав. Үүнд:

- Баримт бичгийн шинжилгээ дотоод, гадаадын тэмээний ноосны талаарх эрдэм шинжилгээний өгүүлэл, тайлан, судлагдсан байдлыг тоймлон дүгнэсэн.
- Харьцуулсан шинжилгээ Монгол болон олон улсын судалгааны чиг хандлага, судалгааны арга зүй, үр дүнгүүдийг харьцуулан дүн шинжилгээ хийж, ялгаа болон уялдаа холбоог тодорхойлов.

• Өмнөх судалгаануудын үр дүнг ангилан, физик-механик үзүүлэлт, дулаан хадгалах шинж чанарын үзүүлэлтийг нэгтгэн дүгнэв.

III. СУДАЛГААНЫ ҮР ДҮН

Энэхүү судалгааны ажлаар Монгол тэмээний үүлдэр угсаа, тэмээний ноосны бүрэлдэхүүн, физик механик шинж чанарыг эрдэмтдийн судалгаанд үндэслэн гаргаж дүгнэсэн. Монгол эрдэмтэд 1930-1960 онд хийсэн хээрийн судалгаа, 1933 Догушина, 1938 Чашкин нарын хийсэн судалгаа, 1963 онд von Bergen -ны хийсэн олон улсын амьтны гаралтай ширхэгтийн ангиллын суурь судалгааны үр дүнтэй нийцэж байна. Мөн 1990-ээд оноос эрдэмтэн Т.Балдан нарын хийсэн тэмээний ноосны бүтцийн нарийвчилсан судалгаа нь олон улсад өрнөж байсан тэмээний ширхэгтийн микро-морфологийн хандлагатай ижил түвшинд судлагджээ. Тэмээний ноосны судалгааг 3 үед хуваж үзвэл.

• I үе 1930-1950 онд И.Н. Чашкин, Н.А. Догушина, А.А. Мелешко, И.Ф. Шульженко нар тэмээний ноосны морфологи бүтцийн ерөнхий судалгааг хийсэн.

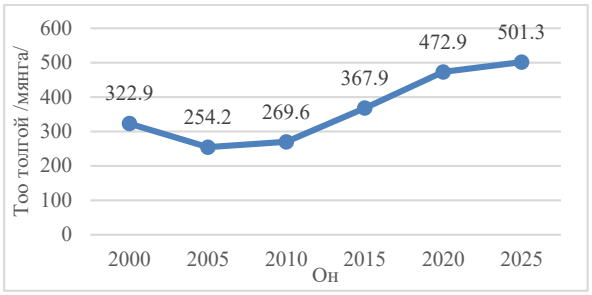
• II үе 1950-1980 онд Р. Индра, Б. Лувсан, Ш. Пүрэврагчаа, Д. Цэвээнжав нар үржил, селекцийн суурь судалгааг хийсэн.

III үе 1980-2010 оноос хойш Д. Буянхишиг, Т. Балдан нар үүлдэр угсаанаас хамаарсан ноолуурын гарц, урт болон ашиг шимийн нарийвчилсан чанарын судалгааг хийсэн бол Г.Надмид, Р.Мядагсүрэн, В.Болормаа, Э.Давагсүрэн нар тэмээний ноосны боловсруулалтын судалгааг хийжээ.

Олон улсын түвшинд тэмээний ноос (camel hair fiber)-ны судалгаа нь физик-механик шинж чанар, микро бүтэц, молекул түвшин, хэрэглээний үнэлгээ гэсэн үндсэн чиглэлүүдээр хийгдэж байна. Нэг бөхт тэмээний ноос нь нас хүйсээр ноосны бүтэц, шинж чанар химийн элементийн агууламж ялгаатай байдгийг тогтоосон [6]. Араб тэмээний ноосны шинж чанар, ангилан бэлтгэх хэрэглээний боломжийг нэмэгдүүлэх судалгааны үр дүнд 5 төрлийн ангиллыг тогтоосон [7]. Мөн нэг бөхт тэмээний ноосыг мерино хонины ноостой харьцуулан, олон үзүүлэлтийн тусламжтайгаар өөр өөр бүлгүүдийг хамгийн сайн ялгаж, ангилах статистикийн аргыг ашиглан физик-механик шинж чанарыг судалсаар бохирдол болон боловсруулалтын түвшин нь түүний зах зээлийн үнэ цэнийг хязгаарлаж байгаа тогтоосон [8]. Олон улсад хийгдсэн судалгаанууд ихэвчлэн нэг бөхт тэмээний ноосны шинж чанарыг түлхүү судалж байна. Монгол улсад тэмээний ноосны шинж чанарын судалгааг сүүлийн 20 жилийн хугацаанд хийгдээгүй бөгөөд эрдэмтэн Т.Балдан 1980-2010 оны судалгаанууд аа дүгнэн Монгол тэмээний ноосны шинж чанар нь газар зүйн бүс нутгийн онцлогоос хамааран харилцан адилгүй, тухайлбал баруун бүсийн тэмээ нь ноосны гарц ихтэй, ноолуур нь урт боловч харьцангуй бүдүүн, ноолуурын агууламж багатай бол зүүн бүсийн тэмээний ноосны гарц бага гэжээ.

Дээрх судалгааны үр дүнд тэмээний ноосны үнэ цэнэ өссөн тул сүүлийн жилүүдэд тэмээн сүргийн тоо толгой тогтвортой өсөж байна.

Тэмээний тоо толгой: Тэмээн сүргийн тоо толгойг сүүлийн 25 жилээр зураг 1-т харуулав.



1-р зураг. Тэмээний тоо толгой /мян/

Зураг 1-с харахад 2000 оноос хойш тэмээн сүрэг тогтвортойгоор өссөн байна.

Бүс нутгийн байгаль, цаг уурын өвөрмөц нөхцөлд дасан зохицсон үүлдэр, омгийг бий болгох нь малын амьдрах чадвар, нөхөн үржихүйн үзүүлэлт, өвчинд тэсвэртэй байдлыг нэмэгдүүлэхэд онцгой ач холбогдолтой. Энэ нь зөвхөн байгалийн шалгарал бус, хүний ухамсартай, зорилтот селекцийн үйл ажиллагааны үр дүнд хэрэгждэг процесс юм. Өөрөөр хэлбэл, малын ашиг шим, дасан зохицох чадварыг дээшлүүлэх зорилгоор тодорхой шинж тэмдгийг сонгон үржүүлэх замаар шинэ үүлдэр, омгийг бий болгодог. Энэ нь ялангуяа эрс тэс уур амьсгалтай бүс нутагт мал аж ахуйн тогтвортой байдлыг хангах, үйлдвэрлэлийн ашиг шимийг нэмэгдүүлэх төдийгүй генетик нөөцийг хамгаалах, биологийн олон янз байдлыг хадгалах, зах зээлийн эрэлт хэрэгцээнд нийцсэн чанартай түүхий эд бэлтгэх, үйлдвэрлэх онол, практикийн уялдаа нэмэх суурь нөхцөлийг бүрдүүлдэг. Төв азийн хоёр бөхт тэмээг гэршүүлсэн уугуул нутгийн хувьд Монгол тэмээ нь анхдагч үүлдэр гэж судлаачид тэмдэглэсэн байна [8].

Тэмээний үүлдэр: Манай улсад батлагдсан 5 үүлдэр, 1 омог байна. Үүнд:

- Монгол тэмээ үүлдэр: Баянхонгор, Говь-Алтай, Дорноговь, Дундговь, Өмнөговь аймгийн тэмээн сүрэгт хамаарах бөгөөд энэ үүлдрийг 1990 онд баталсан.
- Төхөм тунгалгийн хүрэн тэмээ: 2015 онд Говь-Алтай аймгийн Төгрөг суманд үржүүлэг цөм сүргийн үүлдэр болгон баталгаажуулсан.
- Галбын Говийн Улаан тэмээ: 2016 онд үүлдэр болгож баталгаажуулсан шилмэл сүрэг нь Өмнөговь аймгийн Ханбогд, Манлай, Баян-Овоо сумдын нутагт үржүүлдэг.
- Ханын хэцийн хүрэн тэмээ: Өмнөговь аймгийн Булган, Цогт-Овоо, Мандал-Овоо сумуудад өсгөн үржүүлдэг цөм сүргийг үүлдрээр 2016 онд баталсан.
- Ламын гэгээний улаан тэмээ: 2024 онд үүлдэр болгон баталсан ба цөм сүргийг

Баянхонгор аймгийн Баянлиг, Баянговь, Богд, Жинст, Өлзийт суманд сүү, ноосны чиглэлээр үржүүлдэг.

- Олдохын хүрэн бор тэмээн сүрэг: Дундговь аймгийн Хулт сумын нутагт мах ноосны чиглэлээр өсгөдөг. 2020 онд омог болгон баталсан бол үүлдэр болгохоор судалгаа шинжилгээ хийж байна. Мөн Өвөрхангай аймгийн Гучин-Ус сумдын нутгийн мал зүйчид Монголын хоолой тэмээг омог болгохоор ажиллаж байна.

Тэмээг үүлдэр, омог болгон сайжруулснаар мал аж ахуйн үйлдвэрлэлийн үр ашиг, тогтвортой хөгжлийн чухал үндэслэлд тооцогддог байна.

Тэмээний ноосыг шинжлэх ухааны үндэслэлтэйгээр ангилан ялгаж, нарийвчлан судлах нь салбарын хөгжилд стратегийн болон эдийн засгийн өндөр ач холбогдолтой.

Тэмээний ноосны бүрэлдэхүүн: Тэмээний ноос нь ноолуур, завсрын үс, сор гэсэн гурван төрлийн ширхэгтээс тогтох ба хонины ноостой харьцуулбал хялгас үсгүй байдаг онцлогтой. Мөн ноос нь зунгаг багатай учраас цэвэр гарц нь 84 хувьд хүрдэг. Монгол тэмээний нас ахих тутам аль ч ноосонд ноолуурын хэмжээ буурч завсрын ба сор үсний эзлэх хувь нэмэгдэн, ноос бүхэлдээ ширүүн болж байна.

ТЭМЭЭНИЙ НООСНЫ БҮРЭЛДЭХҮҮН, %

1-Р ХҮСНЭГТ

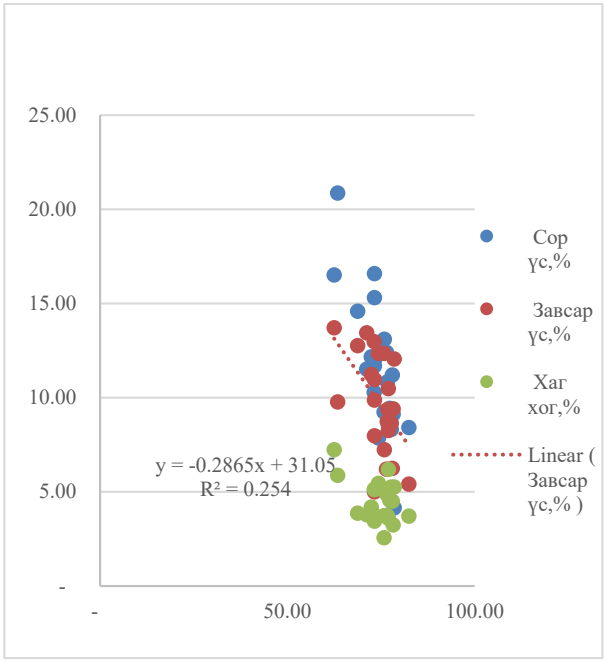
Үзүүлэлт	1–3 нас (Дундаж)	≥ 4 нас (Дундаж)
Сор үс	16.25	17.10
Завсрын үс	11.10	13.50
Ноолуур	72.65	69.40

Бага насны тэмээний нарийн ширхэгтэй ноолуур зонхилдог тул маш зөөлөн, хөнгөн ноолуурын агууламж 1–3 настай тэмээнд ноолуур 69.4 – 75.9% байгаа бол 4-өөс дээш насанд 68.5 – 70.3% болж буурсан байна. Энэ нь нас ахих тусам ноосны зөөлөн чанар алдагдаж байгааг илтгэнэ.

Сор болон завсрын үсний өсөлт нас ахих тусам сор үсний дээд хязгаар 17.9%-иас 18.1%, завсрын үсний дээд хязгаар 14.3%-иас 14.4% болж нэмэгдсэн байна. Энэ нь нийт ноосонд эзлэх бүдүүн ширхэгтийн жин нэмэгдсэнийг нотолж байна (хүснэгт 1).

Завсрын үсний эзлэх хувь хамгийн өндөр хурдаар (2.4 нэгжээр) өссөн нь ноосны технологийн шинж чанарыг өөрчлөх гол хүчин зүйл болж байна.

Судалгааны сорьц дээжийн ноолуур, завсрын үс, сор үс болон хаг хогны хамаарлыг дараах регрессээр тодорхойлов (график 2).

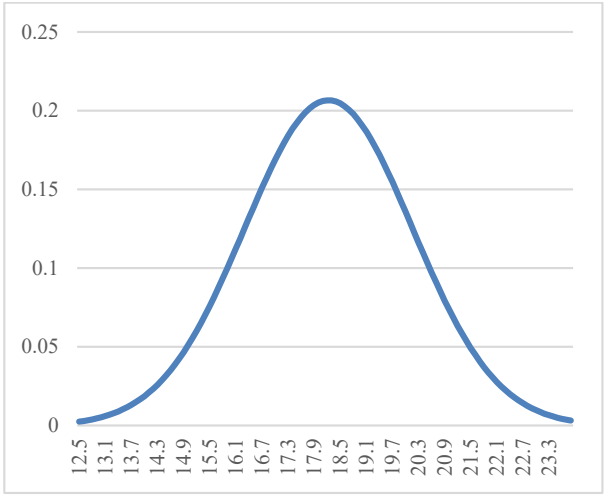


2-р зураг. Бүрэлдэхүүний хамаарал, %

Завсрын үс (x) болон ноолуурын агууламжийн хооронд y = -0.2865x + 31.05 гэсэн тэгшитгэл гарсан бөгөөд хамаарлын магадлал R^2 = 0.254 буюу харьцангуй сул байна. Энэ нь ноолуурын цэвэр гарцад завсрын үснээс илүүтэйгээр сор үс шийдвэрлэх сөрөг нөлөө үзүүлдэг болохыг статистик аргаар баталж байна. Тэмээний ноос нь холимог ноосонд хамаарах ба янз бүрийн үснээс тогтоно. Хөнгөн, бат бөх, зөөлөн, урт, нарийн, эсгийрдэггүй онцлогтой бөгөөд олон төрлийн бүтэцтэй тул хэрэглээний сонголт ихтэй түүхий эд болно.

Тэмээний ноосонд байгаа ноолууран ширхэгтийн голч (diameter) гэдэг нь тухайн түүхий эдийн чанар, зориулалт, үнэ цэнийг тодорхойлогч хамгийн гол үзүүлэлт юм.

Тэмээний ноосны голч: Судлаачдын тогтоосноор тэмээний ноосны ноолуурын дундаж голч 14.8–22.89 мкм хооронд байгаа нь нэхмэл сүлжмэл тансаг зэрэглэлийн бүтээгдэхүүн үйлдвэрлэх боломжтой байдаг.



3-р зураг. Голчийн стандарт хазайлт

Ноолуур үсний голч нь 18.16 мкм, стандарт хазайлт нь 1.89 мкм байгаа нь тухайн ноос маш жигд, дээд зэргийн чанартай ноолуур болохыг харуулж байна. Бага насны тэмээний Cv = 2.99% байгаа нь туйлын жигд буюу үйлдвэрлэлийн өндөр ач холбогдолтой харин нас ахих тусам Cv = 8.64% болж ноолуурын голч жигд бус (бүдүүн, нарийн үсний холимог) нэмэгдэж байгааг илтгэнэ.

Тэмээний ноосыг уртаар нь судлах, ангилах нь технологийн хувьд чанартай ээрмэл утас үйлдвэрлэх мөн хаягдлыг багасгах давуу шинж чанарын үзүүлэлтэд тооцогдоно.

Тэмээний ноосны урт: Тэмээний ноос нь ширүүн (эр) болон зөөлөн (эм) гэсэн хоёр төрлийн ноосон бүтэцтэй тул амьтны гаралтай ширхэгтээс ялгагддаг. Тэмээний ноосонд агуулагдах сор үс, завсрын үс, ноолуур үсний уртыг судалсан дүнг харуулав (хүснэгт 2).

ТЭМЭЭНИЙ НООСНЫ УРТ

2-Р ХҮСНЭГТ

Ноосны төрөл	Сор үс (мм)	Завсрын үс (мм)	Ноолуур (мм)
Ширүүн ноос	190.1-348.6	119.7-230.7	77.4 -140
Зөөлөн ноос	102.2-142	86.95-117.1	76.4 – 98.4

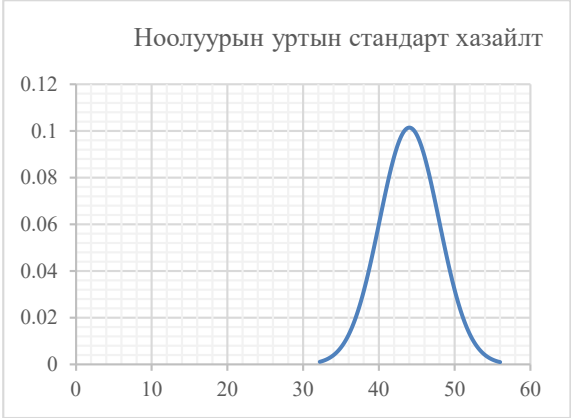
Тэмээний ноосон ширхэгт нь амьтны гаралтай бусад ширхэгтээс харьцангуй урт байдаг нь ээрмэл утасны шинж чанарт сайнаар нөлөөлдөг. Тэмээний ноосны наснаас хамаарсан бүтцийн үзүүлэлтүүдийг харуулав (хүснэгт 3).

ТЭМЭЭНИЙ НООСНЫ НАСНААС ХАМААРСАН БҮТЦИЙН ҮЗҮҮЛЭЛТҮҮД

3-Р ХҮСНЭГТ

Үзүүлэлт	Нас	1 настай	2 настай	3 настай	4-өөс дээш
Үсний харьцаа, %	Сор үс	3.8	3.1	4	5.8
	Завсрын үс	3.6	3.9	5	6
	Ноолуур	92.6	93	91	88.2
Үсний урт, мм	Сор үс	130.8	121.7	108.5	124.8
	Завсрын үс	114.3	108.1	97	97.9
	Ноолуур	38.2	36.8	45.4	48.6
Нарийн, мкм	Сор үс	61.2	61.3	62.8	64.69
	Завсрын үс	32.14	33.29	37.36	38.6
	Ноолуур	15.98	14.69	15.68	18.92

Чанартай ноолуурлаг нарийн ширхэгтийг бага насны тэмээнээс харгах боломжтой нь судалгааны үр дүнгээс харагдаж байна. Эм ноосонд нь тэмээний их биеийн ноолуур, завсар үс, сор үснээс бүрдсэн зөөлөн ноос ордог бөгөөд энэ нь сайн чанарын ноос байдаг. Монгол тэмээний ноосны уртыг судалсан дүнгээс харахад дундаж голчийн үзүүлэлттэйгээ уялдан, ноосны дундаж урт нь 31,5-47,8 мм байна [5].

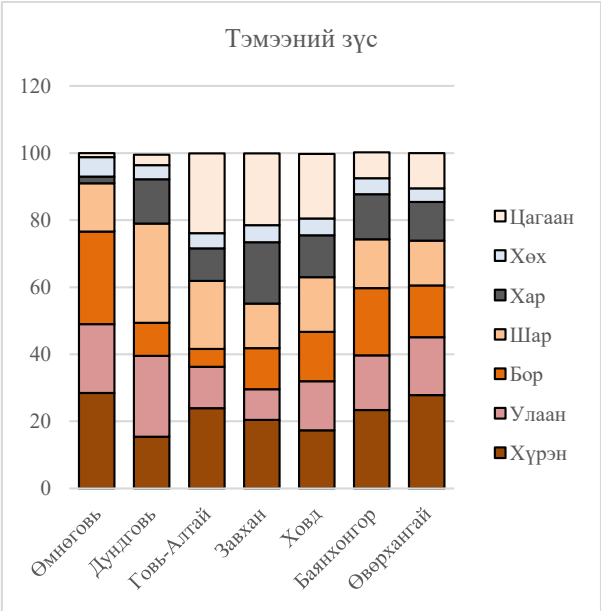


4-р зураг. Тэмээний ноосны ширхэгтийн уртын тархалт (нас, хүйсийн ангиллаар)

Судалгааны үр дүнгээс харахад тэмээний ноосны урт нь нас, хүйс болон үүлдэр угсаанаас хамаарч байна. Ноолуурын дундаж урт нь 7.57±0.08 см байна. Энд SD = 0.08 байгаа нь ноосны урт маш жигд, хэлбэлзэл багатайг илтгэж байна.

Хэвийн тархалтын муруйн оройн хэсэг дундаж утгадаа өндөр бөөгнөрөлтэй байгаа нь ширхэгтийн урт технологийн хувьд маш жигд болохыг илтгэж байна. Нийт хэмжилтийн 68.2% нь нэг стандарт хазайлтын (± 1 σ) мужид багтаж байгаа нь ноос бэлтгэлийн үеийн ангилалт чанартай хийгдсэнийг баталж байна. Иймээс монгол тэмээний үүлдэр, байршил, ноосны өнгө зэргийг үргэлжлүүлэн судалсан болно.

Тэмээний өнгө: Монгол тэмээг зүсээр бараандуу, (хар хүрэн, улаан хүрэн), цайвардуу шар гэж хуваана. Дараах зурагт говийн бүсийн аймгуудаар хийсэн тэмээний зүсний судалгаа харуулав (5-р зураг).



5-р зураг. Голчийн стандарт хазайлт

Зураг 5-ээс харахад тэмээний ноосны зүсний бүтэц аймаг бүрд ялгаатай байна. Өмнөговь аймагт хүрэн болон бор зүс давамгайлж байгаа бол Говь-Алтай болон Завхан аймагт цагаан зүсний эзлэх хувь харьцангуй өндөр байна. Энэ нь бүс нутгийн байгаль, үүлдрийн онцлогтой холбоотой (хүснэгт 4).

4-Р ХҮСНЭГТ

Зүс	1990 он (%)	2020 он (%)	Өөрчлөлт (+/-)
Цагаан	12.41	2.3	-10.11
Ухаа	-	2.4	2.4
Улаан	16.52	20.9	4.38

Судалгааны үр дүнгээс харахад сүүлийн 30 жилийн хугацаанд Монгол тэмээний зүсний бүтцэд мэдэгдэхүйц өөрчлөлт гарсан байна. Цайвар зүс 1990 онд нийт сүргийн 12.41%-ийг эзэлж байсан бол цагаан зүстэй тэмээ 2020 онд 2.3% болж, даруй 5.4 дахин буурсан нь хамгийн гол өөрчлөлт, хүрэн зүс 1990 онд 22.39% болон 2020 онд 20.8% байж сүргийн бүтцэд хамгийн өндөр хувийг эзэлж, тогтвортой давамгайлж байна. Өөрчлөлт улаан зүс 16.52%-20.9% болж, бор зүс 15.01%-19.4% болж өсжээ. Мөн 1990 оны судалгаагаар тусгайлан бүртгэгдээгүй байсан Ухаа өнгө 2.4% болон ногоон 1.7% зүс 2020 онд шинээр бүртгэгдсэн байна. Бусад буюу шар зүс 17.41%-иас 14.9% болж бага зэрэг буурсан бол хар болон хөх зүс харьцангуй тогтвортой байна.

ДҮГНЭЛТ

Энэ судалгааны ажлаар Монгол тэмээний ноосны физик-механик бүтцийг дотоод, гадаадын судалгааны үр дүнгүүдийг нэгтгэн дүгнэж, судалсан болно.

- Эрдэмтэн Т.Балдангийн тогтоосон үзүүлэлтүүд нь цаашид тэмээг ноосны чиглэлээр сонгон үржүүлэх, үржлийн ажлын менежментийг боловсруулахад чухал үндэслэлийг гаргажээ. Мөн Монгол тэмээний ноосыг бүс нутгийн болон үүлдрийн онцлогт нь тохируулан ангилан ялгаж, өндөр технологиор боловсруулах шинжлэх ухааны үндэслэл болж байна.
- Ноолуурын голчийн стандарт хазайлт бага байгаа нь тэмээний ноос олон улсын стандартын дагуу нарийн, жигд чанартай болохыг статистик аргаар нотолсон.
- Технологийн ач холбогдолд уртын стандарт хазайлт (SD) бага байх нь ээрэх дамжлагын явцад утас тасралт багасах, хаягдал ширхэгт буурах үндсэн нөхцөл болдог.
- Өмнөх үеийн судалгаанууд (1930–2005) нь тэмээний ноосыг мал аж ахуйн ашиг шим талаас нь тодорхойлсон боловч нэхмэлийн үйлдвэрлэлийн өндөр технологийн дулаан зохицуулах механизмыг молекул болон микро түвшинд нарийвчлан судлах шаардлагатай байна.
- Үйлдвэрлэлийн автоматжуулалт нэмэгдэж буй өнөөгийн нөхцөлд ширхэгтийн чанарын үзүүлэлтүүд, ээрэх болон нэхэх технологийг нарийвчлан тодорхойлох шаардлага улам бүр нэмэгдэж байна.

НОМ ЗҮЙ

[1] T. Enkhsaikhan, B. Purevjav, “Camel hair as a sustainable fiber for textile industry in Mongolia” in Proceedings of the Mongolian Academy of Sciences,

[2] Хөдөө аж ахуйн 2025 оны нэгдсэн тооллогын үр дүн

[3] Б. Лувсан, Тэмээн сүрэгт зохиох үржлийн ажил, Улаанбаатар:1986.

[4] Г.Надмид, Г.Батчимэг, Ц.Ганболд, Торомны ноолуур, Улаанбаатар: 2018.

[5] Б. Лувсан, Говьд тэмээний аж ахуйг эрхлэн хөтлөх систем, Даланзадгад: 1989.

[6] Mohamed A.M, Alsafy ...,й “Scanning electron microscopy and morphometric analysis of the hair in dromedaries with SEM-EDX in relation to age”, vol.9, published: Academic, 2024.

[7] Yam, A., & Morteza, H. **“**Camel wool”, Properties and utilization. Textile Research Journal, 2015.

[8] Б. Лувсан, Монгол тэмээ товчоон. Улаанбаатар: 2004.

БОЛОВСРОЛЫН РОБОТЫН ХӨГЖҮҮЛЭЛТ БА ХЭРЭГЛЭЭ

Цэвээнжавын ХҮРЭЛБААТАР[1], Тогоочийн АМАРТҮВШИН[2]

[1,2] Монгол Улс, Улаанбаатар, ШУТИС, Мэдээлэл, холбооны технологийн сургууль, Электроникийн тэнхим

Холбоо барих зохиогчийн и-мэйл хаяг: lionrobo77@gmail.com[1], amartuvshin@must.edu.mn[2]

Хураангуй: **STEM боловсрол нь шинжлэх ухаан, технологи, инженерчлэл, математикийн салбаруудыг уялдаа холбоотойгоор нэгтгэн, суралцагчдад онолын мэдлэгийг бодит амьдралын асуудал шийдвэрлэхэд ашиглах чадварыг олгох, төлөвшүүлэхэд чиглэсэн орчин үеийн боловсролын хандлага юм. Монгол Улсад боловсролын шинэчлэлийн хүрээнд ерөнхий боловсролын цөм хөтөлбөрийг үе шаттай хэрэгжүүлж байгаа хэдий ч суралцагчдын бүтээлч сэтгэлгээ, инженерийн ур чадварыг хөгжүүлэхэд шаардлагатай сургалтын хэрэглэгдэхүүн, ялангуяа практикт суурилсан техник, технологийн шийдлүүд харьцангуй хомс хэвээр байна. Энэхүү судалгааны ажлын зорилго нь үндэсний үйлдвэрлэлийн сургалтын роботыг зохион бүтээж, түүнийг сургалтын үйл ажиллагаанд нэвтрүүлэх замаар хүүхэд, залуусын техник сэтгэлгээ, инженерийн ур чадвар, бүтээлч байдал болон бие даан суралцах чадварт үзүүлэх нөлөөллийг судлан үнэлэхэд оршино. Судалгааны хүрээнд сургалтын зориулалттай роботын загварыг боловсруулж, түүнийг ерөнхий боловсрол болон их, дээд сургуулийн орчинд туршин хэрэглэж, суралцагчдын оролцоо, сонирхол, асуудал шийдвэрлэх чадварын өөрчлөлтийг ажиглалт, харьцуулалт, үнэлгээний аргуудаар судалсан болно. Мөн хиймэл оюун ухаанд суурилсан ухаалаг робот, автоматжуулалтын шийдлүүдийг боловсролын салбарт ашиглах боломж, ач холбогдлыг судалж, сургалтын үр нөлөөг нэмэгдүүлэх арга замыг тодорхойлсон. Түүнчлэн ШУТИС-ийн Мэдээлэл, холбооны технологийн сургуулийн дэргэдэх оюутны High Tech клубээс 2009 оноос хойш зохион байгуулж буй “Автомат робот” тэмцээний туршлага, хөгжлийн чиг хандлагад тулгуурлан суралцагчдын зохион бүтээх сэтгэлгээ, техник ур чадварыг хөгжүүлэхэд тэмцээн, төсөлд суурилсан сургалтын арга зүй өндөр үр өгөөжтэй болохыг тогтоосон. Судалгааны үр дүнгээс үзэхэд, сургалтын роботыг боловсролын үйл ажиллагаанд нэвтрүүлэх нь суралцагчдын идэвх оролцоог нэмэгдүүлэх, онолын мэдлэгийг практикт хэрэглэх чадварыг сайжруулах, улмаар инженерийн чиглэлийн сонирхол, мэргэжлийн чиг баримжааг төлөвшүүлэхэд чухал нөлөө үзүүлж байна. Иймд үндэсний онцлогт нийцсэн сургалтын робот, ухаалаг системийг хөгжүүлэх, боловсролын салбарт өргөнөөр нэвтрүүлэх нь зүйтэй гэж дүгнэж байна.**

Түлхүүр үг: STEM сургалт, Lion Robo, сургалтын хэрэглэгдэхүүн, автомат роботын тэмцээн

I. УДИРТГАЛ

STEM боловсрол нь инновацыг дэмжиж, шүүмжлэлт сэтгэлгээ, асуудлыг шийдвэрлэх чадварыг онцолдог. Үүнтэй адил улс орны эдийн засгийн хөгжил, тогтвортой байдал нь шинэ шинжлэх ухаан, технологийг зохион бүтээх, хөгжүүлэх чадвараас хамаардаг. Гэсэн хэдий ч эдгээр ур чадвар нь суралцагчийн бүрэн хүрээг, нийгэм, соёл дахь тэдний цогц үүрэг, хариуцлагыг хараахан хамарч чадаагүй байна [1].

Хөгжиж буй оронд STEM боловсролын тэргүүлэх чиглэл нь хамгийн сүүлийн үеийн судалгаа, хөгжүүлэлт хийхээс илүүтэй инженерчлэл, техникийн болон мэргэжлийн ур чадварыг хөгжүүлэхийг шаарддаг [2]. Шинжлэх ухаан, технологийн боловсрол нь хөгжиж буй орнуудад мэдлэгт суурилсан эдийн засгийн хөгжлийг хурдасгаж чадна. Мэдээлэл ба харилцаа холбооны технологи (МХХТ) хурдацтай хөгжиж, чанартай боловсролын талыг дэмжих, тухайлбал суралцах боломжуудад хүрэх, хамруулах, чанартай сургалт, насан туршийн суралцах замд чухал үүрэг гүйцэтгэнэ [3].

Монгол улсын хувьд “STEM нэртэй тусдаа журам” хэлбэрээр биш ч 2014–2016 онд “Цөм хөтөлбөр” [4, 5], 2016 оноос хойш чадвар суурьтай боловсрол, шинэчлэл” [6, 7], 2020 оноос “Дижитал боловсролын бодлого” [8, 9] гэх мэтчилэн хөтөлбөр, бодлого, төсөл дотор шингэсэн байдлаар дэмжиж байна.

Tira Nur Fitria нар хийсэн шинжилгээнээсээ “Боловсролын системд робот техникийг нэвтрүүлснээр дээд түвшний сэтгэлгээний ур чадвар, тооцооллын үндэслэл, логик сэтгэлгээ, асуудал шийдвэрлэх чадварыг сайжруулах ач тустай. Роботын үйл ажиллагаа нь бүтээлч байдал, төсөөлөл, технологийн чадавх, багийн ажиллагаа, хамтын ажиллагааны ур чадвар, технологийн соёлд сонирхол, моторт болон зөөлөн ур чадварын хөгжлийн ур чадварыг хөгжүүлдэг. Гарын авлагын дасгал, технологийн оролцоо, хамтын ажиллагааг нэгтгэснээр 21-р зууны ур чадварыг хөгжүүлж чадна. Мөн багшийн дарамтыг бууруулж, хувь хүнд тохирсон сургалтын туршлагыг дэмжих замаар тусгай хэрэгцээтэй сурагчдад тусалж чадна. Тиймээс робот технологийн дэвшил нь сурагчдыг илүү хүртээмжтэй болгож, тэдний ур чадварыг дэмжих сургалтын хэрэгсэл болгон ашиглах хэрэгтэй. Гэвч боловсролын робот техник нь хүйс, багш нар, заах арга зүй, сургалтын хөтөлбөр, технологи, нөөц, техникийн асуудлууд, багш нарын мэдлэг дутмаг, заах урамшуулал, хангалтгүй тоног төхөөрөмж, дэд бүтэц, амжилттай интеграцчилах хангалтгүй арга хэмжээ, цаг хугацаа, дүрэм журам, өндөр зардал зэрэг боловсролын салбарт тулгарч буй бэрхшээлүүдтэй тулгарч байна [10]” хэмээн дүгнэсэн.

Pribadi R. A нар роботыг хичээлээс гадуурх сургалтад хэрэгжүүлснээр сурагчид технологийн чадавх, сонирхол, авьяас чадвараа хөгжүүлж чадна гэжээ. Тэдний судалгааны үр дүнгээс сурагчдын технологийн ур чадвар, системчилсэн сэтгэлгээ

нэмэгдэж, хамтын ажиллагааны ур чадвар, бүтээлч байдал, төсөөлөл сайжирч байгааг харж болно. Роботын хичээлээс гадуурх үйл ажиллагаа нь хүний үйл ажиллагааг хялбар болгох энгийн төслүүдийг бий болгох замаар логик, бүтээлч сэтгэлгээг хөгжүүлэх зорилготой. Роботын хичээлээс гадуурх үйл ажиллагаа нь янз бүрийн байгууллагуудын зохион байгуулдаг тэмцээнд оролцох замаар сурагчдын амжилтад хүрэх зорилготой юм. Роботын тэмцээн нь олон сурагчдад коллежид элсэх, томоохон компаниудаас гэрээ байгуулах боломжийг нээх алхам болдог [11].

Handayani, A. N. нар энгийн робот ашиглах нь сурагчдын анхаарлыг суралцахад татаж чадна гэж тайлбарлаж байна. Аль болох сэтгэл татам байхаар бүтээгдсэн робот нь бага ангийн сурагчдад заадаг материалын талаарх сонирхлыг төрүүлэхэд түлхэц болох ба суралцах хүсэл эрмэлзлийн өсөлтийн эхлэлийг тавина. Сурагчид робот хийх дадлагад шууд оролцох үед хэдийгээр энгийн робот байсан ч түүнийг өөрсдийн сонирхол, төсөөллийн дагуу зохион бүтээснээр тэдний бүтээлч байдал, сэтгэх чадварыг шууд бусаар сайжруулна [12].

Ryssa Moffat нар уншихад туслах робот нь ухаалаг буюу хүүхдийн унших чадварыг ойлгодог, алдааг таньж, зөв засварладаг, хүүхдийн түвшинд тааруулж харилцдаг; дэмждэг буюу алдаа гаргахад шүүмжлэхгүй, урам өгдөг, эерэг хандлагатай, сэтгэлзүйн хувьд дарамт үүсгэдэггүй; уян хатан буюу хүүхэд бүрд тохирсон хурд, агуулгатай, суралцах хэв маягт нийцсэн харилцаатай, давтамж, дасгалыг тохируулдаг байвал илүү ур дүнтэй байна гэж дүгнэжээ [13].

II. РОБОТЫН ТЕХНИКИЙН ШИЙДЭЛ

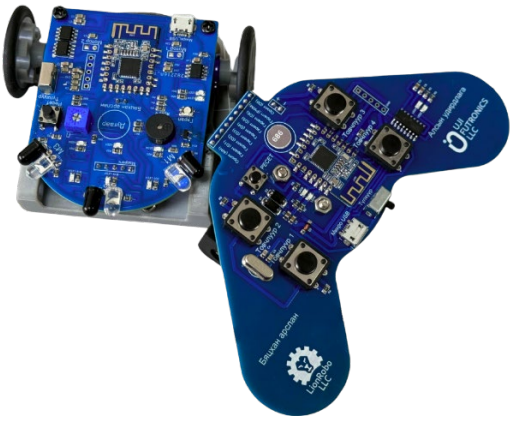
Насны онцлогт тохируулан суралцагчдын тооцооллын сэтгэлгээг төлөвшүүлэх, алгоритмчлалын дагуу бодлого боловсруулах чадварыг хөгжүүлэх, блок программчлалын хэлийг текст программчлалын хэлтэй харьцуулан ойлгуулах, мөн хиймэл оюуны энгийн аргуудыг ашиглах суурь мэдлэг, чадвар олгох зорилгоор боловсролын роботын шийдлийг боловсруулсан.

Энэхүү шийдлийн хүрээнд “Микро-Лион” хэмээх 4–16 насны хүүхдүүдэд зориулсан STEM сургалтын програмчлагддаг роботыг хөгжүүлсэн. Уг робот нь кодчилол, робот техник, логик сэтгэлгээг хөгжүүлэхэд чиглэсэн сургалтын иж бүрэн хэрэглэгдэхүүнтэй.

“Микро-Лион” роботын бүрэлдэхүүнд

- Алсын удирдлагын төхөөрөмж
- Роботын үндсэн удирдлагын хавтан
- Гэрлэн диод (LED)
- Потенциометр
- Чанга яригч
- Гэрэл мэдрэгч
- Товчлуур
- Мотор
- Туршилтын хавтан (breadboard)
- Роботыг өргөтгөх зориулалттай LEGO бэлдэц

зэрэг орно. 1-р зурагт Микро-Лион роботын удирдлагын хавтанг харуулав.

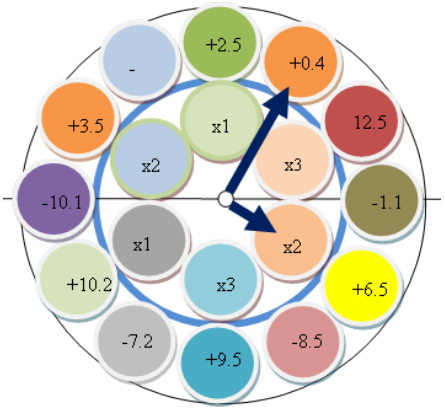


1-р зураг. Микро-Лион роботын удирдлагын хавтан

Микро-Лион роботыг дараах сургалтын болон туршилтын горимуудаар ажиллуулах боломжтой. Үүнд:

- Алсын удирдлагын горим
- Арифметик цаг
- Цамхаг өргөгч
- Ачаа зөөгч робот
- Танк робот
- Сагсан бөмбөг
- Бяцхан арслан робот

Жишээ болгон “Арифметик цаг” горимыг авч үзвэл, энэхүү горим нь суралцагчдад арифметикийн үндсэн дөрвөн үйлдлийг тоглоомын аргаар эзэмшүүлэхэд чиглэнэ. Цагийн суурин дээр арифметик үйлдлүүд байрлах бөгөөд аппликейшн программ ашиглан цагийн урт болон богино зүүний эргэлтийн хурдыг тохируулж моторыг удирдана. Суралцагчид зүүний заасан үйлдлийг бодож оноо цуглуулах ба тоглогчид ээлжлэн оролцоно. Хамгийн түрүүнд 100-аас дээш оноо авсан суралцагч ялагч болно (Зураг 2).



2-р зураг. “Арифметик цаг” тоглоомын нүүр

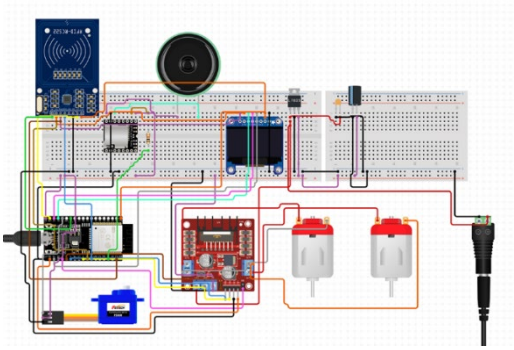
Мөн “Сэргэлэн робот” нь бага насны хүүхдүүдийг тоглонгоо суралцах боломжийг бүрдүүлэх зорилгоор зохион бүтээгдсэн боловсролын робот юм. Энэхүү

робот нь интерактив орчин бүрдүүлэх замаар хүүхдийн анхаарал, сонирхлыг татах, суралцах идэвхийг нэмэгдүүлэхэд чиглэнэ.

Сэргэлэн роботын үндсэн бүрэлдэхүүнд:

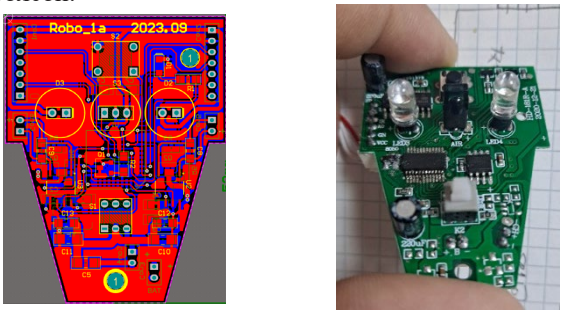
- ESP32 микроконтроллер
- RC522 RFID уншигч
- Тогтмол гүйдлийн 2 мотор болон тэдгээрийн удирдлагын TB6612 модуль
- OLED дэлгэц
- SG90 серво мотор
- DFPlayer дуу тоглуулагч модуль
- Чанга яригч

зэрэг төхөөрөмжүүд багтана. Роботын бүдүүвчийг 3-р зурагт, хавтангийн зургийг 4-р зурагт тус тус харуулав.



3-р зураг. Сэргэлэн роботын бүдүүвч

Энэхүү роботын онцлог нь 8200 цэгээс бүрдсэн нүдний хөдөлгөөнт дүрслэлийг үүсгэх боломжтой байдлаар программчлагдсан явдал юм. Үүний үр дүнд робот нь янз бүрийн сэтгэл хөдлөл, дүр төрхийг илэрхийлж, олон төрлийн “дүрд хувирч” суралцагчтай харилцан үйлчлэл хийх боломжтой болсон.

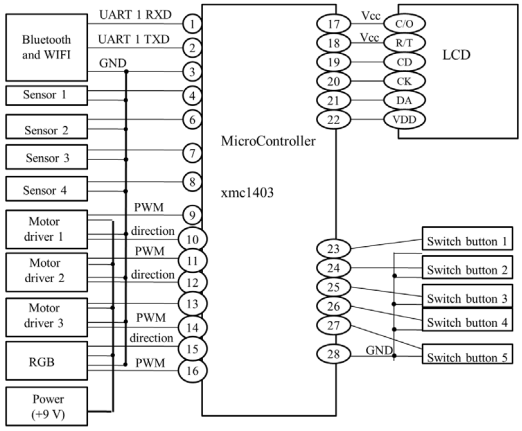


4-р зураг. Сэргэлэн роботын удирдлагын хавтан

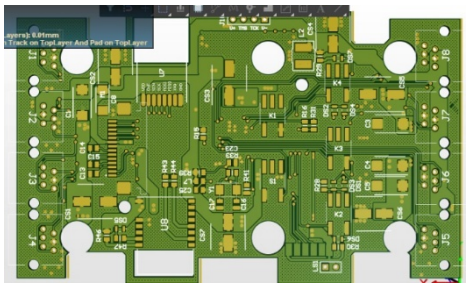
Сэргэлэн робот нь дараах сургалтын үйл ажиллагаанд ашиглагдана:

- Үсэг нүдлэх, унших чадвар хөгжүүлэх
- Тоо тоолох, бодох чадвар эзэмшүүлэх
- Үлгэр, өгүүллэг сонсох, ойлгох
- Гадаад хэлний анхан шатны мэдлэг олгох
- Байгалийн шинжлэх ухааны суурь ойлголтууд (биологи, хими, физик)
- Нийгмийн ухааны анхан ойлголтууд (жишээлбэл, түүх)
- Ингэснээр суралцагчид тоглоомын аргаар олон талт мэдлэг эзэмших нөхцөл бүрдэнэ.

Цаашид уг роботын хөгжүүлэлтийг өргөтгөн, “Оньс робот” хэмээх сургалтын илүү иж бүрэн шийдлийг боловсруулсан. Энэхүү робот нь өмнөх шийдлүүдийг нэгтгэн, суралцагчдад робот зохион бүтээх, програмчлах, турших цогц орчныг бүрдүүлдэг (Зураг 5-7).



5-р зураг. Оньс роботын удирдлагын бүдүүвч



6-р зураг. Оньс роботын удирдлагын хавтан

Оньс роботын сургалтын иж бүрдэлд дараах бүрэлдэхүүнүүд багтана:

Scratch программчлалын орчинд суурилсан “Оньс робот” удирдлагын программ

- Роботын удирдлагын үндсэн төхөөрөмж
- “Scratch to ONIS” холбогч аппликейшн
- Bluetooth өгөгдөл дамжуулах модуль
- Робот зохион бүтээх бэлдэцүүд
- Гар утасны аппликейшн программ
- Сургалтын гарын авлага
- Онлайн видео хичээлүүд

Энэхүү иж бүрдэл нь блок программчлалаас эхлэн бодит робот удирдах хүртэлх шаталсан сургалтыг хэрэгжүүлэх боломжийг бүрдүүлж, суралцагчдын инженерчлэлийн сэтгэлгээ, бүтээлч чадварыг хөгжүүлэхэд чиглэнэ.

7-р зураг. Робот сургалтын хэрэглэглэхүүний багц

III. СУДАЛГААНЫ АРГАЧЛАЛ

Энэхүү судалгаа нь сургалтын зориулалттай боловсролын роботын (Сэргэлэн, Микро-Лион, Оньс) загварыг боловсруулж, түүнийг ерөнхий боловсрол болон их, дээд сургуулийн орчинд туршин хэрэгжүүлэх замаар суралцагчдын оролцоо, сонирхол, асуудал шийдвэрлэх чадварт үзүүлэх нөлөөллийг тодорхойлох зорилготой.

3.1. Судалгааны дизайн

Энэхүү судалгаанд квази-эксперимент (quasi-experimental design) загварыг ашигласан нь судалгааны бодит орчин, сургалтын байгууллагын зохион байгуулалтын нөхцөлтэй шууд холбоотой юм. ЕБС болон их, дээд сургуулийн сургалтын үйл ажиллагаа нь урьдчилан тогтоосон анги, бүлгийн бүтэцтэй байдаг тул суралцагчдыг санамсаргүйгээр (random assignment) туршилтын болон хяналтын бүлэгт хуваах боломж хязгаарлагдмал байсан.

Ийм нөхцөлд судалгааны бодит байдал, сургалтын хэвийн үйл ажиллагааг алдагдуулахгүйгээр боловсролын роботын нөлөөг үнэлэх шаардлагатай байсан тул квази-эксперимент загвар нь оновчтой аргачлал болсон.

Тодруулбал, энэхүү загварыг ашигласнаар:

- Байгалийн сургалтын орчныг хадгалан туршилт явуулах
- Урьдчилан бүрдсэн анги, бүлгүүд дээр харьцуулалт хийх
- Сургалтын үйл явцад бодит нөлөөллийг ажиглах
- Pre-test болон post-test ашиглан өөрчлөлтийг хэмжих

боломж бүрдсэн.

Мөн энэ аргачлал нь боловсролын судалгаанд өргөн хэрэглэгддэг бөгөөд сургалтын шинэ технологи (робот, программчлалын хэрэгсэл)-ийн үр нөлөөг бодит нөхцөлд үнэлэхэд тохиромжтой гэж үздэг.

Иймээс энэхүү судалгаанд квази-эксперимент загварыг сонгосон нь судалгааны бодит байдалд нийцсэн, ёс зүйн хувьд боломжтой, сургалтын үйл ажиллагаанд хамгийн бага нөлөөлөлтэй аргачлал болсон.

Судалгааны хүрээнд

- 3000 ширхэг Микро-Лион робот үйлдвэрлэж сургалтад нэвтрүүлсэн.
- Хот болон орон нутагт (Ховд, Дархан, Хэнтий, Зүүн Хараа гэх мэт) туршсан
- 1000+ сурагч, багш сургалтад хамрагдсан

ба сургалтад оролцогсдын насны ангиллыг 1-р хүснэгтэд үзүүлэв.

СУДАЛГААНД ОРОЛЦОГСДЫН НАСНЫ АНГИЛАЛ

1-Р ХҮСНЭГТ

Анги	Нас	Тайлбар
Бага анги	6-9	Энд улсын болон хувийн хэвшлийн сургуулиуд, сургалтын төвүүдийг хамтадгав.
Дунд анги	10-13	
Ахлах анги	14-16	
Их, дээд сургуулийн оюутан	18+	Энд коллежийн сурагчдын хамтадгав.

Сургалтыг:

- Танхим (робот лаборатори)
- Онлайн (видео, интерактив даалгавар)
- Холимог (blended learning)

хэлбэрээр хэрэгжүүлсэн.

3.2. Үнэлгээний шалгуур үзүүлэлт

Үнэлгээг

1. ШУ-ны мэдлэг, чадвар:
   - Программчлалын суурь ойлголт
   - Алгоритм боловсруулах чадвар
   - Логик сэтгэлгээ
   - Асуудал шийдвэрлэх чадвар
2. Хувь хүний хөгжил:
   - Анхаарал төвлөрөл
   - Суралцах идэвх
   - Бүтээлч байдал
   - Багаар ажиллах чадвар

гэсэн 2 үндсэн шалгуур үзүүлэлтүүдээр хийсэн бөгөөд өгөгдөл цуглуулах, боловсруулахдаа

- Тест (оноо)
- Даалгаврын гүйцэтгэл (%)
- Ажиглалт
- Асуулга-ын аргуудыг ашигласан.

Өгөгдлийг дундаж, өсөлтийн хувь (%), бүлэг хоорондын харьцуулалтаар боловсруулсан.

IV. СТАТИСТИК СУДАЛГААНЫ ҮНЭЛГЭЭ

Бид өөрсдийн зохион бүтээсэн робот сургалтын төхөөрөмжүүдийг ашиглан роботын сургалтыг туршилтаар Улаанбаатар хот болон Увс, Ховд зэрэг 7 аймаг, 50 гаруй дүүрэг болон сумдуудад явуулсан.

8-р зураг. Интерактив сургалт явуулсан орчин болон үйл ажиллагаа

Сургалтын үйл ажиллагааг явуулахад сургалтын төхөөрөмжийг урьдчилан бэлтгэж, тараах шаардлагатай байсан. Хөдөө орон нутаг хот суурин газрыг бодвол нэг хүүхэд оноогдох Микро-Лион китны тоо цөөн байсан тул нэг ангид хамгийн ихдээ 12-16 хүүхэд хамруулан сургалт явуулсан.

Сургалтын үр дүнг бодитоор үнэлэхийн тулд эхлэхээс өмнө суурь мэдлэгийг шалгах үүднээс санал асуулга авсан. Мөн манай сургалтад хамрагдсанаар робот сургалтын талаарх мэдлэг нь хэр нэмэгдсэнийг батагхын тулд яг ижил санал асуулгаа өмнө болон дараа гэж 2 удаа авсан. Санал асуулгийн асуулт бүрийг 0-5 хооронд үнэлэх бөгөөд оноо бүрийн тайлбарыг 2-р хүснэгтэд харуулаа.

САНАЛ АСУУЛГЫН ҮНЭЛГЭЭНИЙ ТАЙЛБАР

2-Р ХҮСНЭГТ

Үнэлгээ	Тайлбар
1	Энэ талаар өмнө нь сонсож байгаагүй/ ерөөсөө мэдэхгүй
2	Зөвхөн сонсож л байсан
3	Ер нь мэднэ, гэхдээ ойлголт муу
4	Бага зэрэг мэднэ
5	Хүнд тайлбарлаж чадахаар хэмжээнд сайн ойлгосон

Өөрийн олж авсан мэдлэгээ өмнөх хүснэгтэд байсан 5 оноогоор үнэлсэн. Оролцсон хүний тоо болон үнэлгээний арифметик дунджийг 3-р хүснэгтэд харуулав.

Мөн эдгээр асуулгын дараагаар бидний заах арга зүй, сургалтын агуулга болон суралцагчдад хэр ойлгомжтой байсан талаар өгсөн үнэлгээ 4-р хүснэгтэд дүрслэв.

ӨӨРИЙН МЭДЛЭГЭЭ ДҮГНЭХ

3-Р ХҮСНЭГТ

	Асуулга	Тоо	Өмнө	Тоо	Дараа
L1	Робот программчлалын үндсэн ойлголтыг мэддэг	500	3.14	300	3.86
L2	Роботын мэдрэгч болон хөдөлгүүрийн үүргийг ойлгодог	500	2.79	300	3.21
L3	Микро Лион, Сэргэлэн, Онтьё робот хэрхэн орчноос мэдээлэл авч ажилладгийг ойлгодог	500	3.00	300	3.9
L4	Алгоритм болон дараалсан командын ойлголттой	500	1.46	300	2.54
L5	Роботыг программчлах энгийн код бичиж чадна	500	1.25	300	3.23
L6	Давталт (loop) болон нөхцөл (if statement) ашиглаж чадна	500	1.23	300	2.92
L7	Алдаа илрүүлж засварлах чадвартай	500	1.05	300	2.14
L8	Симулятор орчинд робот ажиллуулж чадна	500	2.08	300	3.23

СУРГАЛТ БОЛОН ЗААХ АРГА ЗҮЙГ ҮНЭЛСЭН ҮНЭЛГЭЭ

4-Р ХҮСНЭГТ

	Асуулга	Тоо	Үр дүн
D1	Тухайн сургалтаар заагдсан математикыг ойлгоход хялбар байсан	500	4.08
D2	Өгөгдлийг харж ойлгоход хялбар, ойлгомжтой байсан	500	4.08
D3	Өгөгдлийг веб платформ хэлбэрээр бэлтгэн тайлбарласан нь сонирхолтой байсан	500	4.38
D4	Веб платформ нь ашиглахад хялбар байсан	500	4.00
D5	Үзүүлэн хичээл болон авсан жишээнүүд нь ойлгоход хялбар байсан	500	4.54
D6	Би энэ сургалтыг бусад хүмүүст санал болгоно.	500	4.15
D7	Сургалтын төхөөрөмжийг ашиглан робот сургалтыг хөгжүүлэх нь хөгжилтэй, хялбар байсан.	500	4.54

Бидний ирээдүй болсон хүүхэд залуучууд маань ганц сургалтад суугаад орхих биш, сурах хүсэл эрмэлзлийг төрүүлж ирээдүйн мундаг инженерүүдийг бэлтгэх нь бидний гол зорилго юм. Үүний тулд ирээдүйг чиглэсэн санал асуулгыг тусгаж өгсөн бөгөөд үнэлгээг 5-р хүснэгтэд тусгах нь:

ХҮРТЭЭМЖТЭЙ БАЙДАЛ БОЛОН ЧИГ ХАНДЛАГА

5-Р ХҮСНЭГТ

	Асуулга	Тоо	Үр дүн
E1	Энэ сургалт дууссан ч робот сургалтын талаар илүү гүнзгийрүүлэн судлах болно.	500	4.22
E2	Энэ сургалтаар олж авсан мэдлэг, чадвар маань миний ирээдүйд хэрэг болно.	500	3.69

Энэхүү судалгаанд 500 суралцагч хамруулан роботод суурилсан интерактив сургалтын арга зүйн үр нөлөөг үнэлэхэд робот сургалтын ойлголт бүх үзүүлэлтээр мэдэгдэхүйц сайжирсан (жиш., L2: 1.46.→2.54, L5:1.25→3.23, L7: 1.05→2.14). Сургалтын орчин, хэрэглэгдэхүүний үнэлгээ өндөр (D5=4.54, D7=4.54, D3=4.38) байсан нь суралцах үйл явцад эерэг нөлөө үзүүлснийг харуулж байна. Мөн суралцагчдын цаашид суралцах сонирхол (E1=4.02) болон мэдлэгийн хэрэгцээний ойлголт (E2=3.69) харьцангуй өндөр үзүүлэлттэй гарсан. Иймд “Микро-Лион”, “Сэргэлэн”,”Оньс” роботуудад суурилсан сургалтын арга зүй нь суралцагчдын робот сургалтын ойлголтыг дунджаар 1.0–2.0 нэгжээр нэмэгдүүлж, сонирхол болон идэвхийг дээшлүүлэх үр дүнтэй болохыг баталж байна.

V. ТУРШИЛТЫН ҮР ДҮН, ҮНЭЛГЭЭ

Роботыг сургалтад ашигласнаар шинжлэх ухааны мэдлэг, чадварын өсөлт 6-р хүснэгтэд үзүүлснээр нэмэгдсэн бөгөөд дунд болон ахлах ангийн суралцагчдын хөгжил илүү өндөр байна.

АКАДЕМИК МЭДЛЭГ, ЧАДВАРЫН ӨСӨЛТ, НАСНЫ АНГИЛЛААР

6-Р ХҮСНЭГТ

Насны бүлэг	Кодчлол (%)	Алгоритм (%)	Асуудал шийдвэрлэх (%)
6-9 нас	+42	+35	+38
10-13 нас	+48	+44	+46
14-16 нас	+52	+50	+49
18+	+45	+47	+51

Анхаарал төвлөрлийн хувьд бага насны бүлэгт

- Эхний байдал 12-20 минут
- Робот ашигласны дараа 25-30 минут

буюу 60%-ийн өсөлт гарсан.

Зөөлөн ур чадвар буюу хувь хүний хандлага, төлөвшилтийн өөрчлөлтийг 7-р хүснэгтэд тусгав.

ХУВЬ ХҮНИЙ ХАНДЛАГА, ТӨЛӨВШИЛТИЙН ӨӨРЧЛӨЛТ

7-Р ХҮСНЭГТ

Үзүүлэлт	Өсөлт
Суралцах идэвх	+40%
Бүтээлч байдал	+35%
Багаар ажиллах	+32%
Өөртөө итгэх итгэл	+28%
Анхаарал төвлөрөл	+45%

Сургалт, судалгааны хүрээнд мэдлэг чадварыг нэмэгдүүлэх зорилгоор уралдаан тэмцээнүүдийг зохион байгуулж, оролцуулсаар байна. Үүний үр дүнд Олон улсын тэмцээнүүдээс шагналт байрууд эзэлсэн.

ДҮГНЭЛТ

Монголдоо боловсролын технологийн тэргүүлэгч брэнд болж, хүүхэд, залуусын логик сэтгэлгээ, бүтээлч чадварыг хөгжүүлэх интерактив шийдлүүдийг дэлхийн жишигт нийцүүлэн хөгжүүлэх, Оюуны хөгжлийг дэмжих, хэрэглэгчдэд хүртээмжтэй, тогтвортой, чанартай сургалтын болон үйлчилгээний робот, тоног төхөөрөмжийг үндэсний түвшинд хөгжүүлж, боловсролын тогтолцоонд туршилт, хэрэгжилтийг нэмэгдүүлэхэд бидний судалгааны ажил зорьж байна.

Судалгааны үр дүнгээс харахад боловсролд роботыг хэрэглэснээр

- Программ бичих чадвар 40-50%
- Асуудал шийдвэрлэх чадвар ≈45%
- Анхаарал төвлөрөл 45-60%
- Сурах идэвх 40%
- Бүтээлч сэтгэлгээ 35% өссөн байна.

Эдгээрээс гадна тэмцээнд хожиж, хожигдсноор стрессээ удирдах, өөрийгөө сорих, дараагийн тэмцээндээ бэлдэхийн тулд цагаа төлөвлөх, тууштай байж эхэлсэн зүйлээ бүрэн дуусган үр дүнгээ харах гэх мэтчилэн олон ач холбогдолтой байна. Мөн эцэг эхчүүдийн оролцоог нэмэгдүүлж байсан ба тэд хүүхдийн дэлгэцийн буруу хамаардлыг багасгаж байгааг онцлон тэмдэглэж байв.

Цаашид урт хугацааны үр нөлөөг судлах, AI суурьтай сургалтын систем нэвтрүүлэх, монгол хэл дээрх контентыг нэмэгдүүлэх шаардлагатай гэж дүгнэлээ.

АШИГЛАСАН МАТЕРИАЛ, НОМ ЗҮЙ

[1] Altangerel Balgan, Saranchimeg Khandsuren, Tsolmon Renchin, Kala Perkins, “Multidimensional Approaches to Stem-SteamSteams Education in Mongolia; an Integrative Global Inquiry”, International Journal of Arts and Social Science journal, Vol-4 Issue 2, March-April 2021.

[2] Watkins.A & Ehst.M, ”Science, Technology, and Innovation Capacity Building for Sustainable Growth and Poverty Reduction”, 2008.

[3] Li. S, Yamaguchi.S, Sukhbaatar.J & Takada.J, ‟ Professional Development Activities on the Factors Promoting ICT Integration in Primary Schools in Mongolia”, Education Sciences Vol-9(2), pp78, 2019.

[4] Монгол Улсын Боловсрол, шинжлэх ухааны яам, “Ерөнхий боловсролын сургалтын цөм хөтөлбөр”, 2016 https://www.meds.gov.mn/post/62461.

[5] Боловсролын хүрээлэн, “ Ерөнхий боловсролын сургалтын хөтөлбөрийн хэрэгжилт”, 2019, https://mecss.gov.mn/media/uploads/2019/05/core_curriculum.pdf.

[6] Asian Development Bank, “Education sector development program”, Project No. 47307-002, 2017, https://www.adb.org/projects/47307-002/main.

[7] Монгол Улсын Засгийн газар, (2015). “Төрөөс боловсролын талаар баримтлах бодлого”, 2015, https://legalinfo.mn/mn/detail?lawId=208712.

[8] UNICEF, “Education and digital learning in Mongolia”, 2021, https://www.unicef.org/mongolia/education.

[9] Монгол Улсын Боловсрол, шинжлэх ухааны яам, “Дижитал боловсролын бодлого, үйл ажиллагаа”, 2023, https://www.meds.gov.mn/post/121204.

[10] Tira Nur Fitria, “Educational Robotics for Elementary Students: Teaching’s Opportunity”, Journal of Contemporary Issue in Elementary Education (JCIEE), Vol-2, pp 40-55, June 2024.

[11] Pribadi. R.A, Putri. C.H, Balqis. H.A, & Najib. M.A, “Utilization of Facilities and Infrastructure to Support Interests and Talents Through Robotic Extracurricular Activities”, Pendas: Scientific Journal of Elementary Education, Vol-8(3), pp2926–2940, 2023.

[12] Handayani.A.N, Lestari.D, Sendari.S & Fadlika.I, “Robot Education Training for Students of Sumbersuko Elementary School in Sumbersuko Village”, Computer Science for the Community, 1(1). https://doi.org/10.33096/ilkomas.v1i1.770.

[13] Ryssa Moffat, Hannah Cahill, Emily S. Cross, Nathan Caruana, “Children with and without reading difficulty value robot reading companions that are smart, supportive, and personalised”, 2025.

ЭЭЗГИЙ БОЛОВСРУУЛАХ УЛАМЖЛАЛТ ТЕХНОЛОГИЙГ ҮЙЛДВЭРЛЭЛД ШИЛЖҮҮЛЭХЭД ШААРДЛАГАТАЙ ПАРАМЕТРҮҮДИЙН СУДЛАГДСАН БАЙДАЛ

Баасанжаргалын БАТСҮРЭН[1], Эрдэнэчимэгийн СУВД[2], Баасансүрэнгийн НАРАНБААТАР[3]

[1,2] Монгол улс, Улаанбаатар, ШУТИС, Барилга, Архитектурын сургууль

[3]Монгол улс, Улаанбаатар, ШУТИС, Нийгэм, Хүмүүнлэгийн сургууль

Холбоо барих зохиогчийн и-мэйл хаяг: suvd.e@must.edu.mn[2]

Хураангуй: **Ээзгий нь Монгол үндэстний уламжлалт аргаар боловсруулдаг цагаан идээний нэг бөгөөд энэхүү судалгаанд зөвхөн ээзгийтэй холбоотой судалгааны бүтээлүүдийг хамруулан авч үзэв. Судалгааны үр дүнд үйлдвэрлэлийн аргаар боловсруулсан ээзгийн найрлагын жишиг үзүүлэлтийг чийг 16%, уураг 23.0%, тос 24.2%, нүүрс ус 31.5%, органик хүчил 0.6%, эрдэс бодис 4.7% байхаар тогтоох нь зохимжтой гэж үзэв. Боловсруулалтын эхний шатанд хэрэглэж буй ээдүүлэгчийн төрөл, шинж чанараас хамааран сүүг 30–35°C эсвэл 80–90°C температурт ээдүүлэх бөгөөд уламжлалт аргын үед 92–110°C температурт ширгээх процессыг удирддаг байна. Мөн ширгээсэн ээзгийг улаан шаргал өнгөтэй болох хүртэл, өөрөөр хэлбэл лактулоз-лизин үүсэх температурын нөхцөлд барих хугацааг нарийвчлан тогтоох шаардлагатай. Ширгээх хугацааг богиносгохын тулд ширгээлтийн аргуудыг хослуулан хэрэглэх боломжийг судлах нь зүйтэй. Уламжлалт аргын аажим халаах, зөөлөн буцалгах горимыг автомат ажиллагаатай төхөөрөмжөөр хэрэгжүүлэхийн тулд сүүний физик-химийн шинж чанар, савны геометр хэлбэр, түүхий эдийн ачааллах түвшинг оновчлох, савны материалын дулаан дамжуулах чадвар, халаагчийн температур, уур үүсэх үеийн температур зэрэг хүчин зүйлсийг туршилт, судалгааны үндсэн дээр тогтоох шаардлагатай. Түүнчлэн ээзгий хатаах процессыг орчин үеийн тоног төхөөрөмж ашиглан туршин судлах хэрэгцээтэй байна.**

Түлхүүр үг: сүү цагаан идээ, ээзгий, лактулоз, ширгээх процесс, лактат-кальци

I. УДИРТГАЛ

Ээзгийн үндсэн бүрэлдэхүүнд уураг, өөх тос, сүүний чихэр буюу нүүрс ус, макро, микро /бичил/ эрдэс бодис, амин дэм, ферментүүд орно [1].

Хэдэн зууны тэртээгээс Монголчуудын амьдрал ахуй, аян замын хүнс болох ээзгийг сүү боловсруулах энгийн мэт ч өвөрмөц арга ур дүйгээр боловсруулж иржээ [2]. Өнөөгийн энэ цагт ч бараг 100% өрхийн үйлдвэрлэлээс хэрэглэгчдэд хүрч байна.

Монгол улсад 1958 онд ууган сүүний үйлдвэр Зөвлөлт холбоот улс (ЗХУ)-ын техник, технологи дээр суурилан хоногт 30 тонн сүү боловсруулах хүчин чадалтай үйлдвэр байгуулагдаж сүү, сүүн бүтээгдэхүүнийг үйлдвэрийн аргаар боловсруулж эхэлсэн цагаас энэ чиглэлд ажилладаг эрдэмтэн судлаачид маань уламжлалт сүүн бүтээгдэхүүнүүдээ таван хошуу малын сүүний онцлог шинж чанар, боловсруулах уламжлалт аргатай нь үйлдвэрлэлд нэвтрүүлсээр иржээ. Тухайлбал Өвөрхангай аймгийн Хужирт сумын төвд монгол цагаан идээний анхны туршлтын үйлдвэрийг 1966 оны 6 сард 4-5 сарын дотор 500 мянган литр сүүгээр 12-15 нэр төрлийн 85-200 тн, мөн Архангай аймгийн Их тамир суманд 1972 оны 7-р сараас 1,0-1,2 сая литр сүүгээр 170-300 тн идээ ундааг үйлдвэрлэх хүчин чадалтайгаар ажиллуулж эхлээд 1976-1980 онуудад үйлдвэрлэлийн аргаар цагаан идээг бэлтгэхэд зориулж ЗХУ, Польш улсаас авсан, эрдэм шинжилгээний байгууллагуудаас зохион бүтээгдсэн тоног төхөөрөмжөөр тоноглогдсон дээрхтэй адил үйлдвэрийг Архангай Хангай, Булганы Орхон, Дорнодын Баяндун, Завханы Их уул, Өвөрхангайн Уянга, Хөвсгөлийн Тариалан сумдад ашиглалтанд оруулж бусад цагаан идээний хамт ээзгий боловсруулагдаж иржээ [3].

Ээзгий бүтээх нь өөрөө хүнээс ур дүй, анхаарал хяналт, цаг хугацаа шаардаж байж боловсруулагддаг мөн түлш эрчим хүч их зарцуулагддаг учраас үнэ өртөг үнэтэй, хавар сааль элбэгшиж сүүний үйлдвэр малчдаас сүү авч эхлээгүй хаврын сард, цаг агаар сэрүүсч сүүний исгэлт буурсан, хатааж авах боломжтой намрын сарын цөөн хоногт ихэвчлэн хийдэг байна.

Ээзгий нь сүүний үндсэн бүрэлдэхүүнийг өөртөө агуулж боловсруулах явцад уураг, амин хүчлийн задралаар үүсдэг кальци, мөн нэгдэж үүсдэг лактулоз-лизины ачаар пребиотик хүнс болдог гэж эрдэмтэд тодорхойлжээ [4]. Энэхүү уламжлалт цагаан идээг хүн амын хүнсэнд түлхүү хэрэглүүлэхэд үйлдвэрлэх нөхцлийг дээшлүүлэх буюу ээзгий ширгээх уламжлалт аргачлалыг орчин үеийн үйлдвэрлэлийн нөхцөлд тохируулан боловсруулахад шаардлагатай тоног төхөөрөмжийн параметрүүдийг нэгтгэн судалж, цаашид тэдгээрийг хэрхэн оновчлох боломжийг эрэлхийлэх үүднээс энэхүү судлагдсан байдлын судалгааг хийж буй юм.

II. ЭЭЗГИЙ БОЛОВСРУУЛАХ ТЕХНОЛОГИ

Монгол үндэсний цагаан идээг боловсруулах технологийн зарчмыг цөөнгүй судлаачид олон жилийн судалгааны ажил, үйлдвэрлэлд нэвтрүүлсэн туршлагадаа үндэслэн зохион ашигласнаа бүтээлдээ дурдсаныг авч үзвэл Д.Нямаа “Монгол цагаан идээ үйлдвэрлэх технологи” 1980 бүтээлдээ үйлдвэрлэлийн технологийг үйлдвэрийн

дамжлагуудаас гарах байдлаар нь ээдүүлэх, хөөрүүлэх, машиндах гэсэн гурван системд хуваан технологи схемийн зургийг зуржээ. Зургаас харвал хамааруулж, төхөөрөмж нь ууранр халдаг тогоо сонгожээ. Л.Дамдинсүрэн уламжлалт цагаан идээ-монгол үндэстний эх сурвалж бүтээлдээ сүүг исгэх (сүүн хүчлийн болон хосолмол исэлдэлт), тос уургийг хэсэгчлэн ялгах (дулаан механикийн боловсруулалт), сүүний уургийг ээдүүлэх (дулаан хүчлийн боловсруулалт) гэж ангилаад, дулаан хүчлийн аргаар боловсруулах уураглаг хүнсний төрөлд ээзгийг багатааажээ. Түүгээр ч зогсохгүй ээзгий үйлдвэрлэх технологийг судлан технологи схемийг гарган, Г.Гомбо, Д.Отгон нарын хамт “Ээзгий бүтээх арга” нэртэй шинэ бүтээлийн патент №769 –ийг авч, физик химийн шинж чанар нь хүнс-тэжээл, биологийн өндөр ач холбогдолтой пребиоток бүтээгдэхүүн гэж тодорхойлон бүтээлдээ нийтэлжээ.

Ээзгий боловсруулах технологийг үйлдвэрлэлд нэвтрүүлэхийн тулд сүүг халаах, ээдүүлэх, ширгээх, хатаах гэсэн үндсэн дөрвөн дамжлагыг оновчлох шаардлагатай байна. Дараалсан эдгээр процесс бүрийн талаар судалсан эрдэмтэдийн судалгааг нэгтгэж авч үзвэл :

1. Сүүг халаах

Энэ ажиллагаа нь түүхий сүүг ариутгаж, түүхий болон болсон сүүг ээдүүлэх температур хүргэх зорилгоор аажим халаана. Сүүн бүтээгдэхүүн үйлдвэрлэх үед сүүг урьдчилан халааснаар шар сүүний уургийн тодорхой хэсгийг казеин уурагтай холбох боломж үүсгэж, шар сүүний уургийн алдагдыг бууруулж, сүүний дулааны тогтвортой байдлыг нэмэгдүүлэн (өндөр температурт ууураг тогтвортой байх, ширгээх үеийн наалдац багасах), сүүн бүтээгдэхүүний физик шинж чанарыг өөрчилдөг [5]. Зөвхөн ээзгий боловсруулах технологи боловсруулсан судлаачдын бүтээлээс халаах ажиллагаа явуулах горимыг хэрхэн удирдсан байдлыг хүснэгт 1-д нэгтгэв.

Хүснэгт 1

Судлаачид, нийтлэгдсэн он	Халаах горим, температур °С
Р.Индра, 2000 он	аажим, 80
Д.Нямаа 1980	болсон сүү (2,0% тослог), 30
Г.Гомбо 1990	аажим, 80
Л.Дамдинсүрэн 1989 он	аажим, 80-90
Д.Амараа, Н.Чимэдрэгзэн Д.Хөхөө 2004	- аажим, 81 - 35
Л.Хишигжаргал, Б.Эркигүл 2011	- 90-95

Үүнээс аажим гэдэг энэ хугацааг сүүний физик-химийн шинж чанар, савны дулаан дамжуулах чадвар, халаагчаас өгөх температур, температурын хэлбэлзэх хязгаар, барих хугацаа зэргийн хамаарлыг судлаж оновчлох хэрэгтэй болох нь харагдаж байна.

2. Сүүг ээдүүлэх

Сүүний уураг нь казеин, альбумин, глобулин гэсэн гурван үндсэн төрлөөс бүрддэг бөгөөд сүүг ходоодны ферментээр ээдүүлэхэд казеин тунаж, альбумин, глобулин шар усанд ууссан байдалтай үлддэг. Зарим мэргэжлийн хэвлэлд альбумин, глобулиныг шар усны уураг гэж нэрлэдэг [6]. Сүүний уургийг ээдүүлэх аргыг судалсан судлаачдын бүтээлд дараах ээдүүлэгчийг нэрлэжээ (Хүснэгт 2).

Хүснэгт 2

Судлаачид, нийтлэгдсэн он	Ээдүүлэх горим, ээдүүлэгч
Р.Индра 2000он	180°Т исгэлэнтэй сүүний 4-6% хэмжээгээр исгэлэн айраг, шар сүү
Д.Нямаа 1980он	сүүний 3-10% хэмжээгээр хөрөнгө 40°Т хийж жигд холилдуулж самарна, 26-30 минутын дотор 70-83°С халаахад ээднэ
Г.Гомбо 1990	Ээдүүлэх хөрөнгөний исгэлэн 180°Т доошгүй, сүүний 5-6% хэмжээгээр исгэлэн айраг, шар сүү
Л.Дамдинсүрэн 1989	Тослогтой сүүний тараг, >120°Т исгэлэнтэй шар сүү, ээдмийг 85-90 шар усанд барина
Н.Чимэдрэгзэн, Д.Амараа, Д.Хөхөө 2004 он	- сүүний 4-6% хэмжээгээр тараг, шар сүү хийж хутгана, - сүүнд CaCI 40% -ийн уусмал, ходоодны ферментийн 1,2%-н уусмалаар
Л.Хишигжаргал , Б.Эркигүл, 2011	- Хүчил, шар сүү 5-10%
Д.Нансалмаа. 2009	31-32°С-тай сүүнд 0,1-0,3% сүүн хүчлийн бактери, 1 литр сүүнд 1см^3 пропионхүчлийн бактери хөрөнгүүдийг хийнэ. 0,015%-ын $CaCl_2$ ферментийг тооцоо ёсоор нэмнэ. Ингэхэд сүү нь 15 минутын дараагаар бүлэгнэж эхлэх ба 30-35 дотор бүрэн ээддэг

Мөн сүүг хүчиллэг тараг, шар усаар ээдүүлэхэд казеинат-фосфат-кальцийн бүрдлээс кальци салж, сүүний хүчилтэй нэгдэн сүүн хүчлийн кальци буюу лактат кальци үүсгэнэ[4]. Шар сүүгээр ээдүүлбэл үйлдвэрлэлийг автоматжуулахад хялбар болно. Хөрөнгөний исгэлэн 180°С-аас их байвал сүүний ууураг-казеин сүүний хүчилд дахин уусгаж ээдмийн гарц багасдаг болохыг Р.Индра судлан тогтоосон[7].

Д.Амараа, Н.Чимэдрэгзэн (2004 он) нарын Ээзгий ширгээх процессын судалгаанаас үзвэл 6,4% тос, 3,87% ууураг, 84,08% чийг, бүхий үхрийн 500мл сүүг 81°С хүртэл халааж шар сүү, тараг, $CaCl_2$ 40%-ийн уусмал ходоодны фермент гэсэн гурван төрлийн ээдүүлэгчээр ээдүүлж ээзгийний гарц, ширгээлтийн хугацааг харьцуулан судлаад, таргаар ээдүүлсэн ээзгийний гарц илүү гэж дүгнэжээ [8]

Сүүг хүчлийн, ферментийн, хүчил-фермендтийн, термо-кальцийн, термо-хүчлийн аргуудад ямар нэг ээдүүлэгч бодис ашиглан сүүний уургийг тунадасжуулдаг бол орчин үед нарийн арга

техникийн тусламжтайгаар сүүний уургийг тунадасжуулан ялгаж байна [9].

Иймд ээдүүлэгчийн шинж чанараас хамаарч процессийг удирдах ажиллагааны зарчим өөрчлөгдөх нь тодорхой харагдаж байгаа учир удирдах функц сонголттой байх ээдүүлэх явцад сүүг хутгах тохиргоо оновчлох зэрэг судалгаанууд хийх шаардлагатай болж байгаа юм.

3. Шар усыг ээдэмд шингээж ширгээх

Ээзгий ширгээх үйлдлийг технологийн хувьд хамгийн чухал гэж үзэж байгаагийн учир нь энэ үйлдлийн үр дүнд сүүний лактозаас лактулоз, лактулоз-лизин үүсдэгт оршино [10].

Анх 1984 онд Япон улсад зориулалтын хоол хүнс бий болгох төслийг хэрэгжүүлэх явцад сүүний чихэр буюу лактозыг дулааны үйлчлэлээр β–хэлбэрт шилжүүлэн лактулоз гарган авч, тэр нь хүний гэдэсний микрофлорт байдаг Bifidobacterium-ийн үйл ажиллагааг тэтгэдэг болохыг тогтоосноор хүнс үйлдвэрлэлийн технологийн болон зохистой хооллолтын үзэл баримтлалд “Чиглэсэн үйлчилгээтэй бүтээгдэхүүнд” (Functional food) хэмээх цоо шинэ ойлголт буй болж ишлэл, улмаар ийм төрлийн бүтээгдэхүүний эрэлт хэрэгцээ дэлхийн зах зээлд тэргүүлэх байр суурь эзлэн үйлдвэрлэлтийн хэмжээ нь эрс нэмэгдэж байна [11].

Ширгээх процессыг судлаачид бүтээлдээ тэмдэглэсэн байгааг авч үзвэл (Хүснэгт 3):

Хүснэгт 3

Судлаачид, нийтлэгдсэн он	Ширгээх
Р.Индра 2000он	Шар сүүний 1/3-ийг юүлэн авч болно
Д.Нямаа 1980	Ээдсэн сүүний 25%-ийг авна, 55% чийгтэй, наалдаж нягтрахуйц
Г.Гомбо 1990	Шар сүүний 1/3-ийг юүлэн авна. Шар сүүний бүрэлдэхүүн дэх сүүний чихэр уурагтайгаа урвалд орж хүрэн өнгөтэй меланоид гэдэг зүйл үүсдэг учир ээзгийн өнгө шаравтар хүрэн өнгөтэй
Л.Дамдинсүрэн 1989 он	Ээдмийг шар усны ¼-д буцалгах, 98-102°С, 2-3 цаг
Д.Амараа, Н.Чимэдрэгзэн 2004 он	Уламжлалт аргаар ээзгийг ширгээхэд 88°С буцалж эхэлсэн, ширгээлтийг 93°С-т тогтмол барьж явуулахад 33 минут 43 секунд зарцуулжээ
Л.Хишигжаргал, Б.Эркигул 2011	100-120°С-д ширгээхэд үүссэн лактулозын хэмжээ бусад судлаачдыхиай харьцуулахад 50-иар их буюу 100 гр-д 4,5%-ийн агууламжтай байсан гэжээ.

Д.Амараа, Н.Чимэдрэгзэн нарын Ээзгий ширгээх процессын судалгаанаас (2004 он) үзвэл 6,4% тос, 3,87% уураг, 84,08% чийг, бүхий үхрийн 500 мл сүүг нэг саванд ээдүүлээд ээдэм, шар усыг нь ялгаж, тэнцүү хувааж уламжлалт болон вакуум ширгээлтийн аргаар туршилт хийхэд[8]:

- Вакум аппаратанд ээзгий 60°С-т буцалж эхлээд, ширгээлтийг 65°С-т тогтмол барьж явуулахад ширгээлтийн нийт хугацаа 25 минут 40 секунд, вакум насосны чадал 2м 3мин;
- Уламжлалт аргаар ээзгийг ширгээхэд 88°С буцалж эхлээд, ширгээлтийг 93°С-т тогтмол барьж явуулахад 33 минут 43 секунд зарцуулжээ [8].

Энэхүү туршилтын үр дүнг харьцуулахад 100 г ээзгийний тос, уургийн хэмжээ ойролцоо боловч чийг уламжлалт аргын үед 9,24% харин вакум ширгээх аргын үед 15,66% байсан нь харагдаж байна.

Судлаач Н.Чимэдрэгзэн *Improvement in processing of Mongolia traditional dairy product* судалгаандаа ширгээх процессыг вакуум болон ohmic-ийн аргуудаар туршсан үр дүнгээ нийтлэсэн бөгөөд үүнд: Уламжлалт аргаар сүүг 82°С температурт 5 минут ээдүүлээд 135.61 г ээдэм болон 400 мл шар сүү гарган авсан бол, Вакуум ширгээлтийн үед сүүг 70°С температурт, 190 HPa даралттай ротор вакум ууршуулагч ашиглан боловсруулахад уг процесс 1 цаг 40 минут үргэлжилж хатаасны дараа ээзгийн жин 31.71 г болсон. Харин Ohmic халаалтын үед сүү 5 минутын дараа буцалж эхэлсэн бөгөөд (P=1кВт, V=100В), энэ үед гүйдлийн хүч 4.35А байхад. Уг процесс 31 минутын дараа дуусахад гүйдлийн хүч 0.6А хүртэл буурсан байна [12].

Дээрх туршилтын бэлэн болсон ээзгийнүүдийн өнгө, чийг, химийн шинж чанарыг харьцуулан графикаар харуулав [12] (Хүснэгт 4).

Хүснэгт 4

Үзүүлэлт	Уламжлалт арга	Вакуум аппарат	Ohmic халаалт
Чийг, %	30,78	40,8	29,56
Уураг, гр	27	29	33
Лактоз, гр	22	18	14
Тос, гр	36	39	42
Кальци, гр	1	1	1
Өнгө	Улбар шар	Шар туяатай цайвар	Маш бага шар туяатай цагаан

Цахилгаан халаалтын тогоо туршиж үзэх боломжтой юм байна гэж харагдаж байна.

Ээзгий буцалгахын мөн чанар нь зөвхөн шар усыг ширгээхэд бус харин шар усыг өндөр температурт удаан хугацаагаар буцалгаж, түүний найрлага дахь лактозыг хүний микрофлорын ашигтай бичил биетнүүдийн үйл амьдралыг дэмжигч олигосахарид-лактулоз, уургийн аминхүчлийн NH_3, дисахаридын CH_3 бүлгүүдийг лактулозолизины хэлбэрт шилжүүлэхэд оршино гэж дахин тодотгон судлаач Л.Дамдинсүрэн дурьдаад шар усыг сепартор болон вакуум ууршуулагчаар зайлуулж, ээдмийг ердийн хатаалгын төхөөрөмжөөр хатаан улаан шаргал бус, харин сүүний нэгдмэл уургийн хатаамал гарч байгаа алдааг шинжилж, технологийн урсгалын онолын зарчмыг дахин шинэчлэн ажилбаруудын үе

шат, параметрүүдийг туршин дараах байдлаар тогтоосон: Ууршуулах (60-70°С) → Ширгээх (105-110°С)→Хатаах (I үе 60-65°С, II үе 90-100°С) →Хөргөх (20-25°С)→Савлах (200-300г). Энэхүү параметрийн оновчлолоор Ээзгий бэлтгэх арга шинэ бүтээлийн патент, гэрчилгээ авсан гэж нийтэлжээ [7].

4. Ээзгий хатаах

Ээзгий хатаах талаар судалгааны ажил ховор ажээ.

Хүснэгт 5

Судлаачид, нийтлэгдсэн он	Хатаах /чийг/
Р.Индра 2000он	Дэлгэцэн дээр агаарт
Д.Нямаа 1980	▪ Машинаар дүрс, хэлбэржүүлээд хурууд хатаах адил, ▪ Хэлбэржүүлээгүй үед 15-20мм, 4-5мм болтол бутлаж, 10мм –ээс бага жигд тарааж,
Г.Гомбо 1990 он	Дэлгэцэн дээр агаарт
Л.Дамдинсүрэн 1989 он	Задгай агаарт хатаах
Н.Чимэдрэгзэн, Д.Амараа 2004 он	Тасалгааны темпратурт 24 цаг хатааж туршсан.

Д.Нямаа 1966-1980 байгуулагдсан цагаан идээний үйлдвэрүүдэд нойтон сүүн хурууд, ааруул, ээзгий зэрэг бүтээгдэхүүнийг хатаах горимын талаар ийн бичжээ. Хатаалгыг халаасан агаараар үлээлгэх (халуун хатаалга), агаарын урсгалыг ашиглах (байгалын хатаалга) гэсэн хоёр аргаар хийнэ. Үүнд халуун хатаалгыг хийхдээ хатаалгын өрөөнд 70-75% чийгтэй бүтээгдэхүүнийг 50-55°С халуун агаараар үлээлгэж 20-24 цагын дотор 10-15% чийгтэй болтол хатаана. Харин үргэлжилсэн цас, бороотой үед буюу сэрүүн улиралд халуун хатаалгын арга тохиромжтой. Халуун агаарыг 1,5-2,0 цаг оруулсаны дараа идээнээс ууршсан чийгтэй агаарыг 0,5-1,0 цаг соруулж гаргана. Халуун агаар оруулах, чийгтэй агаар соруулах ажиллагааг нэгэн зэрэг явуулж болохгүй. Байгалийн хатаалгыг наргүй сүүдэр газар явуулна. Хурц наранд хатаавал идээний найрлаганд агуулагдах тосны нэг хэсэг алдагдана. Иймээс байгалийн хатаалгыг төмөр дээвэртэй ялаа, батгана орохооргүй 1-4 мм нүхтэй төмөр утсан тороор хийсэн ханатай, тавьсан дэлгэцтэй идээний хэсэг бүрийг торон ханын нүхээр урсан орж дээврийн том яндан хоолойгоор гарах агаарын урсгал шүргэж өнгөрөөхөөр тохируулж тооцоолсон тавиуртай хийх хэрэгтэй. Байгалийн хатаалгыг 6, 7, 8-р сард ашиглана. Үүнд: 10х5х1 см, 10х7х1 см, 5х7х1см, 5х5х0,5 см, 15х5х1 см гэх мэт байхаас гадна 0,5:0,7:1,0 см хүртэл диаметртэй хорхой хэлбэртэй байж болно гэжээ [13].

Л.Дамдинсүрэн судлаач хатаалтын ерөнхий онолын зарчмыг баримтлан 2 үе шаттайгаар гүйцэтгэнэ хэмээн үзсэн [7]. Эхний үеийг 60-65°С-ийн температурт хатааж, хурдыг дараахь томъёогоор тооцолж үзжээ:

$$\frac{dU}{dt} = N_1(U_H - U_P)A * \exp(-\frac{r}{RT_M}); \qquad (4.1)$$

N_1-хатаах хурд, t/sec; U,U- ууршуулсан ээдмийн эхний болон тэнцвэртэй чийг, кг чийг/кг хуурай бодис; A-туршилтын коэффицинт, сек^1; r-уур үүсгэх дулаан, J/кг; R-хийн универсаль тогтмол; T_M-ээдмийн температур, °С; t-хатаах процесс үргэлжлэх хугацаа, сек.

Хатаалгын II дугаар үеийг 90-100°С температурт гүйцэтгэж хурдыг нь томъёо 4.2-оор тооцолж болно гэжээ [7].

$$\frac{dU}{dt} = N_2(U) = \left(\frac{U-U_p}{U_H-U_p}\right) * (U_H - U_P)A\varphi(U,T)\exp(\frac{r}{RT}); \qquad (4.2)$$

U-ээдмийн чийг, кг/кг; N2(U)- хатаалгын II үеийн хурд, сек$^{-1}$

III. ЭЭЗГИЙНИЙ ФИЗИК, ХИМИ ШИНЖ ЧАНАРЫН СУДЛАГДСАН БАЙДАЛ

Аливаа бүтээгдэхүүнд агуулагдах ууураг, тос, нүүрс ус, амин дэм, эрдэс бодис зэргийг тодорхойлсноор тухайн хүнс хүний биед ямар ач холбогдолтойг тогтооно. Хүнсний найрлагыг үнэн зөв тодорхойлох нь тэжээллэг чанарыг үнэлэх, хэрэглэгчийн эрхийг хамгаалахад зайлшгүй шаардлагатай [14]. Энэ үүднээс ээзгийний химийн найрлагыг судлаачид судлаад өөрсдийн бүтээлд нийтэлжээ (Хүснэгт 6).

Хүснэгт 6

Судлаач, он	Чийг	Ууураг	Тос	Нүүрс ус	Органик хүчил	Эрдэс бодис
Д.Нямаа, 1980	6-10	42-50	22	17	-	5
Л.Дамдинсүрэн, 1989	5-14	25-50	15-25	2,5	2.1	5
Г.Гомбо, 1992	16	23,0	24,2	31,5	0,6	4.7
Ц.Одбаяр 2014	40.0	26.5	30.7	-	0.3	-
Fujio Takahashi М.Олонбаяр 2001 он	7.8	35.9	14,2	34.5	-	5.9
Л.Хишигжаргал, Б.Эркигул 2011	16	48,3	0	35,7	-	-

Хүснэгтэд дурдсан найрлагууд Д.Нямаа судлаачын хувьд 1966-1980 онуудад ажиллаж байсан Монгол цагаан идээний үйлдвэрлэлийн туршлага, мэдээлэлд тулгуурласан дүн болно. Л.Дамдинсүрэн судлаач нь олон эрдэмтэдийн олон хүчин зүйлээс шалтгаалж ялгаатай хэмжигдсэн үзүүлэлтүүдийн дээд, доод хэмжээг нэгтгэн харуулсан. Харин өөрийн Сүү, цагаан идээний шинжлэх ухаан, технологийн тайлал бүтээлдээ үнээ, сарлаг, хонь, ямааны түүхий

болон болсон сүүний уламжлалт ээзгийн найрлага, физик химийн шинж чанарыг дараах байдлаар нийтэлжээ [7] (Хүснэгт 7).

Энэхүү судалгаа нь анхдагч сүүний найрлагыг дурьдаагүй ч үнээнээс бусад малын сүүгээр ээзгий хийхэд жиших нэг үзүүлэлт болж өгчээ. Мөн сүү хөөрүүлэх явцад казеины мицеллүүд томорч, уургийн ээдэлт сайжирдагт оршино гэж онолын тайлбар хийжээ [7].

Харин Г.Гомбо судлаачийн нийтэлсэн энэ үзүүлэлтүүд нь Ээзгий бэлтгэх арга нэртэй патент авахад бүрдүүлсэн материал бөгөөд 1999 оны 7,8-р сард Хөвсгөл аймгийн сумдуудаас хоорондоо хамааралгүй 35-н айлаас цуглуулсан ээзгий дээр хийсэн судлагаа,

Хүснэгт 7

Дээжийн тодорхойлолт	Чийг, %	Уураг %	Тос, %	Нүүрс ус, %	Эрдэс бодис, %	Илчлэг ккал
Үнээний түүхий сүүний	15,6	24.5	23.8	32.7	3.4	2148.6
Үнээний болсон сүүний	16,2	27.6	14.2	36.4	5.6	1865.3
Сарлагийн түүхий сүүний	15,2	22.7	34.5	24.7	2.9	2410.9
Сарлагийн болсон сүүний	16,0	32.9	6.9	37.2	7.0	1650.8
Хонины түүхий сүүний	15.7	29.7	32.2	20.1	2.3	2357.0
Хонины болсон сүүний	16.0	38.4	8.2	30.4	7.0	1682.2
Ямааны түүхий сүүний	13.9	30.3	23.2	29.7	3.1	2100.5
Ямааны болсон сүүний	16.2	31.2	18.7	28.9	5.0	1978.6

1998 онд Өвөрхангай аймгийн Хужирт сумын малчдаас 12, 1-р саруудад салчин өрхүүдээс цуглуулсан дээжинд хийсэн судалгаанууд ыг үндэслэн гарган авсан үзүүлэлт болно. Энэ үзүүлэлтээ шингэн, хуурай сүү, Монгол ба Голланд бяслагны найрлагатай харьцуулсан нь шим тэжээлийн агууламж нь их гэдгийг харуулжээ [15] (Хүснэгт 8).

Хүснэгт 8

№	Бүтээгдэхүүний нэр	Ус, %	Уураг, %	Тос, %	Нүүрс ус, %	Органик Хүчил,%	Эрдэс Бодис, %
1	Сүү (үнээний)	87.5	3.0	3.6	4.7	0.1	0.7
2	Хатаамал сүү (үнээ)	4.0	26.0	25.0	37.5	1.5	6.0
3	Голланд бяслаг	39.0	23.7	30.5	-	2.1	1.7
4	Монгол бяслаг	40.0	26.5	30.7	-	0.3	-
5	Ээзгий	16	23,0	24,2	31,5	0,6	4.7

Хүснэгт 6-д дурьдсан Ц.Одбаяр нар 2014 онд хийсэн судалгаандаа Увс аймгийн Цагаанхайрхан сумын захаас авч хэрэглэжээ. Найрлагын үзүүлэлт нь бусад судлаачийн нийтэлсэн утгатай ойролцоо байна. Илчлэгийн хэмжээг 498 ккал буюу өндөр хэмжээтэй гарсан гэж дүгнэжээ [16].

Л.Хишигжаргал, Б.Эркигул 2011 нар ээзгийний ундаа хийх зорилгоор уламжлалт аргаар өөрсдөө ээзгийгээ уламжлалт аргаар ширгээж бэлтгэсэн. Бусад судалгаанаас ялгаатай нь ээзгийнд агуулагдах лактоз нь 31,2%, Лактулоз нь 4,5% гэж нийтэлжээ [17].

Мөн М.Олонбаяр, Fujio Takajashi (2001) нарын судалгаа нь Монгол орны мал аж ахуйн онцлог болон уламжлалт аргаар сүүн бүтээгдэхүүнийг боловсруулах арга, ашиглалт, хэрэглээг судлан ерөнхий химийн найрлагын үзүүлэлтүүдийг нь Iwaate Prefectural University –ийн харьяа лабораторт шинжилжээ. Энд үнээний сүүний ээзгий болон ааруулын дээж сонгожээ. Шинжилгээгээр ээзгийний чийг, тос монгол судлаачдын тогтоосон хязгаарт боловч бага утгатай, уураг, нүүрс ус, эрдэс бодис нь их утгатай талд нь гарчээ [18].

Ээзгийний исгэлэн (100-200°Т) бага байдаг нь сүүг өндөр температурт халаахад ихэвчлэн сүүн хүчлийн микроорганизмууд устаж, цаашид бэлэн бүтээгдэхүүнд үржих бололцоогүй болдогоор тайлбарлана [6].

Илчлэгийн хувьд түүхий сүүний ээзгийн илчлэг 2137,8 ккал, болсон сүүнийх 2041.2 ккал гэж Р.Индра, Д.Нямаа нар тогтоосон бол [6]. болсон сүүний ээзгийн илчлэг 100г-д 444,3 ккал гэж Д.Нямаа бүтээлдээ дурьджээ[19]. Харин Ц.Одбаяр (2014) нарын судалгаанаас харвал бусад сүүн бүтээгдэхүүнтэй жагсаахад бор ааруул (527ккал), өрөм (545ккал)-ний дараа ээзгий (498ккал) [16] удаалж гэхдээ айрагнаас 17 дахин их, тарагнаас 6-8 дахин их илчлэгтэй байна.

Кальцийн агууламж нь М.Олонбаяр, Fujio Takajashi (2001) нарын судалгаагаанаас харвал 100гр бүтээгдэхүүн бүрийн ээзгийнд 1280мг, аарууланд 396мг кальци [18] агуулагдаж байна.

Ааруул ээзгийнд тус бүр 656.65мг%, 705.30 мг% кальци агуулагдаж байгаа нь сүүнийхээс /122.6мг%/ их байна [20].

Ааруул, ээзгий нь шүдний паалангаас гадагшлах кальцийн хэмжээг /700мг/л/ 180 цагийн дараа 450 мг/л болтол бууруулж байгаагаас үзэхэд шүдний паалант идэвхтэй эрдэсжүүлж байна. Ааруул, ээзгий бэлтгэх хугацаа технологоос хамааралд хүчиллэг чанар, кальцийн агууламж харилцан адилгүй байдаг. Иймд намар сүү өтгөрсөн үед ааруул, ээзгийг бэлтгэх нь эрдсийн найрлагыг хадгалаад зогсохгүй, ааруул, ээзгий бэлтгэх технологийн явцад кальцийн хэмжээ нэмэгддэг байна. Аарууланд кальци нь ихэвчлэн актат кальци хэлбэрээр байдаг бол ээзгийнд чөлөөт кальци ихээр агуулагдана [20].

ДҮГНЭЛТ

1. Бидний хийсэн судлагдсан байдлын судалгаанаас харахад аажим халаах, ээдсний дараах ууршуулах ширгээх, хатаах горимыг автомат ажиллагаатай төхөөрөмжөөр удирдахын тулд сүүний физик-химийн шинж чанар, савны геометр хэлбэр,

эзэлхүүн, дулаан өгөлт ба дамжуулалт, материалын болон дулааны баланс, халаагчаас гарах температур, мэдрэгчээс удирдлагад ирэх температур зэргийг туршилт судалгаар тооцож, тогтоох шаардлагатай байна.

2. Ээдүүлэгчийн шинж чанараас хамааарч процессийг удирдах ажиллагааны зарчим өөрчлөгдөх нь бидний судалгаагаар тодорхой байгаа учир удирдах функц сонголттой байх хэрэгтэй.
3. Ээдүүлэх, ширгээх явцад сүүг хутгах тохиргоог оновчлох, цахилгаан халаалтын тогоо туршиж үзэх боломжууд байж болохыг нь ээзгий боловсруулах уламжлалт технологийг үйлдвэрлэлд шилжүүлэхэд шаардлагатай параметрүүдийн судалсан энэхүү судалгаанаас илрүүллээ.

АШИГЛАСАН МАТЕРИАЛ, НОМ ЗҮЙ

[1] Р. Индра, “Монгол цагаан идээ боловсруулах аргын өвөрмөц чанар,” 2000.

[2] Г. Гиймаа, Х., Гомбо, “Сарлаг хайнагийн сүүний технологийн шинж чанарын судалгаа оновчтой боловсруулах технологийн туршилтын ажлын үр дүн,” Улаанбаатар, 1991.

[3] Д. Нямаа, “Монгол цагаан идээний үйлдвэрлэлийн технологийн судалгаа,” 1974.

[4] Л. Дамдинсүрэн, “Монгол цагаан идээ бэлтгэх уламжлалт аргын шинжлах ухаан,” 2005, *ШУТИС. Эрдэм шинжилгээний бүтээлийн эмхэтгэл 6/78 , Улаанбаатар*.

[5] J. G. Zajác, Peter,*, Jozef Capla ˇ, L. Benešová, Adam Partika, A. Fehér, and 2 and Silvia Jakabová, “The Effect of Heat Treatment on Cow’s Milk Protein Profiles.pdf,” *Foods*, pp. 2–15, 2022.

[6] Л. Дамдинсүрэн, “Монгол бяслаг тарагны микробиологи технологийн судалгаа,” 1989.

[7] Л. Дамдинсүрэн, *Сүү цагаан идээний шинжлэх ухаан технологийн тайлал*. Мөнхийн үсэг, 2014.

[8] Н. Амараа, Д ., Чимэдрэгзэн, “Ээзгий ширгээх процессын судалгаа. MSc,” ШУТИС. Хүнс, Хөнгөн үйлдвэрийн, Дизайны сургууль, 2004.

[9] Д. Хишигжаргал, Д., Нансалмаа, “Сүүний уургийг тунадасжуулт шар сүүний ялгаралтад нөлөөлдөг хүчин зүйлсийн харьцуулсан судалгаа. MSc,” МУТИС. ХТС, Улаанбаатар, 1998.

[10] Л. Цэрэнпүрэв, Л., Дамдинсүрэн, “Монголын уламжлалт аргад тулгуурлан пребиотик үйлчлэл бүхий цагаан идээ үйлдвэрлэх онолын үндэс,” *Хүнсний технолог, чанарын систем олон улсын ЭШ бага хурлын илтгэлүүдийн эмхэтгэл*, pp. 145–147, 2004.

[11] М. Хишигжаргал, Б., Говьсайхан, “Лактулоз ирээдүйн хүнс,” *Хүн ба Хүнс 2/52*, pp. 17–20, 2004.

[12] N. Chimedregzen, “Improvement in processing of Mongolian traditional dairy product,” 2008.

[13] Д. Нямаа, “Монгол цагаан идээний судалгаа.pdf,” *МААЭШХ-ийн эрдэм шинжилгээний бүтээлүүд*, pp. 34–37, 1968.

[14] Food and Agriculture Organization and World Health Organization, “Food composition data: Production management and use,” Rome, Italy: FAO, 2003.

[15] Г. Гомбо, *Манай эрдэмтэд*. Улаанбаатар: ШУТИС-ийн хэвлэх үйлдвэр, 2005.

[16] М. Ц. Одбаяр, Ц; Хостунгалаг, Б., “Сүү, сүүн бүтээгдэхүүний химийн найрлага,” *Хүнс судлал -2015*, 2015.

[17] Б. Хишигжаргал, Л., Эркигүл, “Ээзгийний ундаа үйлдвэрлэх технологийн судалгаа.pdf,” *Хүнсний зохистой хэрэглээ технологи ЭШ-ний бага хурлын эмхэтгэл*, pp. 237–245, 2011.

[18] M. O. Fujio Takahashi, “Investigation about the Use of Milk in Mongolia and the general composition of Mongolia’s main traditional dairy products.pdf,” *Bull. Morioka Jr. Coll. Iwate Prefect. Univ.*, 2001.

[19] Д. Нямаа, “Монгол цагаан идээ үйлдвэрлэх технологи,” 1980.

[20] М. Оюунбат, Б; Ичинхорлоо, 3; Эрдэнэчимэг, А; Майцэцэг, “Шүдний батжилд ааруул ээзгийний нөлөөлөл,” *Монголын ананаах ухаан 4(121)*, 2002.

ДАМНУРУУГҮЙ ХУЧИЛТЫН ХҮЧДЭЛИЙН ТӨВЛӨРЛИЙГ ШУГАМАН БУС ТООЦООНЫ ҮНДСЭН ДЭЭР ТОДОРХОЙЛОХ СУДАЛГАА

Эрдэнэчулуун ЦЭНД-АЮУШ[1]

[1]Монгол Улс, Улаанбаатар, ШУТИС, Барилга, архитектурын сургууль, Барилгын инженерийн салбар

Холбоо барих зохиогчийн и-мэйл хаяг: Tsendee_gk7@yahoo.com[1]

Хураангуй: **Дамнуруугүй хучилт нь ачааллыг хоёр чиглэлд дамжуулдаг, архитектурын хувьд уян хатан шийдэлтэй төмөрбетон хавтан бүтээц боловч багана-хавтангийн холбоос орчимд хүчдэлийн төвлөрөл үүсэх нь түүний үндсэн эмзэг тал болдог. Геометрийн тасралт, огтлолын өөрчлөлт, материалын шугаман бус шинж чанар, ан цав үүсэх явц, түүнээс үүсэх шилжилтийн нөлөөгөөр багана орчмын бүсэд хүчдэлийн оргил утгууд бий болж, эвдрэл болон ашиглалтын найдваршилд сөрөг нөлөө үзүүлдэг. Энэхүү судалгаанд дамнуруугүй хучилтын хүчдэлийн төвлөрлийг төгсгөлөг элементийн аргад суурилсан шугаман болон шугаман бус тооцооны аргаар тодорхойлж, үр дүнг харьцуулан үнэлэв. Тооцооны загварт хавтанг хоёр чиглэлд ажиллах элементээр загварчилж, багана орчмын бүсэд нарийсгасан торлолт хэрэглэсэн. Материалын загварт бетоны уян налархай шинж чанар, ан цавын нөлөө, түүнээс үүсэх шилжилтийг тусгасан. Мөн төгсгөлөг элементийн тооцоонд гарч болох хүчдэлийн төвлөрлийг бодитой үнэлэх зорилгоор дундажлалтын аргыг хэрэглэсэн. Тооцооны үр дүнд шугаман шинжилгээнд σ_{max}=10.7 тн/м^2, σ_{nom}=7.24 тн/м^2, K_t=1.48, харин шугаман бус шинжилгээнд σ_{max}=25.5 тн/м^2, σ_{nom}=13.7 тн/м^2, K_t=1.86 гарсан. Үүнээс үзэхэд шугаман бус нөхцөлд хүчдэлийн төвлөрөл 27.4%-иар өссөн байна. Судалгааны үр дүн нь шугаман бус төгсгөлөг элементийн шинжилгээ нь дамнуруугүй хучилтын аюултай бүсийн хүчдэлийн төлөвийг илүү бодитой тодорхойлох боломжтойг харуулж байна.**

Түлхүүр үг: Хавтан бүтээц, геометрийн тасралт, огтлолын өөрчлөлт, материалын шугаман бус шинж чанар, төгсгөлөг элементийн арга, ан цавын нөлөө, шугаман бус шинжилгээ.

I. УДИРТГАЛ

Дамнуруугүй хучилт нь дамнуруугүйгээр ачааллыг шууд багананд дамжуулдаг, хоёр чиглэлд ажиллах төмөрбетон хавтан бүтээц бөгөөд орчин үеийн барилгын инженерчлэлд өргөн хэрэглэгддэг.

Энэ төрлийн бүтээц нь архитектурын чөлөөт төлөвлөлтийг хангах, давхар хоорондын өндрийг багасгах, хэв хашмалын ажлыг хялбаршуулах, инженерийн шугам сүлжээг оновчтой шийдэх зэрэг давуу талтай.

Гэвч дамнуруу байхгүйгээс шалтгаалан багана-хавтангийн холбоос орчимд момент, хөндлөн хүч болон дотоод хүчдэл төвлөрч, тухайн бүс нь бүтээцийн хамгийн аюултай хэсэг болдог.

Олон улсын барилгын норм, дүрмүүд болох Eurocode 2 [1] болон ACI 318 [2] нь хавтан бүтээцийн тооцоонд ан цавын хяналт, хөшүүн чанар, арматурын хуваарилалт, багана хучилтын уузварын холбоосын даацын шалгалтыг зайлшгүй авч үзэхийг шаарддаг.

Eurocode 2 нь дамнуруугүй хучилтын тооцоонд эквивалент рамын арга (equivalent frame method), төгсгөлөг элементийн арга (finite element analysis), налархай хэв гажилтын шугамын арга (yield line analysis), торон аналог арга (grillage analogy) зэрэг аргыг хэрэглэх боломжтойг заадаг бол ACI 318 нь шууд тооцооны арга (direct design method) болон эквивалент рамын арга (equivalent frame method)-ыг түгээмэл хэрэглэдэг. Мөн баганын зурвас (column strip), дунд зурвас (middle strip)-ын бүсчлэл, моментийн хуваарилалт, хавтангийн зузаан, цөмрөлтийн зузаан зэрэг үндсэн параметрүүдийг тодорхой заасан байдаг.

Хүчдэлийн төвлөрлийн онолын суурийг Их Британийн эрдэмтэн C. E. Inglis [3] тавьж, геометрийн тасралтаас үүдэлтэй хүчдэлийн огцом өсөлтийг тайлбарласан бол Америкийн эрдэмтэн R. E. Peterson [4] энэ үзэгдлийг коэффициент хэлбэрээр системчилж, инженерийн практикт хэрэглэх боломжийг бүрдүүлсэн. Хавтан бүтээцийн ажиллах механизмыг тайлбарлахад Америкийн эрдэмтэн S. Timoshenko [5]-ийн хавтангийн онол чухал үүрэгтэй бөгөөд уг онолын дагуу хавтан нь зөвхөн гулзайлтаар бус, дотоод хүчдэлийн хамтын нөлөөлөлд ажилладаг. Иймээс багана-хавтангийн холбоос орчмын дотоод хүчдэлийн төлөвийг зөв үнэлэхэд гулзайлгах момент, дотоод хүч, хөндлөн хүч дамжуулах механизм, мушгиралтын хүчний харилцан үйлчлэл зэргийг хамтад нь авч үзэх шаардлагатай.

Сүүлийн жилүүдийн судалгаанууд дамнуруугүй хучилтын системийн хөндлөн чиглэлийн ачааллын үеийн ажиллах чадварт онцгой анхаарал хандуулж байна. Дамнуруугүй хучилтын системийн газар хөдлөлтийн ачааллын үед ажиллах чадвар нь уламжлалт каркасан системээс илүү уян, хөндлөн шилжилт болон давхар хоорондын шилжилт ихтэй, хучилт баганы уулзварын холбоос орчимд ан цав үүсэх, хөшүүн чанарын бууралт ажиглагдах, цөмрөлтийн эвдрэлийн эрсдэл өндөр байгааг

тогтоосон. Энэ сул талыг бууруулахын тулд хүрээ дамнуруу (perimeter beam), хөндлөн ачаалалд ажиллах цутгамал төмөр бетон хана (RC shear wall), багана орчимд зузаалсан хавтангийн хэсэг (drop panel) зэрэг хийцийн арга хэмжээг хэрэглэх шаардлагатай гэж үздэг.

Мөн ACI 318-14 дээр суурилсан жишээ тооцоонууд дамнуруугүй хучилтын хавтан нь олон тохиолдолд цөмрөлтийн нөхцөлийн шаардлагыг хангахгүй байх магадлалтайг харуулсан бөгөөд багана орчмын хэсэгт зузаалсан хавтан (drop panel) хэрэглэх замаар үр ашигтай өндөр (effective depth)-ийг нэмэгдүүлж, цөмрөлтийн хүчний нөлөөг даах чадварыг мэдэгдэхүйц сайжруулах боломжтойг тогтоосон.

Иймээс дамнуруугүй хучилтын хүчдэлийн төвлөрлийг үнэлэх асуудал нь зөвхөн хүчдэлийн оргил утгыг тодорхойлохоор хязгаарлагдахгүй бөгөөд бүтээцийн ерөнхий хөшүүн чанар (global stiffness), хэв гажилт, багана хучилтын уулзварын холбоос, цөмрөлтийн хүч, момент дамжуулалт, хөндлөн шилжилт зэрэг олон хүчин зүйлсийн нийлмэл нөлөөг хамтад нь авч үзэх шаардлагатай цогц асуудал юм.

Энэхүү судалгааны зорилго нь дамнуруугүй хучилтын хавтан бүтээц дэх хүчдэлийн төвлөрлийг шугаман болон шугаман бус төгсгөлөг элементийн аргаар тодорхойлж, багана орчмын бүсийн хүчдэлийн төлөв болон төвлөрлийн коэффициентын өөрчлөлтийг үнэлэх, мөн үр дүнг олон улсын судалгаа, нормын шаардлагатай уялдуулан инженерийн үндэслэлтэй дүгнэлт гаргахад оршино.

II. СУДАЛГААНЫ АРГА ЗҮЙ

Энэхүү судалгаанд дамнуруугүй хучилтын бүтээцийн хүчдэлийн төлөвийг тодорхойлох зорилгоор төгсгөлөг элементийн аргад (Finite Element Method, FEM) суурилсан шугаман болон шугаман бус тооцооны аргачлалыг ашиглав.

Хавтанг хоёр чиглэлд ажиллах (shell) элементүүдээр загварчилж, багана-хавтангийн холбоос орчимд хүчдэлийн огцом өөрчлөлт үүсэх магадлал өндөр тул тухайн бүсэд торлолтыг нарийсгасан.

Ийм хүчдэл их өөрчлөгдөх бүсэд элементүүдийн хэмжээг багасгаж, торлолтыг нарийсгах арга (local mesh refinement) нь төгсгөлөг элемэнтийн тооцооны нарийвчлалыг нэмэгдүүлж, багана орчмын хүчдэлийн төвлөрлийг илүү бодитой тодорхойлох нөхцөлийг бүрдүүлнэ.

Хавтангийн ажиллах механизмыг зөв илэрхийлэхийн тулд хавтанг баганын зурвас (column strip) болон дунд зурвас (middle strip) бүсүүдэд хуваан авч үзсэн.

Eurocode 2 болон ACI 318 нормуудад зааснаар дамнуруугүй хучилтын момент болон дотоод хүчний тархалт жигд бус байдаг бөгөөд арматурыг багана орчмын бүсэд төвлөрүүлэх шаардлагатай.

Баганын зурвас (column strip) нь ихэвчлэн алгаслын дөрөвний нэг хүртэлх өргөнийг хамрах бөгөөд үлдсэн хэсгийг дунд зурвас (middle strip) эзэлдэг.

Бүтээцийн геометрийн загварт багана орчмын бүсийн ажиллах нөхцөлийг үнэлэх зорилгоор зузаалсан хавтангийн хэсэг (drop panel) болон баганын толгой хэсгийн өргөтгөл (column capital)-ийн нөлөөг онолын түвшинд авч үзсэн.

Зузаалсан хавтангийн хэсэг (drop panel) нь хавтангийн үр ашигтай өндөр (effective depth)-ийг нэмэгдүүлж, цөмрөлтийн хүчний даах чадвар (punching shear capacity)-ыг өсгөхөөс гадна хөшүүн чанарыг нэмэгдүүлж, моментийн тархалтыг илүү аюулгүй болгодог.

Харин баганын толгой хэсгийн өргөтгөл (Column capital) нь багана орчмын шилжилтийн хүчдэл (shear stress)-ийг бууруулж, ачаалал дамжих нөхцөлийг сайжруулдаг.

Материалын загварт бетоныг уян-налархай шинж чанартай гэж үзэж суналтын бүсэд ан цав үүсэх нөхцөлийг тусгасан. Арматурыг уян-налархай загвараар тодорхойлсон.

Шугаман тооцоонд системийг уян харимхайн онолд тулгуурлан бодсон бол шугаман бус тооцоонд материалын болон геометрийн шугаман бус шинжийг хамтад нь авч үзсэн.

Үүний үр дүнд ачааллын өсөлтийн явцад ан цав үүсэх (cracking), хөшүүн чанарын бууралт (stiffness degradation), налархай хэв гажилт үүсэх (plastic behavior), дотоод хүчний дахин хуваарилалт (stress redistribution) зэрэг үзэгдлүүдийг тодорхойлох боломж бүрдсэн.

Төгсгөлөг элементийн үр дүнд багана орчмын зангилаа болон элементүүд дээр хүчдэлийн оргил утгууд (stress peak) үүсэх боломжтой. Ийм утгуудыг шууд ашиглах нь бодит төмөрбетон бүтээцийн ажиллах нөхцөлийг хэтрүүлэн үнэлэх эрсдэлтэй байдаг.

Учир нь бодит нөхцөлд бичил ан цав үүсэхэд хөшүүн чанар буурч, дотоод хүч дахин хуваарилагддаг.

Иймээс энэхүү судалгаанд хүчдэлийн үр дүнг дундажлалтын (smoothing) аргаар боловсруулж, ойролцоох элементүүдийн утгыг харгалзан тооцоонд хэрэглэсэн.

Хүчдэлийн төвлөрлийн коэффициентийг дараах байдлаар тодорхойлсон:

$$K_t = \sigma_{max} / \sigma_{nom} \quad (1)$$

σ_{max} - Багана-хавтангийн холбоос орчим дахь хамгийн их хүчдэл

σ_{nom} - Төвлөрлөөс алслагдсан бүсийн дундаж хүчдэл

III. СУДАЛГААНЫ ҮР ДҮН

Судалгааны аргачлалын дагуу дамнуруугүй хучилт бүхий 5 давхар барилгын тооцоог гүйцэтгэж, үр дүнг LIRA SAPR 2025 програм ашиглан боловсруулсан. Тооцооны загвар нь хучилтын хавтан баганын холбоосын орчим дахь хүчдэлийн

төвлөрлийг тодорхойлох зорилготойгоор нарийвчлан боловсруулсан.

Тооцооны үндсэн өгөгдлүүд:

Барилгын хэмжээ: 18x18м

Давхрын тоо: 5

Баганы хөндлөн огтлол: 50x50 см

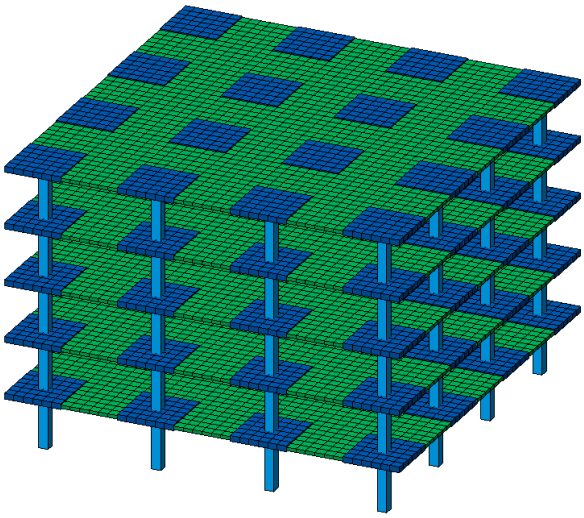
Хучилтын зузаан (drop panel): 30 см

Хучилтын зузаан (үндсэн хэсэг): 18 см

Бетоны анги: B25

Арматурын анги: A400

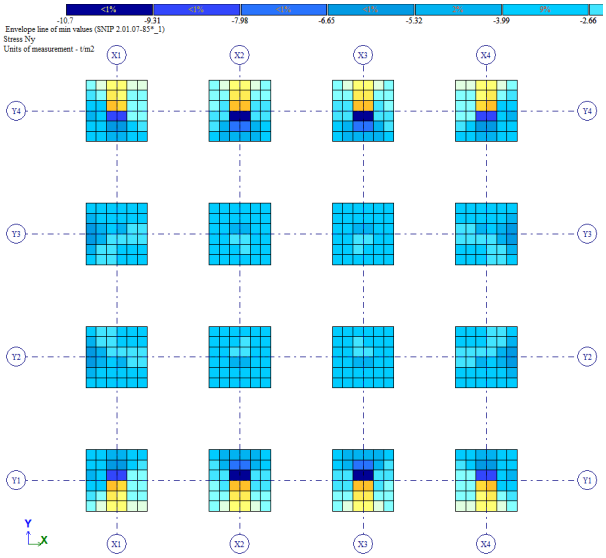
Ачаалал: тогтмол, түр удаан, түр богино



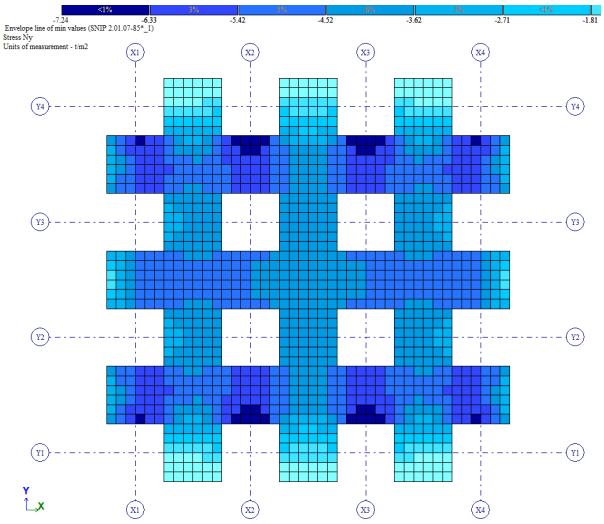
1-р зураг. Барилгын тооцооны схем

1. Шугаман тооцооны үр дүн

Шугаман тооцооны үр дүнгээс харахад хүчдэл нь хавтангийн талбайд харьцангуй жигд тархалттай байсан бөгөөд багана орчимд өсөлт ажиглагдсан боловч хүчдэлийн градиент огцом биш байв. Энэ нь бүтээц уян харимхай мужид ажиллаж, дотоод хүчний дахин хуваарилалт бага явагдаж байгааг илэрхийлнэ.



2-р зураг. Шугаман тооцооны хамгийн их хүчдэл



3-р зураг. Шугаман тооцооны дундаж хүчдэл

Шугаман тооцооны хүчдэлийн үр дүн:

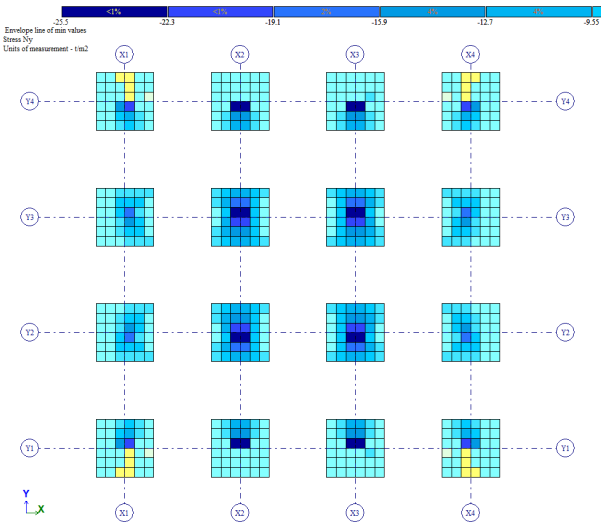
$\sigma_{max} = 10.7$ тн/м^2 $\sigma_{nom} = 7.24$ тн/м^2

Хүчдэлийн төвлөрлийн коэффициент:

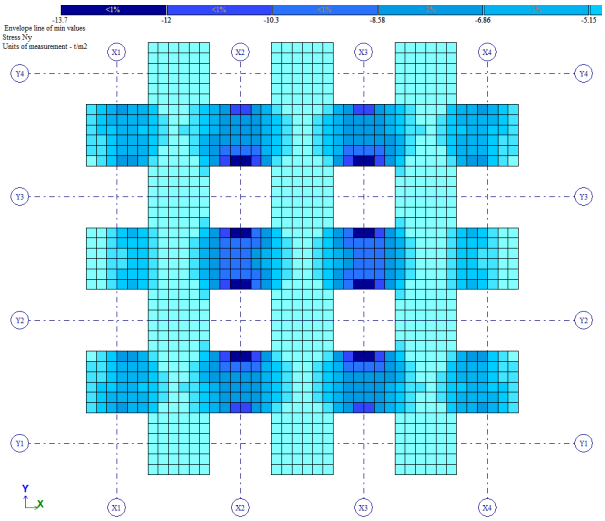
$K_t = \sigma_{max} / \sigma_{nom} = 10.7 / 7.24 = 1.48$

2. Шугаман бус тооцооны үр дүн

Шугаман бус тооцоонд материалын уян налархай шинж чанар, ан цав үүсэх (cracking), геометрийн их шилжилтийн нөлөөг тусгаснаар багана орчмын бүсэд хүчдэлийн төвлөрөл эрс нэмэгдсэн.



4-р зураг. Шугаман бус тооцооны хамгийн их хүчдэл



5-р зураг. Шугаман бус тооцооны дундаж хүчдэл

Шугаман бус тооцооны хүчдэлийн үр дүн:

σ_{max} = 25.5 тн/м^2 σ_{nom} = 13.7 тн/м^2

Хүчдэлийн төвлөрлийн коэффициент:

$K_t = \sigma_{max} / \sigma_{nom} = 25.5 / 13.7 = 1.86$

3. Үр дүнгийн харьцуулалт ба шинжилгээ

Шугаман болон шугаман бус тооцооны үр дүнг харьцуулж үзэхэд дараах өөрчлөлтүүд ажиглагдав:

- Хамгийн их хүчдэлийн утга ойролцоогоор 2.38 дахин өссөн
- Дундаж хүчдэлийн утга ойролцоогоор 1.87 дахин өссөн
- Хүчдэлийн төвлөрлийн коэффициент 27.4%-иар нэмэгдсэн

Энэхүү өсөлт нь дараах шугаман бус үзэгдлүүдтэй шууд холбоотой:

- ан цав үүсэх (cracking)
- хөшүүн чанарын бууралт (stiffness degradation)
- налархай хэв гажилт үүсэх (plastic behavior)
- дотоод хүчний дахин хуваарилалт (stress redistribution)

Шугаман бус нөхцөлд бүтээцийн ерөнхий хөшүүн чанар буурч, ачаалал багана-хавтангийн холбоос орчимд дахин төвлөрөх хандлага ажиглагдсан. Үүний үр дүнд багана орчмын бүсэд хүчдэлийн локал оргил утгууд (stress peak) нэмэгдэж, хүчдэлийн төвлөрөл эрчимжсэн байна.

Мөн багана-хавтангийн холбоос орчимд хөндлөн хүч дамжуулалт (shear transfer), момент дамжуулалт (moment transfer), мушгиралтын харилцан үйлчлэл (torsional interaction) зэрэг нийлмэл механизмууд шугаман бус тооцоонд илүү тод илэрч байгааг тогтоов.

Дүгнэлт

Энэхүү судалгаагаар дамнуруугүй хучилтын хавтан бүтээц дэх хүчдэлийн төвлөрлийг шугаман болон шугаман бус төгсгөлөг элементийн аргаар тодорхойлж, багана-хавтангийн холбоос орчим дахь хүчдэлийн төлөвийг харьцуулан үнэлэв. Судалгааны үр дүнд дараах үндсэн дүгнэлтүүдэд хүрэв.

1. Дамнуруугүй хучилтын багана-хавтангийн холбоос орчим нь гулзайлгах момент, хөндлөн хүч болон дотоод хүчний нийлмэл үйлчлэлд ордог бөгөөд бүтээцийн хамгийн эмзэг бүс болох нь тогтоогдлоо. Төгсгөлөг элементийн шинжилгээний үр дүнгээс харахад уг бүсэд хүчдэлийн тархалт жигд бус бөгөөд хүчдэлийн оргил утгууд үүсэх хандлагатай байна.

2. Шугаман болон шугаман бус тооцооны үр дүнг харьцуулахад дотоод хүчдэлийн хамгийн их утга ойролцоогоор 2.38 дахин, дундаж утга 1.87 дахин өссөн бөгөөд хүчдэлийн төвлөрлийн коэффициент 27.4%-иар нэмэгдсэн байна. Энэ нь шугаман бус нөхцөлд ан цав үүсэх, хөшүүн чанар буурах, улмаар дотоод хүчний дахин хуваарилалт явагдаж, ачаалал багана орчмын бүсэд илүү төвлөрдөг болохыг харуулж байна.

3. Шугаман бус шинжилгээнд материалын уян налархай шинж чанар, геометрийн их шилжилтийн нөлөө болон ан цавын үүсэлт зэргийг тусгаснаар бүтээцийн бодит ажиллах нөхцөл илүү үнэн зөв тодорхойлогдож байгааг батлав. Иймд зөвхөн шугаман тооцоонд тулгуурлах нь хүчдэлийн төвлөрлийг дутуу үнэлэх, улмаар аюултай бүсийг бүрэн тодорхойлохгүй байх эрсдэлтэй байна.

4. Төгсгөлөг элементийн тооцоонд гарч буй хүчдэлийн оргил утгууд (stress peak) нь бодит нөхцөлд шууд илрэхгүй байх боломжтой тул тэдгээрийг дундажлалтын (smoothing) аргаар боловсруулж инженерийн үнэлгээ хийх шаардлагатай болох нь тогтоогдлоо. Энэ нь тооцооны үр дүнг бодит төмөрбетон бүтээцийн ажиллах нөхцөлд ойртуулах чухал арга юм.

5. Багана-хавтангийн холбоос орчимд явагдах хөндлөн хүч дамжуулалт (shear transfer), момент дамжуулалт (moment transfer), мушгиралтын харилцан үйлчлэл (torsional interaction) зэрэг нийлмэл механизмууд нь хүчдэлийн төвлөрлийг нэмэгдүүлэх үндсэн хүчин зүйлс болох нь тогтоогдлоо. Эдгээр нөлөөлөл нь цөмрөлтийн эвдрэлийн (punching failure) эрсдэлийг нэмэгдүүлдэг тул тооцоонд зайлшгүй авч үзэх шаардлагатай.

6. Судалгааны үр дүнгээс харахад дамнуруугүй хучилтын найдвартай байдлыг хангахын тулд хийцийн түвшинд дараах арга хэмжээг авч хэрэгжүүлэх шаардлагатай байна. Үүнд: багана орчмын зузаалсан хавтангийн хэсэг (drop panel) ашиглах, баганын толгой хэсгийн өргөтгөл (column capital) хийх, цөмрөлтийн арматур (shear reinforcement) төлөвлөх, мөн шаардлагатай тохиолдолд хүрээ дам нуруу болон цутгам төмөр бетон хана (shear wall) ашиглан бүтээцийн ерөнхий хөшүүн чанарыг нэмэгдүүлэх зэрэг орно.

Иймээс дамнуруугүй хучилтын хүчдэлийн төвлөрлийг үнэлэхэд шугаман бус төгсгөлөг элементийн шинжилгээг ашиглах нь илүү оновчтой бөгөөд багана-хавтангийн холбоос орчмын аюултай бүсийг нарийвчлан тодорхойлох, цөмрөлтийн эвдрэлийн эрсдэлийг үнэлэх, инженерийн тооцооллын үндэслэлтэй шийдвэр гаргалтад чухал ач холбогдолтой гэж дүгнэв.

АШИГЛАСАН МАТЕРИАЛ, НОМ ЗҮЙ

[1] Eurocode 2: Design of Concrete Structures, EN 1992-1-1.

[2] ACI 318-14/19: Building Code Requirements for Structural Concrete.

[3] C. E. Inglis (Их Британи), “Stresses in a Plate due to the Presence of Cracks and Sharp Corners,” 1913.

[4] R. E. Peterson (АНУ), Stress Concentration Factors.

[5] S. Timoshenko (АНУ), Theory of Plates and Shells.

[6] Structural Design Guide for Flat Slabs.

[7] R. P. Apostolska, G. S. Necevska-Cvetanovska, J. P. Cvetanovska, N. Mircic, “Seismic Performance of Flat-Slab Building Structural Systems,” 2008.

[8] Two-Way Flat Slab (Concrete Floor with Drop Panels) System Analysis and Design (ACI 318-14), StructurePoint, 2023.

[9] Analysis and Design of Flat Slab Systems, Addis Ababa Institute of Technology, 2016.

[10] Abhijit K. Sawwalakhe, Prabodh D. Pachpor, “Comparative Study Of Conventional Slab, Flat Slab And Grid Slab Using ETABS,” IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2021.

ХӨДӨЛМӨРИЙН АЮУЛГҮЙ БАЙДАЛ, ЭРҮҮЛ АХУЙН СУРГАЛТААР АЖИЛТНЫГ ТӨЛӨВШҮҮЛЭХЭД НИЙТ АЖИЛТНЫ СУРГАЛТЫН ҮҮРЭГ

/УУЛ УУРХАЙН САЛБАРЫН ЖИШЭЭН ДЭЭР/

Өлзийбаяр ОЮУНХҮҮ[1], Келгенбай ХАВАЛБОЛОТ[2]

[1]Монгол Улс, Улаанбаатар, МУИС, Сургалт, хөтөлбөрийн чанарын баталгаажуулалтын газар,

[2]Монгол Улс, Улаанбаатар, ШУТИС, Геологи, уул уурхайн сургууль

Холбоо барих зохиогчийн и-мэйл хаяг: Oyukaaoojig@must.edu.mn[1]

Хураангуй: **Хөдөлмөрийн аюулгүй байдал, эрүүл ахуйн тухай хууль, Хөдөлмөрийн аюулгүй байдал, эрүүл ахуйн сургалт явуулах журам, жишиг хөтөлбөрийн дагуу ажилтнуудад зохион байгуулагддаг нийт ажилтны сургалтын агуулга, хэлбэр ажилтны хөдөлмөрийн аюулгүй байдал, эрүүл ахуйн мэдлэг ойлголтын түвшин, хандлагыг тогтоож, зан үйлд хэрхэн нөлөөлж буйг "Энержи Ресурс" ХХК-ийн 2023-2024 онд зохион байгуулагдсан нийт ажилтны сургалтад хамрагдсан ажилтнуудаас түүвэрлэн асуумж, ярилцлага, ажиглалтын аргаар өгөгдөл цуглуулан судлав. Судалгаанд тоон болон чанарын арга зүйг ашигласан болно. Таван түвшинт асуулга боловсруулж ажилтнуудын хөдөлмөрийн аюулгүй байдал, эрүүл ахуй, аюул эрсдэлээс урьдчилан сэргийлэх мэдлэг ойлголт, хандлага зан үйлийг үнэлэв. Тоон судалгааны үр дүнгээс харахад сургалтын дараа ажилтнуудын хөдөлмөрийн аюулгүй байдал, эрүүл ахуйн талаарх мэдлэг ойлголт нэмэгдэж, аюулгүй ажиллагааны хандлага, зан үйлд эерэг өөрчлөлт ажиглагдав. Сургалтын жишиг хөтөлбөрийн агуулгыг дэлгэрүүлэн, сургалтын хэлбэрийг идэвхтэй сургалтын арга, бодит кейст тулгуурласан багийн ажил, дадлага, дасгал, багийн хэлэлцүүлэг хийх зэргээр сургалтын үр өгөөжийг нэмэгдүүлэхэд анхаарав. Ингэснээр сургалтад хамрагдаж байгаа ажилтнуудын сонирхол, идэвх оролцоо илт нэмэгдэв. Гэсэн хэдий ч нийт ажилтны сургалтын үр өгөөж, сургалтын чанарт бодитоор нөлөөлөх хүчин зүйл байгааг тогтоов.**

Түлхүүр үг: ***Сургалт, орчин, сургалтын арга хэлбэр, дадлага, эрсдэлийг бууруулах шатлал, хариу арга хэмжээ, осолд хүргэх хүчин зүйл, ажилтны зан үйл***

I. ОРШИЛ

Монгол улс 1968 оны 5 дугаар сарын 24-ний өдөр Олон улсын хөдөлмөрийн байгууллага (ОУХБ)-д гишүүнээр элсэж, 1997 онд ОУХБ-ын 155 дугаар конвенцод нэгдсэн. Хөдөлмөрийн аюулгүй байдал, эрүүл мэнд (ХАБЭМ)-ийн хамгийн өндөртэй эрсдэлтэй уул уурхай, барилгын салбар дахь хөдөлмөрийн эрүүл мэнд, аюулгүй байдлын тухай ОУХБ-ын 167, 176 дугаар конвенцуудад 2015, 2020 онд тус тус нэгдэн орсноос хойш 2023 оны байдлаар 20 конвенцод нэгдээд байна [2].

ХАБЭМ-ийг дэмжих тогтолцооны тухай 187 дугаар конвенц нь ОУХБ-ын 155 дугаар конвенцын хэрэгжилтийг дэмжиж, үндэсний түвшинд ХАБЭМ-ийн тогтолцоог улам бэхжүүлэх замаар ажиллагсдын эрүүл мэнд, аюулгүй байдлыг хамгаалахад чиглэсэн хэм хэмжээг тогтоосноороо ач холбогдолтой ба манай улс энэ конвенцод хараахан нэгдээгүй байна. Энэ конвенцын 4.3 дугаар заалтад Хөдөлмөрийн аюлгүй байдал, эрүүл мэндийн үндэсний тогтолцоонд ХАБЭМ-ийн асуудлаар ажилладаг үндэсний гурван талт зөвлөлдөх байгууллагууд; ХАБЭМ-ийн мэдээлэл, зөвлөгөө өгөх үйлчилгээ; ХАБЭМ-ийн сургалт болон судалгаа; ХАБЭМ-ийн нөхцөлийг дэвшилттэйгээр сайжруулахад дэмжлэг үзүүлэх механизм зэргийг заавал багтаахыг заасан [2]. Үүнтэй уялдан Улсын Их Хурал (УИХ) Хөдөлмөрийн аюулгүй байдал, эрүүл ахуйн тухай хуулийг 2008 онд баталж, 2011-2023 онд 12 удаа нэмэлт өөрчлөлт оруулжээ. Энэ хуулийн 17.1 дугаар зүйлд "Ажил, хөдөлмөр эрхэлж байгаа иргэн, ажилтан болон ажил олгогч нь хөдөлмөрийн асуудал эрхэлсэн төрийн захиргааны төв байгууллагаас баталсан журмын дагуу Хөдөлмөрийн аюулгүй байдал, эрүү ахуй (ХАБЭА)-н сургалтад хамрагдаж мэдлэг, дадлагатай болсон байна", 17.6 дугаар зүйлд "ХАБЭА-н чиглэлийн мэргэжилтэн бэлтгэх, мэргэшүүлэх харилцааг Боловсролын тухай, Дээд боловсролын тухай хуулийн дагуу зохицуулна" гэж тус тус заасан [1]. Иргэн, ажилтан, ажил олгогчийн ХАБЭА-н сургалтад Хөдөлмөр нийгмийн хамгааллын сайд (ХНХС)-ын 2025 оны А/130 тоот тушаалаар батлагдсан "ХАБЭА-н сургалт зохион байгуулах, шалгалт авах журам"-ыг мөрдөж байна [3]. Түүнчлэн уг журмаар ХАБЭА-н асуудал хариуцсан ажилтан бэлтгэх асуудлыг зохицуулж байгаа бөгөөд одоогоор манай улсад аж ахуйн нэгж байгууллагууд болон 100 орчим сургалтын төв ХАБЭА-н сургалтыг зохион байгуулж байна [2].

II. СУДАЛГААНЫ ЗОРИЛГО

Судалгааны ажлын зорилго нь уул уурхайн салбарын ажилтнуудад ХАБЭА-н нийт ажилтны сургалтыг ХНХС-ын баталсан журмын хүрээнд агуулгыг дордуулахгүйгээр, сургалтын хэлбэрийг оновчтой зохион байгуулж, энэ нь ажилтны мэдлэг, хандлага, аюулгүй ажиллагааны зан үйл, дадал төлөвшилд хэрхэн нөлөөлж буйг тодорхойлоход оршино. Энэхүү зорилгод хүрэхийн тулд дараах зорилтыг дэвшүүлж байна. Үүнд:

1. Уул уурхайн салбарын ажилтнуудын дунд зохион байгуулагдаж байгаа ХАБЭА-н сургалтын агуулга, хэлбэр, зохион байгуулалтын өнөөгийн байдлыг тодорхой хүрээнд үнэлэх;
2. Сургалтад хамрагдсан ажилтнуудын мэдлэгийн түвшин, аюулгүй ажиллагааны туршлагыг үнэлэх;
3. Судалгааны үр дүнд үндэслэн уул уурхайн салбарт хэрэгжүүлэх боломжтой ХАБЭА-н сургалтыг сайжруулах санал боловсруулах.

III. СУДАЛГААНЫ ОНОЛ, АРГА ЗҮЙ

Энэхүү судалгаанд ХАБЭА-н сургалт ажилтны мэдлэг, хандлага, зан үйлд хэрхэн нөлөөлж байгааг илрүүлэх зорилгоор тоон болон чанарын холимог арга зүйг ашиглав. Судалгаа нь тайлбарлах, харьцуулан шинжлэх загвартай бөгөөд:

- Тоон судалгаа нь ажилтнуудын ХАБЭА-н сургалтад хамрагдсан байдал, сургалтын давтамж, сургалтын үнэлгээ, мэдлэг, хандлага, зан үйлийн өөрчлөлтийг хэмжих;

- Чанарын судалгаа нь сургалтын чанар, үр өгөөж, хэрэгжилтэд нөлөөлөх хүчин зүйлсийг тодорхойлох зорилготой.

3.1. Судалгааны хамрах хүрээ

Уул уурхайн салбарт үйл ажиллагаа явуулж байгаа “Энержи Ресурс” ХХК-ийн 2023-2024 оны нийт ажилтны сургалтад хамрагдсан үндсэн үйл ажиллагааны бүх чиглэлийн ажилтнуудыг төлөөлүүлэн сонгов.

3.2. Блумын таксоном

Блумын таксоном бол боловсролын сургалтын зорилтыг нарийн түвэгтэй байдал, өвөрмөц онцлог байдлын түвшинд ангилахад ашигладаг гурван шаталсан загварын багц юм [6]. Жишиг хөтөлбөрийн сэдэв агуулгын хүрээнд сургалтын материалыг бэлдэхдээ Блумын таксномын 6 түвшнээр боловсруулав. Тухайлбал ХАБЭА-н үндсэн ойлголт, холбогдох хууль тогтоомжийн талаарх сэдвийг сэргээн санах, ойлгох түвшний, ажлын байрны аюулыг илрүүлэх, аюулаас урьдчилан сэргийлэх, ажлын байрны сөрөг хүчин зүйлийн нөлөөллөөс өөрийгөө болон бусдыг хамгаалах зэрэг сэдвийг хэрэглэх түвшний, аливаа осол гэмтлийн дараах авч хэрэгжүүлэх арга хэмжээ, ослын судалгаа хийх сэдвийг задлан шинжлэх, байгаль орчин, хог хаягдал, усны менежментийн сэдвийн хүрээнд эргэцүүлэл, хэлэлцүүлэг хийх зэргээр үнэлэх түвшний, багийн ажил, дасгал, буухиа тэмцээн зэрэгт бүтээх түвшний асуулт даалгавар, сургалтын материалыг боловсрууллаа.

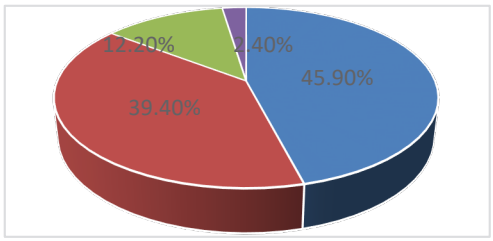
3.3. ХАБЭА-н сургалтын жишиг хөтөлбөр

Ажил хөдөлмөр эрхэлж буй нийт ажилтан, иргэнд аюулгүй ажиллах, ажлын байрны сөрөг хүчин зүйлсээс амь нас, эрүүл мэндээ хамгаалахад зайлшгүй шаардлагатай ХАБЭА-н хууль эрх зүйн ойлголтыг өгөхөд нийт ажилтны хөтөлбөр чиглэхийг ХНХС-ын журмаар тодорхойлсон бөгөөд 10 сэдвийн хүрээнд танхимаар 8 цагаас доошгүй байхаар зохион байгуулахыг зааасан. Сургалтын нэг цаг нь 45 минут байх бөгөөд суралцагч нь сургалтын агуулгын хүрээнд эзэмшвэл зохих онолын мэдлэгийг сорилоор үнэлж, 75 хувиас багагүй оноо авсан түүнчлэн суралцагч хөтөлбөрийн бүх агуулгыг бүрэн судалж, 100 хувийн ирцтэй байх шаардлагыг суралцагч хангасан байна [3].

IV. НИЙТ АЖИЛТНЫ СУРГАЛТААР АЖИЛТНЫГ ТӨЛӨВШҮҮЛЭХ СУДАЛГАА

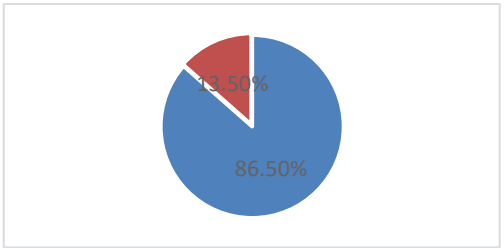
3.1. Нийт ажилтны сургалтад хамрагдсан ажилтнуудын судалгаа

“Энержи Ресурс” ХХК-ийн Сургалтын нэгж нь нийт 15 хүний бүрэлдэхүүнтэй, 70 хүртэл хүний багтаамжтай сургалтын танхимд үндсэн болон, гэрээт компанийн ажилтнуудад ХАБЭА-н төрөлжсөн сургалтыг зохион байгуулдаг юм. 2023-2024 онд ХАБЭА-н нийт ажилтны сургалтад 3279 ажилтан хамрагдсан бөгөөд ажилтны нас, хүйс, боловсролын түвшин, ажилласан жилээр авч үзэв. (Зураг 1-3).



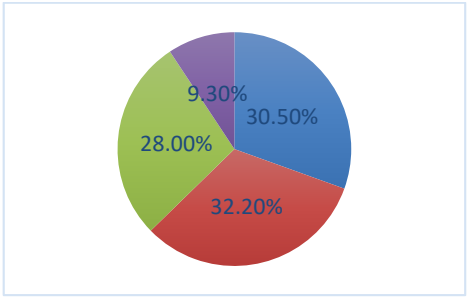
1-р зураг. Нийт ажилтны сургалтад хамрагдсан ажилтны насны үзүүлэлт

Түс үзүүлэлтээс харахад сургалтад хамрагдсан 3279 ажилтны 45.90% нь 20-30, 39.40% нь 31-40, 12.20% нь 41-50, 2.40% нь 51-ээс дээш настай байна.



2-р зураг. Нийт ажилтны сургалтад хамрагдсан ажилтны хүйсийн үзүүлэлт

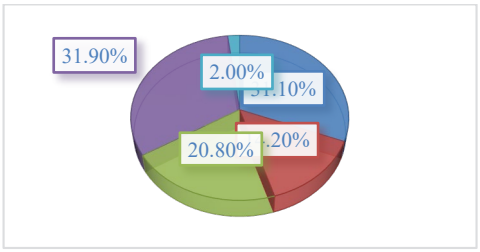
Уул уурхайн уйл ажиллагаа явуулдаг компанийн хувьд хүйсийн харьцаа харьцангуй зөрүүтэй байдаг нь сургалтад хамрагдсан ажилтны 86.50% хувь нь эрэгтэй, 13.50% нь эмэгтэй ажилтан байгаагаас харагдаж байна.



3-р зураг. Нийт ажилтны сургалтад хамрагдсан ажилтны ажлын туршлагын үзүүлэлт

Дээрх үзүүлэлтээс 1-5 жил ажиллаж байгаа ажилтны эзлэх хувь 30.50%, 6-10 жил 32.20% 11-20 жил 28.00%, 21-ээс дээш жил ажилласан ажилтны эзлэх хувь 9.30% байгааг харж болохоор байна.

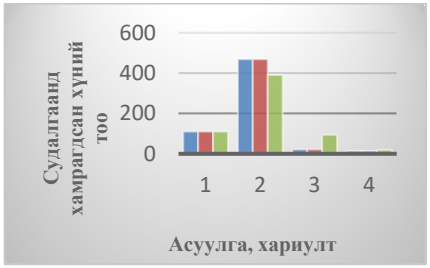
Нийт ажилтны сургалтад хамрагдсан 3279 хүнээс ажиллаж байгаа хэлтэс, албан тушаал, нас, хүйсийг бүрэн төлөөлөхүйц 614 хүнээс (Зураг 4) сургалтын дараа санал асуулга авч тухай бүрт сургалтын агуулга, хэлбэрийг сайжруулж байв. Эдгээр 614 хүний ажилладаг хэсэг нэгжийг зургаар үзүүлэв.



4-р зураг. Санал асуулгад оролцсон хүмүүсийн ажиллаж буй хэсэг нэгж

Тухайлбал тээвэр логистикийн хэсгийн 191, олборлолт үйлдвэрлэлийн 87, засварын хэсгийн 128, инженер техникийн 196, салбарын захиргаа, хүний нөөцийн 12 ажилтан тус тус хамрагджээ.

ХАБЭА-н талаарх мэдлэг, ойлголтын түвшин, аюулгүй ажиллагааны хандлага, зан үйлийн өөрчлөлтийг тандах асуулгыг гурван хэсэгтэй, хэсэг тус бүр гурван асуулгатай байхаар боловсруулсан бөгөөд дүнг доорхи зургаар илэрхийлэв.



5-р зураг. Ажилтнуудын ХАБЭА-н мэдлэг, ойлголт

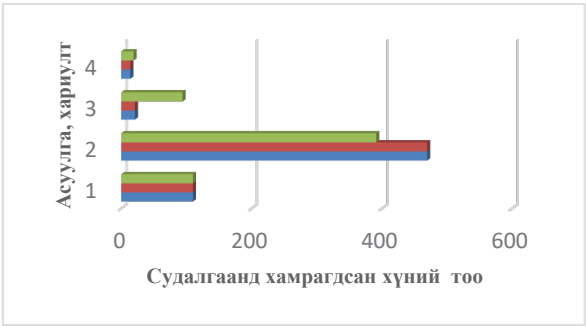
Зургийн тайлбар: Асуулга-1. Би ажлын байрныхаа гол аюулыг сайн мэддэг. Эрсдэлээс урьдчилан сэргийлэх арга хэмжээг авдаг.

Асуулга-2. Үйлдвэрлэлийн осол, хурц хордлогоос сэргийлэх аргуудыг тогтмол хийдэг.

Асуулга-3. ХАБЭА-н дүрэм, журам, зааврын зорилгыг мэддэг.

Хариулт: Ажилтны ХАБЭА-н мэдлэг, ойлголтын асуулгыг *“огт санал нийлэхгүй-хариулт 5”, “санал нийлэхгүй- хариулт 4”, “дунд зэрэг-хариулт 3”, “санал нийлэ-хариулт 2”, “бүрэн санал нийлэ-хариулт 1”* гэсэн 5 түвшинд ангилан субъектив үнэлгээг тоон хэлбэрт шилжүүлэн, судалгааны үр дүнг харьцуулах боломжтой байдлаар боловсруулав. Тухайлбал *“Би ажлын байрныхаа гол аюулыг сайн мэддэг. Эрсдэлээс урьдчилан сэргийлэх арга хэмжээг авдаг.”* гэсэн асуулгад 93 ажилтан *“бүрэн санал нийлэ”*, 491 ажилтан *“санал нийлэ”*, 16 ажилтан *“дунд зэрэг”*, 14 ажилтан *“санал нийлэхгүй”* хэмээн хариулсан ба *“огт санал нийлэхгүй”* гэсэн хариултыг сонгосон хүн үгүй байна. *“Үйлдвэрлэлийн осол, хурц хордлогоос сэргийлэх арга хэмжээг тогтмол хийдэг”* гэсэн асуулгад 93 ажилтан *“бүрэн санал нийлэ”*, 489 ажилтан *“санал нийлэ”*, 18 ажилтан *“дунд зэрэг”*, 14 ажилтан *“санал нийлэхгүй”* хэмээн хариулсан ба *“огт санал нийлэхгүй”* гэсэн хариулт үгүй. *“ХАБЭА-н дүрэм, журам, зааврын зорилгыг мэддэг.”* гэсэн асуулгад 93 ажилтан *“бүрэн санал нийлэ”*, 487 ажилтан *“санал нийлэ”*, 18 ажилтан *“дунд зэрэг”*, 16 ажилтан *“санал нийлэхгүй”* хэмээн хариулсан ба *“огт санал нийлэхгүй”* гэсэн хариултыг сонгосон хүн үгүй байна.

Ажилтнуудын аюулгүй ажиллагааны хадлагыг дараах зургаар илэрхийлэв.



6-р зураг. Ажилтнуудын аюулгүй ажиллагааны хандлага

Зургийн тайлбар: Асуулга-1. Аюулгүй байдал ажлын шаардлагаас чухал гэж үздэг

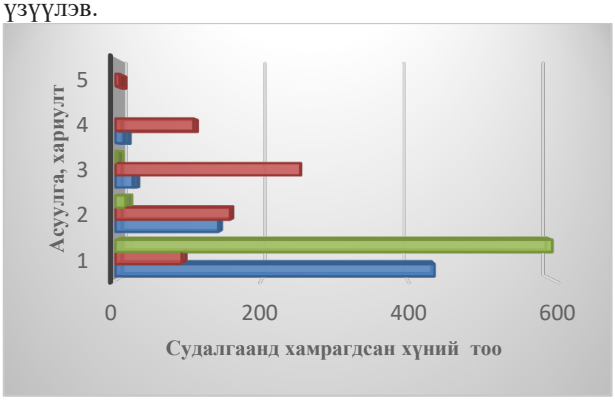
Асуулга-2. Дүрэм зөрчих нь осол гарах шалтгаан болдог

Асуулга-3. Хамт ажиллагчдынхаа аюулгүй байдалд анхаардаг.

Ажилтнуудын аюулгүй ажиллагааны хандлагыг *“Аюулгүй байдал ажлын шаардлагаас чухал гэж үздэг, Дүрэм зөрчих нь осол гарах шалтгаан болдог”, “Хамт ажиллагчдынхаа аюулгүй байдалд анхаардаг”* гэсэн 3 асуулгын эхнийхэд 110 ажилтан *“бүрэн санал нийлэ”*, 469 ажилтан *“санал нийлэ”*, 21 ажилтан *“дунд зэрэг”*, 14 ажилтан *“санал*

нийлэхгүй”, хоёр дахь асуулгад 110 ажилтан *“бүрэн санал нийлнэ”*, 469 ажилтан *“санал нийлнэ”*, 21 ажилтан *“дунд зэрэг”*, 14 ажилтан *“санал нийлэхгүй”,* гурав дахь асуулгад 110 ажилтан *“бүрэн санал нийлнэ”*, 391 ажилтан *“санал нийлнэ”*, 94 ажилтан *“дунд зэрэг”*, 19 ажилтан *“санал нийлэхгүй”* хэмээн хариулжээ. Өмнөх хоёр асуулгад хариулсан байдал тооны хувьд ойролцоо атал гурав дахь асуулгад хариулсан байдал харьцангуй зөрүүтэй байгаа нь ажиглагдлаа. Өөрөөр хэлбэл *“Хамт ажиллагчдынхаа ажуулгүй байдалд анхаардаг”* гэсэн асуулгад *“санал нийлнэ”* гэсэн хариулт өмнөх асуулгын энэ түвшний хариултаас даруй 70 гаруйгаар багассан, харин “*дунд зэрэг”* хэмээх хариултыг сонгосон нь мөн тоогоор нэмэгдсэн үзүүлэлттэй байна. *“санал нийлэхгүй”* гэсэн хариулт ч өсжээ. Үүнийг нийт ажилтны сургалтын агуулгад хөдөлмөрийн аюулгүй байдал, эрүүл ахуйн асуудал бол зөвхөн хувь ажилтны бус, хамт олны нэгдсэн ойлголт байдаг талаар тусгах нь зүйтэй гэж үзсэн болно.

Сургалтын дараа ажилтны аюулгүй ажиллагааны зан үйлийн асуулгад хариулсан байдлыг зургаар үзүүлэв.



7-р зураг. Ажилтнуудын аюулгүй ажиллагааны зан үйл

***Зургийн тайлбар*:** Асуулга-1. Би нэг бүрийн хамгаалах хэрэгслийг бүрэн хэрэглэдэг

Асуулга-2. Хамгаалах хэрэгслийн өнгө загвараас илүү чанар чухал

Асуулга-3. Осол болон осолд дөхсөн тохиолдлыг шууд удирдлагад мэдэгддэг

Дээрх зургаас харвал *“Нэг бүрийн хамгаалах хэрэгслийг бүрэн хэрэглэдэг”* гэсэн асуулгад *“бүрэн санал нийлнэ”* хэмээн 437, *“санал нийлнэ”* хэмээн 141 ажилтан буюу нийт санал асуулгад оролцогчдын 94.13% хувь нь нэг бүрийн хамгаалах хэрэгслийг хэрэглэж хэвшсэн эерэг үр дүн ажиглагдаж байна. *“дунд зэрэг”, “санал нийлэхгүй”* хэмээн 36 ажилтан хариулсан нь харамсалтай. Хоёрдугаар асуулгад *“Хамгаалах хэрэгслийн өнгө загвараас илүү чанар чухал”* хэмээх асуулгын хариулт анхаарал татаж байна. Учир нь энэ асуулгад *“бүрэн санал нийлнэ” “санал нийлнэ”* хэмээн 48 хүн хариулсан бол “дунд зэрэг”, “санал нийлэхгүй”, “огт санал нийлэхгүй” гэж 366 хүн буюу нийт асуулгад оролцогчдын 59.60% нь үзсэн байна. Энэ нь өдөр тутамдаа өмсөж хэрэглэдэг нэг бүрийн хамгаалах хэрэгслийн “өнгө загварт” анхаардаг нь харагдаж байна. Үүнтэй уялдан ажилтнууд өөрийн ажилладаг компаниас олгосон нэг бүрийн хамгаалах хэрэгсэл, ажлын хувцас зэргийг өмсөлгүй, өөр компанийн хувцас хэрэгслийг хэрэглэх тохиолдол байдгийг үүгээр тайлбарлаж болох юм. Үүнээс улбаалан нэг бүрийн хамгаалах хэрэгсэл, ажлын хувцасны өнгө, загварын талаар ажилтнуудаас санал асуулга авч, өнгө загварт чанарын нэгэн адил анхаарч байх нь зүйтэй гэсэн дүгнэлт гарч байна. *“Осол болон осолд дөхсөн тохиолдлыг шууд удирдлагад мэдэгддэг”* гэсэн гуравдугаар асуулгад 61 хүн буюу нийт асуулгад оролцогчдын 2-оос бусад нь *“бүрэн санал нийлнэ”, “санал нийлнэ”* хэмээн хариулсан нь “ослоос урьдчилан сэргийлэх нь хамгийн үр дүнтэй, хор хохирол бага үйл ажиллагаа мөн гэдгийг хүлээн зөвшөөрсөн эерэг үзүүлэлт байлаа.

V. НИЙТ АЖИЛТНЫ СУРГАЛТЫН АГУУЛГА, ХЭЛБЭРИЙН САЙЖРУУЛАЛТ

Нийт ажилтны сургалтыг зохион байгуулах үед сургалтад хамрагдсан ажилтнууд дараах асуудлыг хөндөж байв. Тухайлбал:

- 8 цаг үргэлжилдэг, агуулга их;
- Ростерын амралтын үеэр сургалтад хамрагдахад тодорхой бэрхшээлүүд тулгардаг:
- Зарим дүрэм журмын хэрэгжилт практикт нийцдэггүй;
- Жил бүр ижил агуулгаар сургалт ордог;
- Техникийн бүрэн бүтэн байдлын талаар сургалт орж байгаа хэдий ч засварын хэсэгт шаардлагатай сэлбэг байдаггүйгээс аргагүйн эрхэнд бүрэн бүтэн бус техникээр тээвэрт гарахад хүрдэг;
- Тээврийн мастер, уулын мастер зэрэг зарим албан тушаалтан ажилтнуудтай зохисгүй харьцдаг гэх мэт.

Эдгээр асуудлыг тоймлон харвал сургалтын агуулгад тодорхой баяжуулалт хийж, дүрэм журмыг практикт нийцүүлэх, зарим талаар ажлын бодит нөхцөлд тулгуурласан шинэчлэлийг хийхийг зорьсон [4,5] А/130 тоот тушаалын хавсралт жишиг хөтөлбөрийн нийт ажилтны сургалтын агуулгыг бууруулахгүйгээр хэлбэрийг зохих түвшинд өөрчлөв.

ХАБЭА-Н СУРГАЛТЫН ЖИШИГ ХӨТӨЛБӨР, КОМПАНИЙН СУРГАЛТЫН ХӨТӨЛБӨРИЙН АГУУЛГЫГ ХАРЬЦУУЛСАН ХҮСНЭГТ

1-Р ХҮСНЭГТ.

Д.д	А/130 жишиг хөтөлбөр		Компанийн сургалтын	
	Сэдэв	**Цаг**	**Сэдэв**	**Цаг**
1	Хөдөлмөрийн аюулгүй байдал, эрүүл ахуйн үндсэн ойлголт	8	ХАБЭА-н тухай хууль ХАБЭА-н тухай хууль, ISO 45001: Хөдөлмөрийн эрүүл мэнд, аюулгүй байдлын стандарт, ISO 14001: Байгаль орчны менежментийн шаардлагууд, ISO 9001: Чанарын менежмент ба ажлын гүйцэтгэлийг сайжруулах Нэгдсэн менеменжтийн тогтолцооны журмууд	1
2	Хөдөлмөрийн аюулгүй байдал, эрүүл ахуйн талаарх хууль тогтоомж			
3	Үйлдвэрлэлийн осолд хүргэдэг аюултай хүчин зүйлс, урьдчилан сэргийлэлт		БОХАБЭА-н эрсдэлийн удирдлагын журамтай холбоотой асуулт, хариултын АХА тэмцээн	1
			Аюулыг мэдээлэх хуудас бичих дасгал	
4	Ажил эхлүүлэхээс өмнө эрсдэлийн үнэлгээ хийх арга, практик дадлага		Эрсдэлийг тодорхойлох, үнэлэх аргачлал.	1
5	Ажлын байран дахь эрүүл мэндэд сөргөөр нөлөөлдөг хүчин зүйлийн төрөл, мэргэжлээс шалтгаалсан өвчин		Хөдөлмөрийн нөхцөлийн үнэлгээтэй холбоотой бодит кейст тулгуурласан багийн ажиллагааны дасгал	1
6	Ажлын хувцас, хувийн хамгаалах хэрэгслийн төрлүүд, зохистой хэрэглээ		Аюулгүй ажиллагааны дүрэм, НБХХ-ийн зөв хэрэглээ.	1
7	Ажлын байран дахь осол, өвчлөл үүсгэж болзошгүй хүчин зүйлсийг таньж илрүүлэх, мэдээлэх, бууруулж арилгахад ажилтан бүрийн үүрэг, оролцоо		Ажлын байранд аюултай нөхцөл байдал үүссэн тохиолдолд нэн даруй хэрэгжүүлэх арга хэмжээ Ажлын байрны нөхцөлийг сайжруулах, ослыг тэглэхэд ажилтны гүйцэтгэх үүрэг, оролцоо	1
			Бодит кейст тулгуурласан багийн ажиллагааны дасгал, даалгавар Ослын судалгаа, хариу арга хэмжээ	1
8	Онцгой байдалд хэрэгжүүлэх арга хэмжээ, гамшгийн бэлэн байдал		Онцгой байдлын тодорхойлолт, хамрах хүрээ Онцгой байдалд хэрэгжүүлэх арга хэмжээний дэс дараа	1
9	Осолд өртөгсдөд үзүүлэх анхны тусламж		Анхны тусламжийн тодорхойлолт, хамаарах асуудал, анхны тусламжийн иж бүрдэл, түүний хэрэглээ, ослын газарт нэн даруй хэрэгжүүлэх арга хэмжээ Осолд өртөгсдөд үзүүлэх анхны тусламж, даралттай боолт, 8 тоо боолт, чангалуур тавих, ЗУСА хийх,	1
10	Ажилтны зан үйлтэй холбоотой өвчлөл, түүний урьдчилан сэргийлэлт. Эрүүл, аюулгүй орчинд ажиллах зан үйл, хандлагыг төлөвшүүлэх тухай.		Эрүүл, аюулгүй орчинд ажиллах хандлага, зан үйлийг төлөвшүүлэх тухай	1
			Аюулгүй ажиллагааны соёлын ач холбогдол.	1
			Багийн хамтын ажиллагаа, харилцааны ур чадвар.	1
			Аюулгүй ажиллагааны соёл ба харилцаа	1
БҮГД ЦАГ		**8**	**БҮГД ЦАГ**	**13**

Тус жишиг хөтөлбөрийн агуулгыг 13 цагийн багтаамжтай, ХАБЭА-н хууль тогтоомж, дүрэм журам, стандарт, компанийн дотоод журмын хүрээнд *"Эрсдэлийн үнэлгээ хийх"*, сургалт орж буй орчинд аюулыг таних дадлага хийн *"Аюулыг мэдээлэх хуудас"* бичих, бодит кэйст тулгуурлан баг тус бүр даалгавар гүйцэтгэн, тухайн сэдвийн хүрээнд иж бүрэн ослын судалгаа хийх, осолд өртсөн хүний биеийн байдлыг үнэлэх, хамгаалалтад авах, *"Аюулгүй ажиллагааны соёл ба харилцаа"* сэдвээр баяжуулж, ХАБЭА-н соёлыг бүрдүүлэх хүчин зүйлийг тодорхойлон, багийн даалгавар, буухиа тэмцээн зохион байгуулах зэрэг идэвхтэй сургалтын аргыг ашиглав. Энэ талаар ажилтнууд сэтгэл ханамжийн судалгаанд *"сургалт үр дүнтэй байсан"* хэмээн дурдсан байв.

Сургалтын ажилтнууд сэдэв тус бүрийг хуваарилан авч, холбогдох судалгаа хийн, 100-аас доошгүй асуулт боловсруулав. Үүнийг цахим шалгалтад сэдэв тус бүрээр бүлэглэн 2-3 асуулт санамсаргүй байдлаар сонгож, ажилтан бүрт өөр өөр харагдах байдлаар ERP системээр боловсруулав. Шалгалтаа өгсний дараа авсан оноо нь шууд харагдах бөгөөд дээд тал нь 3 удаа шалгалт өгөх эрхтэй тохируулсан нь ажилтан шалгалтын асуултад хариулж байхдаа ч суралцсаар байх боломжтой гэж үзэж байна.

Сургалтын өмнөх асуулга, ярилцлага болон сургалтын дараах шалгалтын асуултад хариулсан байдлыг харьцуулахад ажилтнуудын мэдлэг, ойлголтын түвшин нэмэгдсэн эерэг өөрчлөлт ажиглагдлаа. Ялангуяа ажлын байрны аюулыг таньж, эрсдэлийг арилгах, бууруулах осол, хурц хордлогоос урьдчилан сэргийлэх талаарх ойлголт мэдэгдэхүйц сайжирсан байв.

4.1. Нийт ажилтны сургалтын агуулга, хэлбэрийн сайжруулалтын үр дүн

Өөрчилж сайжруулсан нийт ажилтны сургалтын дараах чанарын судалгаанд ярилцлага болон ажиглалтын арга ашиглав. Үүнд:

- Сургалтын үйл ажиллагааг бие даан удирдан зохион байгуулахад учирсан хүндрэл бэрхшээл, тулгарсан асуудал, сургалтад хамрагдсан ажилтнуудыг ажиглан үнэлсэн дүгнэлт.
- Сургалтын үйл явцын үнэлгээ.

Сургалтын үйл ажиллагааг бие даан зохион байгуулсан сургалтын ажилтан нар нийт ажилтны сургалт дууссаны дараа сургалтын үйл явцыг үнэлэн тайлан бичдэг бөгөөд ажилтнуудын хөндөж тавьсан асуудлуудыг дараагийн сургалтыг зохион байгуулахдаа урьдчилан анхааруулах, мэдээлэх замаар шийдвэрлэхэд ажлын байрны удирдлагын дэмжлэг чухал нөлөөтэй байв. Түүнчлэн сэдвийн агуулга давхацсаныг арилган сайжруулав.

Сургалтын үйл явцын үнэлгээнд хариуцсан нэгжийнхэн багаараа дүн шинжилгээ хийсэн болно. ХАБЭА-н сургалтыг хууль, дүрэм журам, стандартад заасан хугацаанд зохион байгуулдаг нь сайшаалтай боловч ажилтны аюулгүй ажиллагааны төлөвшил, хандлагад байгууллагаас зарцуулж буй хөрөнгө, санхүү, цаг хугацаа, алдагдсан боломжтой харьцуулбал жил бүр нэмэгдэж байгаа үйлдвэрлэлийн осол, хурц хордлогод өртөгсдийн тоо, хөдөлмөрийн чадвараа бүр болон түр алдсан хүмүүсийн тоо, мэргэжлээс шалтгаалах өвчлөлийн тоо буурахгүй байгаа нь сургалтын үр өгөөжийг үгүйсгэх үзүүлэлт болж байна. Дээрх үзүүлэлтэд нөлөөлж байгаа дараах томоохон хүчин зүйл байгааг тодорхойлов. Үүнд:

1. Сургалтад хамрагдаж байгаа ажилтнуудын тодорхой хувь нь сургалтыг *"ёс төдий", "байгууллагаас шаарддаг"* зүйл мэтээр үзэж, ойшоодоггүй хандлага тодорхой түвшинд байна.

2. Нийт ажилтны сургалтыг "*бие даан*" удирдан, чиглүүлж байгаа сургалтын ажилтан нар, сургалтын агуулга, үр өгөөжид онцгойлон анхаарахгүй байна.

Дээрх сөрөг нөлөөллийг бууруулахын тулд нийт ажилтны сургалтад хамрагдаж байгаа ажилтнуудын идэвх оролцоог нэмэгдүүлэх, сургалтын ач холбогдлыг ойлгуулах зорилгоор сурталчилгаа, гарын авлага, зөвлөмж боловсруулж, сургагч багш нарыг сурган заах арга зүйн сургалтад хамруулах арга хэмжээг зохион байгуулав.

ДҮГНЭЛТ

Энэхүү судалгаагаар уул уурхайн компанийн ХАБЭА-н сургалтын үр нөлөөг "Энержи Ресурс" ХХК-ийн нийт ажилтны сургалтын 2023-2024 оны байдлыг үнэлж, А/130 жишиг хөтөлбөрийн агуулгыг дордуулахгүйгээр сургалтыг оновчтой хэлбэрээр зохион байгуулснаар ажиллагчдын хөдөлмөрийн аюулгүй байдал, эрүүл ахуйн мэдлэг ойлголтыг дээшлүүлж, аюулгүй ажиллагааны хандлага, зан үйлд хэрхэн нөлөөлж буйг тоон болон чанарын судалгааны арга хэлбэрийг ашиглан тодорхойлж дараах дүгнэлтийг хийж байна. Үүнд:

1. Хууль, дүрэм, журам, стандартад нийцүүлэн хөдөлмөрийн аюулгүй байдал, эрүүл ахуйн сургалтыг цаг тухайд нь зохион байгуулдаг, ажилтнуудыг бүрэн хамруулдаг, сургалтын агуулга, сэдэв, хөтөлбөр, сургалтын хэрэглэгдэхүүн, сургалтын материалыг чанартай бэлддэг, сургалтын үр өгөөжийг дээшлүүлэхэд анхааран онол, дадлага, багийн даалгавар, хэлэлцүүлэг, буухиа тэмцээн, асуулт хариултын тэмцээн хэлбэрээр зохион байгуулдаг нь ажилтны хөдөлмөрийн аюулгүй байдал, эрүүл ахуйн мэдлэг ойлголт нэмэгдэхэд,

аюулгүй ажиллагааны хандлага, зан үйлд эерэгээр нөлөөлж байна.

2. Тоон судалгааны үр дүнгээс харахад сургалтын дараа ажилтнуудын ХАБЭА-н мэдлэг ойлголт тодорхой хэмжээнд нэмэгдсэн, ажлын байрны аюулыг таних, эрсдэлийг бууруулах ойлголт өссөн эерэг үр дүн ажиглагдсан ч энэ нь үйлдвэрлэл, олборлолт, тээвэрлэлтийн үед тогтвортой зан үйл болон төлөвшихөд учир дутагдалтай байгааг чанарын судалгаа харуулаа. Учир нь чанарын судалгааны дүнгээс сургалтын агуулга, хэлбэрийг ажилтны харьяалагддаг хэсэг нэгжийн онцлог, гүйцэтгэдэг үүрэгтэй нь нийцүүлж зохион байгуулахгүй байгаа нь сургалттын үр өгөөжийг бууруулж буй хүчин зүйлийн нэг болж байгаа нь тогтоогдов.

3. Түүнчлэн зарим ажилтан сургалтыг *“ёс төдий”* зүйл мэтээр хүлээн авч, идэвхгүй оролцож байгаа хандлага, мөн зарим сургалтын ажилтны мэргэжлийн мэдлэг, хариуцлага, бэлтгэл хангалтгүй байгаа нь сургалтын чанар, ач холбогдлыг үгүйсгэх хэмжээнд хүргэж байгааг сургалтын үнэлгээ нотолж байв.

Судалгааны үр дүнгээс үзэхэд ХАБЭА-н сургалт бол эрсдэлийг бууруулах арга хэрэгслийн 5 шатлалаар *“Захиргааны арга”* буюу дөрөвдүгээрт жагсдаг *“үр дүн багатай”* ангилалд багтдаг хэдий ч хүний хүчин зүйлтэй холбоотой эрсдэлийг бууруулахад чухал үүрэгтэй юм. Иймээс сургалтын үр өгөөжийг нэмэгдүүлэхийн тулд сургалтад хамрагдаж буй ажилтнуудын хандлага ухамсрыг нэмэгдүүлэх, сургалтын ажилтнуудын мэргэжлийн ур чадвар, үүрэг хариуцлагыг шаардлагатай түвшинд хүргэхэд тодорхой арга хэмжээг авах нь зүйтэй гэж үзлээ. Ингэснээр ХАБЭА-н сургалт нь *“шаардлагын дагуу хийдэг”* үйл ажиллагаанаас *“үнэ цэн бүтээдэг, осол эрсдэлийг бууруулахад бодитоор нөлөөлдөг”* арга хэрэгсэл болон төлөвших боломжтой юм.

АШИГЛАСАН МАТЕРИАЛ, НОМ ЗҮЙ

[1] Хөдөлмөрийн аюулгүй байдал, эрүүл ахуйн тухай хууль

[2] Хөдөлмөрийн аюулгүй байдал, эрүүл мэндийг дэмжих тогтолцооны тухай олон улсын хөдөлмөрийн байгууллагын 187 дугаар конвенцыг монгол улсын хууль тогтоомжтой харьцуулсан үнэлгээ, Улаанбаатар: Хөдөлмөрийн аюулгүй байдал, эрүүл мэндийн төв, 2023

[3] Гэр бүл, хөдөлмөр, нийгмийн хамгаллын сайдын 2025 оны 06 дугаар сарын 02-ны өдрийн А/130 тоот тушаалын хавсралт 1. Хөдөлмөрийн аюулгүй байдал, эрүүл ахуйн сургалт явуулах журам, Хавсралт 2. Хөдөлмөрийн аюулгүй байдал, эрүүл ахуйн суралтын жишиг хөтөлбөр

[4] N. Coulson, J. Christofides, Worker health and safety representatives on south africanmines: a compassionate voice in the face of employer dominance and health complexity. Theextractive industries and society. *(pdf) Managing Occupational Health And Safety In The Mining Industry*. Available from: https://www.researchgate.net/publication/35485087_managing_occupational_health_and_safety_in_the_mining_industry#fulltextfilecontent [accessed apr 23 2026].

[5] Diogo, m. T. 00. European legal framework related to underground mining and tunnellingconcerning commission directive (eu) 017/164, 31 january establishing a fourth list ofindicative occupational exposure limit values. International journal of mining science andtechnology 30 (4):541-545. *(pdf) managing occupational health and safety in the mining industry*. Available from: https://www.researchgate.net/publication/35485087_managing_occupational_health_and_safety_in_the_mining_industry [accessed apr 23 2026].

[6] Toala Ponce, S. R., Gómez Pinillo, L. Y., Guevara Heredia, R. N., & Quiñonez Ortiz, E. C. 2022. *Application of Bloom’s taxonomy to improve teaching-learning*. *Sapienza: International Journal of Interdisciplinary Studies* 3 (6): 176–189. (pdf) Available from: https://journals.sapienzaeditorial.com/index.php/SIJIS/article/view/507 [accessed Apr 3, 2006]. DOI:https://doi.org/10.51798/sijis.v3i6.507

МАКРО СҮВЭРХЭГ ДУЛААН ТУСГААРЛАХ МАТЕРИАЛЫН ТҮҮХИЙ ЭДИЙН ХАРЬЦУУЛСАН СУДАЛГАА

Сандагдоржийн БАЯРЖАРГАЛ[1], Галдансамбуугийн САРАН[2] , Рэнцэндаваагийн ДОЛГОРЖАВ[3], Эрдэнэдалайн УРАНЧИМЭГ[4]

[1,2,3] Монгол Улс, Улаанбаатар, ШУТИС, Хэрэглээний шинжлэх ухааны сургууль, Химийн инженерчлэлийн тэнхим

[4]Монгол Улс, Улаанбаатар, ШУТИС, Геологи уул уурхайн сургууль, Газрын тос, өрөмдлөгийн инженерчлэлийн тэнхим

Холбоо барих зохиогчийн и-мэйл хаяг: dolgorjav@must.edu.mn[3]

Хураангуй: **Кальцийн силикатан дулаан тусгаарлах материалыг барилга, байгууламжийн дулаалга болон өндөр температурт ажилладаг дулааны тоног төхөөрөмжийн дулаан тусгаарлалтанд өргөн хэрэглэдэг. Энэхүү материал нь дулаан тусгаарлах өндөр чадвартайгаас гадна чийгийн үйлчлэлд тэсвэртэй, мөөгөнцөр үүсгэдэггүй, мөн галд тэсвэртэй зэрэг давуу шинж чанартай юм. Тус судалгааны ажлын хүрээнд Монгол орны байгалийн шавар болон шохойн чулууг үндсэн түүхий эдээр авч, кальцийн силикатан дулаан тусгаарлах материал гарган авах боломжийг тогтоохыг зорьлоо. Ингэснээр орчин үеийн багажит шинжилгээний аргуудыг ашиглан эх орны түүхий эдийн харьцуулсан судалгааг гүйцэтгэх, мөн цаашилбал импортын бүтээгдэхүүнийг орлох бүтээгдэхүүн болох шинэ төрлийн дулаан тусгаарлах материалыг гарган авахад шаардлагатай түүхий эдийн сонголтыг оновчтой хийх зэрэг зорилтуудыг тавьж ажиллаа. Ингэснээр тухайн материалын үйлдвэрлэлийн үед төдийгүй ашиглалтын үед ч эрчим хүчний хэмнэлттэй эко бүтээгдэхүүн гарган авах боломжийг тогтоох шинэлэг тал болон практик ач холбогдолтой юм. Судалгаанд ашигласан түүхий эдийн химийн найрлагыг Bruker M4 TORNADO маркийн рентген флюоресценцийн спектрометр (XRF)-ийн, эрдсийн найрлагыг Orion Comet P2 маркийн рентген дифрактометр (XRD-)-ийн, харин гадаргуугийн бүтэц, морфологийн шинжилгээг Jeol JSM 7800 F маркийн сканнинг электрон микроскоп–энерги дисперсийн шинжилгээ (SEM-EDAX)-ний аргаар тус тус тодорхойлов. Химийн найрлагын шинжилгээний үр дүнгээс үзэхэд Цогт-Овоогийн шавар нь 70.50% цахиурын давхар исэл (SiO_2), 23.47% хөнгөн цагааны исэл (Al_2O_3) агуулж байгаа нь силикат-алюминатын өндөр агууламжтай болохыг харуулсан. Харин шохойн чулууны найрлагад 87.57% кальцийн исэл (CaO), 7.30% цахиурын давхар исэл (SiO_2), 1.15% магнийн исэл (MgO) агуулагдаж байгаа нь тогтоогдов. Энэ нь уг түүхий эдүүд кальцийн силикатан материалыг нийлэгжүүлэн гарган авахад шаардлагатай үндсэн бүрэлдэхүүн хэсгүүдийг агуулж байгааг илтгэнэ. Эрдэс зүйн шинжилгээний үр дүнгээс үзэхэд шавар нь 47.4% кварц, 28.1% каолинит болон бусад дагалдах эрдсээс бүрдэж байна. Иймээс нь дулаан тусгаарлах материал үйлдвэрлэх явцад шаардлагатай бүтэц бүрэлдэх, CS-фазын хувирал явагдах нөхцөлийг бүрдүүлэх боломжтой болохыг харуулж байна.**

Түлхүүр үг: Каолинит, шохойн чулуу, физик-механик шинж чанар, шавар

I. УДИРТГАЛ

Монгол улс нь 2024 оны байдлаар вермикулит, хөөсөн шавар, доломит болон шамот зэрэг эрдэс суурьтай дулаан тусгаарлах материалыг 1.8 мянган тонныг импортлон оруулж ирж хэрэглэсэн бөгөөд үүнд эрдэс хөвөнгийн хэмжээ хамрагдаагүй байна.

Өөрөөр хэлбэл эрдэс суурьтай дулаан тусгаарлах материалын ихэнх хэсгийг импортлон оруулж ирж хэрэглэдэг гэсэн үг юм. Иймээс дулаан тусгаарлах материалыг эрдэс түүхий эдээс гарган авах ажлуудыг манай эрдэмтэд гүйцэтгэж ирсэн байна. Ингэхдээ хий үүсгэх арга болон шатамхай нэмэлт хэрэглэх аргыг хослуулан ашигласан байна. Нэгдсэн хий үүсгэгч хөөсөнцөр, полистиролыг шахмал нэмэлт болгон ашигласан. Хий үүсгэгчээр хөнгөнцагааны нунтаг ашиглан 800-950 кг/м³ эзлэхүүний цултай, 47-55%-ийн сүвэрхэгжилттэй, 2.2-3.5 МПа бат бэхтэй эдэлхүүн гарган авсан байна. Харин полистиролыг шатамхай нэмэлт болгон ашиглаж 580-800 кг/м³ эзлэхүүний цултай, 55-67%-ийн сүвэрхэгжилттэй, 1.5-2.5 МПа бат бөхтэй эдэлхүүн гарган авсан байна [1].

Мөн керамикийн хөөс үүсгэгчийг ашиглан галд тэсвэртэй бетоны микросүвэрхэг кальцийн гексаалюминат болон дикальцийн алюминат хөнгөн дүүргэгчийг гарган авчээ. Уг кальцийн силикатан материал нь 0.24-0.30 кг/см³ эзэлхүүний цултай 0.93-1.91 МПа бат бөхтэй, 1100°C-ийн температурын үед 0.12-0.134 Вт/мК дулаан дамжуулалтын итгэлцүүртэй, 85.4% хүртэл нүх сүвтэй байсан байна [2].

Цогт-Овоогийн анхдагч каолинитийг түүхий эдээр сонгон авч, эдлэлийн жинг хөнгөрүүлэх зорилгоор С285 (ХБНГУ) маркийн техникийн шингэн саван, нарийн ширхэгтэй модны үртэс, сонингийн цаас зэргийг ашиглан 0.47 г/см³ эзлэхүүний цултай, 1.84 МПа бат бэхтэй, дулаан дамжуулалтын итгэлцүүр нь 1000°C-ийн температурт 0.28 Вт/мК дулаан дамжуулалтын илтгэлцүүртэй макросүвэрхэг галд тэсвэртэй пеношамотон эдлэл гарган авах судалгааны ажлыг гүйцэтгэсэн байна [3].

Сүүлийн жилүүдэд уур, даралтын орчинд бэхжүүлэн гарган авсан дулаан тусгаарлах материалыг олон улсад хэрэглэж эхэлсэн байна [4-10]. Шохой нь олон салбарт ашиглагдаж буй хамгийн түгээмэл олдоцтой түүхий эдүүдийн нэг юм.

Г.Хатанбаатар, О.Лхагвадорж нарын судлаачдын ажлуудаас үзэхэд шохойг барилгын материалын түүхий эд болон уул уурхайд орчин тохируулах урвалжаар ашиглах ажлууд ихэвчлэн хийсэн байна [11]. Манай орны хувьд шохойн чулууны 69 орд илэрц байгаа бөгөөд үүнээс 24 ордын нөөц нь 43.2 сая тонн гаруй байгаагаас түүний 90 гаруй хувь нь сайн чанарын агаарт бэхжих шохой гарган авах түүхий эд байдаг [12]. Кальцийн алюмосиликатын нэгдэл гарган авахад шохойноос гадна цахиурын агууламж ихтэй түүхий эд шаардагддаг [13-15].

II. СУДАЛГААНЫ АЖЛЫН ОБЪЕКТ,АРГА ЗҮЙ

1. Судалгааны ажлын объект

Судалгааны ажилд Дархан-Уул аймгийн Хөтөл ордын шохойн чулуу, Дорноговь аймгийн Даланжаргалан сумын Өргөн ордын шохойн чулуу, Ховд аймгийн Цахир ордын шохойн чулуу, Өмнөговь аймгийн Цогт-Овоо сумын нутагт орших Цогт-Овоогийн ордын шаврыг, түүхий эдээр сонгон авч харьцуулсан судалгааг гүйцэтгэлээ.

2. Арга зүй

Түүхий эдийн судалгааны ажлыг ШУТИС-ийн Материал судлалын төв болон ХБНГУ-ын Фрайбергийн уул уурхайн академийн Материал судлалын хүрээлэн дээр гүйцэтгэсэн бөгөөд байгалийн анхдагч шаврын химийн найрлагыг Bruker M4 TORNADO маркийн рентгенфлюоресценцийнн спектрометр (XRF), эрдсийн найрлагыг Orion Comet P2 маркийн рентгендифрактометр (XRD), гадаргуугийн бүтцийг Jeol JSM 7800 F маркийн сканнинг электрон микроскоп (SEM-EDAX) зэрэг багаж, тоног төхөөрөмжийг ашиглан тодорхойлов. Шохойн чулууны химийн найрлагыг MNS0963:1991 стандарт болон шохойн физик химийн шинж чанарыг MNS0347:2002 стандартад заасан аргуудаар тус тус тодорхойлов.

III. СУДАЛГААНЫ ҮР ДҮН

А.Шохойн чулууны үр дүн

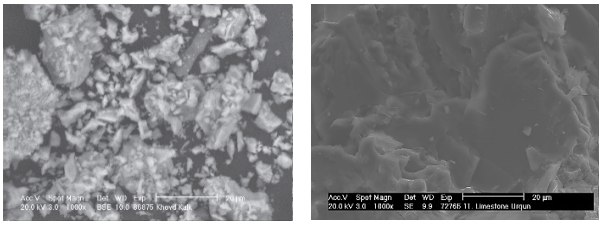
Шохойн чулууны химийн найрлагыг 1-р хүснэгтээр үзүүлэв. Химийн шинжилгээний үр дүнгээс үзэхэд шохойн чулуунд агуулагдах CaO-ийн хэмжээ нь Өргөний ордын дээжинд 55.4%,, Хөтөлийн шохойн чулууны дээжинд 54.95% байсан бол Цахир ордын шохойн чулууны дээжинд 54.05% тус тус агуулагдаж байна. Энэ үр дүн нь тухайн ордуудын шохойн чулууны дээж нь маш цэвэр, өндөр чанартай болохыг харуулж байна. Ийм шохойн чулууг цемент, шохой үйлдвэрлэх болон металлургийн салбарт ашиглахад нэн тохиромжтой байдаг.

1-Р ХҮСНЭГТ

Орд	Оксидын агуулга, %						
	SiO_2	AL_2O_3	Fe_2O_3	MgO	CaO	K_2O	Ш.У.Х
Өргөн	0.83	0.56	0.20	0.62	55.40	-	42.39
Хөтөл	0.57	0.05	0.22	0.30	54.95	-	43.91
Цахир	0.93	0.85	-	1.20	54.05	0.42	42.55

Цахиурын давхар ислийн агууламж маш бага буюу 0.57% - 0.93% байна. Цахир орд харьцангуй өндөр (0.93%), Хөтөл орд хамгийн бага (0.57%) цахиурын агуулгатай байна. Хөнгөн цагаан болон төмрийн ислийн хэмжээ 1%-иас бага байгаа нь түүхий эдийн цэвэршилт өндөртэй байдлыг илтгэж байна. Магнийн ислийн агуулга 0.30% - 1.20%-ийн хооронд хэлбэлзэж байна. Энэ нь стандартад (ихэвчлэн 3-5%-иас бага байх) бүрэн нийцэж байгаа бөгөөд "магнези багатай" сайн чанарын шохойн чулуунд тооцогдож байна. Мөн үүнийг Ш.У.Х нь 42.39% - 43.91% байгаа нь тус дээжнүүдийн цэвэршилт өндөр байгааг баталж байна.

Цахир ордын шохойн чулууны SEM-ийн шинжилгээний үр дүнг 1-р зургаар үзүүллээ.



1-р зураг. Цахир ордын (зүүн) ба Өргөний ордын (баруун) шохойн чулууны дээжүүдийн SEM-ийн шинжилгээний үр дүн

Морфологийн шинжилгээний үр дүнгээс харахад эдгээр дээжүүд нь маш цэвэр шохойн чулууны дээж болох нь харагдаж байгаа бөгөөд SEM зураг дээрх хурц ирмэгтэй, тодорхой хэлбэртэй ширхэгүүд нь уг шохойн чулуу маш сайн талстжсан бүтэцтэйг үзүүлж байна.

Шохойн физик химийн үзүүлэлтийг 2-р хүснэгтээр үзүүлэв. Өргөн, Хөтөл, Цахир ордын шохойг MNS0347:2002 стандартын дагуу шинжлэхэд Цахир ордын дээжний идэвхи хамгийн өндөр (86.6%) байна. Энэ нь маш цэвэр, сайн шатсан шохой бөгөөд химийн урвалд орох чадвар хамгийн өндөртэй гэсэн үг юм.

Хөтөл ордын дээжний идэвхи нь дундаж (73.9%) байгаа боловч стандартад нийцсэн сайн шохой байна.

Харин Өргөн ордын дээжний идэвхи маш бага (53.8%) байна. Үүний шалтгаан CO_2 нь 23.5% байгаагаас харагдаж байна.

Хөтөл ордын дээж нь маш хурдан унтардаг (2 мин) бөгөөд температур нь 78°C хүрч байна.

2-Р ХҮСНЭГТ

Орд	Шохойн физик химийн шинж чанар					
	Шохойн идэвхи CaO+MgO,%	MgO-ийн хэмжээ	CO2-ийн хэмжээ, %	Тунах хугацаа, мин	Тунах температур, °C	Нунтаглалт шигшүүр дээрх
Өргөн	53.8	7.6	23.5	24	24.8	3.1
Хөтөл	73.9	1.69	6.78	2	78	0.1
Цахир	86.6	0.98	12.5	29	67.3	0.19

Энэ нь "Түргэн унтардаг шохой"-н ангилалд багтах бөгөөд хий үүсгэгч (хөнгөн цагааны нунтаг)-тэй урвалд орж макро сүв үүсгэхэд маш тохиромжтой байна. Цахир ордын дээж нь 29 мин-д унтарч, 67.3°C хүрч байна. Энэ нь "Удаан унтардаг шохой" байна.

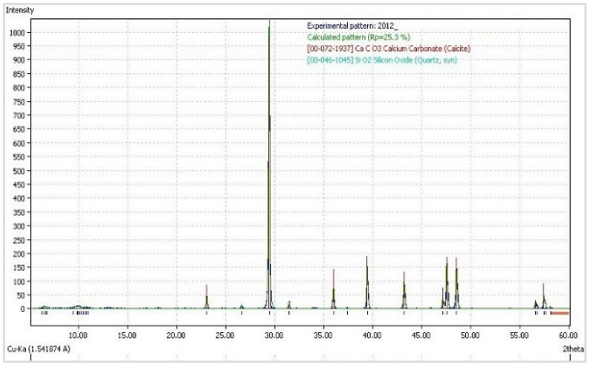
Өргөн ордын дээжийн унтрах температур маш бага (24.8°C) байгаа нь энэ материалыг шохой гэж ашиглахад хүндрэлтэй, бараг идэвхгүй болохыг харуулж байна.

Өргөн ордын магнийн агууламж хамгийн өндөр (7.6%) байна. Ийм шохой нь усаар унтраах явцад эзлэхүүнээ тэлж, бэлэн бүтээгдэхүүнд хагарал үүсгэх эрсдэлтэй байдаг.

Хөтөл ба Цахирын ордын дээжинд магнийн агууламж бага байгаа нь эзлэхүүний хувьд тогтвортой, чанартай материал гарах нөхцөл болно.

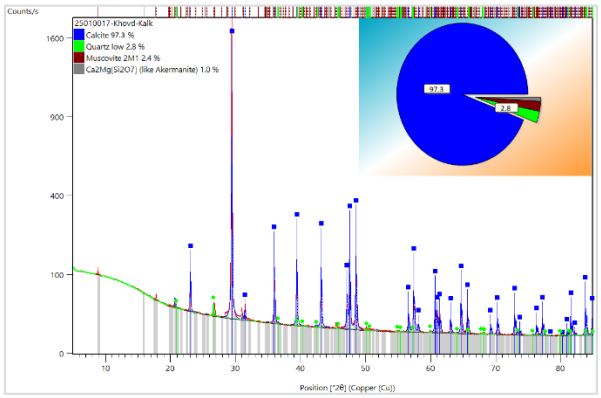
Бүх ордын хувьд нунтаглалт сайн байна. Ялангуяа Хөтөл (0.1%) болон Цахир (0.19 %) нь маш нарийн ширхэглэлтэй байгаа нь химийн урвалыг жигд явуулахад тусална.

Кальци магнийн идэвхит нийлбэр хэмжээнээс харвал Өргөний шохой нь IV бүлгийн ангилалд, Хөтөлийн шохой нь III бүлгийн ангилалд, Цахирын шохой нь II бүлгийн ангилалд тус тус хамрагдаж байна. Өргөн болон Цахир ордын шохойн чулууны дээжний эрдсийн найрлага тодорхойлсон үр дүнг 2 ба 3-р зурагт үзүүлэв.



2-р зураг. Өргөн ордын шохойн чулууны рентгенграмм

Судалгаанд авсан Өргөний шохойн чулууны дээжинд эрдсийн найрлагыг рентгендифракцийн аргаар тодорхойлсон үр дүнгээс үзэхэд 98.21%-ийн $CaCO_3$, 1.79 %-ийн SiO_2 тус тус агуулагдаж байна.

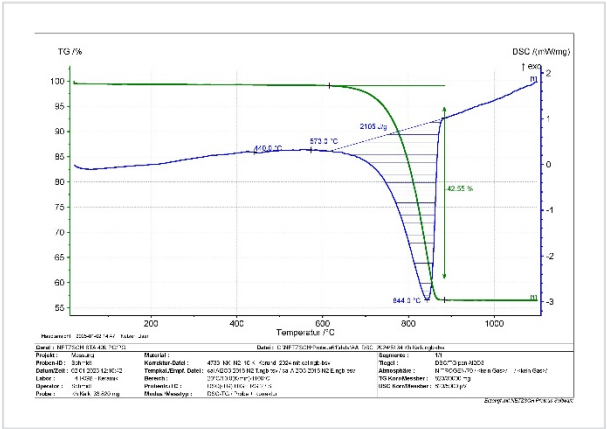


3-р зураг. Цахир ордын шохойн чулууны рентгенграмм

Харин Цахирын шохойн чулууны дээжинд эрдсийн найрлагыг тодорхойлсон үр дүнгээс хархад 97.3%-ийн CaCO3, 2.8 %-ийн SiO2 тус тус агуулагдаж байна.

Эдгээрээс Цахирын ордын шохойн чулууны дээжинд дулааны задлан шинжилгээг дифференциал сканнерын калориметрийн шинжилгээний аргаар гүйцэтгэсэн үр дүнг дараах 4-р зурагт үзүүллээ.

Цахир ордын шохойн чулууны жин 20-600°C-ийн температурын мужид бараг өөрчлөгдөхгүй байгаа нь дээж дулааны хувьд тогтвортой байгааг харуулж байна. Температур 600°C-ээс дээш гарахад жин огцом буурч эхэлсэн байна.



4-р зураг. Цахир ордын шохойн чулууны дулааны задлан шинжилгээний үр дүн

Тус дээж нь 42.55%-ийн жингийн хорогдолтой гарсан нь шохойн чулуу задарч, нүүрсхүчлийн хий CO2 ялгарсантай холбоотой юм. Энэ нь онолын цэвэр шохойн чулууны задралын утгатай (44% орчим) маш ойрхон байгаа нь дээж маш цэвэр болохыг дахин баталж байна.

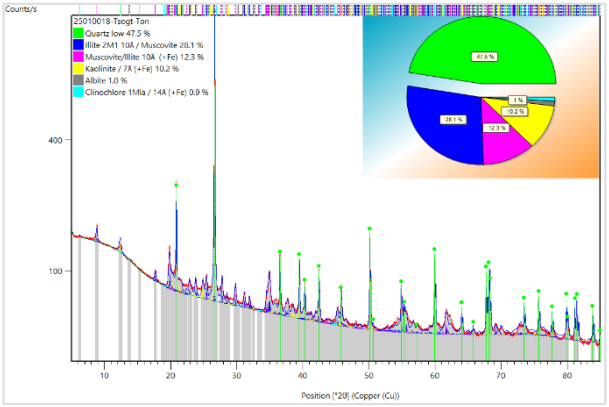
В. Байгалийн шаврын үр дүн

Цогт-Овоогийн шаврын химийн найрлагыг тодорхойлсон үр дүнг 3-р хүснэгтээр үзүүллээ. Дээжинд SiO_2-ийн агууламж 79.90% байгаа бол, Al_2O_3-ийн агуулга нь 16.05%, төмрийн оксид ба шүлтийн болон газрын шүлтийн металлуудын оксидуудын нийлбэр нь 4.05% тус тус байгаа нь Монгол орны бусад шавартай харьцуулахад хялбар бус хайлдаг, галд тэсвэрлэлттэй шаврын ангилалд багтаж байна.

3-Р ХҮСНЭГТ

Оксидын агуулга	Цогт-Овоогийн анхдагч шаврын химийн найрлага,%						
	SiO_2	$TiO_2+AL_2O_3$	Fe_2O_3	CaO	MgO	Na_2O+K_2O	Ш.Г.Ү
Анхдагч шавар	79.90	16.05	0.86	0.21	0.67	2.31	11

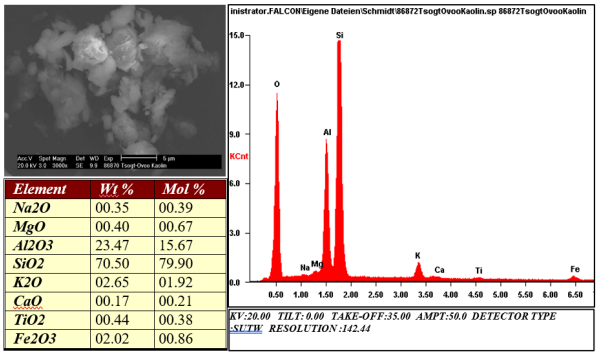
Цогт-Овоогийн анхдагч шаврын эрдсийн найрлагыг тодорхойлсон үр дүнг 5-р зургаар үзүүллээ.



5-р зураг. Цогт-Овоогийн анхдагч шаврын рентгенграмм

Эрдсийн шинжилгээний үр дүнгээс харахад Цогт-Овоогийн каолинитын дээж нь кварц, иллит, гидрслюд, каолинит, албит зэрэг эрдэс агуулсан хольц ихтэй анхдагч шавар байна.

Тус дээжний морфологийн шинжилгээний үр дүнг 6-р зургаар үзүүллээ.

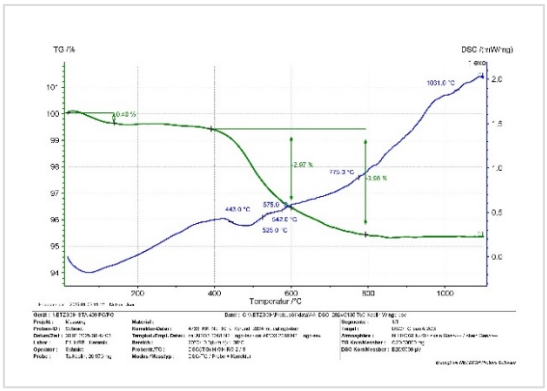


Element	Wt %	Mol %
Na2O	00.35	00.39
MgO	00.40	00.67
Al2O3	23.47	15.67
SiO2	70.50	79.90
K2O	02.65	01.92
CaO	00.17	00.21
TiO2	00.44	00.38
Fe2O3	02.02	00.86

4-р зураг. Цогт-Овоогийн анхдагч шаврын SEM-EDAX

Дээжний морфологийн шинжилгээний үр дүнгээс үзэхэд анхдагч шавар учраас бохирдол ихтэй, каолинитын эрдэсийн талст бүрэн үүсээгүй байна.

Цогт-Овоогийн анхдагч каолинитийн дулааны задлан шинжилгээг дифференциал сканнерын калориметрийн шинжилгээний аргаар гүйцэтгэсэн үр дүнг дараах 6-р зурагт үзүүллээ. Цогт-Овоогийн анхдагч каолинит нь 200°C-ийн температур хүртэл жингийн хорогдол маш бага буюу 0.40% байна. Энэ нь дээжинд агуулагдах физик чийг ууршиж буйг илтгэж байна.

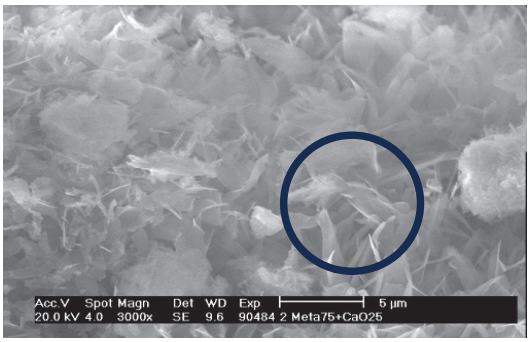


6-р зураг. Цогт-Овоогийн анхдагч шаврын дулааны задлан шинжилгээн үр дүн

Мөн 443.0-525.0°C-ийн температурын цэгүүдэд эндотерм эффект ажиглагдаж байгаа нь каолинд агуулагдаж буй химийн холбоот ус гадагшлах үйл явц эрчимтэй явагдаж, дулаан зарцуулж байна. Үүнтэй холбоотойгоор 450-650°C-ийн температурын мужид жингийн хорогдол эрчимтэй явагдаж 2.97% хүрсэн байна. Ингэснээр каолины бүтцэд байх химийн холбоот ус салж, каолин нь метакаолин болон хувирч буй үйл явц юм. 575°C-775°C-ийн температурын мужид эрчимтэй явагдаж метакаолин гэх тогтвортой бус фаз руу бүрэн шилжсэнийг илтгэнэ.

Цогт-Овоогийн анхдагч шаврыг баяжуулан авч түүнээсээ гарган авсан метакаолин болон Цахирын шохойн чулуунаас гарган авсан шохойг стехиометрийн харьцаагаар авч суспенз үүсгээд, техникийн шингэн хөөсрүүлэгчээр хөөлгөн автоклавт 190°C-ийн температур, 1.2 МПа даралтын орчинд 10 цаг бэхжүүлэн туршилт гүйцэтгэв.

Үүний дараа дээжинд морфологийн шинжилгээг гүйцэтгэсэн үр дүнг 7-р зургаар үзүүллээ.



7-р зураг. Метакаолин болон шохойн холимгийн SEM.

Дээжний морфологийн шинжилгээний үр дүнгээс үзэхэд метакаолин–шохойн системд өндөр талстжилттай кальцийн силикат гидратын (C–S–H) талст фазуудын нэг болох ксонотлит (xonotlite, $Ca_6Si_6O_{17}(OH)_2$) амжилттай үүссэн нь харагдаж байна. Түүний зүү хэлбэрт ширхэглэг морфологи тод илэрсэн. Хөөсрүүлэлтийн улмаас сүвэрхэг бичил бүтэц бүрэлдсэн байна. Ийм бүтэц нь автоклавт боловсруулсан хөнгөн сүвэрхэг материалын хувьд дулаан тусгаарлах чадвар сайн, өндөр тогтвортой фаз үүссэнийг илтгэнэ.

ДҮГНЭЛТ

Кальцийн силикатан материал гарган авахын тулд өндөр цэвэршилттэй түүхий эдийг ашиглах шаардлага тавигддаг бөгөөд бүх ордын шохойн чулуу нь CaO-ийн маш өндөр агуулгатай (54.95%-55.40%), цэвэршилт өндөртэй байна. Гурван ордоос Өргөн орд нь CaO-ийн агуулгаар хамгийн өндөр (55.4%), харин Хөтөл орд нь хольц ислийн (SiO_2, Al_2O_3) хэмжээгээр хамгийн бага буюу хамгийн цэвэр шохойн чулуутай байна.

Өргөн, Хөтөл, Цахирын ордын шохойг MNS0347:2002 стандартын дагуу шинжлэхэд Хөтөл ордын шохойн чулуунаас гарган авсан шохой нь макро сүвэрхэг материал (жишээ нь: хийт бетон, дулаан тусгаарлагч) үйлдвэрлэхэд хамгийн тохиромжтой байна. Унтрах хугацаа болон температур нь хөөсрөх процесс болон хий үүсэх хугацаатай сайн уялдана. Цахир ордын шохой нь химийн идэвх өндөртэй боловч удаан унтардаг тул технологийг тусгайлан тохируулах (халаах эсвэл хурдасгуур нэмэх) шаардлагатай. Өргөн ордын түүхий эд хольц ихтэй, шаталтын хувьд дутагдалтай байгаа тул технологийн зориулалтаар ашиглахад тохиромжгүй байна.

Цогт-Овоогийн анхдагч шаврын химийн болон эрдсийн найрлагыг тодорхойлсон үр дүнгээс харахад анхдагч шаварт 47.5%, SiO_2, 10.2%-ийн каолинит болон хээрийн жонш агуулсан байна. Иймээс тус шаврыг баяжуулан хэрэглэх шаардлагатай гэж үзэв.

АШИГЛАСАН МАТЕРИАЛ, НОМ ЗҮЙ

[1] Б. Өлзийбүрэн, Монгол орны шаварлаг опокоор дулаан тусгаарлах материал гарган авах судалгаа, Улаанбаатар 2003.

[2] Saran.G, Seifert, H.: Hydrothermal erzeugte Leichtzuschlaege, Silikattechnik", Freiberg, 1996.

[3] G.Saran, "Investigation of refractory thermal insulation material", IFOST2012,9/18/2012,130-132.

[4] Chen, M. et al. (2017). Investigation on the formation of tobermorite in calcium silicate board and its influence factors under autoclaved curing. Construction and Building Materials, 143, 280–288.

[5] Olli Tuominen, Eero Tuominen, Maarit Vainio, Tiina Ruuska, and Juha Vinha, Thermal and moisture properties of calcium silicate insulation boards, MATEC Web of Conferences 282, 0 2065, Finnland, 2019.

[6] Ogur, E. et al. (2021). *Synthesis and additive manufacturing of calcium silicate hydrate scaffolds*. Journal of Materials Research and Technology, 11, 1142–1151.

[7] Hou, X. et al. (2023). *Effects of alkali activation and hydrothermal processes on the transformation of fly ash into Al-substituted tobermorite fiber*. Construction and Building Materials, 397, 132372.

[8] Mohamed Lokman Jalaluddin, Umar Al-Amani Azlan, A review of pore-forming agents on the structures, porosities, and mechanical properties of porous ceramics, AIMS Materials Science, Volume 11 Issue 4, September 2024, p.p. 634-665

[9] Siddharth and Roy Siddhartha, Advanced Applications and Processing Techniques for Porous Ceramics, Advanced Smart and Multifunctional Materials Volume 2: Advanced Processing, Polymers, Ceramics, and Related Functional Materials, Chapter 1, November 24, 2025, p.p. 1-41.

[10] Fan Jiao [a], Cheng Fang [a], Hongliang Xu, Effect of pore-forming agents on the microstructures and properties of diatomite-based porous ceramics, Ceramics International, Available online 5 April 2026.

[11] Г. Хатанбаатар "Өндөр бат бэхтэй автоклавын хийт сийрмэг бетоны судалгаа", Улаанбаатар 2011.

[12] О. Лхагвадорж "https://www.barilga.mn/n/10099/

[13] Б.Намжилдорж (2018) Монгол орны шаварлаг түүхий эдийн судалгаа, туршилт, боловсруулалт, ISBN 978-99978-3-706-6.

[14] M.Garcia-Valles, P.Alfonso, S.Martínez, N.Roca (2020). Mineralogical and thermal characterization of kaolinitic clays from Terra Alta (Catalonia, Spain), Minerals. 10(2):142. https://doi.org/10.3390/ min10020142

[15] A.E.Souza, S.R.Teixeira, G.T.A.Santos, E.Longo (2013). Addition of sedimentary rock to kaolinitic clays: infl uence on sintering process. Cerâmica. 59:147-155.

НИЙГЭМ, ХҮМҮҮНЛЭГИЙН УХААН

БИЧВЭРИЙН ҮГ ХООРОНДЫН ЗАЙ БА УНШИХ ҮЙЛ ЯВЦЫН ЗАГВАРЫН ХАМААРАЛ

Баянбатын БАЯНЖАРГАЛ[1]

[1]Монгол Улс, Улаанбаатар, ШУТИС, Хүнс, хөнгөн үйлдвэрлэл, дизайны сургууль, Хөнгөн үйлдвэрлэлийн технологи, инженерчлэлийн тэнхим

Холбоо барих зохиогчийн и-мэйл хаяг: bayanjargal_b@must.edu.mn[1]

***Хураангуй*: Үг хоорондын зай нь хэвлэлийн бичвэр мэдээлэл боловсруулах, номын нүүр боох технологийн гол судлагдахуун төдийгүй бичвэрийн уншигдах байдал, уншигчийн унших хурд, танин мэдэх цар хүрээ, ойлголт, гоо зүйд мөн нөлөөлдгийг олон судлаачид тогтоожээ. Үг судалгаанд монгол хэлээр бичигдсэн үргэлжилсэн үгийн зохиолын эх бичвэрийг насанд хүрэгчид ямар загвараар уншиж байгааг тогтоох, тухайн загварт үзүүлэх үг хоорондын зайн нөлөөллийг судлав. Ингэхдээ нүдний хөдөлгөөн бүртгэх арга зүйд үндэслэн Tobii Pro Nano багажаар оролцогчдын нүд тогтож харах хугацаа, нүд тогтсон цэгийн хэвтээ ба босоо тэнхлэгийн координат, нүдний шилжих хөдөлгөөний хугацаа, хүүхэн хараанy диаметрийн өөрчлөлт зэргийг хэмжсэн. Туршилтын үр дүнг Python программаар боловсруулаа.**

Үг хоорондын зайн өөрчлөлт нь уншигчийн танин мэдэхүйн ачаалалд нөлөөлдөг боловч уншлагын танин мэдэхүйн үндсэн механизм болох "үгийг нэг нэгээр нь дараалан боловсруулах" зарчмыг өөрчилдөггүй. Иймд нүдний хөдөлгөөн бүртгэх багажийн хэмжилтийн өгөгдөлд тулгуурлан монгол хэлээр бичигдсэн үргэлжилсэн бичвэр унших үйл явцыг судлахад E-Z Reader загвар нь SWIFT загвараас илүү оновчтой болохыг энэхүү туршилт нотолж харуулав.

Судалгааны үр дүн нь монгол хэлний үргэлжилсэн үгийн бичвэрийг унших үйл явцын загварыг тодорхойлохын зэрэгцээ номын нүүрний харагдах байдал, хэвлэлийн бичвэр мэдээлэл боловсруулах технологид практик ач холбогдолтой юм.

Түлхүүр үг: Бичвэрийн уншигдах байдал, нүдний хөдөлгөөн бүртгэх, нүд тогтож харах, нүдний шилжих хөдөлгөөн, Бэйесийн хүчин зүйл.

I. УДИРТГАЛ

Унших үйл явц нь харааны хүртэхүй, анхаарал, хэлний боловсруулалт зэрэг танин мэдэхүйн олон үйл явцын уялдаа холбоонд суурилсан нарийн төвөгтэй процесс юм. Унших явцад нүдний хөдөлгөөн нь эдгээр танин мэдэхүйн механизмыг шууд ажиглах боломжийг олгодог тул нүдний хөдөлгөөн бүртгэх арга зүйг унших хэлбэрийг тодорхойлох судалгаанд өргөн хэрэглэдэг.

Бичвэр мэдээлэл боловсруулах технологийн нэг хүчин зүйл болох үг хоорондын зай нь унших үйл явцад чухал нөлөө үзүүлдэг үндсэн элементүүдийн нэг бөгөөд үгийн хил заагийг ялган таних, харааны боловсруулалтын үр ашигт чухал үүрэг гүйцэтгэдэг. Унших үеийн нүдний хөдөлгөөнийг тайлбарлах E-Z Reader, SWIFT зэрэг загваруудад бичвэрийн орон зайн бүтэц нь нүд тогтож харах хугацаа, нүдний шилжих хөдөлгөөн, унших хурд зэрэг үзүүлэлтүүдэд шууд нөлөөлдөг болохыг тайлбарладаг. Судлаачид үг хоорондын зайг хэт багасгах нь унших гүйцэтгэлийг мэдэгдэхүйц бууруулдаг бол тус зайг нэмэгдүүлэх нь тодорхой нөхцөлд унших явцыг дэмжих эсвэл саатуулах боломжтойг тогтоожээ [1].

Ихэнх судалгаа нь латин цагаан толгойн бичигтэй хэлнүүдэд өргөн хүрээнд судлагдсан хэдий ч монгол хэлээр үг хоорондын зай унших үйл явцад хэрхэн нөлөөлөхийг судлаагүй байна. Ялангуяа үргэлжилсэн бичвэр унших үед нүдний хөдөлгөөн болон анхаарал төвлөрөлтөд үзүүлэх нөлөөг нарийвчлан судалсан нь дутмаг хэвээр байна. Иймд монгол хэлээр бичигдсэн үргэлжилсэн үгийн уран зохиолын ном унших загварыг бичвэрийн үг хоорондын зайн өөрчлөлтөөс хамааруулан судлах зайлшгүй шаардлагатай юм. Унших загварыг тодорхойлоход нүдний хөдөлгөөн бүртгэх арга зүйг ашиглан нүд тогтож харах хугацаа, нүдний шилжих хөдөлгөөний зай, танин мэдэхүйн ачааллын үзүүлэлт болох хүүхэн харааны диаметр зэрэг нүдний хөдөлгөөний үзүүлэлтүүдээс хамааруулан тооцно.

Унших загварын судалгаа нь унших зан үйлийн талаар онолын үндэслэлтэй таамаглал дэвшүүлэх, нүдний хөдөлгөөн бүртгэх туршилтын өгөгдлүүдийг тайлбарлах, загваруудыг харьцуулж шинжлэх ухааны онолын дүгнэлт хийснээр бичвэрийн мэдээлэл боловсруулалтад чухал практик ач холбогдолтой юм. Мөн хэл хоорондын ялгааг судлах, хувь хүний ялгарах онцлогийг тайлбарлах боломжийг олгодог.

Үргэлжилсэн үгийн уран зохиол унших үед уншигч зөвхөн нэг загвараар унших боломжгүй. Унших үйл явц нь тухайн бичвэрийн төвөгшил, үгийн давтамж, өгүүлбэрийн бүтэц, уншигчийн чадвар зэргээс хамааран өөр өөр механизм хослон ажилладаг ажээ.

Унших загвар нь унших явцад нүдний хөдөлгөөн, анхаарал, үгийг таних болон танин мэдэхүйн үйл явцууд хэрхэн харилцан уялдаж бичвэр ойлгохыг тайлбарладаг онол юм. К. Рэйнер болон Р. Энгберт

нарын судалгаанд эдгээрийг үгсийг таних, утгыг ойлгох, нүдний хөдөлгөөн, танин мэдэхүй, хэл шинжлэл гэх мэт ангиллаар системчилсэн. Орчин үед бичвэр унших олон төрлийн загварууд байна (1-р хүснэгт).

Унших загварууд

1-р хүснэгт

Загвар	**Үндсэн санаа**
E-Z Reader	Үг бүрээр дараалан боловсруулдаг
SWIFT	Олон үгийг зэрэгцүүлэн боловсруулдаг
Mr. Chips	Идеал ажиглагчийн ойлголтын загвар
EMMA	ACT-R танин мэдэхүйн архитектур
SERIF	Окуломоторын давамгайлсан загвар
Competition-Interaction	Үгийн өрсөлдөөний загвар
SHARE	Анхаарал хуваалцах загвар

Нүдний хөдөлгөөний судалгаанд хамгийн түгээмэл хэрэглэгддэг E-Z Reader, SWIFT загваруудын гол лавлах загвар гэж үздэг [2].

Эдгээр загварууд нь унших үйл явцыг нүдний хөдөлгөөн бүртгэх туршилтын өгөгдөлтэй холбож тайлбарлах, уншигчийн танин мэдэхүйн процесс болон бичвэрийн бүтэц хоорондын уялдааг ойлгох гол онолын хэрэгсэл юм. E-Z Reader нь үгийг нэг нэгээр нь дараалан боловсруулж, анхаарал төвлөрөл нэг үгийн төвтэй, SWIFT нь хэд хэдэн үгийг зэрэг харж боловсруулдаг, анхаарал төвлөрөл тархалттай унших загварыг тайлбарладаг.

Загварыг тодорхойлохдоо:

- Нүдний хөдөлгөөн;
- Үг таних, боловсруулах;
- Бичвэрийн бүтэц;
- Танин мэдэхүй;
- Хэл зүй;
- Хэлний онцлог;
- Уншигчийн онцлог зэрэг хүчин зүйлсийг авч үздэг.

Үг хоорондын зай нь бичвэр доторх үгсийн хооронд байрлах хоосон зай бөгөөд уншихад үгсийг ялгаж таних, нүдний хөдөлгөөнийг чиглүүлэх, унших хурд ба ойлголтыг дэмжих үүрэгтэй бичвэр мэдээлэл боловсруулалтын үндсэн элемент бөгөөд зөвхөн “хоосон зай” биш бичвэрийн уншигдах болон харагдах байдалд нөлөөлөх чухал хүчин зүйл юм. Судлаач М.А.Тинкер нь үр дүнтэй уншихын тулд үгийн хоорондох зайг зөв тогтоох нь чухал. Зай хангалтгүй байснаар уншигдах байдлыг бууруулж, унших хурдыг удаашруулдаг [3] хэмээн тодорхойлсон бол судлаач К.Рэйнер үг хоорондын зай нь унших явцад нүдний хөдөлгөөнийг чиглүүлэхэд чухал үүрэг гүйцэтгэдэг [4] гэжээ.

Унших судалгааны үр дүнг тодорхойлох гол үзүүлэлт болох нүд тогтож харах, нүдний шилжих хөдөлгөөн бөгөөд эдгээр нь нүдний хөдөлгөөн бүртгэх судалгаа, танин мэдэхүйн сэтгэл судлалд өргөн хэрэглэгддэг ойлголтууд юм. Судлаач К.Рэйнер, А.Т.Духовски, Е.Кофлер нар “Нүд тогтож харах нь унших явцад мэдээлэл боловсруулах гол үе шат бөгөөд ихэнх танин мэдэхүйн боловсруулалт энэ үед явагддаг бол нүдний шилжих хөдөлгөөн нь унших явцад нүд үгсийн хооронд шилжих хурдан хөдөлгөөн ба энэ үед мэдээлэл бараг боловсруулагддаггүй [4], [5] гэдгийг тогтоожээ

II.Судлагдсан байдал

Анх К.Рэйнер болон И.Д.Рийчл нар E-Z Reader загвар нь унших үйл явцад нүдний хөдөлгөөнийг дараалсан үгийг таних, утгыг ойлгох процессоор тайлбарласан [5], [6]. Түүнчлэн эдгээр судлаачид англи хэлээр бичигдсэн бичвэрийн суурь судалгаанд нүд тогтож харах хугацаа нь үгийг таних хурдтай шууд холбоотой болохыг тогтоосон. Энэ нь E-Z Reader загварын үндсэн таамаглал болох үгийг таних, утгыг ойлгох хандалтаас нүдний шилжих хөдөлгөөний программчлах механизмыг баталгаажуулжээ [6].

Мөн уг загварыг англи хэлээс өөр хэлээр туршсан байдаг бөгөөд Синшан Ли нар хятад хэлээр хийсэн судалгаандаа E-Z Reader загварыг үг хоорондын зай байхгүй бичгийн системд хэрэглэсэн. Судалгааны үр дүнд уг загвар нь үндсэн чиг хандлагыг тайлбарлаж чадсан боловч үгийг бүтээж буй ханзны зурлагаас хамаарч уншигч нүдээ удаан тогтоож анхаарлаа төвлөрүүлдэг нь загварын нарийвчлалд нөлөөлж буйг дурдсан байна [8]. Түүнчлэн судлаач Денис Дриеге голланд хэлээр хийсэн судалгаандаа үг алгасах болон төвийн ойролцоох бүсийг урьдчилан харах зэрэг нөхцөлүүдийг E-Z Reader загвараар амжилттай тайлбарласан. Үүнтэй адил Франсуаза Виту франц хэлээр нүдний хөдөлгөөн тогтох байрлалын тархалтыг судалж, уг загварын зарим таамаглалуудыг баталсан [7].

Иймд E-Z Reader загвар үг хоорондын зай болон унших үйл явцын хамаарлыг:

- Цагаан толгойн үсэг, үг хоорондоо зайтай бичигддэг хэл тухайлбал, англи, голланд, франц хэлээр бичигдсэн бол уг загвар нь хүчтэй нотолгоогоор тайлбарладаг.
- Үг хоорондын зайгүй хэл (хятад)-д хязгаарлалттай байна.

SWIFT загвар нь уншлагын явцад хэд хэдэн үгийг зэрэг харж боловсруулдаг гэсэн таамаглалд тулгуурладаг бөгөөд Р.Энгбэрт, Р.Клигл нар анх боловсруулсан. Герман хэлээр бичигдсэн бичвэрийг унших үйл явцын нүдний хөдөлгөөн бүртгэх туршилтын өгөгдөл ашигласан судалгаанууд нь нүд тогтож харах тархалт, нүдний шилжих хөдөлгөөний агшныг SWIFT загвар амжилттай тайлбарлаж буйг онцолжээ [6]. Ялангуяа А.Нутманн нарын судалгаанд уншигчид зарим тохиолдолд бичвэрийн утга ойлгохгүйгээр уншиж байгааг SWIFT загвар илүү сайн тайлбарлаж чадсан байна [8].

SWIFT загварыг бусад хэлээр мөн туршсан. Тухайлбал:

- Англи хэл: нүд тогтож харах хугацааг тайлбарлахад амжилттай,
- Фин хэл: урт, нийлмэл үгтэй хэлэнд илүү тохиромжтой,

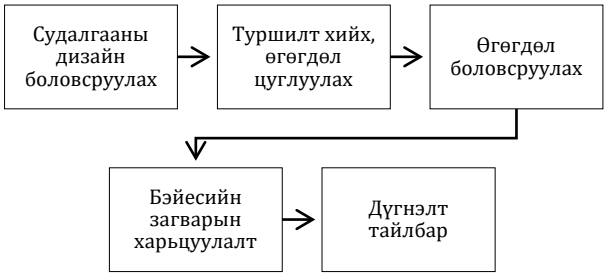
- Япон хэл: холимог бичгийн системд илүү тохиромжтой болохыг тус тус нотолжээ.

Иймээс SWIFT загвар нь нарийн төвөгтэй үгийн бүтэц бүхий хэлүүдэд (герман, фин), мөн үгийн хил хязгаар тодорхойгүй нөхцөлд илүү тохиромжтой тайлбар өгдөг байна.

Унших үйл явцын загварыг тодорхойлсон судалгааг манай улсад гүйцэтгэсэн үр дүн одоогоор хэвлэгдээгүй байна. Түүнчлэн үг хоорондын зайн өөрчлөлт нь номын харагдах байдал, гоо зүй, уншигчийн танин мэдэхүй, ойлголт, нүдний эрүүл мэнд зэрэгт шууд нөлөөлөх хүчин зүйл юм. Иймд бичвэрийн үг хоорондын зайн нөлөөг шалгахын тулд холимог нөлөөллийн шугаман загвар гаргаж авахад унших үйл явцын загварыг тодорхойлох нь зайлшгүй шаардлагатай байна. Монгол хэлээр бичигдсэн бичвэрийг үг хоорондын зайнаас хамааруулан унших загварыг тодорхойлохын хувьд “үг бүрийг дараалаар боловсруулж уншдаг” хэмээн таамаглал дэвшүүлэн уг судалгааг гүйцэтгэв.

III.СУДАЛГААНЫ АРГА ЗҮЙ, АРГАЧЛАЛ

Монгол хэлээр бичигдсэн үргэлжилсэн үгийн уран зохиолын ном унших загварыг бичвэрийн үг хоорондын зайн өөрчлөлтөөс хамааруулан тодорхойлох зорилгын хүрээнд энэхүү судалгааг дараах төлөвлөлтийн системийн дагуу гүйцэтгэв.



Энэхүү зорилгын хүрээнд дараах зорилтыг дэвшүүлсэн. Үүнд:

- Унших үйл явцын загваруудыг судлах;
- Монгол хэлээр бичигдсэн үргэлжилсэн үгийн уран зохиолын бичвэр унших үйл явцыг үг хооронды зайтай уялдуулан тодорхойлох.

Уг судалгааг хүний нүдний хөдөлгөөн бүртгэх аргазүйд үндэслэн гүйцэтгэв.

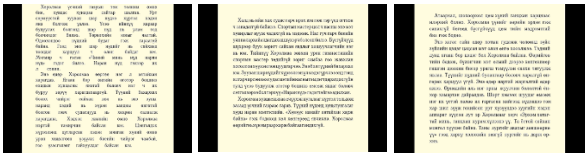
А. Судалгааны дизайн

Судалгааны орчин нөхцөл: МУИС-ийн Хэлний туршилт судалгааны төвд нүдний хөдөлгөөн бүртгэх Tobbi Pro Nano нүд хянагч багаж, 1920×1080 цэгийн өндөр нягтралтай, 60 GHz давтамжтай 24 инчийн Dell LCD дэлгэц ашиглаж туршилт хийсэн.

Уншигч: Хэвийн хараатай эсвэл өөрт тохирсон харааны шилтэй 19-23 насны 35 оюутан, 30-48 насны 20 төрийн албан хаагч, нийт 55 оролцогч хамрагдав.

Унших бичвэр: Зохиолч С.Эрдэнийн “Улаан шүхэр” үргэлжилсэн үгийн зохиолын хэсгээс агуулга нь давтагдахгүй 761-771 тэмдэгт бүхий 137-138 үгээс бүрдэх 3 бүлэг бичвэр авч, тус бүрийн үг хоорондын зайг хол, хэт ойр, хэвийн байхаар зохиомжлон туршилтын эхийг Adobe InDesign программаар боловсруулав (1-р зураг).

а) *1-р нөхцөл* б) *2-р нөхцөл* в) *3-р нөхцөл*



1-р зураг. Үг хоорондын зай 3 өөр нөхцөл бүхий туршилтын эх бичвэр. а-хол, б-хэт ойр, в-хэвийн

Б. Туршилт гүйцэтгэх, өгөгдөл цуглуулах

Нийт оролцогчдод туршилтын зорилго болон туршилт хэрхэн явагдах тухай урьдчилан тайлбарлав. Мөн хэмжилтийн программд тэдний харц танигдсан хувь 89-100% буюу дунджаар 96.49% байсан нь өгөгдлүүд төдий хэмжээгээр найдвартай цугласныг илтгэнэ. Туршилтын дараа хэмжилтийн анхны утгуудыг 276268x22≈6сая өгөгдөл бүхий *.xlsx төрлийн файлаар хадгалж тооцоололд ашиглах загвар бүрээр 3 файл бэлтгэв (нийт нэг сая орчим өгөгдөлтэй).

В. Өгөгдөл боловсруулах

Дээрх 3 файл бүхий өгөгдлөөс хэт ялгарах хэмжигдэхүүн, алдаатай өгөгдлүүдийг хассан.

Г. Бэйесийн загварын харьцуулалт

Хэд хэдэн загваруудаас аль нь бодит өгөгдлийг хамгийн сайн тайлбарлаж байгааг статистик аргаар тодорхойлох үйл явцыг Бэйесийн үнэлгээгээр үнэлэх бөгөөд туршилтын өгөгдлөөр тодорхойлсон хоёр загварыг харьцуулж тоон үзүүлэлтээр илэрхийлнэ [6], [8]. Бэйесийн хүчин зүйлийг бодохын тулд загвар бүрийн магадлалыг тооцох хэрэгтэй [9], [10].

Бэйесийн хүчин зүйл (BF):

$$BF = \frac{P(D \mid M_{EZ})}{P(D \mid M_{SWIFT})} \quad (1)$$

Энд: Өгөгдөл (D) ажиглагдсаны дараах загвар (M) үнэн байх магадлал;

BF – Бэйесийн хүчин зүйл

$P(D|M_{EZ})$ *– E-Z Reader загварын магадлал*

$P(D|M_{SWIFT})$ *– SWIFT загварын магадлал*

E-Z загварын магадлал нь дараалсан боловсруулалтын уншилтаар ажиглагдсан нүдний тогтож харах болон шилжих хөдөлгөөний өгөгдлийн магадлалыг илэрхийлнэ.

$$P(D \mid M_{EZ}) = \prod_{i=1}^{N} P\left(x_i^{land} \mid \mu_{L1}, \sigma_{L1}\right) \cdot P(a_i \mid \mu_A, \sigma_A) \cdot P(f_i \mid \mu_F, \sigma_F) \quad (2)$$

Энд: x_i^{land} *– нүдний хөдөлгөөн тогтох байрлал*

a_i *– нүдний шилжих хөдөлгөөний далайц*

f_i *– нүдний шилжих хөдөлгөөний дараах нүд тогтож харах хугацаа*

SWIFT загварын магадлал нь зэрэгцээ боловсруулалт хийгдсэн үед ажиглагдсан өгөгдлийн магадлалыг илэрхийлнэ.

$$P(D \mid M_{SWIFT}) = \prod_{i=1}^{N} P(a_i \mid \mu_A^{SWIFT}, \sigma_A^{SWIFT}) \cdot P(\theta_i \mid \mu_\theta, \sigma_\theta) \cdot P(s_i \mid \mu_T, \sigma_T) \cdot P(p_i \mid \mu_P, \sigma_P) \quad (3)$$

Энд: a_i *– нүдний шилжих хөдөлгөөний далайц*

θ_i *– нүдний шилжих хөдөлгөөний чиглэл*

s_i *– нүдний шилжих хөдөлгөөний үргэлжлэх хугацаа*

p_i *– нүдний хүүхэн харааны диаметрийн хэмжээ*

Бэйесийн хүчин зүйлийн үнэлгээ нь дэвшүүлсэн таамаглалыг үнэлэх статистик шинжилгээнд өргөн ашигладаг болно (2-р хүснэгт).

БЭЙЕСИЙН ХҮЧИН ЗҮЙЛ (BF) – ИЙН ҮНЭЛГЭЭ

2-Р ХҮСНЭГТ

Бэйесийн хүчин зүйл (BF)	Тайлбар
BF > 100	E-Z Reader-н шийдвэрлэх нотолгоо
E-Z 10 < BF ≤ 100	E-Z Reader-н хүчтэй нотолгоо
E-Z 3 < BF ≤ 10	E-Z Reader-н дунд зэргийн нотолгоо
E-Z 1 < BF ≤ 3	E-Z Reader-н сул нотолгоо
E-Z 0.33 < BF ≤ 1	SWIFT-ийн сул нотолгоо
SWIFT 0.1 < BF ≤ 0.33	SWIFT-ийн дунд зэргийн нотолгоо
SWIFT 0.01 < BF ≤ 0.1	SWIFT-ийн хүчтэй нотолгоо
SWIFT BF ≤ 0.01	SWIFT-ийн шийдвэрлэх нотолгоо

**(Kass & Raftery, 1995-аас авсан) [11].*

E-Z Reader болон SWIFT загварууд бичвэрийн үг хоорондын зайн гурван ялгаатай нөхцөлд суурилж харьцуулсан. Нүдний хөдөлгөөний өгөгдлийг нүд тогтож харах хугацаа, нүд тогтсон цэгийн хэвтээ ба босоо тэнхлэгийн координат, хүүхэн харааны диаметр зэрэг хамаарах хувьсагчдаар шинжилж, загварууд гүйцэтгэлийг (1); (2); (3) томьёонуудын хүрээнд тооцоолов. Статистик боловсруулалтыг Python программчлалын орчинд NumPy, Pandas, Matplotlib, Seaborn сангуудыг ашиглав.

IV. СУДАЛГААНЫ ҮР ДҮН

Туршилтын үр дүнг боловсруулахад MicroSoft Excel, Python программ хангамжуудыг ашиглаж, нэгдсэн тооцоог 3-р хүснэгтэд үзүүлэв.

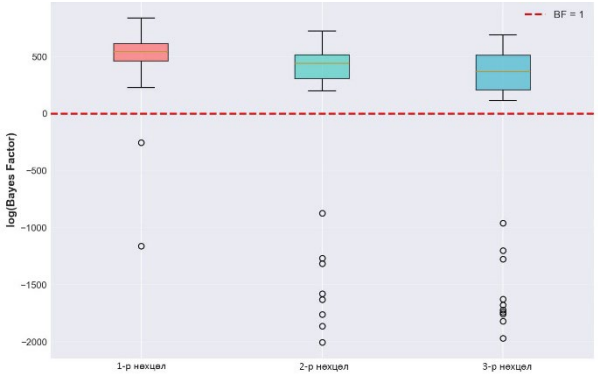
УНШИХ ҮЙЛ ЯВЦЫН ЗАГВАРЫГ ТОДОРХОЙЛСОН БАЙДАЛ (УНШИГЧ БҮРЭЭР)

3-Р ХҮСНЭГТ

№	Орол-цогч	Бэйесийн хүчин зүйл	Загвар	Тайлбар
1-р нөхцөл (үг хоорондын зай хол)				
1	R48	9.86E-305	SWIFT	SWIFT загварын хүчтэй нотолгоо
2	R11	2.70E-110	SWIFT	
3	R16	1.01E+304	E-Z	E-Z загварын шийдвэрлэх нотолгоо
…	…	…	…	…
55	R8	2.63E+99	E-Z	
	дундаж	3.76E+302	E-Z	E-Z загварын шийдвэрлэх нотолгоо
2-р нөхцөл (үг хоорондын хэт ойр)				
1	R12	9.86E-305	SWIFT	SWIFT загварын хүчтэй нотолгоо
…	…	…		
9	R35	1.01E+304	E-Z	E-Z загварын шийдвэрлэх нотолгоо
…	…	…	…	…
55	R7	6.66E+86	E-Z	E-Z загварын шийдвэрлэх нотолгоо
	дундаж	3.69E+302	E-Z	
3-р нөхцөл (үг хоорондын зай хэвийн)				
1	R10	9.86E-305	SWIFT	SWIFT загварын хүчтэй нотолгоо
…	…	…		
11	R51	3.42E+298	E-Z	E-Z загварын шийдвэрлэх нотолгоо
…	…	…	…	…
55	R19	1.19E+49	E-Z	E-Z загварын шийдвэрлэх нотолгоо
	дундаж	6.34E+296	E-Z	

2-р зураг. Загваруудын ерөнхий харьцуулсан үнэлгээ

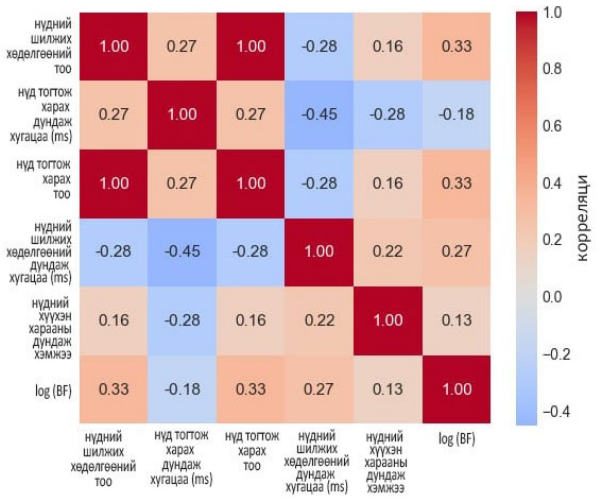
Туршилтын үр дүнд загварын ерөнхий харьцуулалт нь бүх зайны нөхцөлд E-Z Reader загвар хүчтэй давамгайлж байгааг харуулсан. 1-р нөхцөлийн хувьд нийт оролцогчдын 96.4% E-Z Reader загварыг шийдвэрлэх давуу талтайг илтгэж хамгийн хүчтэй давамгайлж байна. Энэ нь зай хол байх тусам нэг үгийг дуусгаад дараагийнх руу шилжих дараалсан боловсруулалт илүү тодорхой болдгийг харуулсан бол 2-р нөхцөлд 8 оролцогч SWIFT загварын хүчтэй нотолгоотой, 85.5% нь E-Z Reader загварыг илэрхийлж байна. Харин бичвэрийн үг хоорондын зай хэвийн байх 3-р нөхцөлийн хувьд нийт оролцогчдын 18.2% нь SWIFT загвараар уншжээ. Үг хоорондын зай хэт ойрхон, хэвийн байх үед SWIFT загварыг илүүд үзэх тохиолдол бага зэрэг нэмэгдсэн бөгөөд үгс ойрхон байх үед нүдний харааны талбарт дараагийн үг зэрэг харагдах магадлал ихэсдэгтэй холбоотой байж болох юм. Мөн хувь хүний ялгаанаас хамааран дараалсан болон зэрэгцээ боловсруулалтын механизм хоршин оршиж болохыг харуулж байна. (2-р зураг).



3-р зураг. Бэйесийн хүчин зүйлийн тархалт

Энэхүү графикт 3 өөр үг хоорондын зайн нөхцөлд Бэйесийн хүчин зүйлийн тархалтыг харуулав. Энэ нь E-Z Reader, SWIFT загваруудын хоорондох ялгааны хүчийг илэрхийлж буй юм. Log(BF) утга 0-ээс их байх тусам нэг загвар нь нөгөөгөөсөө илүү байгааг илтгэнэ. Иймд үг хоорондын зайн ямар ч нөхцөлд E-Z Reader загварын таамаглал тогтвортойгоор өндөр үнэлэгджээ (3-р зураг).

1-р нөхцөлд Log(BF) хамгийн өндөр утгатай бөгөөд тархалт харьцангуй тогтвортой байна. Энэ нь үг хоорондын зай хол байх үед загварын таамаглал маш тодорхой байна. 2-р ба 3-р нөхцөлд Log(BF) бага зэрэг буурсан боловч маш хүчтэй хэвээр байна. Графикийн доод хэсэг дэх цэгүүд нь зарим тохиолдолд загвар өгөгдлийг тайлбарлаж чадахгүй байна. Ялангуяа 2 ба 3-р нөхцөлд зарим оролцогчдын унших хэв маяг загварын таамаглалаас зөрснийг илтгэнэ.

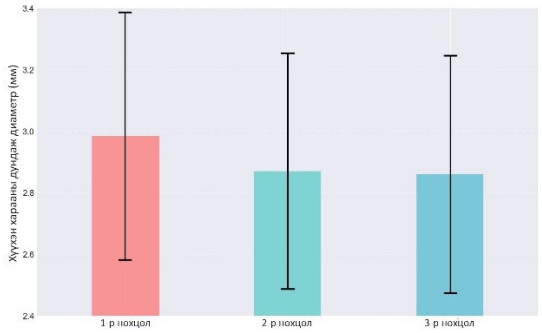


4-р зураг. Хувьсагчдын корреляци хамаарал

Нүдний хөдөлгөөн бүртгэлийн үндсэн хувьсагчдын корреляци хамаарлыг дараах матрицаар харуулав (4-р зураг).

Нүд тогтож харах ба шилжих хөдөлгөөн хоорондоо эерэг хүчтэй хамааралтай (r=1.00) байгаа бол эдгээрийн дундаж хугацаанууд дунд зэргийн урвуу хамааралтай (-0.45) байна. Энэ нь уншигч нэг цэг дээр удаан тогтож анхаарлаа төвлөрүүлэх тусам нүдний шилжих хөдөлгөөний хурд бага байх хандлагатайг илэрхийлж байна.

Бэйесийн хүчин зүйл Log(BF) нь нүдний тогтож харах ба шилжих хөдөлгөөнтэй дунд зэргийн эерэг хамааралтай (0.33) байна. Энэ нь уншигч хэдий чинээ олон удаа нүд тогтож харна төдий чинээ E-Z Reader загварын таамаглал батлагдаж байгаа юм. Учир нь энэ загвар үг бүрээр дараалан тогтох процессыг илүү сайн тайлбарладаг. Харин хүүхэн харааны диаметртэй (0.13) сул хамааралтай байна.

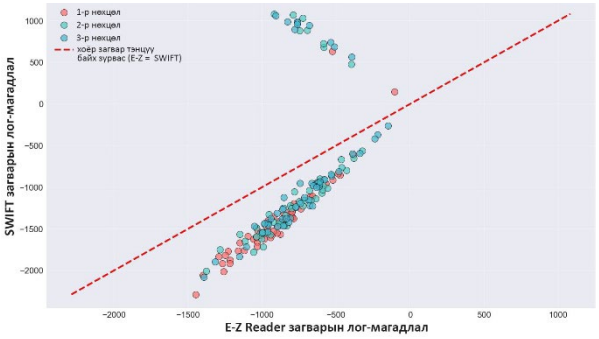


5-р зураг. Үг хоорондын зайн 3 өөр нөхцөлд хүүхэн харааны диамтетрийн харьцуулалт

Дээрх графикаар туршилтын нөхцөлүүд оролцогчдын танин мэдэхүйн ачаалалд хэрхэн нөлөөлж буйг харуулав (5-р зураг).

1-р нөхцөлд нүдний хүүхэн харааны дундаж диаметр хамгийн өндөр буюу ойролцоогоор 2.98 мм байна. Энэ нь үг хоорондын зай их байх үед уншигчаас илүү их танин мэдэхүйн хүчин чармайлт эсвэл харааны боловсруулалт шаардаж байгааг илтгэж болох талтай. 2 ба 3-р нөхцөлийн хувьд 2.86 мм орчим болж бага зэрэг буурсан. Гэвч үг хоорондын зайн 3 өөр нөхцөл тус бүрийн стандарт хазайлт (±0.4мм) өндөр байгаа нь уншигчдын хувийн онцлогоос хамаарч ачаалал авах түвшин ихээхэн ялгаатай байсныг баталж байна.

Судалгаанаас харахад бичвэрийн үг хоорондын зай өөрчлөгдөхөд уншигчийн нүдний физиологийн ачаалал төдийлөн их өөрчлөгдөөгүй.



6-р зураг. Хоёр загварын лог-магадлалын харьцуулалт

Энэ графикт оролцогч бүрийн хувьд хоёр загварын магадлалын утгыг харьцуулав (6-р зураг). Лог-магадлалын шинжилгээгээр цэгүүдийн ихэнх E-Z Reader лог-магадлалын тал руу бөөгнөрсөн байгаа нь энэ загварын давуу байдлыг баталж байна.

Дүгнэлт

Энэхүү судалгааг гүйцэтгэхэд 20-45 насны 55 оролцогч хамрагдсан бөгөөд нэг сая гаруй хэмжилтийн утгад статистик тооцоо хийв.

Насанд хүрэгчид оролцсон нүдний хөдөлгөөн бүртгэх туршилтын өгөгдөлд тулгуурласан судалгааны үр дүнг задлан шинжлэхэд монгол хэлээр бичигдсэн үргэлжилсэн үгийн уран зохиолыг унших

үйл явцад E-Z Reader нь SWIFT-ээс илүү оновчтой загвар болохыг энэхүү туршилтаар нотлов. Тухайлбал, нийт тохиолдлын 87.9 хувь E-Z Reader загвар нь SWIFT загвараас илүү хүчтэй нотолгоотой болох нь батлагдлаа. Энэ нь монгол хэлээр бичигдсэн үргэлжилсэн үгийн уран зохиолыг унших үйл явцад мэдээллийг нэг нэгээр нь дараалан боловсруулах механизм давамгайлах хандлагатайг харуулж байна. Үг хоорондын зай нь унших үйл явцын загварт хэрхэн нөлөөлж буйг тайлбарлавал:

- Үг хоорондын зай хол байх нь танин мэдэхүйн ачааллыг хамгийн ихээр нэмэгдүүлдэг боловч энэ нөхцөлд E-Z Reader загвар хамгийн тогтвортой, өндөр нотолгоотой байна.
- Үгс ойртох тусам SWIFT загварын шинж тэмдэг нийт оролцогчдын 16.35 хувьд ажиглагдсан боловч үндсэн таамаглал E-Z Reader загварт хэвээр байв.

Цаашид унших үйл явцын загвар тодорхойлох судалгааг монгол хэлний үгийн бүтэц, онцлогтой уялдуулан нарийн судлах нь чухал юм.

АШИГЛАСАН МАТЕРИАЛ, НОМЗҮЙ

[1] K. Rayner, “Eye movements in reading: Models and data,” *Journal of Eye Movement Research*, vol. 2, no. 5, pp. 1–10, 2009. doi: 10.16910/jemr.2.5.2

[2] K. Rayner and E. D. Reichle, “Models of the reading process,” *Wiley Interdisciplinary Reviews: Cognitive Science*, vol. 1, no. 6, pp. 787–799, 2010. doi: 10.1002/wcs.68

[3] M. A. Tinker, *Legibility of Print*. Ames, IA, USA: Iowa State University Press, 1963.

[4] K. Rayner, “Eye movements in reading and information processing: 20 years of research,” *Psychological Bulletin*, vol. 124, no. 3, pp. 372–422, 1998.

[5] K. Rayner, “Eye movements and attention in reading, scene perception, and visual search,” *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, vol. 62, no. 8, pp. 1457–1506, 2009. doi: 10.1080/17470210902816461

[6] E. D. Reichle, K. Rayner, and A. Pollatsek, “The E-Z Reader model of eye-movement control in reading: Comparisons to other models,” *Behavioral and Brain Sciences*, vol. 26, no. 4, pp. 445–476, 2003. doi: 10.1017/S0140525X03000104

[7] D. Drieghe, “Parafoveal processing and word skipping during reading,” *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, vol. 34, no. 3, pp. 647–661, 2008.

[8] R. Engbert, A. Nuthmann, E. M. Richter, and R. Kliegl, “SWIFT: A dynamical model of saccade generation during reading,” *Psychological Review*, vol. 112, no. 4, pp. 777–813, 2005. doi: 10.1037/0033-295X.112.4.777

[9] E. D. Reichle, A. Pollatsek, D. L. Fisher, K. Rayner, *Toward a model of eye movement control in reading.* Psychological Review, 110(4), 792–834, 2003.

[10] K. Rayner, *Eye movements in reading and information processing: 20 years of research.* Psychological Bulletin, 124(3), 372–422, 1998.

[11] R. E. Kass and A. E. Raftery, “Bayes Factors,” *Journal of the American Statistical Association*, vol. 90, no. 430, pp. 773–795, 1995.

ТЕХНОЛОГИЙН БЭЛЭН БАЙДЛЫН ҮНЭЛГЭЭНИЙ (DoD model) АРГА ЗҮЙ, ТҮҮНИЙ ХЭРЭГЛЭЭ

Баастын БАТТУЛГА[1], Пүрвээгийн ЖАРГАЛТУЯА[2]

[1,2] Монгол Улс, Улаанбаатар, ШУТИС, Менежментийн сургууль, Эдийн засаг, санхүүгийн тэнхим

Холбоо барих зохиогчийн и-мэйл хаяг: jargaltuya@must.edu.mn [2]

Хураангуй: **Энэхүү өгүүлэлд технологийн бэлэн байдлын үнэлгээ (Technology Readiness Level, TRL)-ний онол, арга зүй, үнэлгээний үе шат, практик хэрэглээг судалж, түүний ач холбогдлыг тодорхойлов. Технологийн бэлэн байдлын үнэлгээ нь хөгжүүлж буй технологийн төлөвшлийн түвшинг тодорхойлох, цаашдын хөгжүүлэлт, хөрөнгө оруулалт, зах зээлд нэвтрүүлэх шийдвэр гаргалтыг дэмжих үндсэн арга хэрэгсэл болохыг судалгаанд дурдсан. Дэлхий дахинаа технологийн хөгжлийн эрчимтэй, хурдацтай хөгжилд найдвартай, технологийн сөрөг үр дагавар багатай технологийн богино хугацаанд боловсруулан гаргаж байгаа нь тухайн технологийг тэргүүлэгчийн байр сууринд авчирч байна. Зах зээлийн өрсөлдөөнд тэргүүлэх байр сууриа хангахын тулд уг судалгааны аргачлалыг өргөн ашигладаг. Мөн уг арга зүй нь зөвхөн техникийн үнэлгээ төдийгүй стратеги, санхүү, зах зээлийн хүчин зүйлсийг хамтад нь авч үзэх шаардлагатай. г тодорхойлсон. Практик хэрэглээний хүрээнд томоохон инженерийн төслүүдэд TRL-ийг ашигласнаар технологийн хөгжлийн эрсдэлийг бууруулж, төслийн үр ашгийг нэмэгдүүлэх боломжтой юм.**

Түлхүүр үг: технологийн бэлэн байдлын үнэлгээ, TRL, технологийн түвшин, инноваци, УТП.

I. УДИРТГАЛ

Технологийн бэлэн байдлын түвшинг 1974 онд НАСА-д боловсруулж, 1989 онд албан ёсоор тодорхойлсон. Анхны тодорхойлолт нь 7 түвшнийг багтаасан боловч 1990-ээд онд НАСА 9 түвшний хэмжүүрийг баталсан нь дараа нь өргөнөөр хүлээн зөвшөөрөгдсөн. Технологийн бэлэн байдлын үнэлгээний үндсэн судагдахуун нь:

- *Аюулгүй байдал, үр ашиг, үр дүнтэй байдал:* Технологийн аюулгүй байдал, гүйцэтгэлийг зориулалтын дагуу ашиглахад үнэлгээ өгөх.
- *Эрсдэлийн удирдлага:* Технологитой холбоотой болзошгүй эрсдлийг тодорхойлох, бууруулах.
- *Стратегийн, санхүү, өрсөлдөөний хүчин зүйлүүд:* Технологийн бизнесийн зорилго, санхүүгийн боломж, өрсөлдөх чадвартай байдлыг харгалзан үзэх.
- *Ёс суртахууны болон хууль эрх зүйн асуудлууд:* Технологийн ёс зүйн үр дагавар, хууль эрх зүйн шаардлагыг үнэлэх.

Үндсэндээ технологийн түвшний үнэлгээ (TRL) үе шатаар технологийн төлөвшлийг тодорхойлох бол технологийн үнэлгээ нь түүний үнэ цэнэ, нийгэм, зах зээлд үзүүлэх нөлөөллийг үнэлэхэд илүү өргөн хүрээтэй хандлагыг авч үздэг.

Технологийн үнэлгээ нь шинжлэх ухааны судалгаа, эргэх холбооны процесс бөгөөд олон нийтийн болоод шинжлэх ухаан ба технологийн талаарх үзэл бодол, хандлагыг тодорхойлох, хэлбэршүүлэхэд хувь нэмэр оруулах зорилготой.

Технологийн түвшинг ихэвчлэн төрөлжсөн агентлагууд үнэлдэг байна. Үүнд: OECD, UNIDO, АНУ-ын ШУТ-ийн бодлогын газар (OSTP), Японы ШУТ-Судалгаа хөгжлийн стратегийн газар (JST–CRDS), Өмнөд Солонгосын ШУТ үнэлгээ ба төлөвлөлтийн газар (KISTEP) зэрэг байгууллагууд байна.

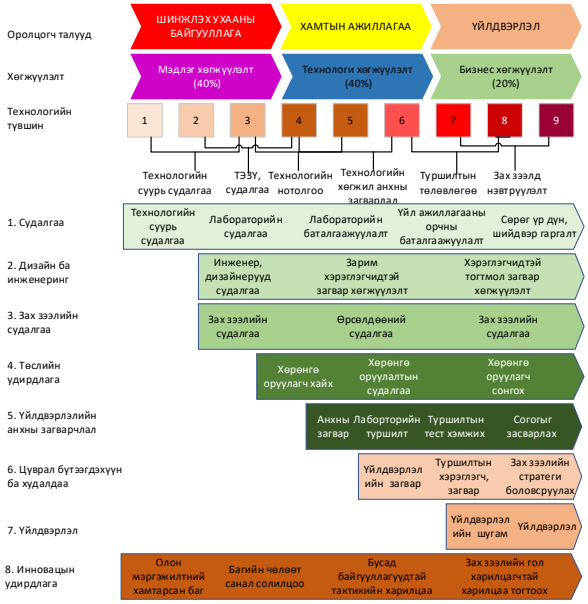
Энэхүү эрдэм шинжилгээний өгүүлэлд АНУ -ын Технологийн бэлэн байдлын үнэлгээ үе шатууд, түүний хэрэглээ, практик ач холбогдлыг харуулахыг зорьлоо.

II. ТЕХНОЛОГИЙН БЭЛЭН БАЙДЛЫН ҮНЭЛГЭЭ, СУДАЛГААНЫ АРГА ЗҮЙ

Технологийн бэлэн байдлын түвшний үнэлгээ нь хөгжүүлж буй шинэ, шинэчилсэн технологитой холбоотой ойлголт бөгөөд тухайн хөгжүүлж буй технологи боловсруулалтын ямар түвшинд байгааг тодорхойлсны үндсэн дээр технологийг цаашид хэрхэн хөгжүүлэх, түүнд хичнээн хэмжээний хөрөнгө оруулалт шаардлагатай, түүнийг зах зээл дээр гаргах, арилжих, хэрэглээнд шилжүүлэхэд бэлэн болсон эсэхийг тогтоох зорилготой бөгөөд технологийн хувилбаруудаас оновчтой сонголт хийхэд шаардлагатай мэдээллээр хангаж өгдөг. Өөрөөр хэлбэл, тухайн салбарын онцлогоос хамаарч боловсруулж буй технологи тус бүрийн “Технологийн бэлэн байдлын түвшин”-г үнэлж, тэдгээрийн боловсруулалтын хэмжээг тогтоон, бусад ижил төрлийн технологиудтай харьцуулсны үндсэн дээр технологийг хөгжүүлэх, хэрэглээнд шилжүүлэх, хөрөнгө оруулалт хийх шийдвэрийг гаргахад ашиглагддаг.

Технологийн бэлэн байдлын түвшин (TRL) нь хөтөлбөрийн хэрэгжилтийн үе шатуудад

технологийн төлөвшлийг тооцоолох арга юм. Технологийн түвшин нь янз бүрийн төрлийн технологийн техникийн төлөвшлийн талаар тууштай, жигд хэлэлцүүлэг хийх боломжийг олгодог [1]. TRL нь хөтөлбөрийн ойлголт, технологийн шаардлага, харуулсан технологийн чадавхийг судалдаг технологийн бэлэн байдлын үнэлгээний (TRA) үеэр тодорхойлогддог. TRL нь 1-ээс 9 хүртэлх шатлал дээр суурилдаг бөгөөд 9 нь хамгийн төлөвшсөн технологи гэж үзэн [1].



1-р зураг. Технологийн төлөвшилийн түвшний судалгааны хэмжүүр

Аливаа технологийн төлөвшлийн түвшин нь мэдлэг хөгжүүлэлт 20 хувь, технологийн хөгжүүлэлт 40 хувь, бизнес хөгжүүлэлт 20 хувь харьцаагаар үнэлэгддэг.

ТЕХНОЛОГИЙН БЭЛЭН БАЙДЛЫН ТҮВШНИЙ ҮЕ ШАТУУДЫН ТОДОРХОЙЛОЛТ,

1-Р ХҮСНЭГТ.

	Тодорхойлолт	Тайлбар
1	Технологийн үндсэн зарчим нотлогдсон	Шинжлэх ухааны судалгааг хэрэглээний судалгаа, хөгжүүлэлт болгон хөрвүүлж эхэлдэг. Жиш: технологийн үндсэн шинж чанаруудын талаарх судалгааны ажил
2	Технологийн үзэл баримтлал эсвэл хэрэглээг томъёолсон.	Шинэ бүтээл эхэлдэг. Үндсэн зарчмуудыг дагаж мөрдсөний дараа практик хэрэглээг тодорхойлно. Хэрэглээний таамаглалыг тодорхойлно. Жиш: аналитик судалгааны ажил
3	Аналитик, туршилтын чухал функц, технологийн онцлог	Идэвхтэй судалгаа, хөгжүүлэлтийг эхлүүлэх. Технологийн бүрдэл хэсгүүдийн таамаглал, физик болон аналитик судалгаа, лабораторийн судалгаа багтана.
4	Лабораторийн орчинд бүрэлдэхүүн хэсгийн баталгаажуулалт	Технологийн үндсэн бүрэлдэхүүн хэсгүүдийг нэгтгэж, уялдааг нотлогдсон. эцсийн системтэй харьцуулахад харьцангуй "бага нарийвчлалтай" гэсэн үг юм. Жишээ нь лабораторид технологийн янз бүрийн техникийн нэгж хэсгүүдийг нэгтгэх явдал юм.
5	Холбогдох орчинд бүрэлдэхүүн хэсэгүүдийн баталгаажуулалт.	Технологийн хөгжүүлэлт мэдэгдэхүйц нэмэгддэг. Үндсэн технологийн бүрэлдэхүүн хэсгүүдийг элементүүдтэй нэгтгэсэн тул тэдгээрийг симуляцийн орчинд туршиж үзэх боломжтой.
6	Холбогдох орчинд системийн загвар, туршилтын загварын үзүүлбэр.	Туршилтын загварыг холбогдох орчинд туршдаг. Энэ нь технологийн бэлэн байдлыг харуулсан томоохон алхамыг илэрхийлэл болно. Жиш: туршилтын загварыг өндөр нарийвчлалтай лабораторийн орчинд эсвэл симуляцийн орчинд турших явдал орно.
7	Үйл ажиллагааны орчинд системийн туршилт.	Төлөвлөсөн үйлдлийн системийн анхны туршилтын загвар. Бодит системийн туршилтын загварыг үйл ажиллагааны орчинд томоохон алхам урагшилсныг илэрхийлнэ.
8	Бодит систем нь туршилт, загварчлалын бүрэн гүйцэд хийгдсэн, баталгаажсан.	Технологи нь эцсийн хэлбэрээрээ болон хүлээгдэж буй нөхцөлд ажиллагааг баталгаажуулна. Жиш: системийн дизайны үзүүлэлтүүдийг хангаж байгаа эсэхийг тодорхойлохын тулд бодит орчны нөхцөлд хөгжүүлэлтийн туршилт, үнэлгээ орно.
9	Бодит нөхцөлд туршилтаар батлах.	Технологийн эцсийн хэлбэр болон үйл ажиллагааны туршилт, бодит хэрэглээ. Жишээнд системийг үйл ажиллагааны янз бүрийн даалгаврын нөхцөлд ашиглах зэрэг орно.

Технологийн бэлэн байдлын үнэлгээний 1-3 түвшинд технологийн суурь судалгаа бүрэн боловсрогдсон, 4-5 түвшинд технологийн бүрдэл хэсгийн уялдаа холбоо, үйлдвэрлэлийн холбогдох орчны судалгаа, 6-9 түвшинд технологийн хөгжүүлэлт, сайжруулалт, 9 түвшинд бүрэн боловсрогдсон технологи гэж үзнэ.

Технологийн бэлэн байдлын үнэлгээний нэмэлт ойлголт, тодорхойлолтыг дараах байдлаар авч үзнэ.

ТЕХНОЛОГИЙН БЭЛЭН БАЙДЛЫН ҮНЭЛГЭЭНИЙ ХҮЧИН ЗҮЙЛС

2-Р ХҮСНЭГТ.

Тодорхойлолт	Тайлбар
Туршилтын загвар	Концепцийн хэрэгжих боломжийг тодорхойлох, техникийн өгөгдлийг боловсруулахад ашиглаж болох нэгдсэн бүрэлдэхүүн хэсгүүд. Лабораторийн хэрэглээнд зориулж шууд ашиг сонирхлын техникийн зарчмуудыг харуулах зорилгоор тохируулсан байдаг.
Судалгааны өндөр түвшин	Тохирох байдал, үйл ажиллагааг авч үздэг. Өндөр нарийвчлалтай лабораторийн орчинд системийн бүх үзүүлэлтийг дуурайж, баталгаажуулж чадах тоног төхөөрөмжөөр туршилт хийхийг хэлнэ. Өндөр нарийвчлалтай загварууд нь системийг тодорхойлсон зорилгодоо төлөөлөхөөр итгэмжлэгдсэн байдаг.

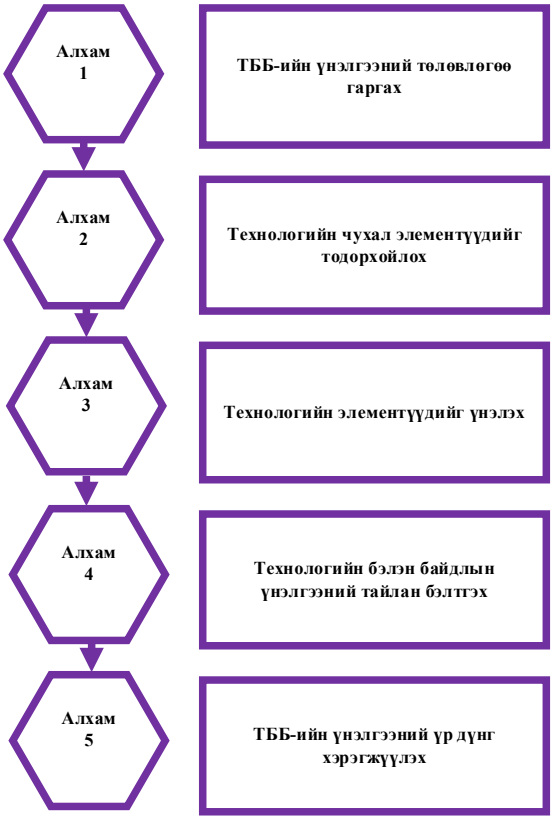
Судалгааны бага түвшин	Эцсийн бүтээгдэхүүний талаар эхний ээлжийн мэдээллээс бусад зүйлийг өгөх хязгаарлагдмал чадвартай бүрэлдэхүүн хэсэг эсвэл системийн төлөөлөгч. Бага түвшний үнэлгээг чиг хандлагын шинжилгээ хийхэд ашигладаг.
Загвар	Системийн үйл ажиллагааны хэлбэр нь ерөнхийдөө цар хүрээг нь багасгасан, үйл ажиллагаатай ойролцоо байдаг. Загварууд нь эцсийн системд шаардлагатай техникийн болон үйл ажиллагааны чадавхийг харуулах боломжийг харуулна.
Үйл ажиллагааны орчин	Платформ, эцсийн системд шаардлагатай хэрэглэгчийн үйл ажиллагааны шаардлага болон техникийн үзүүлэлтүүдийг харгалзан үзсэн орчин.
Туршилтын загвар	Тодорхой технологи, үйл явц, үзэл баримтлал, эцсийн бүтээгдэхүүн, системийн техникийн болон үйлдвэрлэлийн боломжит байдал, технологийн ашиг тусыг үнэлэхэд ашигладаг физик эсвэл виртуал загвар.
Холбогдох орчин	Үйл ажиллагааны орчны хамгийн чухал болон хамгийн дутагдалтай талуудыг дуурайлган хийдэг туршилтын орчин.
Симуляцилагдсан үйл ажиллагааны орчин	Эцсийн системийн бүх үйл ажиллагааны шаардлага болон техникийн үзүүлэлтүүдийг бодит орчин эсвэл виртуал туршилтын загварыг турших боломжийг олгодог дуураймал орчин. Хөгжүүлэлтийн систем нь системийн үйл ажиллагааны шаардлага болон техникийн үзүүлэлтүүдийг хангаж байгаа эсэхийг тодорхойлоход ашиглана.

IV. ТЕХНОЛОГИЙН БЭЛЭН БАЙДЛЫН ҮНЭЛГЭЭ ХИЙХ ҮЕ ШАТ

Технологийн бэлэн байдлын үнэлгээний үнэлгээг 5 үе шаттай зохион байгуулна [2].

Алхам 1. Технологийн бэлэн байдлын үнэлгээний төлөвлөгөө нь зорилго, цар хүрээ, үнэлгээг дэмжих нөөц бололцоо (санхүүжилт болон хугацаа), зөрөлдөөнтэй санал бодлыг хэрхэн шийдвэрлэх, Технологийн бэлэн байдлын үнэлгээг хэнд зориулж явуулж байгааг тодорхойлсон байх ёстой. Үүнээс гадна, төлөвлөгөөнд системийг тайлбарлах, үнэлэх боломжтой технологийн хүчин зүйлийн гол элементүүдийг тодорхойлох, үнэлгээний багийн гишүүдийг сонгоход мэргэжлийн ур чадварыг, бие даасан байдал гэх мэт аливаа гэрээг тодорхойлох ёстой.

Алхам 2. ТТБ явуулах үндсэн хэсэг нь технологийн чухал бүрдэл хэсгүүдийг тодорхойлох, сонгох үйл явцыг бий болгох явдал юм. Технологийн эрсдэлийг тодорхойлох нь ТББҮ-ний үйл явцаас өмнө эхлэх ёстой. Энэ нь технологийн боломжит элементүүд нь материалын шийдлийн шинжилгээ эхэлдэг. Технологийн элементүүд нь технологийн төлөвшлөөс эрт үнэлэх технологийн хэсгүүдийг цаашид боловсронгуй болгоход тустай.



2-р зураг. Технологийн бэлэн байдлын үнэлгээний үе шат

Алхам 3. Технологийн чухал бүрдэл хэсгүүдийг үнэлэх нь технологийн бүрдэл хэсгүүдийг тодорхойлж үнэлгээний баг технологийн түвшинг үнэлнэ. Үнэлгээний багийн үнэлэхтэй холбоотой мэдээлэлд схем, туршилтын өгөгдөл, аналитик тайлан, дижитал инженерчлэл, боломжит функциональ алдааны горим гэх мэт орно. Хэрэв ТББ үнэлгээний 6-р түвшний дараа гарсан гэнэтийн алдаа нь зардал, цаг хугацааны саатал үүсгэж, технологийн гол функцуудыг биелүүлэх боломжгүй байдал үүсэх эрсдэлтэй. Үүнд дотроо 3 үе шаттай.

- ТББ-ийн түвшний хэмжүүр болон тодорхойлолтууд нь тохиромжтой байгааг батлах. Үнэлгээний баг инженерүүдийн саналыг авч үзэж, технологийн бүрдэл хэсгүүд тодорхой түвшинд хүрсэн болохыг тогтоох хангалттай нотолгоо, баримт бичгээр баталгаажуулна.
- Үнэлгээний үйл явц эхлэхээс өмнө үнэлгээний баг нь холбогдох орчныг тодорхойлохын тулд шаардлага, чадавхи, систем болон програм хангамж, архитектур, технологийн үзэл баримтлалыг хангалттай ойлгосон байх ёстой. Мөн үнэлгээний баг нь дизайныг нарийвчлан судлах, ойлгож, технологиуд хэрхэн ажиллаж, хэрхэн холбогдож байгааг үнэлэхэд хангалттай эсэхийг шалгах ёстой.

- Үнэлгээний баг нь технологийн бүрдэл хэсгүүд баримтжуулж, үндсэн шийдвэр гаргах үйл явцыг нэгтгэн дүгнэж, түвшинг үнэлж, технологийн эрсдэлийг тогтооно.

Алхам 4. Үнэлгээний тайлан нь технологийн бүрдэл хэсгүүд, төлөвшил, тэдгээрийн хөгжлийн байдал, эрсдэлийн болзошгүй хэсгүүдийн талаарх мэдээллийг баримтжуулдаг. Мөн тайлан нь төлөвшлийн зөрүүг тодорхойлох, шаардлагатай бол технологийг боловсронгуй болгох төлөвлөгөө гаргах, болзошгүй асуудлуудыг шийдвэрлэх, зарим хөтөлбөрүүд нэгтгэх, технологийн тодорхой түвшинд хүрсэн дараа худалдан авалтын үе шат руу шилжихэд бэлэн байгаа эсэхийг тодорхойлох мэдээллээр шийдвэр гаргадаг.

Монгол улсад “Таван толгой ҮТП” ХХК, “Эрдэнэс Үндэсний Судалгаа Хөгжлийн Төв” ХХК Тавантолгой ордыг түшиглэн байгуулах кокс-эрчим хүчний үйлдвэрийн технологийн түвшний үнэлгээ ажлын 2025 онд боловсруулсан бөгөөд дараах үнэлгээний үе шатаар хэрэгжүүлсэн.

ТАВАНТОЛГОЙ ОРДЫГ ТҮШИГЛЭН БАЙГУУЛАХ КОКС-ЭРЧИМ ХҮЧНИЙ ҮЙЛДВЭРИЙН ТЕХНОЛОГИЙН ТҮВШНИЙ ҮНЭЛГЭЭНИЙ ҮНЭЛГЭЭНИЙ БАГИЙН ОРОЛЦОО

3-Р ХҮСНЭГТ.

	Мэргэжил	тоо
1	Баяжуулагч инженер	2
2	Технологийн үнэлгээчин	3
3	Химич	2
4	Ус хангамжийн инженер	1
5	Эрчим хүчний инженер	1
6	Дулааны цахилгаан инженер	1
7	Гидрогеологич инженер	1
8	Эрх зүйч	1
	Нийт	**12**

Уг үнэлгээг хийхэд урьтач дараах судалгаа явуулах дараах бичиг баримтад үндэслэн боловсруулсан.

Үүнд,

- Техник эдийн засгийн үндэслэл
- Байгаль орчны үнэлгээ
- Байгууллагын санхүүгийн тайлан
- Техникийн паспорт

Мөн Кокс-Эрчим хүчний үйлдвэрийн орчны хүрээнд дараах судалгаа шинжилгээг боловсруулав.

- Үйлдвэрийн талбай, үйл ажиллагаатай танилцах
- Уул уурхай, хүнд үйлдвэрийн салбарын өнөөгийн байдлын судалгаа
- Эрхзүйн орчны судалгаа
- Бүтээгдэхүүний дэлхийн зах зээлийн судалгаа
- Кокс-эрчим хүчний үйлдвэрийн дэд бүтцийн судалгаа
- Лабораторийн шинжилгээ

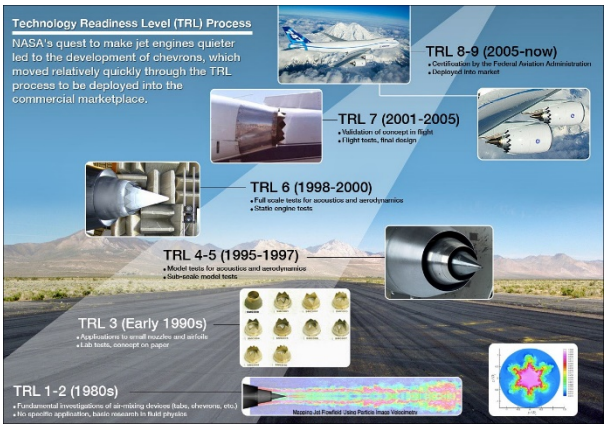
ҮТП-ийн дэд бүтцийн судалгаа явуулж, тус үйлдвэрийн нөөц хангалттай эсэхэд санал боловсруулсан.

- Цахилгаан хангамжийн өнөөгийн байдал
- Ус хангамж, ариутгах татуургын өнөөгийн байдал
- Дулаан хангамжийн өнөөгийн байдал
- Зам тээврийн өнөөгийн байдал
- Мэдээллийн технологи, харилцаа холбооын өнөөгийн байдал

Технологийн түвшний үнэлгээ нь аливаа технологийг үгүйсгэх бус дэмжих чиглэлд боловсруулагдах бөгөөд дэмжихдээ тухайн технологийг сайржуулах, технологи нэвтрүүлэх явцад болон технологийг ашиглахад гарч болзошгүй эрсдэлээс урьдчилан сэргийлэх, зарим технологид өөрчлөх гэх зэрэг санал, зөвлөмж, дүгнэлт боловсруулана.

V. ТЕХНОЛОГИЙН БЭЛЭН БАЙДЛЫН ҮНЭЛГЭЭНИЙ ХЭРЭГЛЭЭ

АНУ-ын НАСА агентлагаас Боинг компаний “Боинг 747” иргэний агаарын нисэх онгоцийг бүтээх үйл явцын ТББҮ-г хийсэн. Дээрх судалгаанд 1-9 түвшний технологийн бэлэн байдлын үнэлгээг хийжээ. Энэ онгоцыг бүтээхэд 25 жил шаардсан бөгөөд орчин үеийн технологийн хөгжлийн хурдац хавьгүй хурдан байх нь ойлгомжтой юм. Боинг 747 загварын иргэний агаарын тээвэрийн ТББҮ-ний түвшин доорхи зурагт харуулав [3].



3-р зураг. Технологийн төлөвшилийн түвшний судалгааны хэмжүүр

Технологийн бэлэн байдлын үнэлгээний хамгийн чухал түвшин бол 6-р түвшин бөгөөд энэ түвшинд хүрсэн технологи үйлдвэрлэлд шилжүүлэх боломжтой гэж чухалчлан үздэг. 6-р түвшний үзүүлэлтэд дараах зүйлс тодорхой болсон байх ёстой.

Инновац: Шинэ эсвэл сайжруулсан технологи, бүтээгдэхүүн, загвар, үйл явц, үйлчилгээ эсвэл шийдэл.

Прототип: Тодорхой технологи, үйл явц, үзэл баримтлал, эцсийн бүтээгдэхүүн эсвэл системийн техникийн болон үйлдвэрлэлийн боломжит байдал, ашиг тусыг үнэлэхэд ашигладаг физик эсвэл виртуал загвар.

Загвар: Орчны цар хүрээг багасгасан, үйл ажиллагааны тодорхойлолттой ойролцоо функциональ системийн хэлбэр. Загварууд нь эцсийн системд шаардлагатай техникийн болон үйл ажиллагааны чадавхийг харуулах боломжийг олгоно.

Туршилт: Шинэ эсвэл сайжруулсан технологи, бүтээгдэхүүн, үйл явц, үйлчилгээ эсвэл техникийн болон эдийн засгийн бодит нөхцөлд баталгаажуулахад чиглэсэн үйлдлүүд.

Зах зээлийн хуулбарлалт: Аль хэдийн бэлэн болсон боловч хараахан хэрэгжүүлээгүй, инновацийн зах зээл дээрх "анхны" хэрэглээ, байршуулалтад чиглэсэн үйлдлүүд. "Анхны" гэдэг нь тухайн улсад шинэ эсвэл тухайн хэрэглээний салбарт шинэ байна.

Технологийн чухал элемент: Технологи эсвэл системд амжилттай хөгжүүлэх эсвэл системийн үйл ажиллагааны стандарт, босго шаардлагыг амжилттай хангахын тулд хамааралтай бүрэлдэхүүн хэсэг.

Холбогдох орчин: Үйл ажиллагааны орчны гол талыг дуурайлган хийдэг туршилтын орчин.

Үйл ажиллагааны орчин: Эцсийн системийн шаардлагатай бүх үйл ажиллагааны шаардлага, техникийн үзүүлэлтүүдийг хангасан орчин.

ДҮГНЭЛТ

Технологийн бэлэн байдлын үнэлгээ нь Монгол Улсад шинжлэх ухаан, инженерчлэл, үйлдвэрлэл, инновацын салбарт өргөн нэвтрүүлэх нь зүйтэй бөгөөд энэ нь технологийн хөгжлийг хурдасгах, эрсдэлийг бууруулах, үндэсний өрсөлдөх чадварыг нэмэгдүүлэхэд чухал ач холбогдолтой гэж дүгнэж байна.

Монгол улс нь ихэнх хэрэгцээт технологийг гадаад улсаас импортоор дамжуулан авдаг. Дамжуулсан технологи нь Монгол улсын байгаль цаг уур, үйлдвэрлэлийн орчинд тохиромжгүй технологи орж ирж үйлдвэрлэл эрхлэгчдэд багагүй бэрхшээл тохируулга, хөгжүүлэлт зайлшгүй болж байна. Зарим нэвтэрсэн технологи нь гадаад мэргэжилтний тусламжгүйгээр ажиллахгүй байх тохиолдол гарч байдаг. Манай улс технологи дамжуулалтаар өндөр, дэвшилтэт технологи нэвтрүүлэх бодлого бий боловч гол технологийн гол асуудал нь тохиромжит технологи юм. Нөгөө талаас ТББ-ын 3-р түвшний концепц тодорхой технологи дамжуулах, 5 болон 6 -р түвшний гол үзүүлэлтийг шийдвэрлэсэн технологи нэвтрүүлэх, цаашид өөрийн улс оронд тохиромжтойгоор тохируулга хийх, хөгжүүлэх замаар 7-9 түвшинд хүргэх асуудал тулгарч байна.

Ялангуяа 6-р түвшин нь технологийг үйлдвэрлэл, зах зээлд нэвтрүүлэхэд бэлэн болсон эсэхийг тодорхойлох чухал босго түвшин болгох шаардлагатай.

Мөн технологийн бэлэн байдлын үнэлгээ нь зөвхөн техникийн үзүүлэлтээр хязгаарлагдахгүй, харин бизнесийн боломж, зах зээлийн өрсөлдөх чадвар, эрсдэлийн удирдлага, стратегийн шийдвэр гаргалтай уялдан хэрэгжинэ.

АШИГЛАСАН МАТЕРИАЛ, НОМ ЗҮЙ

[1] Б.Баттулга., “Технологийн түвшний үнэлгээний арга зүйн асуудал” Бизнесийн удирдлагын ухааны докторын зэрэг горилсон бүтээл 2020 он

[2] Technology Readiness Assessment Guidebook, Office of Systems Engineering and Architecture, 2025

[3] Skander Garroum and Marco Morawec, “Technology Readiness Level: From Idea to Proven System” 2023

[4] Technology Readiness Level (TRL) math for innovative SMEs, 2014

АРХИТЕКТОР Б.ДАМБИЙНЯМЫН УРАН БҮТЭЭЛИЙН ҮЕЧЛЭЛ БА НИЙЛЭГЖИЛТ

Алтангэрэлийн ӨЭЛҮН[1]

[1]Монгол Улс, Улаанбаатар, ШУТИС, Барилга архитектурын сургууль, Хот төлөвлөлтийн тэнхим

Холбоо барих зохиогчийн и-мэйл хаяг: uelun.a@must.edu.mn[1]

Хураангуй: **Энэхүү судалгаа нь Монголын ууган архитектор Б.Дамбийнямын 1950–1980-аад оны уран бүтээлийн хөгжлийн зүй тогтол, архитектурын шийдлийн онцлогийг түүний хувийн архивын баримтад тулгуурлан шинжлэх зорилготой. Судалгаанд он цаг болон төрөл зүйн харьцуулсан шинжилгээ, чанарын агуулгын шинжилгээний аргуудыг ашиглав. Үр дүнд нь архитекторын уран бүтээлийг дөрвөн үе шатанд ангилж, барилга, хот төлөвлөлт, интерьерийн түвшинд илрэх уялдаа онцлогийг тодорхойлсон. Мөн түүний төлөвлөлтийн шийдэл нь түүхэн өвийн хэрийн судалгаа болон практик зураг төслийн үйл явцтай нягт уялдаж байсныг баримтаар нотолсон. Цаашлаад олон улсын архитектурын чиг хандлагын нөлөөгөөр түүний шилжсэн зүй тогтлыг тодорхойлов. Энэхүү судалгаа нь архитекторын уран бүтээлийг анхдагч архивын баримтад тулгуурлан системтэйгээр шинжилж, архитектурын түүх судлалд бүтээлч үйл явцын шинэ тайлбар дэвшүүлж байгаагаараа шинэлэг ач холбогдолтой.**

Түлхүүр үг: Архитектор Б.Дамбийням, архитектурын нийлэгжилт, уран бүтээлийн үечлэл, макро төлөвлөлт, баримтын шинжилгээ.

I. УДИРТГАЛ

1. Судалгааны ажлын үндэслэл

Монгол улсын орчин цагийн уран барилга, хот байгуулалт эрчимтэй хөгжиж, архитектурын шинэ хэв маяг (неоклассицизм, үндэсний хэв шинж) төлөвшсөн 1940-1960-аад оны түүхэн шилжилтийн үеийг ууган архитекторуудын бүтээлч үйл ажиллагаагүйгээр тодорхойлох боломжгүй юм. Энэхүү түүхэн үйл явцад Монголын анхны мэргэжлийн архитектор, ШУТИС-ийн Барилга, архитектурын салбарыг үүсгэн байгуулагчдын нэг Б.Дамбийнямын уран бүтээл, хот төлөвлөлтийн шийдлүүд нь өнөөгийн Улаанбаатар хотын төв хэсгийн архитектурын суурь дүр төрхийг бүрдүүлэхэд чухал хувь нэмэр оруулсан билээ.

Өнөөг хүртэлх судалгаанууд нь гол төлөв барилгын гадаад хэлбэр судлалд төвлөрч байсан бол, архитекторын бүтээлч үйл явц, макро төлөвлөлтөд оруулсан хувь нэмрийг хувийн архивт нь тулгуурлан судалсан ажил байхгүй байна. Иймд Б.Дамбийнямын эмхэтгэсэн 251 хуудас гар бичмэлийг анх удаа шинжлэх ухааны эргэлтэд оруулж, уран бүтээлийнх нь философийг баримтад тулгуурлан сэргээх нь энэхүү судалгааны үндэслэл юм. Иймд тус судалгаанд дараах үндсэн судалгааны асуултуудыг дэвшүүлж байна:

1. Архитектор Б.Дамбийнямын уран бүтээл ямар үе шаттайгаар хөгжсөн бэ?

2. Түүний архитектурыг “уялдуулан нэгтгэх” арга зүй ямар түвшинд, хэрхэн илэрдэг вэ?

3. Хээрийн судалгаа болон практик төлөвлөлтийн хооронд ямар уялдаа байна вэ?

2. Судалгааны ажлын зорилго, зорилт

Уг судалгааны үндсэн зорилго нь ууган архитектор Б.Дамбийнямын 1950-1970-аад оны уран бүтээлийн хувьсал, төлөвлөлтийн философийг түүний хувийн архивын баримтад (251 хуудас гар бичмэл) тулгуурлан, он цаг болон төрөл зүйн харьцуулсан дүн шинжилгээний аргаар судлахад оршино.

Дээрх судалгааны асуултуудад хариулахын тулд дараах зорилтуудыг дэвшүүлэв:

1. Архитектор Б.Дамбийнямын уран бүтээлийн хөгжлийг он цаг болон төрөл зүйн ангиллаар системчилж, бүтээлч үйл ажиллагааны үе шатуудыг тодорхойлох.

2. Түүний уран бүтээл дэх архитектурын интеграцийн хэлбэрийг хот төлөвлөлт, барилга байгууламж, интерьерийн түвшинд задлан шинжилж, онол-практикийн онцлогийг тодорхойлох.

3. Хээрийн судалгаа, түүхэн баримтжуулалт болон практик төлөвлөлтийн хооронд уялдааг тогтоож, бүтээлч үйл явцын нэгдмэл шинжийг тайлбарлах.

II. СУДЛАГДСАН БАЙДАЛ

1. Монголын архитектурын түүхэн судлал дахь тухайн цаг үеийн тусгал

Монголын орчин үеийн архитектурын хөгжлийн үе шат, түүхэн замналыг "Архитектура Монголии" [6], "Архитектура и градостроительство Монголии" [4], "История монгольской архитектуры" [3], "Монголын уран барилгын түүх" [5] зэрэг суурь бүтээлүүдэд судалж, 1940-1960-аад оны уран барилгын шилжилтийн үе, архитектур дахь неоклассицизм болон үндэсний хэв шинжийн хөгжлийн ерөнхий хандлагыг өргөн хүрээнд авч үзсэн байдаг. Гэсэн хэдий ч архитекторын хувь хүний уран бүтээлч замналыг дагнан шинжлэх нь эдгээр бүтээлийн судалгааны үндсэн хүрээнээс зүй ёсоор гадна үлдсэн байна. Харин архитектор Б.Дамбийнямын уран бүтээл, үзэл баримтлалыг тусгайлан хөндсөн хамгийн анхдагч эх сурвалж нь 1982 онд "Барилгачин" сэтгүүлд нийтлэгдсэн түүний

өөрийнх нь өгсөн ярилцлага бөгөөд үүнээс хойш түүний уран бүтээлийг дагнан судалсан ажлууд он цагийн дарааллаар баяжин хөгжиж иржээ.

Тухайлбал, 2014 онд Б.Дамбийнямын 90 насны ойд зориулсан эрдэм шинжилгээний хуралд Архитектор Б.Дамбийнямын уран бүтээл: “Урт цагаан” үйлчилгээний төв [7] болон Архитектор Б.Дамбийнямын уран бүтээлийн эрэл хайгуулын онцлог [8] сэдэвт илтгэлүүд хэлэлцэгдэж байв. Мөн "Архитектор Б.Дамбийнямын уран бүтээлийн онцлог" [9] эрдэм шинжилгээний өгүүлэл хэвлэгдсэн. Олон нийтийн анхаарлын төвд байсан "Дурсамж сийлэх барилга: Урт цагааны барилга яагаад үнэ цэнтэй вэ?" [10] нийтлэлд дээрх судалгааны ажлуудыг гол эх сурвалж болгон ашигласан байдаг. Түүнчлэн Б.Дамбийнямын дурсамжийн ном" [1] болон "Миний амьдралын бартаатай замнал" [2] дурсамжийн бүтээлүүд нь архитекторын хувийн намтар, түүхэн замналыг нээх анхдагч эх сурвалж болж байна.

2. Судалгааны орон зай ба шийдвэрлэх асуудал

Дээр дурдсан суурь судалгаанууд болон урьдчилсан илтгэл, өгүүллүүд нь архитектор Б.Дамбийнямын уран бүтээлийг Монголын архитектурын түүхэн хөгжлийн контекстэд байршуулах, барилга байгууламжуудынх нь гадаад хэлбэр зохиомжийн онцлогийг тодорхойлоход чухал үүрэг гүйцэтгэсэн юм. Гэсэн хэдий ч архитекторын бүтээлч үйл явцыг түүний өөрийнх нь үлдээсэн анхдагч баримт бичиг, гар бичмэл архивт тулгуурлан онол-практикийн үүднээс системчлэн шинжилсэн цогц судалгаа өнөөг хүртэл дутагдалтай байна. Тухайлбал, түүний уран бүтээл дэх архитектур болон дүрслэх урлагийн хоршил, түүхэн уран барилгын өвийг хамгаалах чиглэлээр хийсэн хээрийн судалгааны үр дүнгүүд, мөн бүс нутгийн хөгжил, нутагшил суурьшлын макро төлөвлөлтийн үзэл баримтлал зэрэг асуудлууд нь шинжлэх ухааны эргэлтэд бүрэн ороогүй, өмнөх судалгаануудын хүрээнээс зүй ёсоор гадна үлдсэн байна. Иймд өмнөх үе шатны судалгаануудыг [7,8,9] баримтаар баяжуулж, архитекторын өөрийнх нь эмхэтгэсэн 251 хуудас бүхий хувийн архив дахь хэвлэгдээгүй түүхэн материалуудыг онол-арга зүйн үүднээс задлан шинжлэх замаар Монголын архитектур судлал дахь тус орон зайг нөхөх зайлшгүй шаардлага тулгарч байна.

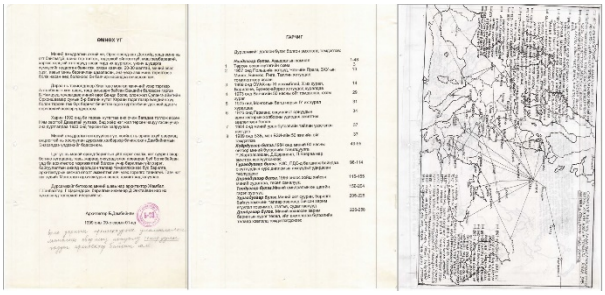
III. МАТЕРИАЛ, АРГА ЗҮЙ

1. Судалгааны ажлын хамрах хүрээ

Уг судалгаа нь архитектор Б.Дамбийнямын 1950-иад оноос 1980-аад оны сүүл үе хүртэлх бүтээлч замналыг хамрах бөгөөд түүний төлөвлөсөн барилга байгууламжууд, түүхэн дурсгалт газруудын сэргээн засварлалтын хэмжилт судалгаа болон хот төлөвлөлтийн ажлуудыг авч үзнэ. Судалгаанд архитекторын бүтээлүүдийг түүний үлдээсэн тэмдэглэлүүд болон өмнөх судалгааны ажлуудад баримтжуулсан материалуудын хүрээнд хязгаарлан судалсан болно.

2. Мэдээлэл цуглуулах

Судалгааны мэдээллийг цуглуулахдаа анхдагч эх сурвалж болох ШУТИС-ийн Архитектурын тэнхмийн эрдэм шинжилгээний санд хадгалагдаж буй Б.Дамбийнямын 251 хуудас бүхий бичгийн машинаар шивсэн, хувилбарласан материалууд (1-р зураг) болон Д.Энэрэлийн [2] түүхэн баримтуудыг ашигласан. Эдгээр машиндсан эх болон хувилбарласан баримтуудаас архитекторын уран бүтээлийн он цаг, төлөвлөлтийн онцлог, хамтран ажилласан уран бүтээлчдийн талаарх мэдээллүүдийг системтэйгээр түүвэрлэн авч, өгөгдлийн санг бүрдүүллээ. Түүнчлэн зохиогчийн өмнөх үе шатны судалгааны ажлуудыг мэдээллийн бааз болгон ашиглаж, түүхэн баримтуудыг бодит барилга байгууламжуудын гэрэл зургийн баримтжуулалттай тулган нягтлах замаар мэдээллийн үнэн зөв байдлыг хангасан болно.



Зураг 1. Архитектор Б.Дамбийнямын бичгийн машинаар шивсэн тэмдэглэл, зургийн түүвэр. Эх сурвалж: ШУТИС, Архитектурын тэнхмийн архив.

3. Өгөгдөл боловсруулах арга.

Цуглуулсан мэдээллийг боловсруулахдаа он цаг, төрөл зүйн харьцуулсан шинжилгээний аргыг ашиглан барилга байгууламжуудыг зориулалт, архитектурын хэв маягаар нь ангилан бүлэглэж, тэдгээрийн хөгжлийн үе шатыг тодорхойлов. Архитекторын гоо зүйн үзэл баримтлалыг задлан шинжлэхдээ архитектурын нэгдмэл онолын үүднээс чанарын шинжилгээ хийж, түүний үлдээсэн гар бичмэлүүд дэх философи санааг бодит төслүүд болон хээрийн судалгааны үр дүнтэй нь тулган харьцуулах замаар үр дүнг нэгтгэн дүгнэв.

IV. СУДАЛГААНЫ ҮР ДҮН

Судалгааны үр дүнг архитектор Б.Дамбийнямын уран бүтээлийн хөгжлийн зүй тогтол, архитектурын шийдлийн онцлог болон судалгаа-практикийн уялдааны хүрээнд дараах үндсэн чиглэлүүдээр нэгтгэн үзүүлсэн. Үүнд:

1. Уран бүтээлийн үечлэл ба төрөл зүй

Архитектор Б.Дамбийнямын бүтээлч замналыг тодорхойлохын тулд түүний өөрийн машинаар шивсэн намтар, тэмдэглэлт он цагийн хэлхээ болон зохиогчийн боловсруулсан үйл явдлын матриц (1-р хүснэгт) зэрэг гурвалсан эх сурвалжид дүн шинжилгээ хийлээ. Архитекторын албан тушаалын

өөрчлөлт, олон улсын томилолт болон гүйцэтгэсэн зураг төслийн төвлөрлийг харьцуулан шинжлэхэд түүний үйл ажиллагаа дараах дөрвөн үндсэн үе шатанд хуваагдаж байна.

АРХИТЕКТОР Б.ДАМБИЙНЯМЫН УРАН БҮТЭЭЛ, ҮЙЛ АЖИЛЛАГААНЫ ТӨРӨЛЖСӨН МАТРИЦ

1-Р ХҮСНЭГТ.

ОН ЦАГ / ҮЕЧЛЭЛ	ХОТ БАЙГУУЛАЛТ БА БАРИЛГЫН ЗУРАГ ТӨСӨЛ (ПРАКТИК)	ХЭМЖИЛТ, СУДАЛГАА БА МАКРО ТӨЛӨВЛӨЛТ	УДИРДАХ АЖИЛ, ОЛОН УЛСЫН ХАРИЛЦАА
I ҮЕ: 1945-1956 (Мэргэжлийн суурь үе)	• Оюутны дадлагын болон курсийн төслүүд. • 2, 4, 6, 8, 12 айлын сууц, дэлгүүр, музей, зочид буудал зэрэг эскиз төслүүд.	• 1956: Амарбаясгалант хийдийн анхны тойм зураг.	• Москва хотын Барилга архитектурын техникум болон МАРХИ-д суралцаж төгссөн.
II ҮЕ: 1956-1963 (Идэвхтэй зураг төсөл)	• 1957: "Урт цагаан" үйлчилгээний төв, "Алтанбулаг" зочид буудал, 80 айлын сууц. • 1958: Ховдын драмын театр, Өнчин хүүхдийн байр. • 1959: Үндэсний төв архив, Пионерийн ордны цамхаг, хаалга. • Сонгины 200 хүний амралт (барималч Зулзага, Доржбал нартай хамтарсан). • Бактери шинжилгээний институт, Идэвхтний эмнэлэг, Эмнэлэг гэгээрлийн ордон, Иподром.	• 1957: Богд хааны ногоон ордон, Чойжин ламын сүмийн хэмжилт. • 1961: Орон сууцны дотор тавилгын зохиомж (Зураач Д.Одонтой хамтарч 40 жилийн ойд зориулан бүтээсэн).	• 1956: Сайд нарын Зөвлөлийн дэргэдэх АТГ-ын дарга. • 1957: Барилгын зургийн институтийн (БЗИ) анхны захирал.
III ҮЕ: 1963-1984 (Макро төлөвлөлт ба ЭШ)	• Төв гал командын барилга. • Барилгын яам, Шүүх яам, ЭХЯ-ны барилгууд. • Мах комбинат болон Гадаад худалдааны яамны 48 айлын сууцууд, 200 үнээний ферм. • УБ Зочид буудал, УИД, Төв шуудангийн өргөтгөл, Цацраг туяа эмнэлэг.	• 1963.08: Амарбаясгалант хийдийн 27 сүм, хэрмийн экспедиц (арх. Цэрэндорж, Лхагважамц, Драга, багш Доржсүрэн, оюутан Самдан, Тогтох, Зэгвээ нарын хамт). • Булган, Жаргалант, Хар Хорин, Орхоны хүрхрээ зэрэг газруудын түүхэн дурсгал, аялал жуулчлалын судалгаа. • Нутагшил суурьшлын ерөнхий схемийн эхлэл (Муж төлөвлөлт).	• 1967-1971: Барилгын ЭШИ-ийн захирал. • 1971-1984: ПДС-ийн архитектурын факультетын декан. • ОУАХ (UIA)-ны хурлуудад төлөөлөгчөөр оролцсон (Куба, Франц, Итали, Аргентин г.м).
IV ҮЕ: 1984-2001 (Түүхэн өв, дурсгал)	• 1996-1998: Хичээнгүй сайд Б.Цэрэндоржийн хөшөө (Хэнтий, Дэлгэрхаан сум). • Чингис хааны голомт нутаг цогцолбор.	• Архитектурын түүх бичлэг, баримтжуулалт, дурсамжийн ном бүтээх ажил.	• 1984 онд тэтгэвэрт гарсан бөгөөд зөвлөх, төслийн удирдагчаар ажилласан.

А. Бүтээлч үйл ажиллагааны үечлэл ба хувьсал

Архитекторын дурсамж, тэмдэглэлийг он цагийн матрицтай (1-р хүснэгт) харьцуулан шинжлэхэд түүний уран бүтээл 4 үндсэн үе шатаар хувьсан хөгжсөн зүй тогтол харагдаж байна.

Б. Барилга байгууламжийн төрөл зүйн ангилал

Архитекторын бүтээлүүд нь засаг захиргаа, олон нийт, орон сууц, үйлдвэр, хөдөө аж ахуй болон түүхэн дурсгалын баримтжуулалт зэрэг нийгмийн бүхий л салбарыг хамарсан өргөн цар хүрээтэй байсан нь дээрх 1-р хүснэгтээс тод харагдаж байна.

2. Архитектур дахь орон зайн цогц шийдэл ба нийлэгжилт

Түүний үзэл баримтлал нь барилгыг зөвхөн функциональ хэрэгцээг хангах түвшинд хязгаарлахгүй, харин дүрслэх урлаг, үндэсний өв уламжлалтай уялдуулан нэгтгэх цогц хандлагад суурилсан. Судлаачдын тогтоосноор, тэрээр 1945-1956 онд Москвад суралцахдаа тухайн үед ноёлж байсан "неоклассицизм" буюу сонгодог архитектурын чиг хандлагыг эзэмшсэн бөгөөд үүнийгээ Монголын үндэсний онцлогтой чадварлагаар хослуулж чадсан. Баримтын шинжилгээгээр энэхүү уялдаа нь түүний уран бүтээлд дараах гурван макро болон микро түвшинд хэрэгжиж байжээ.

А. Хот төлөвлөлт ба түүхэн байршлын уялдаа

Барилга байгууламж болон хөшөө дурсгалыг тухайн газрын түүхэн контекст, хотын ерөнхий бүтэцтэй уялдуулах нь Б.Дамбийнямын цогцоор нь төлөвлөх суурь арга зүй байв. Хот байгуулалтын түвшний энэхүү уялдаа нь дараах төслүүд дээр тод илэрнэ, энд:

Түүхэн суурьшил ба хотын гол тэнхлэгийн хоршил: 1957 оны зураг төсөлд "Урт цагаан" үйлчилгээний төвийн "сунасан" хэв шинж нь 1910-аад оноос Баруун Сэлбийн гол дагуу төлөвшин тогтсон "Худалдааны гудамж"-ны түүхэн суурьшлыг орчин үеийн барилгажилтаар шинэчлэн орлуулсан шийдэл юм. Тус байршил нь санамсаргүй сонголт биш бөгөөд шашны төв болох Гандантэгчилэн хийдийг нийслэл хотын төв буюу Сүхбаатарын талбайтай холбосон гол замын дагуу байрлаж байсан түүхэн ач холбогдолтой уулзвар юм. Архитектор энэ түүхэн холбоосыг онцгой анхаарч, иргэдийн явган зорчих гол замын дагуу үйлчилгээний төвөө эгнүүлэн байрлуулж, хотын амьдралын хэв маягийг архитектуртай чадварлагаар хослуулж чаджээ.

Төлөвлөлтийн шийдэл нь архитектурын нийлэгжилтийн дараах үндсэн шинжүүдийг илэрхийлсэн. Үүнд: (1) түүхэн орон зайн үргэлжлэлийг хадгалах замаар хотын морфологийн уялдааг хангах, (2) орчин үеийн үйлчилгээний функцыг иргэдийн хөдөлгөөний үндсэн урсгалтай нэгтгэх, (3) хотын нийгэм-орон зайн амьдралын хэв маягийг архитектурын зохион байгуулалтаар дэмжих зэрэг болно. Энэ нь Б.Дамбийнямын төлөвлөлт нь зөвхөн хэлбэрийн шийдэл бус, харин нийгэм-орон зайн динамикийг ойлгосон системтэй хандлага байсныг харуулжээ.

Хөшөө дурсгалын газар зүйн уялдаа холбоо: Архитектор нь уран барилгаас гадна хөшөө дурсгалын төслүүд дээр ажиллахдаа тухайн хүний амьдралын түүхэн газар зүйн байршлыг чухалчилдаг байв. Жишээлбэл, 1997-1998 онд Хичээнгүй сайд Б.Цэрэндоржийн хөшөөг босгохдоо зөвхөн нийслэл хотын төвд бус, түүний төрсөн нутаг болох Хэнтий аймгийн Дэлгэрхаан сумын "Хэрлэн улаан" хэмээх түүхэн газар зүйн цэгт нь зориулан төлөвлөж байрлуулсан. Энэ нь түүхэн хүмүүсийн дурсгалыг байгаль орчин, уугуул нутагтай уялдуулан төлөвлөх макро түвшний архитектурын хандлага байсныг харуулж байна.

Б. Сонгодог байгуулалт, уламжлалт пропорци ба орон нутгийн урлалын хоршил

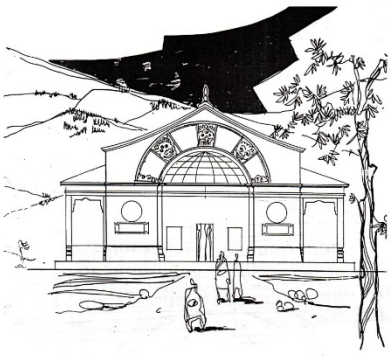
Орчин үеийн барилгын массд уламжлалт уран барилгын элемент, пропорцийг хэрхэн онолын үндэслэлтэй тусгаж байсныг дараах төслүүд хөдөлшгүй баталдаг.Үүнд:

Уламжлалт пропорцийн хослол ("Урт цагаан"): Архитектурын деталь хэмжилт болон харьцуулсан судалгаанаас үзэхэд, Б.Дамбийням нь барилгын орц хэсгүүдийн дээвэрт уламжлалт сүм хийдийн уран барилгын элемент болох "асар орой"-н шийдлийг ашигласан. Судлаачдын хийсэн харьцуулалтаар, энэхүү асар оройн шийдэл болон цонх, хашлаганы хуваалтын харьцаа нь Богд хааны ордны архитектурын пропорцитой ижил байгаа нь түүнийг Монголын уламжлалт модон уран барилгын хэв шинжийг орчин үеийн функциональ барилгын экстерьерт амжилттай тусган нэгтгэснийг харуулж байна (2-р зураг).

2-р зураг. "Урт цагаан" үйлчилгээний төвийн нүүр тал дахь уламжлалт архитектурын уялдааны деталь шинжилгээ (Зохиогчийн боловсруулснаар, эх сурвалж: [7])

Олон ястны соёл ба Исламын уран барилгын хэв шинжийн нэгдэл (Ховдын театр): Нийслэл хотоос гадна орон нутгийн төслүүдэд тэрээр тухайн бүс нутгийн угсаатан зүйн онцлогийг архитектурт гүнзгий тусгадаг байв. 1958 онд төлөвлөсөн Ховдын драмын театрын барилгын эскиз зураг болон гүйцэтгэлээс харахад, зөвлөлтийн сонгодог архитектурын тэгш хэмт байгуулалтыг зөвхөн Монгол үндэсний хээ угалзаар хязгаарлалгүй, Баруун Монголд оршин суудаг олон ястан, тэр дундаа Дундад Азийн ард түмний соёлтой нийлэгжүүлсэн байдаг. Барилгын экстерьерийн шийдэлд Дундад Азийн (Самарканд, Бухар) түүхэн уран барилгуудын хэв шинжийг санагдуулам орон зайн зохиомж тод ажиглагддаг. Барилгын гадаад болон дотоод чимэглэлийг бүтээхдээ орон нутгийн урчуудтай нягт хамтран ажилласан нь архитектурыг олон үндэстний соёлын бэлгэдэл болгон нийлэгжүүлсэн маш ховор бөгөөд үнэ цэнтэй шийдэл болжээ (3-р зураг).

Архитектурын энэхүү шийдэл нь сонгодог зохиомжийг орон нутгийн соёлтой уялдуулж, олон ястны хэв шинжийг нэгтгэн, урчуудтай хамтран ажиллах замаар нийгэм-соёлын гүнзгий уялдааг хангасан цогц механизм байсныг нотолж байна.



3-р зураг. Ховдын драмын театрын нүүр талын эскиз: Дундад Азийн уран барилгын хэв шинжийг нийлэгжүүлсэн байдал (Б.Дамбийнямын архиваас, 1959 он)

Төрийн барилгын бэлгэдэл зүйн илрэл (Үндэсний төв архивын барилга): Сонгодог байгуулалтыг гүн ухааны бэлгэдэлтэй хослуулах уг чиг хандлага төрийн байгууллагын обьектуудад ч тод илэрдэг. Тухайлбал, 1959 онд зураг төсөл нь хийгдсэн Үндэсний төв архивын барилга нь зөвлөлтийн сонгодог тэгш хэмт байгуулалттай боловч фасадны нүүр талд төрийн тусгаар тогтнолын бэлгэдэл болох "Соёмбо"-ыг байрлуулсан. Архитектурын утга зүйн (семиотик) шинжилгээгээр уг барилгын хамгийн онцлог шийдэл нь нүүр талын дээд хэсгийг уламжлалт уран барилгын "Ямпай" (халхавч хаалга)-н хэлбэрээр төлөвлөсөн явдал юм. Монгол улсын түүх, иргэдийн бүхий л үнэт мэдээлэл хадгалагддаг архивын барилгыг аливаа муу зүйлээс хамгаалах, халхлах гүн гүнзгий утга бүхий "Ямпай"-н бэлгэдэлтэй хослуулсан нь орчин үеийн функциональ шаардлагыг үндэсний философитой нэгтгэсэн шийдэл болжээ.

В. Дурслэх урлаг ба дотоод орон зайн цогц шийдэл

Дотоод орон зай болон чимэглэлийн нийлэгжилтийг хангахын тулд тэрээр мэргэжлийн уран бүтээлчидтэй гүнзгий хамтран ажилладаг байжээ. Түүний хувийн тэмдэглэлд барималч П.Зулзага, Д.Доржбал нараас суралцаж байснаа онцлон дурдсан байдаг нь барилгын чимэглэлд баримлын урлагийг системтэй ашиглаж байсны нотолгоо юм. Мөн дотор заслын архитектурыг цогцоор нь шийдэхийн тулд 1957 оны 12-р сард Чехословак улсын Прага хотод биечлэн очиж, Идэвхтний эмнэлгийн барилгын дотор заслын материал, тоног төхөөрөмжийн захиалгыг хийж байсан түүхэн баримт нь түүнийг орон зайн

зохиомжид хэрхэн ШУ-нч, прагматик хандлагаар хандаж байсныг давхар баталж байна. Дотоод орон зайн энэхүү уялдаа нь зөвхөн гоо зүй, чимэглэлээр хязгаарлагдаагүй бөгөөд функцийн гүнзгий уялдааг хангаж байв. Тухайлбал, Төв гал командын барилгын төлөвлөлтөөс харахад галын машины зогсоолыг бие бүрэлдэхүүний онцгой нөхцөлд ажиллах хэрэгцээ болон чөлөөт цагаа өнгөрүүлэх орон зайтай маш чадварлаг төлөвлөсөн байдаг.

АРХИТЕКТОР Б.ДАМБИЙНЯМЫН УРАН БҮТЭЭЛ ДЭХ ЦОГЦ ШИЙДЛИЙН ХЭЛБЭР, ИЛРЭЛ

2-Р ХҮСНЭГТ.

Он	Барилга	Түвшин	Шийдлийн тайлбар
1957	"Урт цагаан" үйлчилгээний төв	Хот төлөвлөлт	Түүхэн худалдааны гудамжийг орчин үеийн барилгажилттай уялдуулсан
1957	"Урт цагаан" үйлчилгээний төв	Экстерьер	Уламжлалт “асар орой” мотив болон цонх, хашлаганы пропорцийг фасадын хэмнэлд ашигласан
1957	Идэвхтний эмнэлэг	Интерьер	Дотор заслын материалыг эмнэлгийн зориулалттай цогцоор нь шийдсэн
1957	Гал командын байр	Функциональ	Техникийн зогсоолыг амрах болон ахуйн орчинтой уялдуулан төлөвлөсөн
1958	Ховдын драмын театр	Экстерьер	Сонгодог зохиомжийг олон ястны болон Дундад Азийн хэв шинжтэй уялдуулсан
1958	Улсын архивын барилга	Экстерьер	Тэгш хэмт зохиомжид Соёмбо болон “Ямпай” халхавчны бэлгэдлийг фасадын шийдэлд тусгасан
1997	Б.Цэрэндоржийн хөшөө	Хот төлөвлөлт	Хөшөөг түүхэн хүний төрсөн нутаг, байгалийн орчинтой уялдуулан байршуулсан

3. Хээрийн судалгаа ба түүхэн өвийн баримтжуулалт

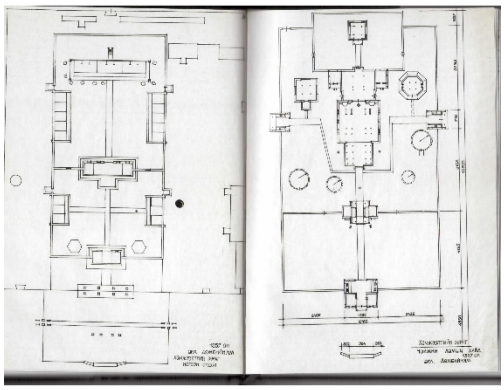
Архитектор Б.Дамбийнямын Монголын архитектурын шинжлэх ухаанд оруулсан бас нэгэн онцгой хувь нэмэр бол түүхэн уран барилгын дурсгалуудыг шинжлэх ухааны үүднээс хэмжин баримтжуулж, судалгааны эргэлтэд оруулсан явдал юм. Баримтын шинжилгээгээр түүний үйл ажиллагаа нь дараах үндэслэл байсан нь судалгаанаас илэрдэг.

А. Судалгааны онолын суурь ба эхлэл

Түүний түүхэн уран барилгыг судлах сэдэл нь санамсаргүй зүйл биш бөгөөд академик сургалтын орчинтой шууд холбогддог. Архитекторын дурсамжийн тэмдэглэлээс үзэхэд, тэрээр 1950 онд Москвагийн Архитектурын дээд сургуульд суралцах хугацаандаа дэлхийн архитектурын түүхийн нэрт эрдэмтэн, профессор Н.И.Брунов зэрэг судлаачдаар хичээл заалгаж байжээ. Түүхэн өвийг шинжлэх ухааны үүднээс судалж, баримтжуулах академик арга зүйг тэрээр дэлхийн хэмжээний эрдэмтдээс өвлөн авсан нь Монголд буцаж ирээд хээрийн судалгаа хийх онолын гүнзгий суурь, хөшүүрэг болсон.

Б. Хээрийн судалгаа ба архивын баримтжуулалт

Түүний уран бүтээлийн "Тэмдэглэлт он цагийн хэлхээ" болон хувийн архивын баримтуудад дүн шинжилгээ хийхэд, хээрийн хэмжилтийн ажлуудыг тасралтгүй зохион байгуулсан нь нотлогддог. Тухайлбал, 1956 онд буюу ажилд орсон эхний жилдээ Амарбаясгалант хийдийн анхны тойм зургийг гаргаж байжээ. Улмаар 1957 онд Монголын уламжлалт уран барилгын хосгүй дурсгал болох Богд хааны ногоон ордон болон Чойжин ламын сүмийн барилгуудад инженерийн нарийвчилсан хэмжилт хийсэн. Мөн 1963 онд Амарбаясгалант хийдийн иж бүрэн хэмжилтийн экспедицийг ахалж, түүхэн байгууламжуудын план, фасад, огтлолын зургуудыг архивын түвшинд баримтжуулан үлдээжээ (4-р зураг) .



4-р зураг. Түүхэн уран барилгын хэмжилт, судалгааны эскиз зураг (эх сурвалж: Миний амьдралын бартаатай замнал, 2025)

В. Хэмжилт судалгааны практик үр дүн

Эдгээр хэмжилт, судалгаа нь зөвхөн архивын баримт төдий бус, харин түүний уран бүтээлийн төлөвлөлтийн шийдэлд шууд нөлөөлсөн суурь өгөгдөл болсон нь он цагийн баримтаар давхар нотлогдож байна. Өөрөөр хэлбэл, Б.Дамбийням нь 1957 онд Богд хааны ордныг биечлэн хэмжиж, уламжлалт архитектурын пропорцийг нарийвчлан гаргаж авсан бөгөөд яг тэр ондоо буюу 1957 онд зураг төслийг нь гүйцэтгэсэн "Урт цагаан" үйлчилгээний төвийн фасадны хэмнэлд дээрх хэмжилтээр гаргаж авсан асар орой болон цонхны пропорцийг алдаагүй буулгаж чадсан байна. Тус он цагийн давхцал болон хэмжилтийн үр дүн нь түүний хувьд хээрийн судалгаа болон практик төлөвлөлт хоёр нь салшгүй нэгдмэл процесс байсныг хөдөлшгүй баталж байна.

4. Олон улсын нөлөөлөл ба макро төлөвлөлт

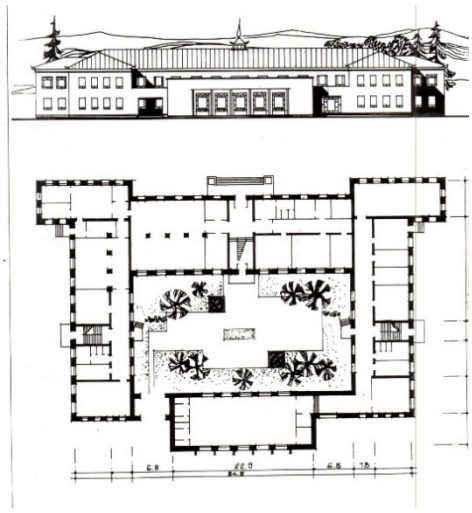
Архитектор Б.Дамбийнямын уран бүтээлийн үе шат нь олон улсын архитектурын хөгжлийн чиг хандлагатай салшгүй холбоотой. Тэрээр Монголын Архитекторуудын Эвлэлийг (МАЭ) төлөөлөн Олон улсын архитекторуудын холбооны (ОУАХ - UIA) их хурлуудад тогтмол оролцож байсан нь түүний орон зайн сэтгэлгээ, хот төлөвлөлтийн арга зүйд зарчмын өөрчлөлт авчирсан байна. Баримтын шинжилгээгээр уг нөлөөлөл дараах гурван түвшинд илэрч байна.

А. Олон улсын туршлага ба дэлхийн архитектурын чиг хандлага

Архивын баримт болон дурсамжийн тэмдэглэлээс үзэхэд, тэрээр 1957-1969 оны хооронд Европ (Польш, Чехословак, Болгар, Франц, Итали ба бусад), Латин Америк (Куба, Мексик, Аргентин, Бразил), Африк (Сенегал) зэрэг тив дамнасан өргөн цар хүрээтэй газар зүйн бүс нутгуудад албан ёсоор ажиллажээ. Энэ нь түүнд тухайн үеийн дэлхийн архитектурт хүчтэй өрнөж байсан конструктивизм болон рационализмын шилдэг бүтээлүүдийг нүдээр үзэж, шинжлэх ухаан, технологийн дэвшлийг архитектурт хэрхэн нэвтрүүлж буйг судлах онцгой боломжийг олгосон байна. Тэрээр зөвхөн туршлага судлаад зогсохгүй 1963 онд Кубад болсон 7-р их хуралд "Хөгжих шатанд яваа орнуудын барилгын урлаг" сэдвээр илтгэл тавьж, Монголын архитектурыг дэлхийн тавцанд сурталчлах ажлыг анхлан эхлүүлж байжээ.

Б. Хүн төвтэй төлөвлөлт ба нийгэм-орон зайн функциональ шийдэл

Олон улсын конструктивизм болон рационализмын нөлөөгөөр түүний бүтээлүүдэд илүү амьдрах орчин, хэрэглэгчийн тав тухыг чухалчилсан "хүн төвтэй" төлөвлөлт нэвтэрч эхэлсэн байдаг. Үүний хамгийн онцгой жишээ бол "Өнчин хүүхдийн сургууль, дотуур байр"-ын архитектурын төлөвлөлт юм. Уг барилгыг төлөвлөхдөө Монгол орны цаг уурын онцлог, салхи шорооноос хамгаалах зорилгоор барилгын эзэлхүүнээрээ хүрээлэгдсэн "дотоод хашаа" буюу атриум бүхий орон зайг үүсгэсэн. Энэ нь зөвхөн уур амьсгалын хамгаалалт төдийгүй, хүүхдүүдийн нийгмийн харилцаа, зан үйлд эергээр нөлөөлөхүйц аюулгүй, бичил нийгэм-орон зайн орчинг бүрдүүлсэн өндөр түвшний нийгэм-архитектурын нэгдэл мөн бөгөөд уг шийдэл нь өнөөг хүртэл үнэ цэнээ алдалгүй ашиглагдсаар байна (5-р зураг).



5-р зураг. Б.Дамбийням "Өнчин хүүхдийн байр"-ны дотоод орон зайг нийгмийн харилцаанд зориулан төлөвлөсөн байдал, 1958 он (эх сурвалж: "Б.Дамбийням архитектор" дурсамжийн номноос)

В. Хот байгуулалт ба макро төлөвлөлтийн үзэл баримтлал

1960-аад оны сүүлчээс түүний үйл ажиллагааны чиглэл хувь барилгын зураг төслөөс илүүтэйгээр бүс нутгийн, орон сууцны макро төлөвлөлт рүү шилжсэн зүй тогтол ажиглагддаг. 1967 оны Прагийн 9-р их хурлаар "Архитектур-хүний амьдрах орчин", 1969 оны Буэнос-Айресын 10-р хурлаар "Хөгжиж буй орны орон сууц, дээд зэрэглэлийн сууцны цогцолбор" зэрэг макро түвшний асуудлуудыг олон улсын индэр дээр хэлэлцэж байжээ. Энэхүү дэлхийн хэмжээний алсын хараа нь түүнийг Барилгын ЭШИ-ийн захирлаар ажиллах хугацаандаа Монгол улсын нутагшил суурьшил, орон сууцны хорооллын төлөвлөлтөд системтэй хандах стратегийн суурийг тавих, архитектурын боловсролын тогтолцоог шинэчлэхэд шууд нөлөөлсөн гэж дүгнэсэн.

ДҮГНЭЛТ

Архитектор Б.Дамбийнямын Монголын уран барилга, хот байгуулалтад оруулсан хувь нэмрийг архивын баримт, түүхэн гэрэл зураг, хээрийн хэмжилтийн судалгаанд тулгуурлан шинжлэхэд дараах дүгнэлтэд хүрлээ:

1. Архитектурын нийлэгжилтийн онол ба практик: Тэрээр орчин үеийн барилгыг зөвхөн функциональ (ашигт) хэрэгцээгээр хязгаарлалгүй, түүнийг дүрслэх урлаг, үндэсний өв уламжлалтай органикаар нэгтгэх "уялдуулан нэгтгэх" аргыг амжилттай хэрэгжүүлсэн уран бүтээлч байв. "Урт цагаан"-ы фасад дахь Богд хааны ордны пропорци, Ховдын драмын театр дахь Дундад Азийн архитектурын нөлөө, Үндэсний Төв архивын барилга дахь түүх, ой санамжийг хамгаалах "Ямпай"-н бэлгэдэл зэрэг нь түүнийг шинжлэх ухааны, гүн ухааны сэтгэлгээтэй архитектор байсныг хөдөлшгүй нотолж байна.

2. Түүхэн өвийн баримтжуулалт: Түүний бүтээл дэх үндэсний хэв шинж нь 1957 оны Богд хааны ордон, 1963 оны Амарбаясгалант хийдийн инженерийн хэмжилтийн бодит өгөгдөлд тулгуурласан нь судалгаа-практикийн салшгүй нэгдмэл байдлыг баталж байна.

3. Дэлхийн чиг хандлага ба макро төлөвлөлт: ОУАХ-ны (UIA) хурлуудаар дамжуулан дэлхийн конструктивизмтай танилцсан нь түүний төлөвлөлтөд хүн төвтэй, нийгэм-орон зайн дэвшилтэт шийдлүүдийг нэвтрүүлэхэд нөлөөлж, үйл ажиллагааг нь макро түвшний хот байгуулалт руу шилжих стратегийн хөшүүрэг болжээ.

Тус баримтын шинжилгээ нь Монголын орчин цагийн архитектурын түүх бичлэгт архитектор Б.Дамбийнямын уран бүтээлийг шинэ өнцгөөс, илүү гүнзгий цогц байдлаар үнэлэх шинжлэх ухааны үндэслэл болж байна.

Цаашид энэхүү судалгаа нь Монголын архитектурын түүх судлалд уран бүтээлчийн үйл ажиллагааг зөвхөн барилгын хэлбэр, хийцийн түвшинд бус, харин бүтээлч үйл явц, судалгаа, төлөвлөлтийн нэгдмэл систем болгон авч үзэх шаардлагатайг харуулж байна. Түүнчлэн архитекторын хувийн архивт тулгуурласан судалгааны арга зүй нь архитектурын түүхийг дахин үнэлэх, шинэ эх сурвалжид суурилсан шинжилгээ хийх боломжийг нээж байгаагаараа цаашдын судалгаанд арга зүйн чухал ач холбогдолтой юм.

АШИГЛАСАН МАТЕРИАЛ, НОМ ЗҮЙ

[1] Б.Дамбийням, Дурсамжийн ном, Улаанбаатар, 1999.

[2] Д.Энэрэл, Миний амьдралын бартаатай замнал, Улаанбаатар, 2025.

[3] В.Н.Ткачёв, История монгольской архитектуры, Москва: МГСУ, 2009.

[4] Д.Майдар, Архитектура и градостроительство Монголии, Москва: Стройиздат, 1970.

[5] Б.Даажав, Монголын уран барилгын түүх (3 дэвтэр), Улаанбаатар: Адмон, 2006.

[6] Н.М.Щепетильников, Архитектура Монголии, Москва: Госстройиздат, 1960.

[7] Ч.Дагшигдорж, А.Өэлүн, "Архитектор Б.Дамбийнямын уран бүтээл: 'Урт цагаан' үйлчилгээний төв", Б.Дамбийнямын 90 насны ойд зориулсан ЭШ-ний хурлын эмхэтгэл, Улаанбаатар, 2014.

[8] А.Өэлүн, С.Одон, "Архитектор Б.Дамбийнямын уран бүтээлийн эрэл хайгуулын онцлог", Б.Дамбийнямын 90 насны ойд зориулсан ЭШ-ний хурлын эмхэтгэл, Улаанбаатар, 2014.

[9] А.Өэлүн, И.Гончигбат, "Архитектор Б.Дамбийнямын уран бүтээлийн онцлог", Ж.Цэвээний нэрэмжит Монголын нэрт соён гэгээрүүлэгчид ОУ-ын ЭШ-ний бага хурлын эмхэтгэл, Улаанбаатар, 2015.

[10] О.Гунгаадорж, Б.Батзориг, "Дурсамж сийлэх барилга: Урт цагааны барилга яагаад үнэ цэнтэй вэ?", Улаанбаатар, 2023.

ОНОЛЫН МЕХАНИКИЙН ХИЧЭЭЛИЙН ЯВЦЫН ҮНЭЛГЭЭГ PLICKERS КАРТААР ОНОШЛОХ НЬ:
СТАТИК БҮЛЭГ СЭДВИЙН ЖИШЭЭН ДЭЭР

Цэнджавын ЖАРГАЛМАА[1]

[1]Монгол Улс, Улаанбаатар, ШУТИС, Механик инженер, тээврийн сургууль, Механик инженерчлэлийн тэнхим

Холбоо барих зохиогчийн и-мэйл хаяг: jargalmaa_e69@must.edu.mn[1]

Хураангуй: **Онолын механикийн “Статик” бүлэг сэдвийн хүрээнд хичээлийн явцын үнэлгээг боловсронгуй болгох зорилгоор Plickers платформд суурилсан аргачлалыг туршин хэрэгжүүлсэн судалгааны үр дүнг энэхүү өгүүлэлд авч үзэв. Судалгааны ажлын хүрээнд уламжлалт үнэлгээний аргыг орчин үеийн дижитал хэрэгсэлтэй хослуулан, суралцагчдын мэдлэгийг богино хугацаанд бодитой, тасралтгүй оношлох боломжийг бүрдүүлэхэд анхаарсан болно. Plickers платформыг ашигласнаар багш нар суралцагчдын хариултыг шууд хүлээн авч, дүн шинжилгээ хийх, улмаар сургалтын үйл явцыг тухай бүрд нь сайжруулах нөхцөл бүрдэж байна. Судалгаанд Онолын механик хичээлийг судалж буй оюутнуудыг хамруулан туршилтын болон хяналтын бүлэгт хуваажа, хичээлийн явцад тогтмол үнэлгээ зохион байгуулсан. Үр дүнгээс үзэхэд туршилтын бүлгийн pre-test дундаж оноо 64.33±7.5 байсан бол post-test 84.00±5.80 болж, 19.67 онооогоор өссөн бөгөөд стандарт хазайлт буурсан нь суралцагчдын гүйцэтгэл илүү жигдэрснийг илтгэж байна. Харин хяналтын бүлгийн хувьд pre-test 60.0±8.5, post-test 72.00±12.0 болж, 12 онооны өсөлт ажиглагдсан боловч стандарт хазайлт нэмэгдсэн нь гүйцэтгэлийн ялгаа өссөнийг харуулж байна. Статистик боловсруулалтын үр дүнд бүлгүүдийн өсөлтийн ялгаа нь статистикийн хувьд ач холбогдолтой ($t \approx 2.94$, $p < 0.01$) болох нь тогтоогдлоо. Plickers платформыг ашигласан явцын үнэлгээ нь оюутнуудын идэвх оролцоог нэмэгдүүлж, хичээлд хандах хандлага, сурах сэдэлд эерэг өөрчлөлт авчирсан байна. Мөн суралцагчдын мэдлэгийг бататгах, алдаа дутагдлыг цаг алдалгүй илрүүлэх, засах боломжийг олгож байгаагаараа онцлог юм. Түүнчлэн статистик боловсруулалтын үр дүнгээр энэхүү аргачлал нь оюутнуудын сурлагын амжилтад ач холбогдол бүхий эерэг нөлөө үзүүлж байгааг тогтоосон. Иймээс Plickers платформд суурилсан явцын үнэлгээний арга нь онолын механикийн хичээлийн чанарыг сайжруулах, суралцагч төвтэй сургалтыг дэмжих үр дүнтэй хэрэгсэл болох нь батлагдаж байна.**

Түлхүүр үг: онолын механик, идэвхитэй сургалт, явцын үнэлгээ, plickers платформ, сурлагын амжилт

I. УДИРТГАЛ

Онолын механик нь статикийн теорем, дүгнэлтийг ашиглан бие, биеүдийн систем, хийц, бүтээцийн тэнцвэрийг, мөн цэг ба биеийн механик хөдөлгөөний кинематик параметр, тэдгээрт үйлчлэх хүч ба хөдөлгөөний хоорондох хамаарлын үндсийг судалдаг инженерийн суурь ухааны хичээл юм. Өнөөгийн дижитал эрин үеийн суралцагчдын сурах онцлог, хэрэгцээнд нийцүүлэн Онолын механикийн сургалтын арга зүйг шинэчлэх шаардлага үүсэж байна. Суралцагчид урт хугацааны лекцээс илүүтэйгээр мэдээллийн технологи ашигласан, үе тэнгийнхэнтэйгээ хамтран ажиллах боломжтой, идэвхтэй сургалтын хэлбэрийг хүсэж байна. Багш мэдээллийг дамжуулах бус, суралцагчдад санаа бодлоо уралдуулах, анализ хийх боломж олгох үед сургалтын үр өгөөж нэмэгддэг. Энэхүү хэрэгцээнд тулгуурлан хичээл бүрийн төгсгөлд Plickers карт ашиглан явцын үнэлгээ хийх замаар оюутнуудын идэвх оролцоог дэмжиж, сургалтын үйл явцыг бодит үр дүнд суурилсан оношилгооны аргаар зохион байгуулаа. Энэхүү аргачлалыг нэвтрүүлснээр багш голлон ярьж, суралцагч идэвхгүй сонсох уламжлалт хэлбэрийг халж, сургалтын үйл явцыг илүү интерактив хэлбэрт шилжүүлж чадсан юм. Идэвхтэй суралцахуйн зарчмыг хэрэгжүүлнэ гэдэг нь лекцийн хэлбэрийг бүрэн үгүйсгэх бус, харин хичээлийн цагийн тодорхой хэсгийг суралцагчдыг идэвхжүүлэх, оношлох үйл ажиллагаанд оновчтой зарцуулахыг хэлнэ. Энэ тохиолдолд багш бэлдсэн мэдээллийг шууд дамжуулагч биш, харин суралцагчийг танин мэдэхүйн үйл ажиллагаанд чиглүүлэгч болдог.

1-р Зураг. Орчин үеийн сургалтын 10 зарчим

Ингэснээр суралцагч олж авсан мэдлэгээ бодит асуудал шийдвэрлэхэд ашиглах, шүүмжлэлт сэтгэлгээг хөгжүүлэх, бие хүн болон төлөвших суурь

чадваруудыг эзэмшдэг байна.Идэвхтэй сургалтын гол агуулга нь зааж сургахаасаа илүүтэйгээр, сурахад нь туслахад оршино. Үүнтэй холбоотойгоор орчин үеийн сургалтын 10 зарчмыг (1-р зураг) сургалтанд нэвтрүүлж байна [1]. Идэвхитэй сургалтын нэг арга болох plickers карт ашигласан явцын үнэлгээ нь суралцагчдыг сургалтын үйл ажиллагаанд идэвхитэй оролцуулж, хийж буй үйлдлээ эргэцүүлэн бодох, өөрийн ойлголтоо хянах боломжийг бүрдүүлдэг гэж судлаачид үздэг [3], [5]. Plickers платформ нь олон төрлийн сургалтын орчинд ашиглагдах боломжтой бөгөөд богино хугацаанд үр дүнтэй, шуурхай үнэлгээ хийх давуу талтай гэж судалгаанд дурьдсан байна [2], [4]. Plickers платформ нь цугларсан өгөгдлийг хэрэглэгчдэд ойлгомжтой график, дүрслэл хэлбэрээр харуулах ба бодит цагийн дүн шинжилгээ хийх боломжийг олгодог бөгөөд энэ нь сургалтын үйл явцыг шуурхай удирдах нөхцөлийг бүрдүүлдэг [2]. Энэ нь багшид оюутан бүрийн болон анги нийтийн сурлагын ахиц, агуулгын хоцрогдлыг статистик үзүүлэлтээр шуурхай тодорхойлох давуу талыг бий болгож байна. [2], [4].

Мэдээлэл боловсруулах: Plicers карт ашиглан мэдээллийг хурдан боловсруулж, шаардлагатай мэдээллийг шууд гаргаж авахад ашиглаж болно. Жишээлбэл, их хэмжээний өгөгдлийг нэгтгэж, график болон диаграмм хэлбэрээр харагдуулдаг [6].

Төлөвлөгөө гаргах: Plicers карт нь бизнесийн төлөвлөгөө, стратеги боловсруулахад чухал үүрэг гүйцэтгэдэг. Энэ нь хэрэглэгчиддээ шийдвэр гаргахад шаардлагатай мэдээллийг хурдан авах боломжийг олгодог [7].

Харилцаа холбоо: Багийн гишүүдийн хооронд мэдээлэл солилцоход Plicers карт ашиглах нь үр дүнтэй байдаг. Энэ нь хамтран ажиллах, санаа бодлоо хуваалцахад тусалдаг[8].

Товчхондоо Plickers карт нь мэдээллийн удирдлага, шийдвэр гаргалтад чухал үүрэг гүйцэтгэдэг бөгөөд олон салбарт өргөн хэрэглэгддэг. "Plickers" карт (пликерс) ашиглан сургалт явуулах боломжтой, хурдан үнэлгээ авах шалгарсан арга. "Plickers" картын аргыг ашиглахдаа доорх товч зааврыг дагаарай:

1. Юу хэрэгтэй вэ?
- Plickers картуудыг хэвлэх (1–40 хүртэл, тус бүрд өвөрмөц код ба A/B/C/D ориентаци).
- Plickers мобайл апплейкшин (багшийн утсанд).
- Сурагчдын харуулж буй картуудыг камерээр унших төхөөрөмж (утасны камер).

2. Бэлтгэл:
- Plickers сайтад бүртгэж багшийн аккаунт үүсгэнэ.
- "Classes" үүсгээд сурагчдын нэрсийг нэмнэ (картад тус бүрийн дугаар тааруулна).
- Картыг хэвлэж сурагч бүрт тараана. (Картын дөрвөлжин талбар дээр A/B/C/D өнцөг байдлаар байрлана — сурагч харуулахдаа зөв өнцгөөр харуулна.)

3. Асуулт бэлдэх:
- Оновчтой: олон сонголттой (multiple choice) эсвэл True/False.
- Plickers вэб дээр эсвэл апп-д асуултуудыг оруулна.

4. Сургалтанд хэрэглэхдээ:
- Асуулт тавьж, сурагчид картын тохирох өнцөгөөр хариулна (A,B,C,D).
- Багш утсаар анги руу камераар скан хийнэ
- апп нь бүх сурагчийн хариуг шууд уншиж, үр дүнг график хэлбэрээр харуулна.
- Хариуг тайлбарлан, алдааг ярилцаж, дараагийн дасгал эсвэл оношилгоог хийх.

Үнэлгээ гэдэг нь сурах үйл ажиллагааг сайжруулахын тулд багш зөв шийдвэр гаргаж, хэрэгтэй мэдээллийг цуглуулах боломжийг багш нарт олгох үйл явц юм. Суралцахуйн үнэлгээг ерөнхийд нь 2-р зурагт үзүүлснээр доорх төрөлд ангилдаг.

2-р Зураг. Суралцахуйн үнэлгээ

Оношлох үнэлгээ: Сургалтын өмнө тухайн сэдвийн хүрээнд өмнөх ойлголт, төсөөллийг тандах зорилго бүхий оношлох үнэлгээ юм.

Явцын үнэлгээ: Багш хичээл заах үеэдээ явцын үнэлгээг хэрэгжүүлнэ. Өдөр тутмын үйл ажиллагаанд тулгуурлан суралцагчдын ахиц, амжилт, сурах үйл ажиллагааны үр дүнг тодорхойлж харуулахад явцын үнэлгээг ашиглана. Энэ нь сургах, сурах үйл ажиллагааны салшгүй нэгэн хэсэг юм.

Эцсийн үнэлгээ: Эцсийн үнэлгээг сургах үйл ажиллагааны урт хугацааны дараа хийдэг бөгөөд энэ нь суралцагч ямар амжилт үзүүлсэн, юуг мэдэж, юуг хийж чадаж байгааг нэг улирлын болон хичээлийн жилийн эцэст эсвэл тодорхой үе шатын эцэст тодорхойлдог. Тодорхой хугацааны дараа давтамжтай хийдэг үнэлгээ болон эцсийн үнэлгээний талаар багш нар мэдээж сайн хэрэгжүүлдэг. Явцын үнэлгээ бол зөвхөн шалгалт биш, харин суралцагчийг алхам тутамд нь

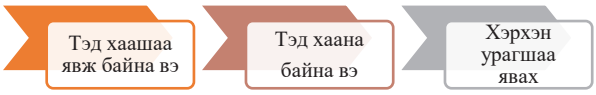
хөгжүүлэх багш-сурагчийн тасралтгүй хамтын ажиллагаа юм. Хэдийгээр энэ нь багшаас нэмэлт ачаалал, шинэ зүйлийг турших зориг шаарддаг ч бага багаар туршин хөгжүүлэх нь хамгийн үр дүнтэй хандлага болдог. Сургалтын үйл явцад суралцагчийн сул талыг оношилж, давуу талыг нь бататгах замаар хичээлийн арга барилаа тухай бүрт нь уян хатан өөрчлөх нь сургалтын стандартыг хангахад шийдвэрлэх үүрэг гүйцэтгэнэ. Ийнхүү явцын үнэлгээг дүн тавих хэрэгсэл биш, харин сургалтыг сайжруулах оношилгоо гэж үзэх нь зүйтэй. Суралцагчид ч мөн сайжруулах шаардлагатай талаа болон үүнийг хэрхэн сайжруулах талаар ойлгож ухамсарладаг. Plickers карт ашиглан явцын үнэлгээг анги танхимд хэрэгжүүлнэ гэдэг нь хичээл, сургалт, үйл ажиллагааг суралцагч бүрийн хэрэгцээнд нийцүүлж, суралцагчдын идэвхи сонирхолыг өрнүүлж сургалтын тодорхой хугацааг идэвхитэй сургалтын аргаар зохион байгуулж байна гэсэн үг. Явцын үнэлгээ нь сурах үйл ажиллагаанд дараах байдлаар дэмжлэг үзүүлдэг:

- суралцагчидтайгаа суралцахуйн зорилгоо ярилцах боломжийг олгох
- суралцагчид юу мэдэж, чадаж байгааг ойлгох
- өөрийн болон анги хамт олны үнэлгээг дэмжих
- суралцагчдын цаашид хийх алхмуудыг нарийвчлан чиглүүлсэн эргэх холбоог үүсгэх

Явцын үнэлгээ нь болоод өнгөрдөг “үйл явдал/үзэгдэл” биш юм. Үүнийг өдөр тутмын сургалтын салшгүй нэгэн хэсэг болговол явцын үнэлгээ амжилттай болох чухал нөхцөл болно. Явцын үнэлгээний ач холбогдолыг 3-р зураг үзүүлэв.

3-р Зураг. Явцын үнэлгээний ач холбогдол

Суралцагчийн сурлагын амжилт нь тэдний сурах хандлага, дотоод сэдэл тэмүүлэлтэй шууд холбоотой. Дүн онооны төлөөх өрсөлдөөнөөс илүү хувь хүний хөгжил, ахиц дэвшилд анхаарал хандуулах нь суралцагчийг өөрийн ухамсарт тэмүүлэлтэй болгодог. Энэхүү үйл явцад явцын үнэлгээ нь алдаанаасаа суралцах, эрсдэл хийх, өөрийгөө сорих боломжийг олгодог ач холбогдолтой. Иймээс суралцах үйл ажиллагааг зөвхөн эцсийн үнэлгээгээр бус, алдаанд дүн шинжилгээ хийж, тасралтгүй хөгжих үйл явц гэж үзэх нь зүйтэй. Явцын үнэлгээг амжилттай хэрэгжүүлж буй сургалтын орчинд багш, суралцагчдын хооронд үр ашигтай харилцан хамаарал үүсэж, сургалтын зорилго илүү тодорхой болдог. Суралцагч өөрийн давуу тал болон сайжруулах шаардлагатай чадамжаа ухамсарлан ойлгосноор багш тэдэнд чиглэсэн дэмжлэгийг оновчтой үзүүлэх боломж бүрддэг юм. Иймээс явцын үнэлгээг анги танхимын сургалтын салшгүй бүрэлдэхүүн хэсэг болгон хөгжүүлснээр сургалтын стандарт болон сурлагын амжилтыг чанарын шинэ түвшинд гаргах боломжтой юм. Багш, суралцагчид 4-р зурагт үзүүлснээр дараах зүйлийг мэдэх шаардлагатай.



4-р Зураг. Явцын үнэлгээний ач холбогдол

Багш нар сургалтын явцын үнэлгээг (formative assessment) үр дүнтэй зохион байгуулахын тулд үнэлгээний олон төрлийн техникийн санг ашиглаж, хичээлийн төлөвлөлтөд оновчтой тусгах шаардлагатай байдаг. Үнэлгээний техник бүр өөрийн гэсэн онцлогтой бөгөөд тухайлбал, шалгах хуудас (checklist) нь суралцагчдад гүйцэтгэлийн явцад орхигдсон шинж чанарыг илрүүлэхэд тусалдаг бол ABCD сонголт бүхий Plickers карт нь багшид суралцагчдын буруу ойлголт, төсөөллийг шуурхай оношлох боломжийг олгодог. Энэхүү аргачлалаар суралцагч бүр өөрийн сонгосон хариултад харгалзах картыг өргөх бөгөөд багш ухаалаг гар утасны тусламжтайгаар хариултыг богино хугацаанд бүртгэж, нэгдсэн дүгнэлт гаргадаг. Энэ нь математик, байгалийн ухаан болон техникийн хичээлүүдэд суралцагчдын алдаатай төсөөллийг засаж, зөв ойлголт төлөвшүүлэхэд нэн тохиромжтой юм. Орчин үеийн боловсролын хөгжлийн чиг хандлагад суралцагч төвтэй сургалт, тасралтгүй үнэлгээ, дижитал технологид суурилсан арга зүй чухал байр суурь эзэлж байна. Ялангуяа их, дээд сургуулийн байгалийн ухааны хичээлүүдэд суралцагчдын ойлголтыг богино хугацаанд үнэлэх, алдаа дутагдлыг шуурхай илрүүлэх, сургалтын чанарыг дээшлүүлэх шаардлага улам бүр нэмэгдэж байна. Энэ хүрээнд явцын үнэлгээ (formative assessment) нь суралцагчдын мэдлэг, чадварыг тасралтгүй хөгжүүлэхэд чухал нөлөөтэй болохыг судлаачид онцолдог.

Онолын механикийн хичээл, тэр дундаа “Статик” бүлэг сэдэв нь оюутнуудаас логик сэтгэлгээ,

тооцоолол, ойлголтын өндөр төвшинг шаарддаг тул зөвхөн уламжлалт үнэлгээний аргаар суралцагчдын мэдлэгийг бүрэн оношлох боломж хязгаарлагдмал байдаг. Иймээс сургалтын үйл явцад дижитал технологийг нэвтрүүлж, үнэлгээний шинэ хэлбэрийг ашиглах хэрэгцээ бий болж байна.

Сүүлийн жилүүдэд боловсролын салбарт дижитал үнэлгээний хэрэгслүүд өргөн хэрэглэгдэх болсон бөгөөд тэдгээрийн нэг нь Plickers платформ юм. Уг платформ нь суралцагчдын хариултыг бодит цаг хугацаанд хүлээн авч, шуурхай дүн шинжилгээ хийх боломж олгодгоороо онцлогтой бөгөөд багшид сургалтын явцыг уян хатан удирдах нөхцөлийг бүрдүүлдэг.

Иймээс энэхүү судалгааны ажлаар онолын механикийн “Статик” бүлэг сэдвийн хүрээнд Plickers платформыг ашиглан явцын үнэлгээ зохион байгуулах нь суралцагчдын мэдлэг, сурах сэдэл, сурлагын амжилтад хэрхэн нөлөөлж байгааг судлахыг зорьсон болно. Энэхүү судалгаа нь дижитал үнэлгээний арга зүйг боловсронгуй болгох, сургалтын үр нөлөөг нэмэгдүүлэхэд тодорхой хувь нэмэр оруулах ач холбогдолтой юм.

II. Судалгааны материал арга зүй

Онолын механикийн хичээлийн 'Статик' бүлэг сэдвийн хүрээнд суралцагчдын идэвх оролцоог нэмэгдүүлэх, тухайн өдрийн хичээлийн агуулгыг бататгах, үнэлэх, улмаар сургалтын үр дүнг бодит цаг хугацаанд нэгтгэн дүгнэх зорилгоор **Plickers** платформыг ашиглан явцын үнэлгээг тогтмолжууллаа. Энэхүү технологид суурилсан оношилгооны арга зүй нь оюутан бүрийн ахиц амжилтыг шуурхай тодорхойлж, сургалтын үйл ажиллагаанд эргэх холбоог оновчтой тогтоох боломжийг бүрдүүлсэн юм. Судалгаанд тоон болон чанарын хосолсон аргыг ашигласан. Тухайн улиралд Онолын механик хичээлийг судлаж байгаа 90 оюутнуудыг туршилтын болон хяналтын бүлэгт хувааж судалгаанд хамруулсан бөгөөд туршилтын бүлэгт Plickers платформ ашиглан хичээл бүрийн төгсгөлд богино хугацааны (5–10 минутын) олон сонголттой (A, B, C, D) асуултаар явцын үнэлгээ зохион байгуулсан

- Туршилтын бүлэг → Plickers ашигласан
- Хяналтын бүлэг → уламжлалт арга

Plickers платформыг ашиглахдаа дараах үе шатыг баримталсан. Үүнд:

Сорил боловсруулах үе шат: “Статик” бүлгийн агуулгад нийцсэн ойлголт шалгах тестийг сэдэв бүрээр боловсруулж, нэг тестэд 3–5 асуулт багтаасан.

Сурагчийн бүртгэл, картын хуваарилалт: Суралцагч бүрт өвөрмөц QR код бүхий Plickers карт олгож, тухайн картын A/B/C/D байрлал нь хариултын сонголтыг илэрхийлэх байдлаар тохируулсан.

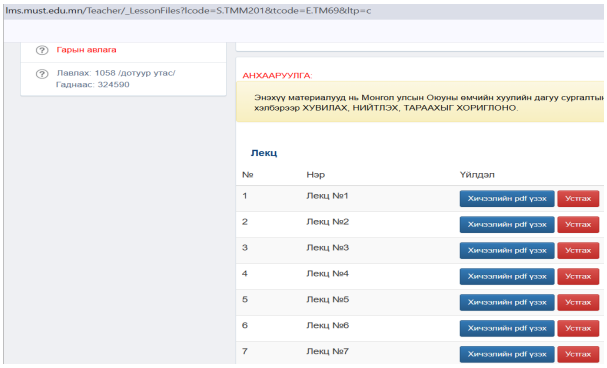
Хичээл дээрх хэрэгжилт: Хичээлийн төгсгөлд багш асуултыг танилцуулж, суралцагчид өөрийн ойлголтын дагуу картын тохирох байрлалыг өргөн хариулсан. Багш ухаалаг төхөөрөмжийн камер ашиглан хариултыг скан хийж, үр дүнг бодит цаг хугацаанд системд бүртгэсэн.

Өгөгдөл боловсруулах үе шат: Plickers системээс гарсан үр дүнг Excel программ руу экспортлон дундаж оноо, стандарт хазайлт болон өсөлтийн үзүүлэлтийг тооцоолсон. Мөн туршилтын болон хяналтын бүлгийн ялгааг Student’s t-test ашиглан статистик аргаар шинжилсэн.

Эргэх холбоо ба заах арга зүйн сайжруулалт: Үнэлгээний үр дүнг багш тухайн хичээлийн хүрээнд шууд тайлбарлан, буруу ойлголтыг засах, нэмэлт жишээ болон тайлбар өгөх замаар суралцахуйн эргэх холбоог бүрдүүлсэн. Энэхүү арга зүй нь суралцагчдын идэвх оролцоог нэмэгдүүлэх, хичээлийн явцад тасралтгүй үнэлгээ хийх, багшид сургалтын шийдвэрийг шуурхай гаргах боломж олгосноор сургалтын үр дүнг сайжруулахад чухал нөлөө үзүүлсэн. Pre-test, Post-test авч харьцуулан, өгөгдлийг Excel ашиглан боловсруулж, t-test аргаар статистик шинжилгээ хийсэн.

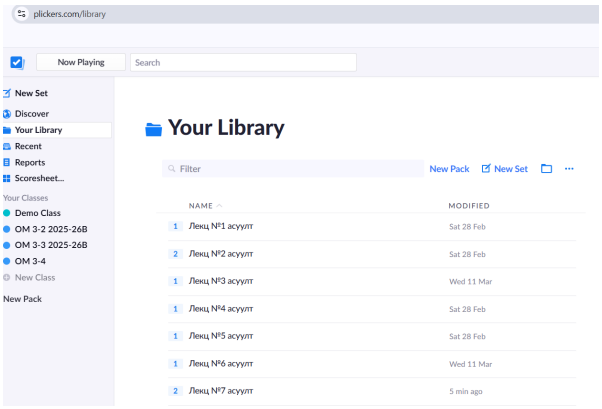
Статик бүлэг сэдвийн лекц, семинарын хичээлийн бүх агуулгыг LMS-д урьдчилан байршуулж, оюутнууд хичээлийн цагаасаа өмнө боломжит цаг хугацаанд судлах боломжоор хангасан. Статик бүлэг сэдэв нь Онолын механик хичээлийн эхний 7-н долоо хоногийн хичээлийн агуулгад заагддаг болно.

“Статик” бүлэг сэдвийн хүрээнд боловсруулсан агуулгыг LMS-д байршуулсаныг 5-р зураг үзүүлэв.



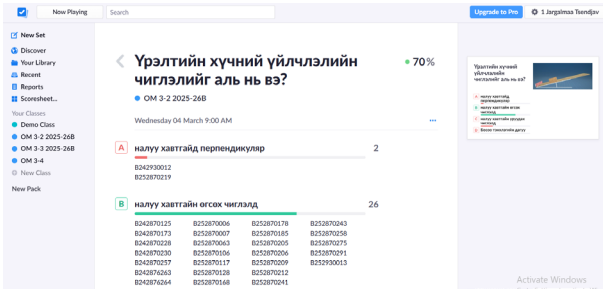
5-р зураг. Лекцийг LMS-д байршуулсан нь

Хичээлийн агуулгыг танхимаар дамжуулан хүргэсний дараа суралцагчдын мэдлэгийн түвшинг бодитой үнэлэх зориулалт бүхий явцын сорилуудыг авч хэрэгжүүлэв. Сэдэв бүрт тохируулан боловсруулсан агуулгуудыг LMS-д байршуулсаныг 6-р зураг харууллаа. Судалгааны хүрээнд 'Статик' бүлгийн долоон лекц тус бүрийн төгсгөлд Plickers карт ашиглан шуурхай үнэлгээг зохион байгууллаа.

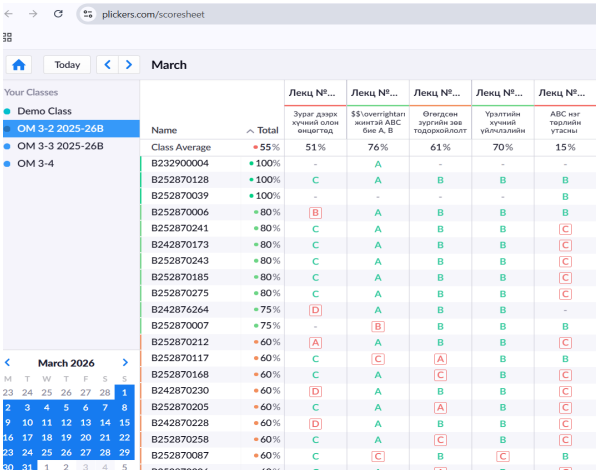


6-р зураг. Явцын үнэлгээний тестийг сэдэв тус бүрээр боловсруулсан байдал

Суралцагч бүрийн мэдлэгийг бататгах, үнэлэх үйл явцын динамикийг 7-р зурагт харуулсан бол явцын үнэлгээнд хамрагдсан оюутнуудын нэгдсэн үзүүлэлтийг 8-р зургаар баримтжуулан харууллаа.



7-р зураг. Статик бүлэг сэдвээр явцын үнэлгээгээ боловсруулж суралцагчдын мэдлэгийг үнэлсэн байдал



8-р зураг. Явцын үнэлгээгээр суралцагч бүрийн мэдлэгийг үнэлэж нэгтгэсэн байдал

Судалгааны явцад 'Статик' бүлэг сэдвийг заахдаа хяналтын бүлэгт уламжлалт асуулт–хариулт болон бичгийн сорилын аргаар, туршилтын бүлэгт хичээл бүрийн төгсгөлд **Plickers** ашиглан явцын үнэлгээ хийх замаар хичээлийг зохион байгуулсан ба үр дүнг 1-р хүснэгтээр харуулав.

Судалгааны туршилтын бүлгийн оюутнуудад хичээл бүрийн төгсгөлд тухайн өдрийн агуулгатай холбоотой 3–5 асуулт бүхий богино тестийг Plickers системээр авч хэрэгжүүлсэн.

ҮНЭЛГЭЭНИЙ ДУНДАЖ БА СТАНДАРТ ХАЗАЙЛТЫН ХАРЬЦУУЛАЛТ

1-Р ХҮСНЭГТ.

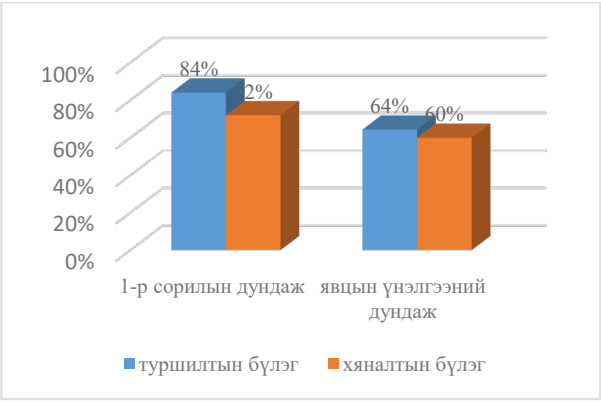
Бүлэг	Оюутны тоо	Pre-test (M% ± SD)	Post-test (M% ± SD)	Δ (Өсөлт)
Туршилтын бүлэг	45	64.33 ± 7.5	84.00 ± 5.80	19.67
Хяналтын бүлэг	45	60.0 ± 8.5	72.00 ± 12.0	12

Тэмдэглэл: M – дундаж утга, SD – стандарт хазайлт (**Standard deviation**), Δ – post-test ба pre-test-ийн зөрүү.

Оюутнууд урьдчилан олгосон QR-т суурилсан карт ашиглан A, B, C, D сонголтоос зөв хариултыг харуулж, багш гар утасны аппликейшн ашиглан хариултыг сканнердаж бодит цаг хугацаанд үр дүнг хүлээн авсан. Ингэснээр:

- суралцагчдын ойлголтын түвшинг шуурхай тодорхойлох
- буруу ойлголтыг тухайн мөчид засах
- сургалтын агуулгыг дахин чиглүүлэх
- суралцагчдын идэвх оролцоог нэмэгдүүлэх боломж бүрдсэн.

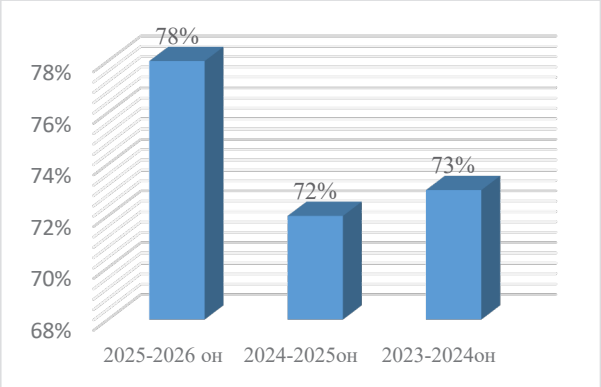
Харин хяналтын бүлэгт уламжлалт асуулт–хариулт болон бичгийн сорилын аргыг ашиглан явцын үнэлгээг хийсэн бөгөөд Plickers платформ ашиглаагүй. Судалгааны явцад цуглуулсан өгөгдлийг Excel программд боловсруулж, бүлгүүдийн дундаж оноо, стандарт хазайлт болон өсөлтийн үзүүлэлтийг тооцоолсон. Мөн хоёр бүлгийн хоорондын ялгааг Student's t-test аргаар шинжилж, статистик ач холбогдлыг тодорхойлов.



9-р зураг. Статик бүлэг сэдвийн шалгалтын үнэлгээний харьцуулалт

Туршилтын бүлэгт тухайн өдрийн агуулгыг бататгах, үр дүнг шуурхай хэлэлцэх замаар мэдлэгийг бататгаж байсан бөгөөд 'Сорил-1'-ийн үр

дүнгээр тус бүлэг хяналтын бүлгээс **12%-иар илүү** дундаж оноо үзүүлсэн байна. Энэхүү үр дүн нь тогтмол явцын үнэлгээ хийх нь суралцагчдын мэдлэгийг гүнзгийрүүлж, сурлагын амжилтад бодитой ахиц гаргадгыг нотолж байгаа бөгөөд хоёр бүлгийн харьцуулсан үзүүлэлтийг 9-р зурагт үзүүлэв.Статик бүлэг сэдэв нь 'Сорил-1'-ээр үнэлэгддэг тул сургалтын чанарын ахицыг тодорхойлох зорилгоор сүүлийн гурван хичээлийн жилийн тус сорилын дундаж оноог харьцуулан судалж, үр дүнг 10-р зурагт үзүүлэв.



10-р зураг. Сорил 1 онооны дундаж

Судалгааны хүрээнд Онолын механикийн хичээлийг сонгон суралцаж буй 90 оюутныг хамруулж, 'Статик' бүлгийн долоон сэдвийн хүрээнд туршилтыг явууллаа. Хичээл бүрийн төгсгөлд Plickers карт ашиглан явцын үнэлгээ хийхдээ урьдчилан бэлтгэсэн видео сорилуудыг ашигласан нь сургалтын үйл явцыг илүү сонирхолтой, идэвхтэй болгосон. Энэхүү аргачлалыг лекц болон семинарын хичээлүүдэд хослуулан хэрэглэж, суралцагч бүрийн ахиц амжилтыг тухай бүрт нь нэгтгэн дүгнэв.

Судалгаанд оролцогчдын хичээлийн өмнөх болон дараах үнэлгээний үр дүнг харьцуулан шинжилгээ хийв. Туршилтын бүлгийн суралцагчдын post-test үнэлгээний дундаж оноо pre-test-ээс мэдэгдэхүйц өссөн бол хяналтын бүлэгт өсөлт харьцангуй бага байв. Үүнийг тоон үзүүлэлтээр илэрхийлэхэд туршилтын бүлгийн мэдлэгийн ахиц хяналтын бүлгээс өндөр үзүүлэлттэй гарсан.

Бүлгүүдийн хоорондын ялгааг Student's t-test-ийн аргаар шалгахад $p<0.05$ түвшинд статистик ач холбогдол бүхий ялгаа илэрсэн нь Plickers платформыг ашигласан явцын үнэлгээ нь суралцагчдын сурлагын амжилтад эерэг нөлөө үзүүлж байгааг харуулж байна.

Мөн асуумжийн судалгааны үр дүнгээр суралцагчид хичээлийн идэвх, оролцоо нэмэгдсэн, ойлголт сайжирсан, үнэлгээ илүү сонирхолтой болсон гэж үнэлсэн.

Plickers платформыг ашигласан нь уламжлалт аргаас давуу болох нь тогтоогдсон бөгөөд энэ нь оюутнуудын сурах сэдлийг төрүүлэх, хичээлийг сонирхолтой, өрсөлдөөнтэй болгох, цаг хугацааг үр ашигтай зарцуулах зэрэг олон талын ач холбогдолтой байна. Ялангуяа мэдлэгийг шуурхай бататгах боломжийг бүрдүүлж, суралцагчдын хичээлд хандах эерэг хандлагыг төлөвшүүлж байгаа нь сургалтын чанарт шууд нөлөөлж байна. Харин даалгавар гүйцэтгэх хугацаа бага, дараагийн хичээлд хоцрох зэрэг сул талууд гарсан. Судалгаанд хамрагдсан туршилтын бүлгийн оюутнуудын 92% нь цаашид plickers карт ашиглан явцын үнэлгээг тогтмол хийж хэвших нь сургалтын үр дүнд сайнаар нөлөөлнө гэсэн байр суурьнаас хандсан байна.

Сургалтын явцад оюутнуудаас тухайн явцын үнэлгээний талаар санал асуулга авахад:

- Хичээл бүрийн төгсгөлд тухайн цагийн мэдлэгийг үнэлж байгаа нь сонирхолтой байсан гэж 85% нь
- Явцын үнэлгээ нь мэдлэг бататгах ач холбогдолтой байсан гэж 91% нь
- Явцын үнэлгээнд хэрэглэж буй техник, бэлдэц хэрэгсэл нь хэрэглэхэд тохиромжтой байсан гэж 98 % нь тус тус хариулжээ.

Энэхүү судалгаанаас харахад явцын үнэлгээг Plickers карт ашиглан зохион байгуулсан нь оюутнуудад сонирхолтой, өрсөлдөөнтэй, ойлгомжтой, бие даан ажиллах болон мэдлэгээ бататгах боломж өгсөн нь давуу тал болж байгаагаас гадна давхар ирц, тухайн оюутны идэвхи, хичээлд оролцох оролцоог нэмэгдүүлэх онцгой ач холбогдолтойг нотолсон.

Дүгнэлт

Явцын үнэлгээ нь сурах үйл ажиллагаанд суралцагчидтайгаа суралцахуйн зорилгоо ярилцах боломжийг олгох, суралцагчид юу мэдэж, чадаж байгаагаа ойлгох, өөрийн болон анги хамт олны үнэлгээг дэмжих, суралцагчдын цаашид хийх алхмуудыг нарийвчлан чиглүүлсэн эргэх холбоог үүсгэх байдлаар дэмжлэг үзүүлдэг. Явцын үнэлгээ нь болоод өнгөрдөг “үйл явдал” биш юм. Үүнийг өдөр тутмын сургалтын салшгүй нэгэн хэсэг болговол явцын үнэлгээ амжилттай болох чухал нөхцөл болно. Явцын үнэлгээг сургалтанд тогтмол хэрэглэх нь дараах ач холбогдолтой:

- хичээлийн турш ахиц дэвшлийг хянах
- суралцагчийн буруу ойлголтыг тодорхойлох
- юу сурч эзэмшихийг ойлгомжтой болгодог
- суралцагчдад хоцрогдож байгаа зүйлээ тодорхойлоход нь туслах
- суралцагчдын өөрийн ухамсрыг сайжруулдаг
- суралцагчдын оролцоог нэмэгдүүлдэг
- богино хугацаанд мэдлэгээ үнэлүүлэх
- суралцагчдыг өөрсдийгөө сориход нь хөхүүлэн дэмждэг.

Судалгаанд хамрагдагсдын хариултаас үзэхэд Plickers картыг ашиглан хичээл бүрийн төгсгөлд үнэлгээ хийх нь Статикийн бүлгийн цогц

ойлголтуудыг эзэмших үйл явцыг дэмжиж байна. Оюутан бүрийн ахиц амжилтыг шуурхай хянах боломжтой болсноор мэдлэгийн хоцрогдлыг тухай бүрт нь нөхөх, улмаар цаашдын сурлагын чанарт ахиц гаргах нөхцөл бүрдэж байгааг үр дүн баталж байна. 1-р сорилын дундаж онооны харьцуулалт нь туршилтын бүлгийн хувьд дундаж үзүүлэлт 84%-тай, хяналтын бүлгийн хувьд дундаж үзүүлэлт 72%-тай байна. Энэ нь туршилтын бүлгийн оюутнууд хяналтын бүлгээс 12%-иар илүү амжилт үзүүлсэн нь Plickers карт ашигласан тогтмол үнэлгээ болон оношилгоо нь оюутнуудын мэдлэг батагхад бодит нөлөө үзүүлснийг илтгэж байна. Явцын үнэлгээний ялгаа нь туршилтын бүлэг явцын үнэлгээнд тогтмол хамрагдаж, дунджаар **75%**-ийн гүйцэтгэлтэй байсан харин хяналтын бүлэгт уламжлалт асуулт–хариулт болон бичгийн сорилын аргыг ашиглан явцын үнэлгээг хийсэн бөгөөд Plickers платформ ашиглаагүй. Иймээс туршилтын бүлэгт хийгдсэн 64%-ийн явцын үнэлгээ нь эргээд 1-р сорилын амжилтад (84%) хүрэх суурь нөхцөл болсон гэж үзэх үндэслэлтэй. Туршилтын үр дүнгээс харахад Plickers платформоор дамжуулан тогтмол явцын үнэлгээ хийсэн бүлгийн 1-р сорилын дундаж оноо **84%**-д хүрсэн нь хяналтын бүлгийн үзүүлэлтээс (72%) даруй **1.16 дахин** өндөр байна. Хяналтын бүлэгт хичээл бүрийн төгсгөлд идэвхтэй оношилгоо, үнэлгээ хийгээгүй нь сорилын дүнд сөргөөр нөлөөлсөн байх магадлалтай. Энэхүү үр дүн нь явцын үнэлгээний давтамж болон сургалтын чанарын хооронд шууд хамаарал байгааг нотолж байна. Сорил 1-н үр дүнг сүүлийн жилүүдтэй харьцуулан дүгнэвэл 2024-2025 оны хичээлийн жилд үзүүлэлт 1%-иар түр буурсан хэдий ч, 2025-2026 оны хичээлийн жилд өмнөх жилээс **6%**, суурь үеэс (2023-2024 он) **5%**-иар тус тус өссөн байна. 2025-2026 оны хичээлийн жилд гарсан энэхүү мэдэгдэхүйц өсөлт (78%) нь сургалтад нэвтрүүлсэн шинэ арга зүй, технологийн шийдэл (Plickers ашигласан явцын үнэлгээ г.м) бодит үр дүнгээ өгч, сургалтын чанарт ахиц гаргасныг нотолж байна.

АШИГЛАСАН МАТЕРИАЛ, НОМ ЗҮЙ

[1] Petty, G. (2009). Evidence-based teaching: A practical approach. Nelson Thornes.

[2] Jason M. Krause, K. O'Neil, & E. Jones Krause, J. M., O'Neil, K., & Jones, E. (2015). Technology in physical education: Using Plickers for formative assessment. Journal of Physical Education, Recreation & Dance, 86(9), 34–37. https://doi.org/10.1080/07303084.2015.1085346

[3] Paul Black, & Dylan Wiliam Black, P., & Wiliam, D. (1998). Inside the black box: Raising standards through classroom assessment. *Phi Delta Kappan*, 80(2), 139–148.

[4] Боловсролын Үнэлгээний Төв. (2021). Сургалтын үйл явц дахь явцын үнэлгээний арга зүй. Улаанбаатар.

[5] John Hattie, & Helen Timperley Hattie, J., & Timperley, H. (2007). The power of feedback. Review of Educational Research, 77(1), 81–112. https://doi.org/10.3102/003465430298487

[6] Ifenthaler, D., & Yau, J. Y.-K. (2020). Utilising learning analytics for study success. Technology, Knowledge and Learning, 25, 1–16

[7] Heritage, M. (2010). Formative assessment: Making it happen in the classroom. Corwin Press.

[8] Krause, J. M., O'Neil, K., & Jones, E. (2015). Technology in physical education: Using Plickers for formative assessment. Journal of Physical Education, Recreation & Dance, 86*(9),* 34–37.

НЭГЖ УГСРААНЫ ЗУРГИЙН ДААЛГАВАР ГҮЙЦЭТГЭХЭД AR ТЕХНОЛОГИЙН НӨЛӨӨЛЛИЙН СУДАЛГАА (ШУТИС-ийн Техникийн зурагзүй хичээлийн жишээн дээр)

Эрдэнэчимэгийн СУВД[1], Уламбаярын ЛХАГВАДОРЖ*[1], Балдоржийн ЖИГЖИД[2]

[1]Монгол Улс, Улаанбаатар, ШУТИС, Барилга, архитектурын Сургууль, Инженерийн зурагзүйн тэнхим

[*1]Монгол Улс, Улаанбаатар, ШУТИС, Барилга, архитектурын Сургууль, Инженерийн зурагзүйн тэнхим

[2]Монгол Улс, Улаанбаатар, ШУТИС, Барилга, архитектурын Сургууль, Архитектурын тэнхим

Холбоо барих зохиогчийн и-мэйл хаяг: u.lkhagvadorj@must.edu.mn[*1]*

Хураангуй: **Энэхүү судалгааны зорилго нь өргөтгөсөн бодит байдлын (AR) технологийг ашиглан угсрааны зургийн даалгавар гүйцэтгэхэд оюутны гүйцэтгэлд үзүүлэх нөлөөг тодорхойлоход оршино. Судалгаанд оролцогчдын гарааны түвшнийг үнэлэхдээ орон зайн төсөөлөх чадварыг хэмжих Purdue Spatial Visualization Test (PSVT)-ийг ашигласан бөгөөд сургалт эхлэхээс өмнө хоёр бүлгийн хооронд уг чадварын түвшин статистикийн хувьд ижил байсан нь тогтоогдсон. Сургалтын дараах үнэлгээгээр нэгж угсрааны зургийн даалгаварт (модель босгох, эд ангийг угсрах, угсрааны ажлын зураг боловсруулах) авсан онооны хувьд хоёр бүлгийн хооронд мэдэгдэхүйц ялгаа илэрсэн. Тодруулбал, AR технологи ашигласан туршилтын (1-р) бүлгийн гүйцэтгэл нь уламжлалт хэвлэмэл зураг ашигласан хяналтын (2-р) бүлгээс илт давуу байсан нь угсрааны даалгавар гүйцэтгэх чадварыг сайжруулахад AR технологи эерэг нөлөө үзүүлж байгааг харуулж байна.**

Түлхүүр үг: 3D загварчлал, Инженерийн боловсрол, Сургалтын технологи, Танин мэдэхүйн чадвар, Практик сургалт, Сургалтын үр нөлөө

I. УДИРТГАЛ

Угсрааны зураг нь деталийн (эд ангийн) хэлбэр, хэмжээ, харилцан байрлал, угсрах дараалыг тодорхойлон инженерийн санаа, шийдлийг проекц дүрслэлээр илэрхийлдэг бөгөөд үйлдвэрлэл, загварчлал, угсралт, засвар үйлчилгээний бүхий л үе шатанд ашиглагддаг үндсэн баримт бичиг юм [1]. Иймээс эд ангиудыг гурван хэмжээст (3D) орчинд загварчлах, угсрах, мөн угсрааны проекц зургийг унших, боловсруулах чадвар нь инженерийн чиглэлийн оюутнуудын зайлшгүй эзэмших суурь ур чадварт тооцогддог.

Гэвч проекц дүрслэлийг гурван хэмжээст орон зайд зөв төсөөлөх, эд ангиудын геометр бүтэц болон харилцан байрлалыг ойлгох явцад оюутнуудад тодорхой хүндрэлүүд тулгардаг. Эдгээр хүндрэл нь орон зайн төсөөлөх чадвартай шууд хамааралтай болохыг өмнөх судалгаанууд харуулсан байна [2]–[7]. Орон зайн төсөөлөх чадвар нь инженерийн зураг унших, задлан шинжлэх, загварчлах үйл ажиллагааны суурь танин мэдэхүйн чадамж бөгөөд уг чадвар өндөр байх тусам оюутан угсрааны зургийг илүү гүнзгий ойлгож, 3D загварчлалыг илүү үр дүнтэй гүйцэтгэх боломж бүрддэг [8], [9].

Иймд инженерийн зургийн даалгавар гүйцэтгэхэд тулгарч буй орон зайн төсөөлөх бэрхшээлийг бууруулах, улмаар энэхүү чадварыг хөгжүүлэх зорилгоор сургалтын үйл явцад орчин үеийн дэвшилтэт AR (Augmented Reality) болон VR (Virtual Reality) технологийг өргөнөөр нэвтрүүлэх болсон. Ялангуяа AR технологи нь бодит орчинд виртуал 3D объектуудыг давхар харуулах боломж олгодог тул суралцагчид угсрааны зургаас эд ангиудын хэлбэр, хэмжээ, угсрагдах байрлалыг шууд ажиглан ойлгох, орон зайд төсөөлөх нөхцөлийг бүрдүүлдэг [10]–[12]. Үүнээс гадна AR технологи нь суралцагчдын идэвх, сонирхлыг нэмэгдүүлэх, онолын мэдлэгийг практикт шууд хэрэгжүүлэх боломжийг олгодог үр дүнтэй сургалтын хэрэглэгдэхүүн болох нь өмнөх судалгааны үр дүнгээр нотлогдсон байна [13], [14].

Энэхүү судалгааны зорилго нь өргөтгөсөн бодит байдлын (AR) технологийг ашигласан сургалт нь угсрааны зургийн даалгавар гүйцэтгэхэд оюутны гүйцэтгэлд хэрхэн нөлөөлж байгааг тодорхойлох, улмаар уламжлалт хэвлэмэл зурагт суурилсан сургалттай харьцуулан үр нөлөөг үнэлэхэд оршино.

II. СУДАЛГААНЫ АРГА ЗҮЙ

1. Судалгаанд оролцогчид

2024-2025 оны хичээлийн жилийн хаврын улиралд ШУТИС-ийн Техникийн зураг зүй хичээлд зохиогчдыг сонгон суралцсан инженерийн хөтөлбөрийн 120 оюутнаас орон зайн төсөөлөх чадварын тестэд 89 оюутан, тэдгээрээс сургалт болон сургалтын дараах нэгж угсрааны даалгавар гүйцэтгэх шалгалтад бүрэн хамрагдсан 88 оюутны өгөгдөлд дүн шинжилгээ хийв.

2. Судалгааны үйл явц

*[1] Холбоо барих зохиогч

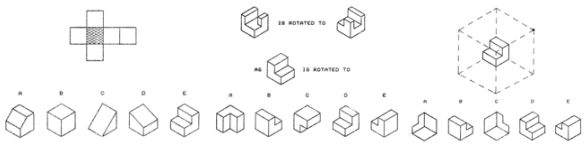
Туршилтад бүлэг хоорондын ялгааг сургалтын дараах үр дүнгээр харьцуулан шалгах (Posttest-Only Design) загварыг ашиглав.

1-р зураг. Судалгааны загвар

Судлаачдыг сонгон суралцаж буй оюутнуудыг угсрааны зургийн даалгавар гүйцэтгэхдээ AR апп ашиглах 1-р бүлэг, угсрааны зургийг биет дүрслэлээр салгаж дүрсэлсэн зураг ашиглах 2-р бүлэгт хуваан сургалтыг тус улирлын IX-XV долоо хоногийн турш зохион байгуулав. Оюутны орон зайн төсөөлөх чадварыг PSVT тестээр туршилтын өмнө шалгаж, сургалтын дараа угсрааны зургийн даалгавар гүйцэтгүүлж, SPSS-26 статистикийн программ хангамж ашиглан өгөгдлийг шинжлэв.

3. Судалгааны материал, хэрэгсэл

Орон зайн төсөөлөх чадварын тест (PSVT): Энэхүү тест нь дэлгээснээс 3 хэмжээст дүрслэлийг төсөөлөх (дэлгээс), биетийг эргүүлж үр дүнг төсөөлөх (эргүүлэлт), биетийн харагдах байдлыг төсөөлөх (байдал) гэсэн 3 төрөл, тус бүр 12, нийт 36 даалгавраас бүрдэнэ (2-р зураг) [15].



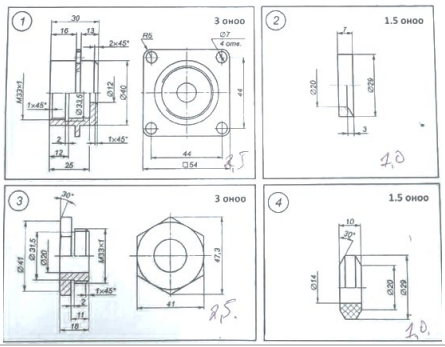
2-р зураг. PSVT: Дэлгээс (Development), Эргүүлэлт (Rotation), Байдал (View) тест

Угсрааны зургийн даалгавар: Оюутны угсрааны зургийн даалгавар гүйцэтгэлийг модель босгох, тэдгээрийг угсрах, угсрааны ажлын зураг гүйцэтгэх хэсгүүдэд хуваан (модель босгох - 9 оноо, угсрах – 3 оноо, угсрааны ажлын зураг – 8 оноо) нийт 20 оноогоор үнэлэн SolidWorks программ дээр гүйцэтгүүлэн шалгав (1-р хүснэгт).

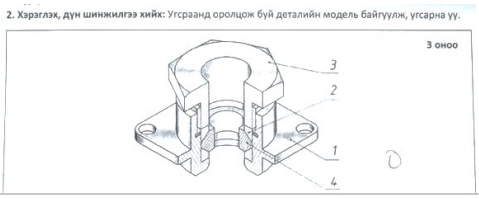
УГСРААНЫ ЗУРГИЙН ДААЛГАВАР ГҮЙЦЭТГЭЛИЙГ ҮНЭЛЭХ НЬ

1-Р ХҮСНЭГТ

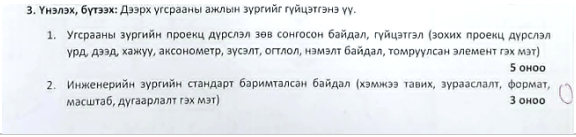
Модель босгох - 9 оноо



Угсрах – 3 оноо



Угсрааны ажлын зураг – 8 оноо

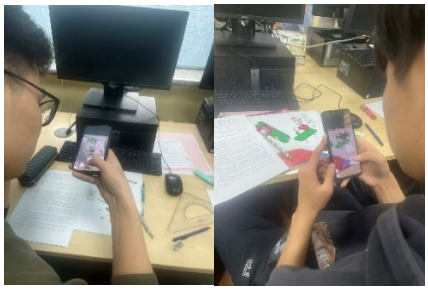


AR апп: *“AR for Engineering Graphics”* нь угсрааны зураг гүйцэтгэх сургалтад зориулан боловсруулсан аппликейшн бөгөөд нэгж угсрааны ажлын зарчимтай танилцах, угсрааг задлах-угсрах, эд ангиудын байрлалын дугаарыг харах, мөн тус бүрийн деталиудыг ялган ажиглах боломжийг виртуал ба бодит орчныг хослуулсан хэлбэрээр олгодог хэрэгсэл юм [1]. Сургалтад ашигласан материал, арга зүйн талаарх дэлгэрэнгүй мэдээллийг “Сургалтын үйл явц” хэсэгт танилцуулсан болно.

III. СУРГАЛТЫН ҮЙЛ ЯВЦ

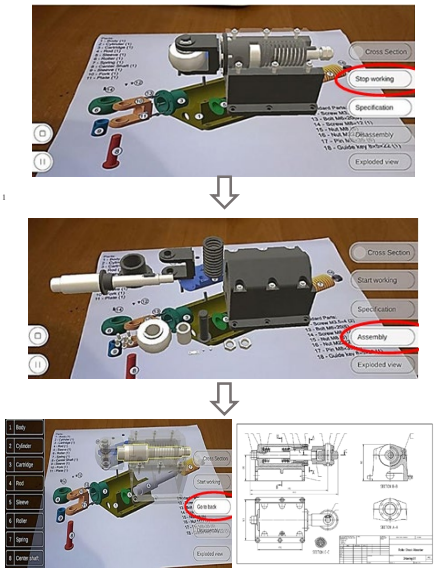
Угсрааны зураг, деталийн эскиз ба ажлын зураг сэдвийн хүрээнд оюутнууд нэгж угсрааны деталиудыг таних, угсрах дараалал ба ажиллах зарчмыг ойлгох, угсрааны зургийг уншиж тайлбарлах, деталиудыг эскизээр дүрслэх, SolidWorks ашиглан деталиудыг 3D биет босгож угсрах, улмаар угсрааны ажлын зураг боловсруулах чадварыг 7 долоо хоногийн сургалтаар эзэмшихээр төлөвлөсөн.

1-р бүлэг (Туршилтын): Энэхүү бүлгийн сургалт нь угсрааны зургийн даалгавар гүйцэтгэхдээ *AR for Engineering Graphics* апп ашиглах байв (3-р зураг).



3-р зураг. AR for Engineering Graphics апп ашиглаж буй байдал

Угсрааны ажлын зарчмыг ойлгох (*Start working*) ба угсрааг дарааллаар нь угсрах, салгах (*Assembly/Disassembly*); Проекц дүрслэлээс угсрааны зургийг уншиж ойлгох: AR апп дээрх биет дүрслэлийг өгөгдсөн угсрааны зурагтай харьцуулан харах, угсраанд оролцож буй деталиудыг угсрааны зураг дээр харгалзуулан дугаарлах даалгавар гүйцэтгэв (4-р зураг).

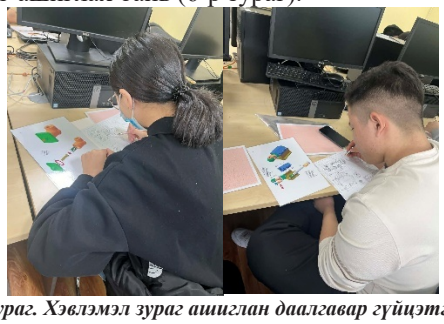


4-р зураг. Угсрааны ажлын зарчим, хөдлөх хэсгийн харуулах, угсрах, салгах, детальчилж харуулах, угсрааны проекц дүрслэл

Түүврийн хүснэгт бөглөх – Угсрааны зургаас стандарт болон стандарт бус деталийг ялгаж түүврийн хүснэгтэд тэмдэглэх даалгавар гүйцэтгэв (5-р зураг).

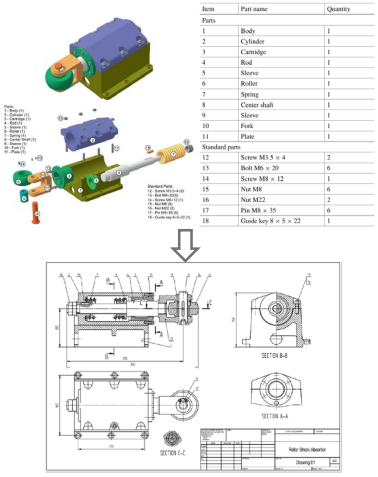
5-р зураг. Нэгж угсрааны түүврийн хүснэгт

2-р бүлэг (Хяналтын): Энэхүү бүлгийн сургалтын онцлог нь угсрааны зургийн даалгавар гүйцэтгэхдээ уг угсрааны биет дүрслэлийг харуулсан хэвлэмэл зургийг ашиглах байв (6-р зураг).



6-р зураг. Хэвлэмэл зураг ашиглан даалгавар гүйцэтгэх нь

Угсрааны зургийн нэр, зориулалт, масс, масштаб гэх мэт шаардлагатай мэдээллийг булангийн хүснэгтээс авах, нэгж угсрааны хийц бүтэц, ажиллагааг дүрслэлийн ямар арга хэлбэрээр илэрхийлсэнийг таньж мэдэхээс гадна түүврийн хүснэгтээс эдлэхүүний бүрдэл хэсгүүд тэдгээрт орсон өвөрмөц болон стандарт деталиудын нэр, тоо ширхэг, материал зэргийг тодорхойлж угсрааны зургийг бүрэн таньж мэдэх; Түүврийн хүснэгтээс эдлэхүүний бүрдэл хэсгүүд тэдгээрт орсон өвөрмөц болон стандарт деталиудын нэр, тоо ширхэг, материал зэрэгтэй танилцах байв. Дүрслэлүүдээс хийсвэрлэн ялгаж салгах, нэгтгэн төсөөлөх замаар деталь бүрийн хэлбэр, өөр хоорондын угсралт, холболтыг тодорхойлж, биет дүрслэл ба проекц зургийг харьцуулан унших даалгавар гүйцэтгэв (7-р зураг).

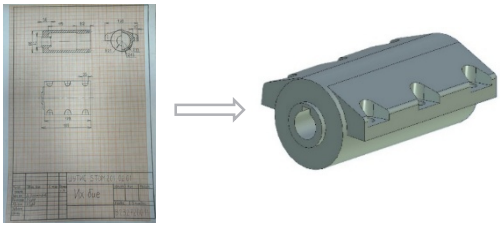


Item	Part name	Quantity
Parts		
1	Body	1
2	Cylinder	1
3	Cartridge	1
4	Rod	1
5	Sleeve	1
6	Roller	1
7	Spring	1
8	Center shaft	1
9	Sleeve	1
10	Fork	1
11	Plate	1
Standard parts		
12	Screw M3.5 × 4	2
13	Bolt M6 × 20	6
14	Screw M8 × 12	1
15	Nut M6	6
16	Nut M22	2
17	Pin M8 × 35	6
18	Guide key 8 × 5 × 22	1

7-р зураг. Нэгж угсрааны биет зураг, түүврийн хүснэгт, угсрааны проекц зураг

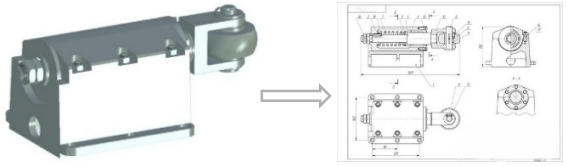
1 ба 2-р бүлэг: Угсраанаас детальчлах, эскиз зураг гүйцэтгэх, биет босгох, угсрааны зураг гүйцэтгэх даалгаврууд X-XV дугаар 7 хоногуудад дараах байдлаар ижил зохион байгуулагдав.

Деталиудыг угсрааны зургаас детальчилж эскиз зурах. Эскизээс деталийг биетээр байгуулах (*Part in SolidWorks*) (8-р зураг).



8-р зураг. Эскизээс модель байгуулах

Деталиудыг угсрах (*Assembly in SolidWorks*), Угсрааны ажлын зураг гүйцэтгэх (*Drawing in SolidWorks*) гэсэн дараалаар гүйцэтгэв (9-р зураг).



9-р зураг. Деталиудыг угсрах ба түүнээс угсрааны зураг гүйцэтгэх

IV. ҮР ДҮН

1. Оюутны орон зайн төсөөлөх чадварын шинжилгээ:

Хоёр бүлгийн суралцагсдын гарааны түвшин ижил эсэхийг шалгахын тулд сургалт эхлэхээс өмнө тэдгээрийн орон зайн төсөөлөх чадварыг шалгаж үзэв (2-р бүлгийн 45-р оюутан угсрааны зургийн даалгавар гүйцэтгэх шалгалтад хамрагдаагүй учраас хасаж тооцов). Өгөгдлийн тархалтыг Kolmogorov-Smirnov тестрээр шинжлэхэд сургалтын өмнөх нийт өгөгдөл нь хэвийн тархалттай p=0.186, p<0.05 байсан бол сургалтын дараах нийт өгөгдөл болон даалгавар тус бүрийн тархалт хэвийн бус байв (2-р хүснэгт). Иймээс хэвийн тархалттай өгөгдөлд параметрийн, харин хэвийн бус тархалттай өгөгдөлд параметрийн бус шинжилгээ хийх хэрэгтэй юм.

СУРГАЛТЫН ӨМНӨХ ОРОН ЗАЙН ТӨСӨӨЛӨХ ЧАДВАРЫН ТЕСТИЙН ӨГӨГДӨЛИЙН ТАРХАЛТЫН ШИНЖИЛГЭЭ (TESTS OF NORMALITY)

2-Р ХҮСНЭГТ

	PSVT	Statistic	df	Sig.
Өмнө	Дэлгээс	.132	88	.001
	Эргүүлэлт	.133	88	.001
	Байдал	.163	88	.000
	Нийт	.083	88	**.186**

*df нь t-тест дээрхийн адилаар "чөлөөний зэрэг" гэсэн математик утгаар бус, тухайн normality test-д орсон түүврийн хэмжээ юм. *p > 0.05.*

Сургалтын өмнө бүлэг хоорондын ялгаатай байдлыг параметрийн бус шинжилгээ болох Independent-Sample Mann-Whitney U тестээр PSVT-ийн төрөл тус бүрийг, харин параметрийн болох independent sample тестээр нийт үр дүнг шинжлэхэд аль ч тестийн хувьд бүлэг хооронд ялгаатай байдал ажиглагдсангүй (3-р хүснэгт).

СУРГАЛТЫН ӨМНӨ БҮЛЭГ ХООРОНДЫН ЯЛГАА (INDEPENDENT-SAMPLE MANN-WHITNEY U БОЛОН INDEPENDENT SAMPLE)

3-Р ХҮСНЭГТ

PSVT	N	M	SD	Mann-Whitney U	Sig
Дэлгээс	40	8.23	2.46	934.500	.829
	48	8.33	2.49		
Эргүүлэлт	40	8.20	2.55	814.500	.219
	48	8.90	2.22		
Байдал	40	9.10	2.69	840.500	.312
	48	8.58	2.73		
	N	**Mean**	**SD**	**F**	**Sig**
Нийт	40	25.53	6.43	.124	.725
	48	25.81	6.24		

**p < .05., **p <.01*

2. Угсрааны зургийн даалгавар гүйцэтгэлийн үр дүнгийн шинжилгээ:

Сургалтын үр нөлөөг хэмжихийн тулд угсрааны зургийн даалгаврыг модель босгох, тэдгээрийг угсрах, ажлын зураг гүйцэтгүүлэх байдлаар оюутны даалгавар гүйцэтгэлийг шалгаж харьцуулан шинжилсэн үр дүнг дор танилцуулав. Өгөгдлийн тархалтыг Kolmogorov-Smirnov тестрээр шинжлэхэд нийт өгөгдөл нь хэвийн тархалттай p=0.184, p<0.05 байсан бол даалгавар тус бүрийн (модель босгох, угсрах, ажлын зураг) тархалт хэвийн бус байв (4-р хүснэгт). Иймээс хэвийн тархалттай өгөгдөлд параметрийн, харин хэвийн бус тархалттай өгөгдөлд параметрийн бус шинжилгээ хийх хэрэгтэй юм.

УГСРААНЫ ЗУРГИЙН ДААЛГАВРЫН ӨГӨГДӨЛИЙН ТАРХАЛТЫН ШИНЖИЛГЭЭ (TESTS OF NORMALITY)

4-Р ХҮСНЭГТ

	Даалгавар	Statistic	df	Sig.
1	**Модель босгох**	.132	88	.001
2	**Угсрах**	.255	88	.000
3	**Ажлын зураг**	.113	88	.007
4	**Нийт**	.083	88	**.184**

*df нь t-тест дээрхийн адилаар "чөлөөний зэрэг" гэсэн математик утгаар бус, тухайн normality test-д орсон түүврийн хэмжээ юм. *p > 0.05.*

3. Сургалтын дараа бүлэг хоорондын ялгаа

Сургалтын дараа оюутны угсрааны зургийн даалгавар гүйцэтгэлийн статистик үзүүлэлт (5-р хүснэгт) болон бүлэг хоорондын ялгаатай байдлыг параметрийн бус шинжилгээ болох Independent-Sample Mann-Whitney U тестээр, угсрааны зургийн даалгавар тус бүрийг харин параметрийн болох independent sample тестээр нийт үр дүнг шинжлэхэд даалгаврын бүхий л төрөл бүрийн хувьд бүлэг хооронд ялгаатай байдалтай болжээ. Тухайлбал: 6, 7-р хүснэгтээс харахад модель босгох даалгавар 0.030; модель угсрах даалгавар 0.049; угсрааны ажлын зураг гүйцэтгэх даалгавар дээр 0.035 буюу нийт үр дүн нь 0.033 тус тус үзүүлэлттэй байгаа учраас энэ нь p<0.05 статистикийн хувьд ач холбогдолтой өөрчлөлт, ялгаатай байдал үүсгэснийг илтгэж буй юм.

Сургалтын дараа бүлэг тус бүрийн даалгавар гүйцэтгэлийн статистик үзүүлэлт (Descriptive Statistics)

5-р хүснэгт

Даалгавар	Бүлэг	N	M	SD
Модель босгох	1	40	5.73	2.230
	2	48	4.67	2.035
Угсрах	1	40	1.97	.832
	2	48	1.63	.733
Ажлын зураг	1	40	5.08	2.018
	2	48	4.21	1.913
Нийт	1	40	12.63	4.965
	2	48	10.40	4.694

Сургалтын дараа бүлэг хоорондын ялгаа даалгавар тус бүрийн хувьд (Independent-Sample Mann-Whitney U test)

6-р хүснэгт

Ranks					Independent-Sample Mann-Whitney U		
Даалгавар	Бүлэг	N	Mean Rank	Sum of Ranks	Mann-Whitney U	Z	Sig
Модель босгох	1	40	50.89	2035.5	704.500	-2.170	**.030**
	2	48	39.18	1880.5			
Угсрах	1	40	49.96	1998.5	741.500	-1.970	**.049**
	2	48	39.95	1917.5			
Ажлын зураг	1	40	50.71	2028.5	711.500	-2.105	**.035**
	2	48	39.32	1887.5			

**p < .05., **p <.01*

Сургалтын дараа бүлэг хоорондын ялгаа нийт үр дүнгийн хувьд (Independent Samples Test)

7-р хүснэгт

Даалгавар	F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)
Нийт	.612	.436	2.161	86	**.033**

*Судалгаанд нийт 88 оюутан хамрагдсан бөгөөд independent samples t-test-ийн чөлөөний зэрэг df=n1+n2−2 буюу df=88−2=86 гэж тооцогдсон. *p < .05., **p <.01*

ДҮГНЭЛТ

Энэхүү судалгаагаар өргөтгөсөн бодит байдлын (AR) технологийг инженерийн зурагзүйн сургалтад ашиглах нь оюутны нэгж угсрааны даалгавар гүйцэтгэх чадварт эерэг нөлөөтэй болохыг тогтоов. Судалгааны эхэнд туршилтын (1-р бүлэг) болон хяналтын (2-р бүлэг) бүлгийн орон зайн төсөөлөх чадварын түвшинд ялгаа илрээгүй нь хоёр бүлэг ижил түвшнээс эхэлснийг харуулсан. Харин сургалтын дараах үнэлгээгээр модель босгох, эд анги угсрах, угсрааны ажлын зураг боловсруулах чадварын хувьд AR ашигласан бүлгийн гүйцэтгэл илүү өндөр байв. Энэ нь AR технологи нь 3 хэмжээст дүрслэлийг илүү ойлгомжтой болгож, орон зайн төсөөлөх чадвар болон угсрааны зургийн даалгавар гүйцэтгэлийг сайжруулж байгааг харуулж байна. Мөн суралцагчдын идэвх, сонирхлыг нэмэгдүүлж, бодит дүрслэл, төсөөллийг дэмжих боломж бүрдүүлсэн тул инженерийн зурагзүйн сургалтад AR технологийг нэвтрүүлэх нь үр дүнтэй гэж дүгнэв.

АШИГЛАСАН МАТЕРИАЛ, НОМ ЗҮЙ

[1] I. Vitalii, P. Ivan, E. Artem, and T. Justyna, *Augmented Reality for Engineering Graphics*. Springer, 2024.

[2] T. J. Branoff and M. Dobelis, “The relationship between spatial visualization ability and students’ ability to model 3d objects from engineering assembly drawings,” *Eng. Des. Graph. J.*, vol. 76, no. 3, pp. 37–43, 2012.

[3] S. A. Sorby and B. J. Baartman, “The Development and Assessment of a Course for Enhancing the 3-D Spatial Visualization Skills of,” *J. Eng. Educ.*, vol. 89, no. 3, pp. 301–307, 2000.

[4] S. Sorby, B. Casey, N. Veurink, and A. Dulaney, “The role of spatial training in improving spatial and calculus performance in engineering students,” *Learn. Individ. Differ.*, vol. 26, pp. 20–29, 2013, doi: 10.1016/j.lindif.2013.03.010.

[5] T. Branoff, “The Effects of Adding Coordinate Axes to a Mental Rotations Task in Measuring Spatial Visualization Ability in Introductory Undergraduate Technical Graphics Courses,” *Eng. Des. Graph. J.*, vol. 62, no. 2, pp. 16–34, 1998.

[6] J. L. Mohler, “Examining the spatial ability phenomenon from the student’s perspective,” The Purdue University, 2006.

[7] H. W. Kang, J. L. Mohler, S. Choi, Y. Chen, and C. Zheng, “A Qualitative study examining the spatial ability phenomenon from the chinese student perspective,” *Eng. Des. Graph. J.*, vol. 75, no. 2, pp. 9–22, 2011.

[8] M. G. Dominguez, J. Martin-Gutierrez, C. R. Gonzalez, and C. M. M. Corredeaguas, “Methodologies and Tools to Improve Spatial Ability,” *Procedia - Soc. Behav. Sci.*, vol. 51, pp. 736–744, 2012, doi: 10.1016/j.sbspro.2012.08.233.

[9] X. Li, R. Younes, D. Bairaktarova, and Q. Guo, “Predicting spatial visualization problems’ difficulty level from eye-tracking data,” *Sensors (Switzerland)*, vol. 20, no. 7, pp. 1–15, 2020, doi: 10.3390/s20071949.

[10] A. Dünser, K. Steinbügl, H. Kaufmann, and J. Glück, “Virtual and augmented reality as spatial ability training tools,” *ACM Int. Conf. Proceeding Ser.*, vol. 158, pp. 125–132, 2006, doi: 10.1145/1152760.1152776.

[11] D. N. A. L. E. Phon, M. H. A. Rahman, N. I. Utama, M. B. Ali, N. D. A. Halim, and S. Kasim, “The effect of augmented reality on spatial visualization ability of elementary school student,” *Int. J. Adv. Sci. Eng. Inf. Technol.*, vol. 9, no. 2, 2019, doi: 10.18517/ijaseit.8.5.4971.

[12] J. Martín-Gutiérrez, M. García-Domínguez, C. Roca-González, A. Sanjuán-HernanPérez, and C. Mato-Carrodeguas, “Comparative analysis between training tools in spatial skills for engineering graphics students based in virtual reality, augmented reality and PDF3D technologies,” *Procedia Comput. Sci.*, vol. 25, pp. 360–363, 2013, doi: 10.1016/j.procs.2013.11.043.

[13] Э. Сувд, Э. Намуундарь, “Оюутны танин мэдэхүйн ачаалалд AR технологийн нөлөөлөл ба орон зайн төсөөлөх чадварын хамаарал Эрдэнэчимэг,” *Эрдэм шинжилгээний бүтээлийн эмхэтгэл*, 2023, pp. 102–107, [Онлайн]: ISSN 1560-8794.

[14] Э. Сувд, “Оюутны орон зайн төсөөлөх чадварыг хөгжүүлэх суралцахуйн загвар, түүний туршилт,” ШУТИС, 2024.

[15] R. Guay, “Purdue Spatial Visualization Tests,” West Lafayette: Purdue Research Foundation, 1976.

ТӨРИЙН ӨМЧИТ КОМПАНИУДЫН ЭДИЙН ЗАСАГ, САНХҮҮГИЙН ҮР АШИГ, ОНОЛ АРГА ЗҮЙН СУДАЛГАА

Идэшийн ГАНБАТ[1]

[1]Монгол улс, Улаанбаатар, ШУТИС, Захиргаа

Холбоо барих зохиогчийн и-мэйл хаяг: ganbat0515@gmail.com[1]

Хураангуй: **Төрийн өмчит компаниуд нь Монгол Улсын эдийн засгийн стратегийн салбаруудыг удирдан явуулдаг бөгөөд ялангуяа эрчим хүчний салбар нь улсын эдийн засгийн суурь дэд бүтэц болж байна. Гэвч сүүлийн жилүүдэд эрчим хүчний салбарын төрийн өмчит компаниудын санхүүгийн гүйцэтгэл буурах, алдагдал нэмэгдэх, өрийн дарамт өсөх зэрэг асуудлууд тулгамдаж байна. Энэхүү судалгааны зорилго нь эрчим хүчний салбарын төрийн өмчит компаниудын санхүүгийн үр ашгийг тодорхойлж, түүнд нөлөөлөх хүчин зүйлсийг онолын болон эмпирик аргаар шинжлэхэд оршино. Судалгаанд санхүүгийн харьцааны шинжилгээ, Data Envelopment Analysis (DEA), Stochastic Frontier Analysis (SFA) болон панел өгөгдлийн регрессийн аргуудыг ашигласан. Онолын судалгааны үр дүнд төрийн өмчит компаниудын санхүүгийн үр ашигт агентлагийн асуудал, улс төрийн нөлөө, институцийн орчин, өмчлөлийн бүтэц зэрэг хүчин зүйлс сөргөөр нөлөөлж байгааг тогтоосон. Мөн компанийн засаглал болон үр дүнд суурилсан менежментийн тогтолцоог сайжруулах нь санхүүгийн үр ашгийг нэмэгдүүлэхэд чухал үүрэгтэй болохыг тодорхойлсон Төрийн өмчит компаниуд (ТӨК) нь Монгол Улсын эдийн засгийн стратегийн салбаруудад үйл ажиллагаа явуулдаг ч сүүлийн жилүүдэд санхүүгийн үр ашиг буурах, өрийн дарамт нэмэгдэх зэрэг асуудал тулгарч байна. Энэхүү судалгааны зорилго нь эрчим хүчний салбарын ТӨК-уудын санхүүгийн үр ашгийг тодорхойлж, түүнд нөлөөлөх хүчин зүйлсийг онолын болон эмпирик аргаар шинжлэхэд оршино. Судалгаанд санхүүгийн харьцааны шинжилгээ (ROA, ROE), Data Envelopment Analysis (DEA), Stochastic Frontier Analysis (SFA) болон панел өгөгдлийн регрессийн аргыг ашигласан. Эмпирик шинжилгээний үр дүнд өрийн түвшин санхүүгийн үр ашигт сөрөг, харин компанийн хэмжээ эерэг нөлөө үзүүлж байгааг тогтоов. Мөн засаглалын чанар, институцийн орчин сул байх нь үр ашгийг бууруулж байна. Иймд ТӨК-ийн үр ашгийг нэмэгдүүлэхийн тулд гүйцэтгэлд суурилсан менежмент, засаглалын шинэчлэл, санхүүгийн сахилга батыг сайжруулах шаардлагатай. Энэхүү өгүүллийн хүрээнд төрийн өмчид компаниудын санхүүгийн зр ашгийг тодорхойлоход голлох онолын судалгааг хийж эрдэмтэдийн үзэл баримтлалыг тодорхойлохоор зорилоо**

Түлхүүр үг: ТӨК, санхүүгийн үр ашиг, ROA, ROE, DEA, панел регресс

УДИРТГАЛ

Төрийн өмчит компаниуд нь Монгол Улсын эдийн засгийн стратегийн салбаруудыг удирдан явуулдаг бөгөөд эрчим хүчний салбар нь улс орны хөгжилд онцгой ач холбогдолтой. Гэвч эдгээр компаниудын санхүүгийн гүйцэтгэл сул, зардал өндөр, өрийн түвшин өсөх хандлагатай байна .

Судалгааны зорилго нь эрчим хүчний салбарын төрийн өмчит компаниудын санхүүгийн үр ашгийг тодорхойлж, нөлөөлөх хүчин зүйлсийг шинжлэхэд оршино.

Судалгааны ажлын зорилтууд

- Эрчим хүчний салбарын төрийн өмчит компанийн онцлог, бүтэц, үйл ажиллагааг судлах
- Санхүүгийн үр ашгийг хэмжих үзүүлэлтүүдийг (ROA, ROE, ашигт ажиллагаа) тодорхойлох
- Эрчим хүчний ТӨК-ийн санхүүгийн үзүүлэлтүүдэд дүн шинжилгээ хийх
- Санхүүгийн үр ашигт нөлөөлөх хүчин зүйлсийг тодорхойлох

Судалгааны таамаглал:

H1: Өрийн түвшин санхүүгийн үр ашигт сөрөг нөлөөтэй

H2: Компанийн хэмжээ санхүүгийн үр ашигт эерэг нөлөөтэй.

Судалгааны арга зүй

Судалгаанд дараах аргуудыг ашигласан:

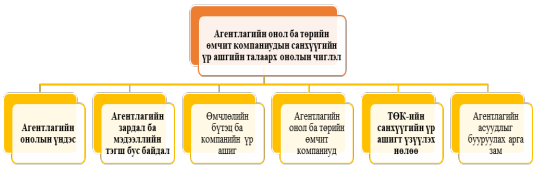
- Санхүүгийн харьцааны шинжилгээ
- DEA
- SFA
- Панел өгөгдлийн регресс

Эдгээр арга нь байгууллагын үр ашгийг олон талаас нь үнэлэх боломжийг олгодог

Онолын судалгаа

Агентлагийн онол

Агентлагийн онол нь эзэмшигч болон менежерийн ашиг сонирхлын зөрчлийг тайлбарладаг бөгөөд төрийн өмчит компанид олон шатлалт агентлагийн бүтэц үүсдэг . Энэ нь хяналтын сул байдал, мэдээллийн алдагдал, үр ашиг буурахад хүргэдэг Агентлагийн онол ба төрийн өмчит компаниудын санхүүгийн үр ашгийн талаарх онолын чиглэл эрдэмтэд дараах байдлаар тодорхойлж байна.



Зураг 1.1 Агентлагийн онол ба төрийн өмчит компаниудын санхүүгийн үр ашгийн талаарх онолын чиглэл

Эх сурвалж: Судлаачийн боловсруулснаар

Агентлагийн онол (Agency Theory) нь байгууллагын эзэмшигч (principal) болон удирдлага, менежер (agent)-ийн хооронд үүсэх ашиг сонирхлын зөрчил, мэдээллийн тэгш бус байдлыг тайлбарлах эдийн засгийн онол юм. Энэхүү онолыг орчин үеийн хэлбэрт оруулсан гол бүтээл нь (Meckling, 1976) судалгаа бөгөөд тус бүтээлд компанийг "гэрээний цогц" (nexus of contracts) гэж тодорхойлсон байдаг Агентлагийн харилцаа нь эзэмшигч өөрийн шийдвэр гаргах эрхийн тодорхой хэсгийг менежерт шилжүүлэх үед үүсдэг. Эзэмшигч нь компанийн үнэ цэнийг нэмэгдүүлэх, ашгийн хамгийн их байлгах зорилготой бол менежер нь өөрийн хувийн ашиг сонирхол, эрсдэлээс зайлсхийх хандлагатай байдаг. Үүний улмаас хоёр талын зорилго зөрчилдөж, байгууллагын нийт үр ашиг буурах нөхцөл бүрддэг (Meckling, 1976)

Аненлагийн онолын арга зүйн хандлага

Энэхүү судалгаанд агентлагийн онолыг дараах 3 үндсэн чиглэлээр ашиглав:

1.1 Хувьсагч тодорхойлох (Variable specification)

Агентлагийн асуудлыг хэмжихийн тулд дараах төлөөлөх хувьсагчдыг ашиглана:

- Өрийн түвшин (Debt ratio): сахилга бат vs эрсдэл
- Компанийн хэмжээ (Firm size):хяналтын төвөгшил
- Засаглалын чанар (Governance indicators) : хяналтын механизм
- Менежментийн урамшуулал (Incentive structure) : зан төлөв

Агентлагийн зардлыг хэмжих арга

Агентлагийн онолын гол ойлголт нь **агентлагийн зардал (agency cost)** юм.

Энэ нь дараах бүрэлдэхүүнтэй:

- Monitoring cost (хяналтын зардал)
- Bonding cost (гэрээ, баталгааны зардал)
- Residual loss (үлдэгдэл алдагдал)

Судалгаанд агентлагийн зардлыг шууд хэмжих боломжгүй тул дараах прокси үзүүлэлтүүдийг ашиглана:

- ROA, ROE: үр ашгийн хэмжүүр
- Operating expense ratio: үр ашиггүй зардал
- Debt ratio:сахилга бат

Эконометрик загварт тусгах арга

Агентлагийн онолыг шалгахын тулд дараах панел регрессийн загварыг ашиглаж байна.

$$ROA_{it} = \beta_0 + \beta_1 Debt_{it} + \beta_2 Size_{it} + \beta_3 Governance_{it} + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

Энд:

- **β1 < 0**- өр ихсэхэд үр ашиг буурна (агентлагийн асуудал)
- **β2 > 0**- хэмжээ өсөхөд үр ашиг нэмэгдэнэ
- **β3 > 0** -сайн засаглал : үр ашиг өснө

Шинжилгээний логик дараалал

Агентлагийн онолыг хэрэгжүүлэхдээ дараах үе шатыг баримтална:

1. Онолын суурь тодорхойлох
2. Агентлагийн асуудал үүсэх механизм тодорхойлох
3. Хэмжих хувьсагч сонгох
4. Эконометрик загвар байгуулах
5. Үр дүнг онолтой харьцуулах

ТӨК-ийн санхүүгийн үр ашигт үзүүлэх нөлөө

Агентлагийн онолын үүднээс ТӨК-ийн санхүүгийн үр ашиг дараах байдлаар авч үздэг:

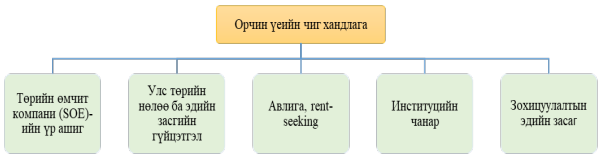
1. Michael C. Jensen & William H. Meckling : Theory of the Firm: Managerial Behavior, Agency Costs and Ownership Structure. Төрийн өмч давамгайлах тусам үр ашиг буурах магадлалтай байна. (Michael C. Jensen, October, 1976,)
2. Eugene F. Fama :Agency Problems and the Theory of the Firm (Fama E. F., 1980) Зах зээлийн сахилга бат (market discipline) сул үед үр ашиг буурах ба ТӨК-д зах зээлийн дарамт бага байдгаас гүйцэтгэл сул байдаг байна.
3. Andrei Shleifer & Robert W. Vishny: "Politicians and Firms."Улс төрчид компаниудыг нийгмийн болон улс төрийн зорилгоор ашигладаг Ашигт бус шийдвэр гаргах хандлага нэмэгдэнэ (Vishny A. S., 1994)
4. Janos Kornai : T"he Soft Budget Constraint". ТӨК алдагдалтай ажилласан ч төрөөс дэмжлэг авдаг Иймд дампуурах эрсдэл бага байх ба үүний улмаас үр ашиггүй үйл ажиллагаа нэмэгддэг байна. (Kornai J. , 1986)
5. William L. Megginson & Jeffry M. Netter :"From State to Market: A Survey of Empirical Studies on Privatization". Хувьчлалын үйл ажиллагааны дараа ашигт ажиллагаа, бүтээмж дээшилж зардал буурдаг. ТӨК-ууд нь хувийн компаниас үр ашиг багатай ажилладаг. (Jeffry, 2001)
6. Joseph E. Stiglitz : "Markets, Market Failures, and Development". Урамшууллын буруу бүтэц нь үр ашгийг бууруулах ба

менежерүүдийн үйл ажиллагааны гүйцэтгэлтэй уялдсан урамшуулалгүй байна. (Stiglitz, Markets, Market Failures, and Development., 1989)

7. David E. M. Sappington & Joseph E.” Stiglitz Privatization, Information and Incentives”. Төрийн байгууллагад мэдээллийн асуудал, урамшууллын сул байдал давамгайлдаг. (E., 1987)

Нийтийн сонголтын онол

Энэхүү онол нь төрийн байгууллагын шийдвэр гаргалтад улс төрийн ашиг сонирхол давамгайлдаг гэж үздэг. Төрийн өмчит компаниудын хувьд улс төрийн нөлөө нь эдийн засгийн үр ашгийг бууруулдаг. Нийтийн сонголтын онол нь төрийн өмчийн компаны санхүүгийн үр ашгийн шинжилгээний асуудалтай дараах байдлаар холбогддог тул энэхүү онолын талаар зайлшгүй авч үздэг байна. Нийтийн сонголтын онол (Public Choice Theory) нь эдийн засгийн шинжлэх ухааны арга зүйг улс төрийн шийдвэр гаргалтад хэрэглэн, төрийн байгууллага, улс төрчид, төрийн албан хаагчдын зан төлөвийг тайлбарладаг онол юм. Энэхүү онолын гол санаа нь: Төрийн шийдвэр гаргагчид нь “нийтийн ашиг”-ийг бус, харин өөрийн хувийн ашиг сонирхлыг даган үйлддэг рациональ субъектууд юм.Өөрөөр хэлбэл, улс төрчид, төрийн албан хаагчид болон сонгогчид бүгд өөрийн ашиг сонирхлыг максиумчлахыг зорьдог гэж үздэг.Үүний талаарх эрдэмтэдийн үзэл баримтлалыг тодорхойлбол дараах байдалтай байна.



Зураг 1.2 Нийтийн сонголтыг онолын орчин үеийн чиг хандлага Эх сурвалж:Судлаачийн боловсруулнаар

1. Andrei Shleifer “Inefficient Markets: An Introduction to Behavioral Finance” (2000), "A Normal Country: Russia After Communism" (2004) зэрэг бүтээлдээ төрийн оролцоо ихсэх тусам төрийн өмч компанийн санхүүгийн үр ашиг буурна. Мөн улс төрийн шийдвэр эдийн засгийн үр дүнд хүчтэй нөлөөлдөг болохыг тодорхойлсон байна. (Shleifer, 2000), (Shleifer, A Normal Country: Russia After Communism, 2004)
2. Daron Acemoglu & James A. Robinso “Economic Origins of Dictatorship and Democracy,
   Why Nations Fail” Институцийн чанар нь эдийн засгийн гүйцэтгэлийг тодорхойлно Улс төрийн элитүүд өөрийн ашиг сонирхлыг хамгаалдаг болохыг тодорхаойлсон. (Daron Acemoglu, 2006), (Daron Acemoglu, Why Nations Fail, 2012)
3. William A. Niskanen “Bureaucracy expanded edition.Төрийн байгууллага төсөв, эрх мэдлээ өсгөхийг зорьдог ба үр ашиггүй зардал өсдөг (Niskanen, 2001)
4. Torsten Persson & Guido Tabellini “Political Economics: Explaining Economic Policy (Tabellini, 2001) Улс төрийн тогтолцоо нь бодлогын үр дүнд нөлөөлөх ба богино хугацааны улс төрийн ашиг нь урт хугацааны үр ашиг бууруулна (Guido, 2001)
5. Jean Tirole :”Market Power and Regulation” (судалгааны цуврал) ТӨК-ий зохицуулалт улс төрийн нөлөөнд автдаг ба энэ нь үр ашгийг буурдаг. (Tirole 5. , 2014)
6. Timothy Besley: “Principled Agents? The Political Economy of Good Government”. Сайн засаглалыг бий болгоход гүйцэтгэл сайжирах ба үүнд улс төрчдийн хариуцлага чухал болохыг тодорхойлсон. (Besley, 2007)
7. Dani Rodrik .”Institutions for High-Quality Growth”., “One Economics, Many Recipe”s зэрэг бүтээлдээ институцийн чанар нь компаний санхүүгийн өсөлтийн үндэс болох ба төрийн бодлогын үр нөлөө буруу бол үр ашиг буурна гэж тодорхойлсон. (Rodrik, 2000)

Институцийн онол

Институцийн орчин нь байгууллагын гүйцэтгэлд шууд нөлөөлдөг. Сайн институцийн орчин нь үр ашгийг нэмэгдүүлдэг бол сул орчин нь үр ашиггүй байдлыг бий болгодог. Институцийн онол (Institutional Theory) нь байгууллага болон эдийн засгийн үйл ажиллагаа нь зөвхөн зах зээлийн хүчин зүйлсээс гадна тухайн нийгмийн хууль эрх зүй, дүрэм журам, соёл, заншил, байгууллагын орчин (institutions)-оор тодорхойлогддог гэж үздэг онолын чиглэл юм. Өөрөөр хэлбэл, байгууллагын гүйцэтгэл нь зөвхөн дотоод удирдлага, нөөцөөс бус харин гадаад институцийн орчноос ихээхэн хамаардаг.

Институцийн ойлголтыг орчин үеийн эдийн засгийн онолд системтэйгээр хөгжүүлсэн нь Douglass C. North бөгөөд тэрээр институцийг “хүмүүсийн харилцааг зохицуулах албан ба албан бус дүрэм” гэж тодорхойлсон. Түүний “Institutions, Institutional Change and Economic Performance “бүтээлд институцийн чанар нь эдийн засгийн өсөлт, үр ашигт шууд нөлөөлдөг гэж үзсэн. (North, 1990)

Зураг 1.3 Институцийн онолын хөгжлийн чиг хандлага Эх сурвалж: Судлаачийн боловсруулснаар

Институцийн онолын талаарх эрдэмтэпийн үзэл баримтлал дараах байдалтай байна.

1. North, D. C. (1990). “Institutions, institutional change and economic performance”. Эдийн

засгийн бүтцийн талаарх шинэлэг дүн шинжилгээгээ үргэлжлүүлж, Дуглас Норт нь институцүүд болон институцийн өөрчлөлт нь тодорхой цаг хугацаанд болон цаг хугацааны явцад эдийн засгийн гүйцэтгэлд хэрхэн нөлөөлдөг талаар тайлбарлах аналитик хүрээг боловсруулсан. Институцүүд эдийн засгийн гүйцэтгэлд үзүүлэх үр дагавараараа харилцан адилгүй байдаг; зарим нь эдийн засаг өсөлт, хөгжлийг бий болгодог бол зарим нь зогсонги байдлыг бий болгодог байна Норт эхлээд институцийн мөн чанарыг судалж, гүйлгээ болон үйлдвэрлэлийн зардлын тэдгээрийн хөгжилд гүйцэтгэх үүргийг тайлбарладаг. Институцүүд эдийн засагт урамшууллын бүтцийг бий болгодог бөгөөд тодорхой институцийн хүрээнд олгогдсон боломжуудыг ашиглахын тулд байгууллагууд бий болно. Норт эдийн засгийн бүтцээр бий болсон ур чадвар, мэдлэг нь өөрчлөлтийн чиглэлийг тодорхойлж, институцийн хүрээг аажмаар өөрчилнө гэж үздэг байна. (North D. C., 1990)

2. Williamson, O. E. (1985). “The economic institutions of capitalism” Зохицуулалттай салбаруудын нөхцөл байдал, байгууллагуудын эдийн засгийн шинжилгээ, ерөнхийдөө хэрэглээний микро эдийн засгийн чиглэлээрх судалгааг дэмжих, урамшуулах явдал нь чухал болно гэж тодорхойлсон. (Williamson, 1985)
3. Acemoglu, D., & Robinson, J. A. Why nations fail. (Acemoglu, 2012) Дэлхийн эдийн засгийн нөхцөл байдал, нийгэм, улс төрийн тэгш бус байдлын талаар нарийвчилсан судалгаа хийсэн ба сайн институц нв ТӨК-ийг хөгжүүлдэг бол муу институц нь ядуурлыг бий болгож байгааг тодорхойлсон.
4. Rodrik, D. “One economics, many recipes”. (Rodrik D. , 2009) "Нэг эдийн засаг, олон жор" номондоо тэргүүлэгч эдийн засагч Дани Родрик даяаршилчид болон дэлхийн эсрэг үзэлтнүүд аль нь ч зөв зүйл хийгээгүй гэж үзэж байна. Эдийн засгийн даяаршил нь ядуурлаас гарахыг хичээж буй орнуудад ашиг тустай байж болох ч амжилтанд хүрэхийн тулд олон улсын даяаршлын тогтолцооны зааврыг дагахын оронд орон нутгийн эдийн засаг, улс төрийн бодит байдалд тохирсон бодлогыг баримтлах шаардлагатай байдаг. "Нэг эдийн засаг, олон жор" нь амжилттай улс орнууд өөрсдийн өвөрмөц стратегиа хэрхэн боловсруулдаг, бусад улс орнууд тэднээс юу сурч болохыг харуулж байна. Даяаршил бол хөгжиж буй орнуудын эдийн засгийн авралын эх үүсвэр бөгөөд үүнээс бүрэн ашиг хүртэхийн тулд улс орнууд Дэлхийн банк, Олон улсын валютын сан, Дэлхийн худалдааны байгууллага зэрэг байгууллагуудын боловсруулсан, олон улсын хөрөнгө оруулагчид болон хөрөнгийн зах зээлээр хэрэгждэг нийтлэг дүрмийн багцыг дагаж мөрдөх ёстой гэж тодорхойлсон байна.

Өмчлөлийн онол

Өмчлөлийн онол (Property Rights Theory) нь эдийн засгийн нөөц, хөрөнгийг хэн эзэмшиж, хэн ашиглаж, хэн хяналт тавих эрхтэй байгаагаас байгууллагын үр ашиг, гүйцэтгэл тодорхойлогдоно гэж үздэг онол юм. Энэ онолын дагуу өмчлөлийн эрх тодорхой, хамгаалагдсан байх тусам нөөцийн ашиглалт илүү үр ашигтай болдог. Өмчлөлийн эрх нь тухайн нөөцийг ашиглах, удирдах, орлого хүртэх, шилжүүлэх зэрэг эрхүүдийн нийлбэр бөгөөд эдгээр эрхийн зохион байгуулалт нь байгууллагын зан төлөвт шууд нөлөөлдөг (Coase, 1960), (Demsetz, 1967)

Ronald Coase (1960) өмчлөлийн эрх тодорхой байх нөхцөлд зах зээлийн оролцогчид хоорондоо хэлцэл хийж нөөцийг үр ашигтай хуваарилж чадна гэж үзсэн. Харин transaction cost буюу хэлцлийн зардал өндөр үед өмчлөлийн бүтэц байгууллагын үр ашигт чухал нөлөө үзүүлдэг. Үүний дараа Harold Demsetz (1967) өмчлөлийн эрх нь нөөцийн хомсдолоос үүдэн үүсдэг бөгөөд эдийн засгийн хөгжлийн явцад илүү тодорхой болдог гэж тайлбарласан.

Өмчлөлийн онолын хөгжүүлэлт

Олон улсын эрдэмтэд өмчлөлийн онолын хөгжүүжлэлтийг дараах байдлаар авч үзэж байна.

Зураг 1.4 Өмчлөлийн онолын хөгжүүлэлт

Эх сурвалж: Судлаачийн боловсруулснаар

1. **Өмчлөлийн эрх ба урамшууллын механизм**

Armen A. Alchian болон Harold Demsetz (1972) нарын “Production, Information Costs, and Economic Organization” судалгаанд өмчлөлийн эрх нь урамшууллын тогтолцооны үндэс гэж үзсэн. Хувийн өмчийн нөхцөлд өмчлөгч нь ашгийг шууд хүртдэг тул нөөцийг үр ашигтай ашиглах хандлага өндөр байдаг. Харин төрийн өмчийн нөхцөлд ашиг нь тархмал байдлаар хүртэгддэг тул хувь хүний урамшуулал сул, үр ашиг буурах магадлал өндөр байдаг (Demselz, 1972)

Энэхүү асуудлыг дараах логик холбоог илэрхийлсэн байна .Өмчлөлийн эрх тодорхой байх нь урамшуулал зөв системийг бий болгож үр ашиг нэмэгдэнэ

2. Байгууллагын өмчлөлийн онол

Орчин үеийн өмчлөлийн онолыг хөгжүүлсэн чухал судалгаа бол Oliver Hart болон John Moore (1990) нарын “Property Rights and the Nature of the Firm” бүтээл юм. Тэд “incomplete contracts” буюу бүрэн бус гэрээний нөхцөлд өмчлөлийн бүтэц шийдвэрлэх үүрэгтэй гэж үзсэн.Бүх нөхцөлийг гэрээгээр урьдчилан тохирох боломжгүй. Иймээс “residual control rights” буюу үлдэгдэл хяналтын эрх чухал гэж үзсэн ба тодруубал хэн шийдвэр гаргах эцсийн эрхтэй вэ гэдгээс байгууллагын үр ашиг тодорхойлогдоно гэж үзсэн. (Moore, 1990)

3. Төрийн өмч ба хувийн өмчийн харьцуулалт

Oliver Hart, Andrei Shleifer болон Robert W. Vishny (1997) нарын “The Proper Scope of Government” судалгаанд төрийн өмч болон хувийн өмчийн үр ашгийг харьцуулсан.Тэдний дүгнэлтээр хувийн өмч нь өндөр урамшуулал, өндөр үр ашгийг бий болгодог бол төрийн өмчийн сул хяналт байгаагаас санхүүгийн үр ашиг бага байгааг тодорхойлсон.Үүний тайлбарлахдаа “Төрийн өмчит байгууллагад эзэмшигч тодорхой бус ашиг шууд хүртэгч байхгүй, хяналт сул байгаатай холбон тодорхойлсон байна. (Oliver Hart, 1997)

4.Үр дүнд суурилсан менежмент, компаний засаглал

Үр дүнд суурилсан менежмент (Performance-Based Management, PBM) нь байгууллагын үйл ажиллагааг зорилго, гүйцэтгэлийн үзүүлэлт (KPI), үр дүнгээр удирдах менежментийн орчин үеийн хандлага юм. Энэхүү онолын суурь нь уламжлалт оролтод (input-based) төвлөрсөн удирдлагаас ялгаатайгаар үр дүн (output, outcome)-д төвлөрсөн удирдлагыг чухалчилдаг.

PBM нь 1990-ээд оноос эхлэн төрийн удирдлагын шинэ хандлага болох New Public Management (NPM)-ийн хүрээнд хөгжсөн. Christopher Hood (1991) төрийн байгууллагад хувийн хэвшлийн менежментийн арга барилыг нэвтрүүлэх шаардлагатайг онцолж, гүйцэтгэлд суурилсан удирдлагыг чухалчилсан. (Hood, 1991) Түүний үзлээр төрийн байгууллагуудын үр ашгийг нэмэгдүүлэхийн тулд хэмжигдэхүйц зорилт, үр дүнд тулгуурласан удирдлагын тогтолцоо шаардлагатай байдаг.

Үр дүнд суурилсан менежментийн онолын гол тулгуур ойлголтууд нь гүйцэтгэлийн хэмжилт (performance measurement), хариуцлага (accountability) болон урамшууллын механизм (incentives) юм. Robert S. Kaplan болон David P. Norton (1992, 1996) нарын боловсруулсан Balanced Scorecard аргачлал нь санхүүгийн болон санхүүгийн бус үзүүлэлтүүдийг хослуулан байгууллагын гүйцэтгэлийг цогцоор нь үнэлэх боломжийг олгосон. Тэд байгууллагын гүйцэтгэлийг зөвхөн ашиг, орлогоор бус харин хэрэглэгчийн сэтгэл ханамж, дотоод үйл ажиллагааны үр ашиг, инноваци зэрэг олон хэмжүүрээр үнэлэх шаардлагатай гэж үзсэн. (Norton, 1996)

Мөн PBM нь агентлагийн онолтой нягт холбоотой. Michael C. Jensen болон William H. Meckling (1976) нарын онолоор менежерүүдийн үйл ажиллагааг гүйцэтгэлтэй холбосон урамшууллын систем нэвтрүүлэх нь агентлагийн асуудлыг бууруулдаг. Иймээс PBM нь гүйцэтгэлийн үнэлгээ болон урамшууллыг холбосноор менежерийн зан төлөвийг байгууллагын зорилготой нийцүүлэх онолын үндэслэлийг тавьсан. (Michael C. Jensen, Theory of the Firm: Managerial Behavior,Agency Costs and Ownership Structure, 1976)

Michael Armstrong (2006) гүйцэтгэлийн менежмент нь зорилгоо тодорхойлох, гүйцэтгэлийг хэмжих, үнэлэх, сайжруулах тасралтгүй процесс гэж тодорхойлсон. Түүний үзлээр байгууллагын үр ашиг нь зөвхөн стратегиос бус харин түүнийг хэрхэн хэрэгжүүлж, хэмжиж, урамшуулж байгаагаас хамаарна. (Armstrong, 2006)

Төрийн болон төрийн өмчит байгууллагын хувьд Wouter Van Dooren (2010) гүйцэтгэлийн хэмжилт нь ил тод байдал, хариуцлагыг нэмэгдүүлж, үр ашгийг дээшлүүлэх чухал хэрэгсэл гэж үзсэн. Гэвч буруу KPI, буруу хэмжилт нь эсрэгээрээ гүйцэтгэлийг гажуудуулах эрсдэлтэйг онцолсон. (Dooren, 2011)

Иймээс PBM-ийн онолын үндэс нь дараах логик холбоонд тулгуурладаг байна.

Гүйцэтгэлийг хэмжих нь менежерийн хариуцлагыг нэмэгдүүлэх ба энэ нь урамшууллын системийг зөв тодорхойлогдохоор хэмжиглэх ззний үр дүнд байгууллагын санхүүгийн үр ашиг сайжирна гэж үзсэн байна.

Компанийн засаглалын онолын үндэс

Компанийн засаглал (Corporate Governance) нь компанийн удирдлага, хяналт, эзэмшигчдийн эрх, хариуцлагын тогтолцоог илэрхийлдэг бөгөөд байгууллагын стратеги, гүйцэтгэлд шууд нөлөөлдөг онолын чухал чиглэл юм.

Компанийн засаглалын онолын суурь нь агентлагийн онолд тулгуурладаг. Michael C. Jensen болон William H. Meckling (Meckling, 1976) нар эзэмшигч болон менежерийн ашиг сонирхлын зөрчлөөс үүсэх агентлагийн асуудлыг бууруулахад засаглалын механизм чухал үүрэгтэйг онцолсон. Үүнээс үүдэн ТУЗ (Board of Directors), аудит, ил тод байдал зэрэг засаглалын хэрэгслүүд хөгжсөн.

Eugene F. Fama компанийн засаглалын гадаад хяналтын механизмыг (хөрөнгийн зах зээл, хөдөлмөрийн зах зээл) чухалчилсан (Fama E. F., 1980) бол Fama & Jensen (1983) шийдвэр гаргалт ба хяналтыг салгах нь үр ашигт эерэг нөлөө үзүүлдэг гэж үзсэн.

Компанийн засаглалын орчин үеийн онолыг системчилсэн судалгаа бол Andrei Shleifer болон Robert W. Vishny (1997) нарын ажил юм. Тэд компанийн засаглалын гол зорилго нь хөрөнгө

оруулагчдыг хамгаалах, менежментийг хянах, компанийн үнэ цэнийг нэмэгдүүлэх явдал гэж тодорхойлсон.

Мөн OECD (2015)-ийн “Corporate Governance Principles” нь олон улсын хэмжээнд хүлээн зөвшөөрөгдсөн стандарт бөгөөд дараах үндсэн зарчмуудыг тодорхойлсон: (OECD, 2015)

- Хувьцаа эзэмшигчдийн эрхийг хамгаалах
- Ил тод байдал, мэдээллийн нээлттэй байдал
- ТУЗ-ийн хараат бус байдал
- Хариуцлага, хяналтын тогтолцоо

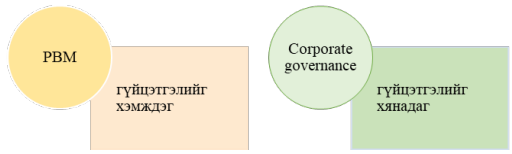
Компанийн засаглалын онол нь зөвхөн агентлагийн асуудлаар хязгаарлагдахгүй бөгөөд институцийн онолтой ч холбогддог. Өөрөөр хэлбэл, засаглалын чанар нь тухайн улсын хууль эрх зүй, институцийн орчноос хамаардаг.

Төрийн өмчит компанийн хувьд засаглалын асуудал илүү төвөгтэй байдаг. Учир нь:

1. Эзэмшигч нь төр байх ба төрийн шууд хяналт сул
2. Улс төрийн нөлөө нь удирдлагын шийдвэр гаргалтад нөлөөлнө
3. Ил тод байдал нь хангалтгүй байх магадлалтай

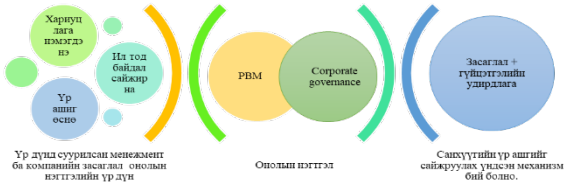
Үр дүнд суурилсан менежмент ба компанийн засаглалын онолын уялдаа

Үр дүнд суурилсан менежмент ба компанийн засаглалын үүрэг ролийг дараах байдлаар тодорхойлогдоно.



Зураг 1.5 Үр дүнд суурилсан менежмент ба компанийн засаглалын үүрэг роль
Эх сурвалж. Судлаачийн боловсруулснаар

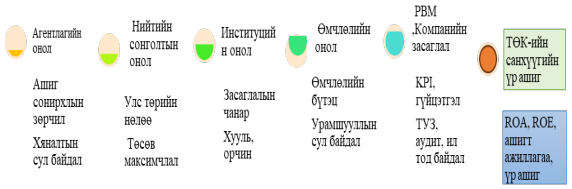
Үр дүнд суурилсан менежмент ба компанийн засаглал нь хоорондоо нягт холбоотой үүнийг дараах байдлаар тодорхойлья



Зураг 1.6 Үр дүнд суурилсан менежмент ба компанийн засаглалын онолын уялдаа
Эх сурвалж. Судлаачийн боловсруулснаар

Үр дүнд суурилсан менежмент болон компанийн засаглал нь байгууллагын гүйцэтгэлийг хэмжих, хяналтын механизмыг сайжруулах, урамшууллыг оновчтой тодорхойлох замаар агентлагийн асуудлыг бууруулж, санхүүгийн үр ашгийг нэмэгдүүлэхэд чухал үүрэгтэй. (Kaplan, 1992), (Michael C. Jensen, Theory of the firm: Managerial behavior, agency costs and ownership structure, 1976) (OECD, 2015)

Төрийн өмчит компаниудын санхүүгийн үр ашгийг тайлбарлахад агентлагийн онол, нийтийн сонголтын онол, институцийн онол болон өмчлөлийн онолууд харилцан уялдаатайгаар хэрэглэгддэг. Эдгээр онолууд нь төрийн өмчит компанийн үр ашиггүй байдлыг ашиг сонирхлын зөрчил, улс төрийн нөлөө, институцийн сул орчин, өмчлөлийн бүтэцтэй холбон тайлбарладаг. Харин үр дүнд суурилсан менежмент болон компанийн засаглалын механизм нь дээрх асуудлуудыг бууруулах замаар санхүүгийн үр ашгийг нэмэгдүүлэх онолын үндэс болдог.



Зураг 1.7 ТӨК-ийн санхүүгийн үр ашгийг тодорхойлохын онолын нэгтгэл, үр дүн
Эх сурвалж.Судлаачийн боловсруулснаар

Судалгааны ажлын ач холбогдол:

1. Онолын ач холбогдол (Theoretical contribution):Энэхүү судалгаа нь агентлагийн онол, нийтийн сонголтын онол, институцийн онол, өмчлөлийн онолыг **нэгтгэсэн аналитик хүрээнд** авч үзсэнээр ТӨК-ийн санхүүгийн үр ашгийг тайлбарлах цогц загварыг санал болгож байна. Өмнөх судалгаанууд эдгээр онолуудыг тус тусад нь авч үзэх хандлагатай байсан бол энэхүү судалгаа нь тэдгээрийн **харилцан уялдаа, давхцлыг системтэйгээр тодорхойлсон** нь шинэ тал болно.
2. Арга зүйн ач холбогдол (Methodological contribution):Судалгаанд санхүүгийн харьцааны шинжилгээ (ROA, ROE), DEA, SFA болон панел өгөгдлийн регрессийг хослуулан ашигласнаар ТӨК-ийн үр ашгийг олон өнцгөөс хэмжих интеграцчилсан арга зүйг санал болгож байгаа.
3. **Эмпирик ач холбогдол (Empirical contribution):**Энэхүү судалгаа нь ТӨК-уудын жишээн дээр:

- Өрийн түвшин санхүүгийн үр ашигт сөрөг нөлөөтэй
- Компанийн хэмжээ эерэг нөлөөтэй
- Засаглалын сул байдал үр ашгийг бууруулдж байгааг зэрэгт судалгааг хийнэ.

4. Практик ач холбогдол (Practical contribution):Судалгаанд боловсруулсан аргачлал (ROA, ROE, DEA, панел регресс) нь:

- ТӨК-ийн гүйцэтгэлийг үнэлэх
- Сул талыг тодорхойлох
- Шийдвэр гаргалтыг дэмжих зэрэгт байгууллагын түвшинд шууд ашиглагдах боломжтой.

ДҮГНЭЛТ

Төрийн өмчит компаниудын санхүүгийн үр ашгийг тайлбарлахад агентлагийн онол, нийтийн сонголтын онол, институцийн онол болон өмчлөлийн онолууд харилцан уялдаатайгаар хэрэглэгддэг бөгөөд эдгээр онолууд нь байгууллагын үр ашиггүй байдлын үндсэн шалтгаануудыг олон талаас нь тайлбарладаг

1. Агентлагийн онолын дагуу төрийн өмчит компанид эзэмшигч болон менежерийн хоорондын ашиг сонирхлын зөрчил, хяналтын сул байдал нь санхүүгийн үр ашгийг бууруулах гол хүчин зүйл болдог.
2. Нийтийн сонголтын онол нь төрийн өмчит компаниудын үйл ажиллагаанд улс төрийн нөлөө, популист бодлого, төсөв максиумчлах хандлага зонхилдог бөгөөд энэ нь эдийн засгийн үр ашиггүй шийдвэр гаргалтад хүргэдэг болохыг харуулдаг.
3. Институцийн онолын хүрээнд төрийн өмчит компанийн үр ашиг нь тухайн улсын засаглалын чанар, хууль эрх зүй, ил тод байдал, хяналтын тогтолцооноос ихээхэн хамаардаг бөгөөд сайн институцийн орчин нь үр ашгийг нэмэгдүүлэх чухал нөхцөл болдог. Өмчлөлийн онолын дагуу өмчлөлийн бүтэц, хяналтын эрх, урамшууллын тогтолцоо нь байгууллагын гүйцэтгэлд шууд нөлөөлөх бөгөөд төрийн өмч давамгайлах үед урамшууллын сул байдал, хяналтын доголдлоос шалтгаалан үр ашиг буурах хандлагатай байдаг.
4. Үр дүнд суурилсан менежмент нь байгууллагын гүйцэтгэлийг зорилго, шалгуур үзүүлэлт (KPI)-ээр хэмжих, хариуцлагыг нэмэгдүүлэх замаар үр ашгийг дээшлүүлэх онолын үндэслэл болдог бөгөөд төрийн өмчит компанид хэрэгжүүлэх нь агентлагийн асуудлыг бууруулахад чухал ач холбогдолтой.
5. Компанийн засаглалын онол нь ТУЗ-ийн хараат бус байдал, ил тод байдал, аудит, хяналтын механизмыг сайжруулах замаар менежментийн үйл ажиллагаанд хяналт тавьж, санхүүгийн үр ашгийг нэмэгдүүлэхэд чиглэдэг.
6. Бизнесийн үр ашгийг хэмжихэд санхүүгийн харьцааны шинжилгээ, Balanced Scorecard, DEA, SFA болон панел өгөгдлийн регресс зэрэг аргачлалуудыг ашиглах нь байгууллагын гүйцэтгэлийг олон талаас нь үнэлэх боломжийг бүрдүүлдэг.
7. DEA болон SFA аргууд нь байгууллагын харьцангуй үр ашиг болон үр ашиггүй байдлыг хэмжихэд, харин панел өгөгдлийн регресс нь санхүүгийн үр ашигт нөлөөлөх хүчин зүйлсийг тодорхойлоход илүү отохиромжтой аргачлал болох нь онолын судалгаанаас харагдаж байна.
8. Дээрх онолууд болон аргачлалуудыг нэгтгэн үзэхэд төрийн өмчит компанийн санхүүгийн үр ашиг нь зөвхөн санхүүгийн үзүүлэлтээс бус, засаглал, институцийн орчин, өмчлөлийн бүтэц, менежментийн чанар зэрэг олон хүчин зүйлсийн нөлөөн дор тодорхойлогддог цогц ойлголт болох нь тогтоогдож байна.
9. Энэхүү эрдэм шинжилгээний өгүүлэл нь онолын өгүүлэл хэлбэрээр бичигдсэн ба дараагийн эрдэм шинжилгээний ажилд бодит судалгааны үр дүнг тодорхойлон тайлбарлахаар зорилоо.

АШИГЛАСАН МАТЕРИАЛ, НОМ ЗҮЙ

[1] Sappington, D. E. (1987). Privatization and cost reduction. Journal of Policy Analysis and Management, 6(4): 567-79. .

[2] Shleifer, A. (2000). Inefficient Markets: An Introduction to Behavioral Finance.

[3] Shleifer, A. (2004). A Normal Country: Russia After Communism.

[4] Stiglitz, J. E. (1989). Markets, Market Failures, and Development. American Economic Association, pp. 197-203 (7 pages).

[5] Stiglitz, J. E. (2002). Information and the Change in the Paradigm in Economics. American Economic Association, Vol. 92, No. 3 (Jun., 2002), pp. 460-501 (42 pages).

[6] Tabellini, T. P. (2001). Political Economics: Explaining Economic Policy.

[7] Tirole, 5. (2014). Market Power and Regulation.

[8] Tirole, J.-J. L. (1993). A Theory of Incentives in Procurement and Regulation. The MIT Press 732 pp., 7 x 10 in,.

[9] Vishny, A. S. (1994). Politicians and Firms. Quarterly Journal of Economics, vol. 109, issue 4, 995-1025.

[10] Vishny, A. S. (1994). Politicians and Firms. The Quarterly Journal of Economics Published By: Oxford University Press, Vol. 109, No. 4 (Nov., 1994), pp. 995-1025 (31 pages).

[11] William L. Megginson, J. M. (2001). From State to Market: A Survey of Empirical Studies on Privatization. Journal of Economic Literature, ISSN 0022-0515 (Print) ISSN 2328-8175 (Online).

[12] Williamson, O. E. (1985). The economic institutions of capitalism. Journal of Economics, Vol. 17, No. 2 (Summer, 1986), pp. 279-286 (8 pages).

СУРГАЛТЫН ХЭРЭГЛЭГДЭХҮҮН ХЭРЭГЛЭН ОЮУТНУУДЫН ДИЖИТАЛ БОЛОН ПРОГРАММ БИЧИХ УР ЧАДВАРЫГ САЙЖРУУЛАХ БОЛОМЖИЙН СУДАЛГАА

Амарсайханы ТҮВШИНБАЯР[1]

[1]Монгол Улс, Улаанбаатар, ШУТИС, Мэдээлэл, холбооны технологийн сургууль, Мэдээллийн технологи тэнхим

Холбоо барих зохиогчийн и-мэйл хаяг: tuvshinbayar@must.edu.mn[1]

Хураангуй: **Энэхүү судалгааны ажлын зорилго нь сургалтын хэрэглэгдэхүүнд (Python IDE болон Jupyter Notebook)\ тулгуурлан оюутнуудын программ бичих болон дижитал ур чадварыг сайжруулах боломжийг тодорхойлох явдал юм. Судалгаанд ШУТИС-ийн 1, 2-р курсийн нийт 180 оюутан хамрагдсан бөгөөд оролцогчдыг хяналтын болон туршилтын бүлэгт хуваан туршилтын аргаар судалгааг гүйцэтгэсэн. Судалгааны хүрээнд туршилтын өмнө болон дараа дижитал ур чадварыг хэмжих 20 асуулт бүхий Likert хэмжээст судалгааг авч, өгөгдөлд найдвартай байдлын шинжилгээг Cronbach alpha коэффициентоор үнэлсэн. Мөн лабораторийн ажлын үр дүнг математик статистикийн нэг хүчин зүйлийн вариацын шинжилгээ (ANOVA)-аар, хоёр талт т тестийн боловсруулж, сургалтын нөлөөллийг Cohen d коэффициентоор, сургалт шилжсэн хувийг Моррисон ба Хаммоны аргаар тодорхойлсон. Нэмж дурдахад, туршилтын дараах үр дүнг баталгаажуулах зорилгоор рубрик үнэлгээний загварыг ашиглан оюутнуудын гүйцэтгэлийг дахин үнэлсэн. Судалгааны үр дүнгээс харахад хяналтын болог туршилтын бүлгийн оюутнуудын лабораторийн гүйцэтгэлийн онооны өгөгдөлд хоёр талт т тестээр боловсруулалт гүйцэтгэхэд хяналтын бүлгээс туршилтын бүлгийн оюутнуудын гүйцэтгэлийн оноо статистикийн ач холбогдол бүхий ялгаатай ($p < 0.05$) буюу сайжирсан байна. ANOVA шинжилгээний үр дүнд F утга нь F_{crit}-ээс их гарсан нь бүлгүүдийн хооронд бодит ялгаа байгааг илтгэсэн. Cohen d = 0.70 гарсан нь сургалтын нөлөө дунд түвшнээс дээш байгааг харуулж байгаа бол сургалт шилжсэн хувь 32.51% байгаа нь хэрэглэсэн сургалтын арга зүй үр дүнтэй болохыг нотолж байна. Мөн туршилтын дараах дижитал ур чадварын асуулгын Cronbach alpha коэффициент 0.94–0.977 хооронд гарсан нь судалгааны хэрэгсэл өндөр найдвартай байгааг харуулсан. Рубрик үнэлгээний үр дүнгээс харахад туршилтын бүлгийн оюутнуудын код бичих чадвар, логик сэтгэлгээ, асуудал шийдвэрлэх чадвар илүү хөгжсөн байна. Иймээс Python IDE болон Jupyter Notebook зэрэг интерактив сургалтын хэрэглэгдэхүүнүүдийг ашиглах нь оюутнуудын программчлалын болон дижитал ур чадварыг хөгжүүлэхэд эерэг нөлөөтэй бөгөөд сургалтын чанарыг сайжруулах үр дүнтэй арга болох нь батлагдлаа.**

Түлхүүр үгс: асуудал шийдвэрлэх чадвар, дижитал ур чадвар, программчлал, Python IDE, Jupyter Notebook, ANOVA, Cohen d, сургалтын нөлөө

I. УДИРТГАЛ

Боловсролын хэрэглэгдэхүүн гэдэг нь суралцах үйл явцыг хөнгөвчлөх, боловсролын туршлагыг сайжруулах зорилготой нөөц буюу хэрэгслүүд юм. Эдгээр хэрэслүүдэд заах арга зүй, сурагчдын оролцоог дэмждэг программ хангамж, хэрэглээ, сурах бичиг, интерактив материалууд багтдаг [7].

Программчлал гэдэг нь асуудлыг шийдвэрлэхийн тулд компьютерт ямар даалгавар гүйцэтгэхийг зааж өгөх технологийн процессыг хэлнэ. Та программчлалыг хүн болон компьютерын хоорондын хамтын ажиллагаа гэж ойлгож болох бөгөөд үүнд хүмүүс компьютерын ойлгож чадах хэлээр дагаж мөрдөх зааварчилгааг (код) боловсруулдаг [8].

Программууд нь алгоритмыг хэрэгжүүлэхийн тулд бүтээгддэг. Алгоритмыг псевдокод (хуурамч код) эсвэл блок схемээр (flowchart) дүрслэн харуулж болох бөгөөд программчлал нь эдгээрийг компьютерын программ болгон хөрвүүлэх үйл явц юм [9].

Программчлалын хэл гэдэг нь программист хүний зүгээс компьютерт тодорхой нэгэн даалгавар гүйцэтгэх, үр дүнд хүрэх зааварчилгааг өгөхөд ашигладаг багц зааврууд юм. Эдгээр зааварчилгаанууд нь ихэвчлэн программчлалын хэлний хатуу синтакс (бичлэгийн дүрэм) дагуу бүтэцлэгдсэн, энгийн хүн хараад шууд ойлгоход бэрх код хэлбэрээр харагддаг [10].

Программчлалын ур чадвар гэдэг нь компьютерын кодыг бичих болон ойлгох чадварыг хэлэх бөгөөд энэ нь вэб хэрэглээний программ хөгжүүлэх эсвэл программ хангамжийн орчинд өгөгдлийн харилцан үйлчлэлийг удирдах зэрэг ажлуудад зайлшгүй шаардлагатай байдаг. Эдгээр ур чадвар нь ихэвчлэн программчлалын хэлнүүдийн мэдлэг болон код бичих, алдаог засварлах үйл явцыг хөнгөвчлөх хэрэгслүүдийг ашиглах чадварыг багтаадаг [11].

Дижитал ур чадвар, дижитал чадамжийн ойлголтыг тайлбарласан олон янзын тодорхойлолт судалгааны бүтээлүүдэд байдаг. Мөн “дижитал бичиг үсэг” (digital literacy), “дижитал чадамж” (digital competence), “мэдээлэл, харилцаа холбооны технологитой холбоотой ур чадвар” (ICT-related skills), “цахим ур чадвар” (e-skills) зэрэг нэр томьёог дижитал ур чадварыг илэрхийлэхэд ижил утгаар өргөн хэрэглэдэг [2,3].

Дижитал ур чадвар нь компьютерыг ашиглан мэдээлэл хайх, үнэлэх, хадгалах, боловсруулах, танилцуулах, солилцох, мөн интернэтээр дамжуулан харилцах болон хамтын ажиллагааны сүлжээнд оролцох чадварыг багтаадаг [12].

Дижитал чадамжийн чиглэл ба шалгуур үзүүлэлтүүдэд мэдээлэл, харилцаа холбоо, контент бүтээх чадвар, аюулгүй байдал, асуудал шийдвэрлэх чадвар гэх мэт чадамжууд ордог [5].

Үнэлгээний рубрик (rubric) гэдэг нь тодорхой төрлийн ажил эсвэл гүйцэтгэлийг үнэлэхэд ашигладаг шалгууруудын тодорхой багц юм. Энэ нь ганцхан дүн эсвэл онооноос илүү нарийвчилсан мэдээллийг өгдөг. Мөн оюутнуудад цаг үеэ олсон эргэх холбоог өгч, даалгаварт тавигдсан шаардлагатай элементүүдийг бүрэн тусгах чадварыг нь сайжруулдаг болохыг судлаач Stevens ба Levi нар судалгааны ажилдаа дурджээ. Үнэлгээний рубрикийг ямар ч хичээлийн салбарт олон төрлийн үйл ажиллагааг дүгнэхэд ашиглах боломжтой [6].

Cronbach Alpha хүчин зүйлийн дотоод тогтвортой байдлын хамгийн нийтлэг хэмжигдэхүүн өөрөөр хэлбэл найдвартай байдлыг харж болно. Энэ нь ихэнхдээ Likert-ийн олон хэмжээст асуултанд ашигладаг ба найдвартай эсэхийг тодорхойлоход ихэвчлэн ашиглагддаг. Судлаач George ба Mallery нарын санал болгосон шалгуурын дагуу Cronbach альфа коэффициентыг 0.9-с их бол маш сайн, 0.8-с их бол сайн, 0.7-с их бол хүлээн зөвшөөрөхүйц, 0.6-с их бол эргэлзээтэй, 0.5-с их бол сул, 0.5-с бага бол хүлээн зөвшөөрөх боломжгүй гэсэн түвшнүүдээр үнэлж, тайлбарладаг [4]. Cohen d арга нь хоёр дунджийн хоорондох стандартын зөрүүг илэрхийлэхэд хэрэглэсэн нөлөөллийн хэмжээний утга юм. Cohen d нь хоёр аргын хоорондох стандартчилсан ялгааг заана. Cohen d коэффициент нь 0.2-с их бол бага , 0.5-с их бол дунд, 0.8-их бол их нөлөөтэй гэж тайлбарладаг. Виртуал тоног төхөөрөмжөөс бодит тоног төхөөрөмж рүү шилжсэн сургалтын шилжүүлэх хувь хэмжээг Моррисон ба Хаммон аргаар олдог. Сургалт шилжүүлэлтийн хувь нь виртуал болон танхимын бүлгийн хоорондох хувиар өөрчлөлтийг хэмждэг [1].

Нэгдсэн хөгжүүлэлтийн орчин (IDE) нь программистуудад программ хангамжийн кодыг үр дүнтэй боловсруулахад тусалдаг программ хангамж юм [13]. Python-д зориулсан засварлагчид болон IDE-үүд нь зөвхөн Python хөгжүүлэлтэд зориулагдсан байдаг. Python IDE хөгжүүлэлтийг шууд дэмждэг, эх сурвалжийн хяналт болон төслүүдийг дэмждэг бүрэн хэмжээний IDE юм [14]. Jupyter Notebook нь интерактив баримт бичгийг үүсгэх, хуваалцахад ашигладаг вэбд суурилсан программ бөгөөд шууд код, текст, өгөгдлийн дүрслэл, видео болон бусад тооцооллын гаралтыг агуулж болно. Project Jupyter-ийн бүтээсэн уг программ нь нээлттэй эхийн хувилбар бөгөөд Python, R, Scala зэрэг 40 гаруй программчлалын хэлийг ашиглахыг дэмждэг [15].

II. СУДАЛГААНЫ АЖЛЫН ҮНДЭС

1. Судалгааны ажлын зорилго

Сургалтын хэрэглэгдэхүүнүүдэд тулгуурлан оюутнуудын дижитал болон программчлалын ур чадварын сайжруулах боломжийг судална.

2. Судалгааны ажлын зорилт

Судалгааны ажлын зорилтууд:

- Судалгаанд оролцогчдыг хяналтын болон туршилтын бүлэгт хуваарилах
- Туршилтын эхлэхээс өмнө оролцогчдоос дижитал ур чадварыг олж илрүүлэх асуулга бөглүүлж, найдвартай байдлын шинжилгээг хийх
- Лабораторийн туршилтын ажлыг хоёр бүлэгт python ide, jupyter notebook сургалтын хэрэглэгдэхүүнд тулгуурлан лабораторийн ажлыг гүйцэтгүүлж, гүйцэтгэсэн онооны өгөгдөлд нэг хүчин зүйлийн шинжилгээ, статистикийн боловсруулалт хийх
- Туршилтын дараа дижитал ур чадвар сайжирсан эсэхийг дахин асуулгаар үнэлж, найдвартай байдлын шинжилгээ хийх
- Туршилтын дараа хоёр бүлгийн лабораторийн туршилтын онооны өгөгдөлд математик статистикийн хоёр талт т тестийн аргаар аргаар тооцоолол хийж сургалтын нөлөө, сургалт шилжсэн хувийг олох.
- Туршилтын дараах дижитал ур чадварын асуулгыг үнэн бодит эсэхийг шалгах зорилгоор рубрик үнэлгээний загвараар дахин үнэлж, найдвартай байдлын шинжилгээ хийх
- Туршилтын дараа судалгааны ажлын тайлан болох эрдэм шинжилгээний өгүүлэл бичиж хэвлүүлэх

3. Судалгааны ажлын хамрах хүрээ

Энэхүү судалгаанд БАС, ГУУС, ХХҮДС, ХШУС, ЭХИС-ийн суралцаж буй 1, 2-р курсийн оюутнууд хамрагдсан.

4. Судалгааны ажлын таамаглал

- Таамаглал 1: Хяналтын бүлэг, туршилтын бүлгүүдийн туршилтын өмнөх дижитал ур чадвар ялгаагүй.
- Таамаглал 2: Хяналтын бүлэг, туршилтын бүлгүүдийн лабораторийн онооныуд ялгаатай
- Таамаглал 3: Хяналтын бүлэг, туршилтын бүлгүүдийн лабораторийн онооны өгөгдөлд тулгуурлан сургалтын нөлөө, сургалт шилжсэн хувь ялгаатай.
- Таамаглал 4: **:** Туршилтын дараа туршилтын бүлгийн дижитал ур чадвар, хяналтын бүлгээс ялгаатай.
- Таамаглал 5: Туршилтын дараа хоёр бүлгийн дижитал ур чадварын рубрик үнэлгээний загвараар үнэлэхэд ялгаатай.

5. Судалгааны арга зүй

Судалгааны өгөгдлийг line график ашиглан дүрсэлсэн, Cronbach alpha коэффициентыг ашиглан найдвартай байдлын шинжилгээ, нэг хүчин зүйлийн шинжилгээ буюу anavo вариацын шинжилгээ, хоёр талт т тест, cohen d коэффициентоор сургалтын нөлөө, сургалт шилжсэн хувийг Моррисон ба Хаммоны аргуудыг судалгааны ажилд ашигласан.

III. СУДАЛГААНЫ АЖИЛ

Туршилтыг 2025-2026 оны хичээлийн жилийн намрын улиралд гүйцэтгэсэн. Судалгааны ажлын туршилтын бүтцийг 1-р хүснэгтэд харуулав.

ТУРШИЛТЫН АЖЛЫН ҮЙЛ АЖИЛЛАГААНЫ БҮТЭЦ

1-Р ХҮСНЭГТ

	Ажиглалт	Туршилт	Ажиглалт	
Хяналтын бүлэг	Туршилтын өмнөх тест	Python IDE	Туршилтын дараах тест	Рубрикын үнэлгээний загвар
Туршилтын бүлэг		Jupyter notebook		

Туршилтад оролцогчид

Туршилтад ШУТИС-ийн инженер мэргэжлээр суралцаж буй оюутнуудаас 180 оюутан судалгаанд оролцсон. Оролцогчдыг хяналтын бүлэг, туршилтын бүлэгт хуваасан. Өгөгдөл цуглуулахын тулд судалгаанд хамрагдсан оюутнуудын хэддүгээр курс, аль тэнхим, мэргэжлээр нь ялгаагүй. Оролцогчдыг лабораторийн хичээлийн сонгон судалж буй цагуудаар хуваарилсан. Хяналтын ба туршилтын бүлэг тус бүрт 90 оролцогчтой байхаар хоёр бүлэгт хуваасан байдлыг хүснэгт 2-т харуулав. Ингэснээр судалгааны үр дүн үнэн бодит байна.

ТУРШИЛТАД ОРОЛЦОГЧДЫН МЭДЭЭЛЭЛ

2-Р ХҮСНЭГТ

Хүйс	
Эрэгтэй	Эмэгтэй
85	95
Нийт	180

Судалгааны дижитал ур чадварыг нээн илрүүлэх асуулгыг Европын Холбооны “Joint research” төвийн Digital Competence Framework төслийн 2022 оны DigComp 2.2 тайланг жишиг болгон зохиосон [16]. Судалгааны ашигласан бие даасан хувьсагч, хамааралтай хувьсагчийг 3-р хүснэгт харуулав.

ХАМААРАЛТАЙ БОЛОН БИЕ ДААСАН ХУВЬСАГЧИД

3-Р ХҮСНЭГТ

Бие даасан хувьсагч	Хамааралтай хувьсагч
Лабораторийн ажлын хэлбэр • Python ide • Jupyter notebook	• Дижитал ур чадварын оноо (ТӨ, ТД асуулгууд) • Лабораторийн туршилтын оноо • Рубрик үнэлгээны загвар

Туршилтын өмнөх дижитал ур чадварыг олж илрүүлэх судалгааны асуулгын бүтэц нь мэдээлэл хайх чадвар, харилцаа ба хамтын ажиллагаа, контент бүтээх чадвар, аюулгүй байдал, технологи ашиглах чадвар, асуудал шийдвэрлэх чадварууд буюу нийт 20 асуулттай. Мөн туршилтын дараах дижитал ур чадварын судалгааны асуулгын бүтэц нь суурь программчлалын ур чадвар, функц ба логик сэтгэлгээ, өгөгдөл боловсруулах чадвар, өгөгдлийн дүрслэл, сан ашиглах чадвар, асуудал шийдвэрлэх чадварууд буюу нийт 20 асуулттай. Эдгээр асуулгуудыг Likert аргаар 1-Огт санал нийлэхгүй, 2-Санал нийлэхгүй, 3-Аль нь ч биш, 4-Санал нийлнэ, 5-Бүрэн санал нийлнэ гэж хэмжээслүүлсэн.

Туршилтын өмнөх дижитал ур чадварын судалгааны асуултууд:

Мэдээлэл хайх чадвар

- ТӨ1. Би интернэтээс хэрэгтэй мэдээллийг хурдан, үр дүнтэй олж чаддаг.
- ТӨ2. Би мэдээллийн эх сурвалжийн найдвартай байдлыг ялгаж чаддаг.
- ТӨ3. Би хайлтын системийг (Google гэх мэт) үр дүнтэй ашиглаж чаддаг.
- ТӨ4. Би олсон мэдээллээ зөв ангилж, хадгалж чаддаг.

Харилцаа ба хамтын ажиллагаа

- ТӨ5. Би имэйл, чат, сошиал платформ ашиглан үр дүнтэй харилцаж чаддаг.
- ТӨ 6. Би онлайн уулзалт (Zoom, Meet гэх мэт)-д идэвхтэй оролцож чаддаг.
- ТӨ 7. Би багийн онлайн орчинд (Google Docs гэх мэт) хамтран ажиллаж чаддаг.

Контент бүтээх чадвар

- ТӨ8. Би текст, зураг, видео зэрэг дижитал контент бүтээж чаддаг.
- ТӨ9. Би баримт бичиг (Word, PDF) боловсруулах чадвартай.
- ТӨ10. Би хүснэгтэн өгөгдөл (Excel) дээр ажиллаж чаддаг.
- ТӨ11. Би энгийн график, дүрслэл (chart) үүсгэж чаддаг.

Аюулгүй байдал

- ТӨ12. Би нууц үгээ аюулгүй, зөв хадгалж чаддаг.
- ТӨ13. Би сэжигтэй имэйл, линк (phishing)-ийг ялгаж чаддаг.
- ТӨ14. Би хувийн мэдээллээ хамгаалах талаар мэдлэгтэй.

Технологи ашиглах чадвар

- ТӨ15. Би шинэ программ, хэрэглээний программыг бие даан сурч ашиглаж чаддаг.
- ТӨ16. Би төхөөрөмж (компьютер, гар утас)-ийг үр дүнтэй ашиглаж чаддаг.
- ТӨ17. Би файл, хавтас удирдах чадвартай.

Асуудал шийдвэрлэх чадвар

- ТӨ18. Би техникийн энгийн асуудлыг (алдаа, гацалт) өөрөө шийдэж чаддаг.
- ТӨ19 Би дижитал хэрэгсэл ашиглан ажлаа хялбарчилж чаддаг.
- ТӨ20. Би шинэ технологийг ажил, сургуульдаа хэрэгжүүлэх сонирхолтой.

Туршилтын дараах python программчлалын хэлний дижитал ур чадварын судалгааны асуултууд:

Суурь программчлалын ур чадвар

- ТД1. Би Python хэлний үндсэн синтаксыг сайн ойлгодог.
- ТД2. Би хувьсагч, өгөгдлийн төрөл (int, float, list, dict)-ийг зөв ашиглаж чаддаг.
- ТД3. Би нөхцөлт үйлдэл (if, else) ашиглан асуудал шийдэж чаддаг.
- ТД4. Би давталтууд (for, while) ашиглан логик бодлого бодож чаддаг.

Функц ба логик сэтгэлгээ

- ТД5. Би функц (def) бичиж, дахин ашиглах чадвартай.
- ТД6. Би кодыг жижиг хэсгүүдэд хувааж, илүү ойлгомжтой болгодог.
- ТД7. Би алдааг олж засах чадвартай.

Өгөгдөл боловсруулах чадвар

- ТД8. Би Python ашиглан өгөгдөл уншиж (file, CSV) чаддаг.
- ТД9. Би өгөгдлийг цэвэрлэх, боловсруулах чадвартай.
- ТД10. Би хүснэгтэн өгөгдөл дээр ажиллаж чаддаг. Өгөгдлийн дүрслэл

- ТД11. Би өгөгдлийг графикаар дүрслэх чадвартай.
- ТД12. Би Matplotlib ашиглан график зурж чаддаг.
- ТД13. Би график дээрээс дүгнэлт хийж чаддаг.

Сан ашиглах чадвар

- ТД14. Би NumPy ашиглаж чаддаг.
- ТДТ15. Би Pandas ашиглан өгөгдөл боловсруулах чадвартай.
- ТД16. Би Python-ийн нэмэлт сангуудыг суулгаж ашиглаж чаддаг.

Асуудал шийдвэрлэх чадвар

- ТД17. Би Python ашиглан бодит асуудлыг шийдэх чадвартай.
- ТД18. Би алгоритм бодож, код болгон хэрэгжүүлж чаддаг.
- ТД19. Би шинэ технологи, санг бие даан сурч чаддаг.
- ТД20. Би Python-ийг судалгаа, ажил, төсөлдөө ашиглаж чаддаг.

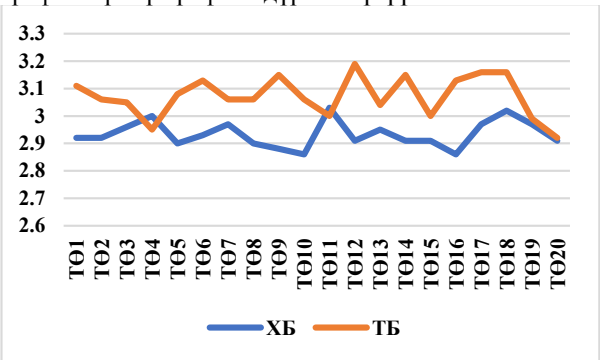
IV. Судалгааны үр дүн

Судалгааны ажлыг дөрвөн шатанд хувааж гүйцэтгэсэн. Үүнд:

Нэгдүгээрт: Туршилтын өмнөх хоёр бүлгийн дижитал ур чадварын асуулгын өгөгдөлд найдвартай байдлын шинжилгээ хийж асуулгууд давхцаагүй болох, хоёр бүлгийн дижитал ур чадвар ялгаатай болохыг олж тогтоох.

Таамаглал 1: Хяналтын бүлэг, туршилтын бүлгүүд туршилтаас өмнө дижитал ур чадвар ялгаагүй гэсэн таамаглалыг шалгахын тулд туршилтад оролцогчдоос авсан дижитал ур чадварын асуулгыг асуулга тус бүрээр line графикаар дүрсэлж, cronbach alpha найдвартай байдлын шинжилгээний аргаар тооцоолно.

Хоёр бүлгийн туршилтын өмнөх дижитал ур чадварын асуулгын өгөгдөлд математик, статистикийн боловсруулалт гүйцэтгэж үр дүнг line графикаар 1-р графикт дүрслэн үзүүллээ



1-р график. Туршилтын өмнөх дижитал ур чадварын асуулгын дундаж

1-р графикийг сайтар ажиглавал туршилтын бүлэг, хяналтын бүлгүүдийн дижитал ур чадвар туршилтаас өмнө ялгаатай болох нь харагдаж байна. Хяналтын бүлэг, туршилтын бүлгүүд туршилтаас өмнө дижитал ур чадвар асуулгыг өгөгдлийг бүлэг асуулга тус бүрээр болон нийтэд найдвартай байдлын шинжилгээний аргаар тооцоолсон үр дүнг 4-р хүснэгтэд нэгтгэн үзүүллээ.

ТУРШИЛТЫН ӨМНӨХ ДИЖИТАЛ УР ЧАДВАРЫН ӨГӨГДӨЛД CRONBACH ALPHA НАЙДВАРТАЙ БАЙДЛЫН ШИНЖИЛГЭЭНИЙ АРГААР ТООЦООЛСОН НЬ

4-Р ХҮСНЭГТ

Хяналтын бүлэг		
Дижитал ур чадварууд бүлэг асуултууд	**Тус бүрийн хувьд Cronbach alpha**	**Нийт Cronbach alpha**
Мэдээлэл хайх чадвар	0.274*	0.692*
Харилцаа ба хамтын ажиллагаа	0.302*	
Контент бүтээх чадвар	0.168*	
Аюулгүй байдал	0.253*	
Технологи ашиглах чадвар	0.173*	
Асуудал шийдвэрлэх чадвар	0.145*	
Туршилтын бүлэг		
Дижитал ур чадварууд бүлэг асуултууд	**Тус бүрийн хувьд Cronbach alpha**	**Нийт Cronbach alpha**
Мэдээлэл хайх чадвар	0.457*	0.836*
Харилцаа ба хамтын ажиллагаа	0.247*	
Контент бүтээх чадвар	0.443*	
Аюулгүй байдал	0.245*	
Технологи ашиглах чадвар	0.290*	
Асуудал шийдвэрлэх чадвар	0.231*	

*Cronbach альфа коэффициент 0.9-с их бол маш сайн

4-р хүснэгтэд үзүүлснээр туршилтын өмнөх дижитал ур чадварын асуулгын өгөгдөлд хийсэн Cronbach alpha найдвартай байдлын шинжилгээний үр дүнгээс харахад туршилтын бүлгийн нийт коэффициент α=0.836, хяналтын бүлгийн нийт коэффициент α=0.692 тус тус гарсан асуултууд давхцаагүй, үр дүнтэй болох нь статистикийн аргаар батлагдлаа. Гэхдээ асуулгын бүлэг тус бүрийн хувьд Cronbach α коэффициент 0.1 - 0.3 хооронд хүлээн зөвшөөрөх боломжгүй гарсан нь хариултын хэлбэлзэл бага буюу судалгаанд оролцогчдын дийлэнх нь Likert аргын “4” хариултыг сонгосонд оршино. Иймээс туршилтын өмнөх хоёр бүлгийн дижитал ур чадвар ижил түвшинд байгаагүй, тодорхой хэмжээнд ялгаатай байсан гэж дүгнэж, таамаглал 1 батлагдсан.

X

Хоёрдугаарт: Лабораторийн туршилтын онооны өгөгдөлд математик, статистикийн anavo (нэг хүчин зүйлийн вариацын шинжилгээ) дүн шинжилгээ хийх, хоёр талт т тестийн аргаар боловсруулалт хийнэ.

Таамаглал 2: Хяналтын бүлэг, туршилтын бүлгүүдийн лабораторийн онооныууд ялгаатай таамаглалыг шалгахын тулд лабораторийн онооны өгөгдөлд нэг хүчин зүйлийн буюу anova вариацын шинжилгээ, хоёр талт т тестийн аргаар боловсруулалтыг гүйцэтгэнэ.

Хяналтын бүлгийн лабораторийн онооны өгөгдөлд нэг хүчин зүйлийн буюу anova вариацын шинжилгээг гүйцэтгэсэн үр дүнг 5, 6-р хүснэгтэд, туршилтын бүлгийн лабораторийн онооны өгөгдөлд

нэг хүчин зүйлийн буюу anova вариацын шинжилгээг гүйцэтгэсэн үр дүнг 7, 8-р хүснэгтэд тус тус харуулав.

ХЯНАЛТЫН БҮЛГИЙН ЛАБОРАТОРИЙН ТУРШИЛТЫН ОНООНЫ ӨГӨГДӨЛД НЭГ ХҮЧИН ЗҮЙЛИЙН ШИНЖИЛГЭЭ ХИЙСЭН ҮР ДҮН - 1

5-Р ХҮСНЭГТ

Groups	Count	Sum	Average	Variance
Лаб 1	180	560	3.111	1.428
Лаб 2	180	455	2.527	2.250
Лаб 3	180	534	2.966	1.976
Лаб 4	180	557	3.094	1.963
Лаб 5	180	549	3.05	2.014
Лаб 6	180	535	2.972	2.105
Лаб 7	180	538	2.988	2.011
Лаб 8	180	543	3.016	2.195
Лаб 9	180	550	3.055	1.806
Лаб 10	180	549	3.05	2.058
Лаб 11	180	578	3.211	1.876
Лаб 12	180	517	2.872	2.190
Лаб 13	180	519	2.883	2.26
Лаб 14	180	543	3.016	2.172
Лаб 15	180	555	3.083	2.02
Лаб 16	180	547	3.038	1.825

ХЯНАЛТЫН БҮЛГИЙН ЛАБОРАТОРИЙН ТУРШИЛТЫН ОНООНЫ ӨГӨГДӨЛД НЭГ ХҮЧИН ЗҮЙЛИЙН ШИНЖИЛГЭЭ ХИЙСЭН ҮР ДҮН - 2

6-Р ХҮСНЭГТ

Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Between Groups	60.77	15	4.05	2.01*	0.01**	1.66*
Within Groups	5756.1	2864	2.00			

* $F>F_{crit}$ утгаас их байх
** ач холбогдлын утга p<0.05-с бага байх

Хяналтын бүлгийн лабораторийн туршилтын онооны хийсэн нэг хүчин зүйлт дисперсын шинжилгээг гүйцэтгэхэд F(15, 2864)=2.01, p<0.05 утгатай гарснаар бүлгүүдийн хооронд буюу статистикийн ач холбогдолтой ялгаа илэрсэн. Иймд судлагдсан хүчин зүйл нь онооны нөлөөлсөн гэж үзэв.

ТУРШИЛТЫН БҮЛГИЙН ЛАБОРАТОРИЙН ТУРШИЛТЫН ОНООНЫ ӨГӨГДӨЛД НЭГ ХҮЧИН ЗҮЙЛИЙН ШИНЖИЛГЭЭ ХИЙСЭН ҮР ДҮН - 1

7-Р ХҮСНЭГТ

Groups	*Count*	*Sum*	*Average*	*Variance*
Лаб 1	180	575	3.194	1.744
Лаб 2	180	593	3.294	1.773
Лаб 3	180	610	3.388	1.814
Лаб 4	180	544	3.022	1.954
Лаб 5	180	546	3.033	1.909
Лаб 6	180	538	2.988	2.133
Лаб 7	180	532	2.955	1.998
Лаб 8	180	549	3.05	1.891
Лаб 9	180	542	3.011	2.1
Лаб 10	180	554	3.077	1.993
Лаб 11	180	528	2.933	2.073
Лаб 12	180	504	2.8	1.859
Лаб 13	180	541	3.005	1.916
Лаб 14	180	549	3.05	2.081
Лаб 15	180	556	3.088	1.947
Лаб 16	180	538	2.988	1.944

ТУРШИЛТЫН БҮЛГИЙН ЛАБОРАТОРИЙН ТУРШИЛТЫН ОНООНЫ ӨГӨГДӨЛД НЭГ ХҮЧИН ЗҮЙЛИЙН ШИНЖИЛГЭЭ ХИЙСЭН ҮР ДҮН - 2

8-Р ХҮСНЭГТ

Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Between Groups	52.982	15	3.53	1.81*	0.02**	1.66*
Within Groups	5573.2	2864	1.94			

* $F>F_{crit}$ утгаас их байх
** ач холбогдлын утга p<0.05-с бага байх

Хяналтын бүлгийн лабораторийн туршилтын онооны хийсэн нэг хүчин зүйлт дисперсын шинжилгээг гүйцэтгэхэд F(15, 2864)=1,81, p<0.05 утгатай гарснаар бүлгүүдийн хооронд буюу статистикийн ач холбогдолтой ялгаа илэрсэн. Иймд судлагдсан хүчин зүйл нь онооны нөлөөлсөн гэж үзэв.

Мөн нэг хүчин зүйлийн шинжилгээ буюу anavo шинжилгээний үр дүн үнэн бодит эсэхийг нь шалгахын тулд хяналтын болон туршилтын бүлгийн лабораторийн онооны өгөгдөлд хоёр талт т тестийн аргаар статистикийн боловсруулалт гүйцэтгэсэн үр дүнг 9-р хүснэгтэд харуулав.

ЛАБОРАТОРИЙН ОНООНЫ ӨГӨГДӨЛД ХОЁР ТАЛТ Т ТЕСТИЙН БОЛОВСРУУЛАЛТ ХИЙСЭН ҮР ДҮН

9-Р ХҮСНЭГТ

	Mean	Variance	N	t	P
Хяналтын бүлэг	2.938	0.916	90	1.967*	0.023**
Туршилтын бүлэг	3.147	0.587	90		

*180 оролцогчидтой бол $t_{ст}$=1.653 утгаас их;
**ач холбогдлын p=0.05 утгаас бага байх

9-р хүснэгтийн үр дүн нь p утга ач холбогдлын p=0.05 утгаас бага, t утга нь $t_{ст}$=1.653 утгаас их бол математик статистикийн хоёр талт т тестийн аргаар боловсруулалт хийсэн хяналтын болон туршилтын бүлгүүдийн лабораторийн онооны өгөгдлүүд статистикийн ач холбогдол бүхий ялгаатай буюу хоёр бүлэг хоорондоо ялгаатай болохыг харуулж байна. Иймд туршилтын бүлгийн дундаж оноо харьцангуй өндөр байгаа нь Jupyter Notebook ашигласан сургалтын орчин илүү үр дүнтэй байсныг

илтгэж хэрэг юм. Хоёр бүлгийн лабораторийн онооны өгөгдөлд бодит ялгаа илэрсэн тул таамаглал 2 батлагдлаа.

Гуравдугаарт: Лабораторийн туршилтын онооны өгөгдөлд сургалтын нөлөөний хэмжээг Cohen d хэмжигдэхүүнээр үнэлэх, сургалт шилжсэн хувийг Моррисон ба Хаммон аргаар олох.

Таамаглал 3: Хяналтын бүлэг, туршилтын бүлгүүдийн лабораторийн онооны өгөгдөлд тулгуурлан сургалтын нөлөө, сургалт шилжсэн хувь ялгаатай таамаглалыг шалгахын тулд cohen d, Моррисон ба Хаммоны онолын аргуудаар боловсруулалтыг гүйцэтгэж 10, 11-р хүснэгтэд харууллаа.

COHEN D КОЭФФИЦИЕНТООР СУРГАЛТЫН НӨЛӨӨЛӨЛ

10-Р ХҮСНЭГТ

	N	Mean	SD	Cohen d
Хяналтын бүлэг	90	2.938	1.011	0.70*
Туршилтын бүлэг	90	3.147	1.231	

*cohen d коэффициент 0.5 их бол дундаас их нөлөөтэй

МОРРИСОН БА ХАММОНДЫН СУРГАЛТ ШИЛЖСЭН ХУВЬ

11-Р ХҮСНЭГТ

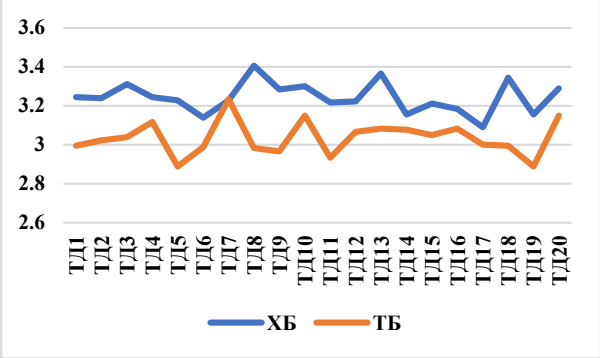
	N	Mean	Сургалт шилжсэн хувь
Хяналтын бүлэг	90	2.938	32.51
Туршилтын бүлэг	90	3.147	

10-р хүснэгтэд хоёр бүлгийн хоорондын лабораторийн онооны өгөгдөлд статистикийн боловсруулалт гүйцэтгэхэд Cohen d коэффициент 0.70 гарсан нь сургалтын нөлөө дунд түвшнээс дээш байгааг илтгэнэ. Мөн 11-р хүснэгтэд хоёр бүлгийн хоорондын лабораторийн онооны өгөгдөлд статистикийн боловсруулалт гүйцэтгэхэд сургалт шилжсэн хувь 32.51% байгаа нь туршилтын бүлгийн оюутнууд лабораториос олж авсан мэдлэгийг практикт буюу бодит амьдралд хэрэгжүүлэх ур чадвар нь хяналтын бүлгээс 32.51%-иар илүү болохыг харуулж байна. Туршилтын бүлгийн онооны дундаж хяналтын бүлгээс онооны дундажаас өндөр байгаа нь сургалтын хэрэглэгдэхүүний ялгаа ур дүнд шууд нөлөөлсөн болохыг нотолж байна. Иймээс сургалтын нөлөө болон шилжсэн хувь ялгаатай байгаа тул таамаглал 3 батлагдсан.

Дөрөвдүгээрт: Туршилтын дараах дижитал ур чадварын асуулгын өгөгдлийг шалгах зорилгоор найдвартай байдлын шинжилгээ хийж, дараа нь рубрикын үнэлгээний загвараар үнэлсэн өгөгдөлд дахин найдвартай байдлын шинжилгээ хийнэ.

Таамаглал 4: Туршилтын дараа туршилтын бүлгийн дижитал ур чадвар, хяналтын бүлгээс ялгаатай таамаглалыг шалгахын тулд туршилтын дараа оролцогчдоос авсан дижитал ур чадварын судалгааны өгөгдлийг ур чадварын асуулгыг асуулга тус бүрээр line графикаар дүрсэлж, cronbach alpha найдвартай байдлын шинжилгээний аргаар тооцоолно.

Хоёр бүлгийн оролцогчдын туршилтын дараах дижитал ур чадварын асуулгын өгөгдөлд математик, статистикийн боловсруулалт гүйцэтгэж ур дүнг line графикаар 2-р графикт дүрслэн үзүүллээ



2-р график. Туршилтын дараах дижитал ур чадварын асуулгын дундаж

2-р графикийг сайтар ажиглавал туршилтын бүлэг, хяналтын бүлгүүдийн дижитал ур чадвар туршилтын дараа ялгаатай болох нь харагдаж байна. Хяналтын бүлэг, туршилтын бүлгүүд туршилтаас дараах дижитал ур чадвар асуулгыг өгөгдлийг бүлэг асуулга тус бүрээр болон нийтэд найдвартай байдлын шинжилгээний аргаар тооцоолсон ур дүнг 12-р хүснэгтэд нэгтгэн үзүүллээ.

ТУРШИЛТЫН ДАРААХ ДИЖИТАЛ УР ЧАДВАРЫН ӨГӨГДӨЛД CRONBACH ALPHA НАЙДВАРТАЙ БАЙДЛЫН ШИНЖИЛГЭЭНИЙ АРГААР ТООЦООЛСОН НЬ

12-Р ХҮСНЭГТ

Хяналтын бүлэг		
Дижитал ур чадварууд бүлэг асуултууд	**Тус бүрийн хувьд Cronbach alpha**	**Нийт Cronbach alpha**
Мэдээлэл хайх чадвар	0.576*	0.94*
Харилцаа ба хамтын ажиллагаа	0.49*	
Контент бүтээх чадвар	0.598*	
Аюулгүй байдал	0.512*	
Технологи ашиглах чадвар	0.472*	
Асуудал шийдвэрлэх чадвар	0.497*	
Туршилтын бүлэг		
Дижитал ур чадварууд бүлэг асуултууд	**Тус бүрийн хувьд Cronbach alpha**	**Нийт Cronbach alpha**
Мэдээлэл хайх чадвар	0.713*	0.977*
Харилцаа ба хамтын ажиллагаа	0.608*	
Контент бүтээх чадвар	0.705*	
Аюулгүй байдал	0.598*	
Технологи ашиглах чадвар	0.600*	
Асуудал шийдвэрлэх чадвар	0.612*	

*Cronbach альфа коэффициент 0.9-с их бол маш сайн

Туршилтын дараах өгөгдөлд хийсэн cronbach alpha шинжилгээгээр хяналтын бүлгийн cronbach alpha коэффициент α=0.94, туршилтын бүлгийн cronbach alpha коэффициент α=0.977 гарснаар судалгааны асуултууд давхцаагүй болохыг

статистикийн аргаар баталж байна. Иймд туршилтын дараа туршилтын бүлгийн дижитал ур чадвар нь хяналтын бүлгээс ялгаатай болохыг line графикаас харагдаж байна. Хоёр бүлгийн аль аль нь өндөр найдвартай байгааг илтгэж байна. Иймд таамаглал 4 батлагдлаа.

Таамаглал 5: Туршилтын дараа хоёр бүлгийн дижитал ур чадварын рубрик үнэлгээний загвараар үнэлэхэд ялгаатай таамаглалыг шалгахын тулд оролцогчдын судалгааны өгөгдөлд найдвартай байдлын шинжилгээ хийнэ.

Хоёр бүлгийн оролцогчдын туршилтын дараах дижитал ур чадварын асуулгыг үнэн бодит эсэхийг шалгах зорилгоор үнэлэх рубрикын үнэлгээний загварыг 13-р хүснэгтэд үзүүлэв.

ТУРШИЛТЫН ДАРААХ РУБРИКЫН ҮНЭЛГЭЭНИЙ ЗАГВАР

13-Р ХҮСНЭГТ

Шалгуур	4 Маш сайн	3 Сайн	2 Дунд	1 Сул
Ойлголт	Суурь ойлголтуудыг бүрэн, зөв тайлбарлаж хэрэглэнэ	Ихэнх ойлголтыг зөв хэрэглэнэ	Зарим ойлголт буруу эсвэл дутуу	Суурь ойлголт муу
Код бичих чадвар	Алдаагүй, цэвэр, ур ашигтай код бичнэ	Жижиг алдаатай ч ажиллана	Алдаа ихтэй, засвар шаардлагатай	Ажиллахгүй код
Логик сэтгэлгээ	Асуудлыг зөв задлан, оновчтой шийдэл гаргана	Ерөнхийдөө зөв шийдэлтэй	Хэсэгчлэн зөв, логик дутуу	Шийдэж чадахгүй
Алдаа засварлах	Алдааг хурдан олж, зөв засна	Алдааг олдог ч удаан	Зарим алдааг ойлгохгүй	Алдаа засаж чаддаггүй
Бие даан ажиллах чадвар	Бүрэн бие даан гүйцэтгэнэ	Бага зэрэг тусламж хэрэгтэй	Нэлээд заавар шаардлагатай	Бусдаас их хамааралтай
Кодын зохион байгуулалт	Цэгцтэй, уншихад ойлгомжтой	Ерөнхийдөө ойлгомжтой	Эмх замбараагүй хэсэгтэй	Ойлгомжгүй, замбараагүй

Хоёр бүлгийн оролцогчдын туршилтын дараах дижитал ур чадварыг үнэлэх рубрикын үнэлгээний загварын өгөгдөлд Cronbach alpha шинжилгээний аргаар тооцоолсны үр дүнг 14-р хүснэгтэд үзүүллээ.

ТУРШИЛТЫН ДАРААХ РУБРИКИЙН ҮНЭЛГЭЭНИЙ ӨГӨГДӨЛД CRONBACH ALPHA НАЙДВАРТАЙ БАЙДЛЫН ШИНЖИЛГЭЭНИЙ АРГААР ТООЦООЛСОН НЬ

14-Р ХҮСНЭГТ

	N	σ^2_{yi}	σ^2_x	Cronbach alpha
Хяналтын бүлэг	90	9.545	35.463	0.837*
Туршилтын бүлэг	90	9.633	54.083	0.905*

*Cronbach альфа коэффициент 0.8-с их бол сайн

Рубрик үнэлгээний өгөгдөлд хийсэн Cronbach alpha шинжилгээгээр: хяналтын бүлэг α=0.837, туршилтын бүлэг α=0.905 хоёр бүлгийн аль аль нь найдвартай боловч туршилтын бүлгийн гүйцэтгэл (код бичих чадвар, логик сэтгэлгээ, асуудал шийдвэрлэх чадвар) илүү өндөр байгаа нь ажиглагдсан. Мөн дижитал ур чадварын асуулгын үнэлгээ болон лабораторийн гүйцэтгэлийн онооны чанарын ялгаа илэрсэн тул хоёр бүлгийн хооронд статистик ач холбогдол бүхий ялгаатай болох нь батлагдаж таамаглал 5 батлагдлаа.

ДҮГНЭЛТ

Энэхүү Энэхүү судалгааны ажлаар сургалтын хэрэглэгдэхүүн (Python IDE болон Jupyter Notebook)-д суурилсан сургалтын арга зүйн оюутнуудын программчлалын болон дижитал ур чадварт үзүүлэх нөлөөллийг туршилтын загвар ашиглан эмпирик өгөгдөлд тулгуурлан судалж, статистик боловсруулалтын аргуудаар баталгаажууллаа. Судалгаанд хяналтын болон туршилтын бүлгийг харьцуулсан нь шалтгаан - үр дагаврын хамаарлыг илүү бодитой тодорхойлох боломжийг бүрдүүлсэн бөгөөд энэ нь боловсролын судалгаанд өргөн хэрэглэгддэг квази-туршилтын дизайны шаардлагыг хангаж байна.

Туршилтын өмнөх дижитал ур чадварын үнэлгээний үр дүнгээс харахад хоёр бүлгийн хооронд тодорхой ялгаа оршин байсныг Cronbach alpha коэффициентийн шинжилгээ (α=0.692–0.836)-ээр баталгаажуулсан. Энэ нь судалгааны эхний нөхцөл тэгш биш байсныг илтгэх боловч цаашдын үр дүнг тайлбарлахад бодит нөхцөл байдлыг тусгасан чухал суурь өгөгдөл болж байна. Мөн хэмжилтийн хэрэгслийн дотоод найдвартай байдал хангалттай түвшинд байгааг харуулж байгаа нь судалгааны үр дүнг статистикийн хувьд итгэлтэй тайлбарлах боломжийг бүрдүүлэв.

Лабораторийн гүйцэтгэлийн өгөгдөлд хийсэн нэг хүчин зүйлийн вариацын шинжилгээ (ANOVA)-ны үр дүнд $F > F_{crit}$, $p < 0.05$ нөхцөл хангагдсан нь бүлгүүдийн хооронд статистикийн ач холбогдол бүхий ялгаа байгааг нотолсон. Үүнийг баталгаажуулах зорилгоор хийсэн хоёр талт t-тестийн үр дүн ($t > t_{crit}$, $p < 0.05$) нь мөн ижил дүгнэлтийг өгч, туршилтын бүлгийн гүйцэтгэл илүү өндөр байгааг статистикийн хувьд баталгаажуулсан. Энэ нь интерактив, өгөгдөлд суурилсан сургалтын орчин (ялангуяа Jupyter Notebook) нь уламжлалт IDE орчноос илүү үр ашигтай болохыг харуулж байна.

Сургалтын нөлөөллийн хэмжээг Cohen d = 0.70 гэж тооцоолсон нь дунд түвшнээс дээш нөлөөтэй (medium-to-large effect size) болохыг илтгэж байгаа бөгөөд энэ нь боловсролын интервенцийн үр нөлөө бодитой, практик ач холбогдолтой байгааг харуулдаг. Өөрөөр хэлбэл, зөвхөн статистикийн ач холбогдлоор зогсохгүй сургалтын арга зүйн өөрчлөлт нь бодит гүйцэтгэлд мэдэгдэхүйц ахиц авчирсан байна. Үүнээс гадна Моррисон ба Хаммоны аргаар тооцоолсон сургалт шилжсэн хувь 32.51% гарсан нь оюутнуудын олж авсан мэдлэг, чадвар бодит хэрэглээнд шилжих боломж нэмэгдсэнийг илэрхийлж байна. Энэ үзүүлэлт нь боловсролын чанарыг үнэлэх чухал хэмжүүрүүдийн нэг бөгөөд сургалтын үр дүнг практикт хэрэгжүүлэх чадамжийг харуулдгаараа онцлог юм.

Туршилтын дараах дижитал ур чадварын үнэлгээний үр дүнд Cronbach alpha коэффициент 0.94–0.977 хооронд гарсан нь хэмжилтийн хэрэгслийн найдвартай байдал маш өндөр түвшинд хүрснийг илтгэж байна. Энэ нь судалгааны үр дүнг давтагдахуйц, тогтвортой болохыг баталгаажуулж, судалгааны дотоод хүчин төгөлдөр байдлыг нэмэгдүүлж байна. Мөн рубрик үнэлгээний аргаар хийсэн чанарын үнэлгээний үр дүн нь тоон шинжилгээний үр дүнтэй нийцэж, туршилтын бүлгийн оюутнуудын код бичих чадвар, логик сэтгэлгээ, асуудал шийдвэрлэх чадвар, бие даан суралцах чадвар илүү өндөр түвшинд хөгжсөнийг нотолсон.

Судалгааны таамаглалуудыг нэгтгэн дүгнэхэд: туршилтын өмнөх ур чадвар ялгаатай байсан, лабораторийн гүйцэтгэлд статистикийн ач холбогдол бүхий ялгаа илэрсэн, сургалтын нөлөө болон сургалт шилжсэн хувь бодитой ялгаатай гарсан, туршилтын дараах ур чадварын үзүүлэлтүүд мэдэгдэхүйц сайжирсан, рубрик үнэлгээний үр дүнгээр чанарын ялгаа батлагдсан зэрэг нь судалгааны бүх таамаглал эмпирик өгөгдлөөр нотлогдсоныг харуулж байна.

Иймд Python IDE болон Jupyter Notebook зэрэг интерактив, өгөгдөлд суурилсан сургалтын хэрэглэгдэхүүнүүдийг программчлалын сургалтад системтэйгээр нэвтрүүлэх нь оюутнуудын дижитал болон программчлалын ур чадварыг хөгжүүлэхэд өндөр үр нөлөөтэй болох нь энэхүү судалгаагаар шинжлэх ухааны үндэслэлтэйгээр батлагдлаа. Цаашид энэхүү арга зүйг өргөжүүлэн хэрэглэх, өөр өөр сургалтын орчин, түвшинд турших нь боловсролын чанарыг дээшлүүлэхэд чухал хувь нэмэр оруулах боломжтой гэж үзэж байна.

АШИГЛАСАН МАТЕРИАЛ, НОМ ЗҮЙ

[1] А.Түвшинбаяр, Сургалтанд виртуал лабортори ашиглах нь, Докторын диссертаци, 2020

[2] According to the European Commission, 'e-skills' refer rather to skills required by ICT professionals

[3] Cornell University defines digital literacy as 'the ability to find, evaluate, utilize, share, and create content using information technologies and the Internet'.

[4] George, D., & Mallery, P. (2003). SPSS for Windows Step by Step: A Simple Guide and Reference. 11.0 Update (4th ed.). Boston: Allyn & Bacon.

[5] Measuring Digital Skills across the EU: EU-wide indicators of Digital Competence, European Commission, 2014 and DigComp: A Framework for Developing and Understanding Digital Competence in Europe, JRC Scientific and Policy Reports, 2013.

[6] Stevens, D. D., & Levi, A. J. (2005). Introduction to rubrics: An assessment tool to save grading time, convey effective feedback, and promote student learning. Sterling, VA: Stylus.

[7] https://www.unesco.org/en/query-list/e/educational-tools#:~:text=Education%20tools%20are%20resources%20or,teaching%20methods%20and%20student%20engagement.

[8] https://www.coursera.org/articles/what-is-programming

[9] https://www.bbc.co.uk/bitesize/guides/zts8d2p/revision/1

[10] https://codeinstitute.net/global/blog/what-is-a-programming-language/#:~:text=Coding%20Programming%20languages,a%20definite%20programming%20language%20syntax.

[11] https://www.sciencedirect.com/topics/mathematics/programming-skill

[12] https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/IDAN/2017/595889/EPRS_IDA(2017)595889_EN.pdf

[13] https://aws.amazon.com/what-is/ide/#:~:text=An%20integrated%20development%20environment%20(IDE,programmers%20develop%20software%20code%20efficiently.

[14] https://realpython.com/python-ides-code-editors-guide/#:~:text=Python%2Dspecific%20editors%20and%20IDEs%20are%20built%20exclusively%20for%20Python,for%20source%20control%20and%20projects.

[15] https://builtin.com/software-engineering-perspectives/jupyter-notebook

[16] https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC128415

“МОНГОЛЫН НУУЦ ТОВЧОО” ДАХЬ ХҮНИЙ НЭРИЙГ BERT ЗАГВАР АШИГЛАН АВТОМАТААР ТАНИХ СУДАЛГАА

Болдын ГҮНДСАМБУУ

Монгол Улс, Улаанбаатар, ШУТИС, Мэдээлэл холбооны технологийн сургууль, Компьютерын ухааны тэнхим

Холбоо барих зохиогчийн и-мэйл хаяг: gundsambuu@must.edu.mn

Хураангуй: **Энэхүү судалгаагаар Монголын түүх, уран зохиолын хосгүй дурсгал болох “Монголын нууц товчоо” дахь хүний нэрийг хиймэл оюуны тусламжтай таних асуудлыг авч үзлээ. Судалгаанд Л.Тамирын цуглуулсан 444 нэр (36 эмэгтэй, 408 эрэгтэй) бүхий өгөгдлийг ашиглан, “Монголын нууц товчоо”-ны эх бичвэрийг BIO формат руу хөрвүүлж, multilingual-BERT загварыг нарийвчлан сургах "fine-tuning" арга зүйг хэрэглэв. Загварыг сургахдаа эх бичвэрийн 1-8 дугаар бүлгийг сургалтад, 9-10 дугаар бүлгийг баталгаажуулалтад, 11-12 дугаар бүлгийг хөндлөнгийн туршилтад ашигласан болно.**

Түлхүүр үг: Нэр таних асуудал, BERT загвар, BIO формат

I. УДИРТГАЛ

Монголчуудын түүх, соёл, хэлний хосгүй дурсгал болох “Монголын нууц товчоо” нь зөвхөн түүхэн сурвалж төдийгүй XIII зууны Монгол хэлний бүтэц, үгсийн санг хадгалж үлдсэн хэл шинжлэлийн үнэт хэрэглэгдэхүүн юм.

Уламжлалт түүх судлалын арга зүйд эх сурвалжийг гараар уншиж, тэмдэглэл хөтлөх замаар шинжилдэг байсан бол өгөгдлийн хэмжээ нэмэгдэхийн хэрээр энэ нь цаг хугацаа их шаардсан, хүний хүчин зүйлээс хамааралтай алдаа гарах магадлалтай үйл явц болоод байна. Түүхэн эх сурвалжийг зөвхөн цахим бичвэр болгох нь хангалтгүй бөгөөд тэдгээр бичвэрээс “өгөгдөл” олж илрүүлэх, бүтэцгүй өгөгдлийг бүтэцлэгдсэн хэлбэрт шилжүүлэх шаардлага тулгарч байна. Иймд хиймэл оюун, тэр дундаа эх хэлний боловсруулалтын (NLP) дэвшилтэт аргуудыг ашиглан түүхэн эх сурвалжийг машин уншиж, боловсруулах боломжтой дижитал хэлбэрт шилжүүлэх нь орчин үеийн цахим шилжилтийн тулгуур асуудал болоод байна.

Нэрлэсэн нэгжийн танилт (NER) нь бичвэр доторх хүн, газар ус, байгууллагын нэрсийг автоматаар ялгаснаар түүх, хэл шинжлэлийн судалгаанд дараах чанарын ахицыг авчирдаг. Үүнд:

- Монголын нууц товчоонд дурдагдаж буй олон зуун дүрүүдийн хоорондын харилцаа холбоо, ураг төрлийн хэлхээ, холбоотон болон дайсагналцлыг графийн онолоор шинжлэх боломжийг бүрдүүлнэ. Нэрсийг автоматаар ялгаснаар тухайн дүрүүдийн харилцан үйлчлэлийн давтамж, нөлөөллийг тоон үзүүлэлтээр илэрхийлэх боломжтой.
- XIII зууны Монгол хүний нэр өгөх соёл, нэрний бүтэц, нэрэнд дагалдах цол хэргэмийн хэрэглээг системтэйгээр судлах нөхцөл бүрдэнэ. Судалгаанд ажиглагдсан "баатар", "сэцэн", "хаан" зэрэг цол хэргэмүүд нэрний нэг хэсэг болон хувирч буй үйл явцыг машин сургалтын үр дүнгээр баталгаажуулах нь хэлний хувьслыг тайлбарлахад чухал ач холбогдолтой.
- Түүхэн сурвалжаас тодорхой нэг дүр эсвэл ургийн нэрээр хайлт хийх, нэрсийн нэгдсэн хэлхээг автоматаар үүсгэх нь судлаачдын ажлыг хөнгөвчлөхөөс гадна боловсролын салбарт интерактив түүхэн контент бүтээх суурь болно.

Энэхүү судалгааны үндсэн зорилго нь “Монголын нууц товчоо” эх сурвалж дахь хүний нэрийг (Person Entity) илрүүлэхэд трансформатор бүтцэд суурилсан multilingual-BERT (mBERT) загварыг ашиглах боломж болон үр ашгийг туршин тодорхойлоход оршино. Энэхүү зорилгын хүрээнд дараах ажлуудыг гүйцэтгэхээр зорилоо. Үүнд:

- Эх бичвэрийг машин сургалтын өгөгдөлд бэлтгэж, BIO (Beginning, Inside, Outside) форматаар хаяглах;
- Pre-trained mBERT загварыг Монголын түүхэн нэрсийн өгөгдлийн санд тулгуурлан нарийвчлан сургах (Fine-tuning);
- Түүхэн бичвэр дэх цол хэргэм болон нэрний зааг нь загварын нарийвчлалд (Precision) хэрхэн нөлөөлж буйг туршилтаар тогтоож, Recall болон F1-score үзүүлэлтүүдээр загварыг үнэлэх;

II. ОНОЛЫН ҮНДЭС

Нэрлэсэн нэгжийн танилт нь эх хэлний боловсруулалтын нэгэн салбар бөгөөд зөвхөн үг таних төдийгүй тухайн үг өгүүлбэрийн хам сэдэвт ямар утгаар орж байгааг тодорхойлдгоороо чухал ач холбогдолтой. Жишээ нь, “Улаан” гэдэг үг өгүүлбэрээс хамаарч хүний нэр эсвэл ердийн тэмдэг нэр байж болно.

NER загварыг сургахад өгөгдлийг ихэвчлэн BIO (Inside-Outside-Beginning) форматаар бэлтгэдэг [1]. Энэ нь олон үгнээс бүтсэн нэрсийг алдаагүй танихад тусалдаг. Үүнд:

- B-PER (Beginning of Person): Хүний нэр эхэлж буй хэсэг;
- I-PER (Inside of Person): Хүний нэрний үргэлжлэл хэсэг (жишээ нь, овог эсвэл цол хэргэм нэрний хэсэг гэж үзэгдэх үед);
- O (Outside): Ямар нэгэн нэрд хамааралгүй бусад үгс;

Нэрлэсэн нэгжийн танилтын хөгжлийн үе шатууд

Бичвэрээс нэр таних асуудал нь эх хэлний боловсруулалтын салбарт сүүлийн 30 гаруй жилийн хугацаанд дараах гурван үндсэн үе шатыг туулан хөгжиж ирсэн байна [2].

Дүрэмд суурилсан хандлага

1990-ээд онд давамгайлж байсан энэхүү хандлага нь хэл шинжлэлийн мэргэжилтнүүдийн боловсруулсан тогтсон дүрэм болон нэрсийн толь бичиг (Gazetteers)-т тулгуурладаг. Энэ арга нь тодорхой бүтэцтэй бичвэрт нарийвчлал өндөртэй боловч хэлний амьд хэрэглээ, шинээр үүсэж буй нэр томьёог таних уян хатан чанараар дулимаг бөгөөд дүрмийг байнга шинэчлэх шаардлагатай байдаг сул талтай.

Статистик машин сургалтын үе

2000 оны эхээр машин сургалтын алгоритмууд хөгжсөнөөр NER-д магадлалын онолыг ашиглаж эхэлсэн. Үүнд Conditional Random Fields (CRF), Hidden Markov Models (HMM) зэрэг статистик загварууд голлох үүрэг гүйцэтгэсэн. Эдгээр загвар нь тухайн үгийн шинж чанарыг (том үсгээр эхэлсэн эсэх, өмнөх ба дараах үгийн хамаарал гэх мэт) ашиглан нэр байх магадлалыг тооцоолдог. Гэвч энэ үед шинж чанаруудыг (feature engineering) гараар тодорхойлж өгөхөд ихээхэн цаг хугацаа зарцуулдаг байв.

Гүн сургалтын үе

2010 оны дундаас өнөөг хүртэлх хугацаанд нейрон сүлжээнд суурилсан гүн сургалтын аргууд эрчимтэй хөгжиж байна [3]. Тухайлбал, Bi-LSTM загвар нь өгүүлбэрийг хоёр чиглэлээс зэрэг уншиж, хам сэдвийг илүү сайн ойлгох боломжийг олгосон [4]. Мөн 2018 оноос хойш гарч ирсэн BERT (Bidirectional Encoder Representations from Transformers) загвар нь анхаарал (attention) механизмыг ашиглан үг хоорондын нарийн хамаарлыг хам сэдвээр нь тодорхойлдог болсон. Энэхүү хандлага нь хүнээс хамааралтай онцлог шинжийн инженерчлэлийг үгүй хийж, маш бага өгөгдөл дээр “fine-tuning” хийх замаар өндөр нарийвчлалд хүрэх боломжийг бүрдүүлсэн юм.

BERT загвар ба “Fine-tuning” арга зүй

BERT (Bidirectional Encoder Representations from Transformers) загвар нь Google-ийн хөгжүүлсэн, трансформатор архитектурт суурилсан хэлний загвар юм.

Трансформатор бүтэц

Уламжлалт RNN-ээс ялгаатай нь анхаарал механизмыг ашиглан өгүүлбэр дэх үг хоорондын хамаарлыг хол ойроос үл хамааран тооцоолдог. Энэ нь “Монголын нууц товчоо”-нд гардаг урт өгүүлбэрүүд дэх нэр болон түүнд хамаарах үйл үгийг холбоход тусална.

Multilingual-BERT (mBERT)

100 гаруй хэлний өгөгдөл дээр урьдчилан сургагдсан (Pre-trained) энэхүү загвар нь Монгол хэлний үгзүйн бүтцийг ерөнхий байдлаар мэдэх тул бага өгөгдөл дээр ажиллах боломжийг олгодог.

Fine-tuning (Нарийвчлан сургах)

Энэхүү арга зүй нь mBERT загварыг өөрийн тусгай өгөгдөлд зориулан дахин сургах үйл явц юм. Ингэснээр загвар нь “Чингис” гэдэг үгийг ерөнхий нэр гэхээс илүүтэйгээр түүхэн бичвэр доторх "Хүний нэр" (B-PER) гэж ялгаж сурдаг.

III. МОНГОЛЫН ТҮҮХЭН ЭХ СУРВАЛЖ ДАХЬ НЭРСИЙГ АВТОМАТААР ЯЛГАХЫН АЧ ХОЛБОГДОЛ

Монголчуудын түүх, соёл, уран зохиолын хамгийн чухал дурсгал болох “Монголын нууц товчоо” нь XIII зууны үеийн монголчуудын угсаа гарвал, нийгмийн байгууламж, түүхэн үйл явдлыг өгүүлдэг гол сурвалж билээ. Түүхэн сурвалж дахь нэрсийг автоматаар ялгах нь түүх судлалыг уламжлалт арга барилаас тооцоолон бодох, загварчлах арга зүй рүү шилжүүлж байгаагаараа шинжлэх ухааны өндөр ач холбогдолтой юм.

"Монголын нууц товчоо" зэрэг сонгодог эх сурвалжид энэхүү технологийг нэвтрүүлэх нь дараах үндсэн давуу талуудыг бий болгоно.

Түүхэн өгөгдлийг системчлэх ба индексжүүлэх

Түүхэн сурвалж бичгүүд нь асар их мэдээллийг агуулдаг боловч тэдгээрийг гараар боловсруулах нь цаг хугацаа их шаардсан, хүний хүчин зүйлээс хамааралтай алдаа гарах магадлалтай байдаг. NER технологийг ашигласнаар олон зуун хуудас эх бичвэрээс хүний нэрсийг хэдхэн секундийн дотор ялгаж, нэрсийн нэгдсэн хэлхээ (Index) үүсгэх, ухаалаг хайлтын системийг бүрдүүлэх боломжийг олгоно.

Түүхэн өгөгдлийг системчлэх

Түүхэн дүрүүдийн хоорондын харилцаа холбоог график хэлбэрээр дүрслэхэд NER гол үүрэг гүйцэтгэдэг. Эх бичвэрээс нэрсийг автоматаар ялгаснаар дүрүүдийн хоорондын садан төрлийн холбоо, холбоотон болон дайсагналцсан харилцааг "Нэр-Үйл үг-Нэр" гэсэн логик бүтцээр шинжлэх, түүхэн үйл явдлын динамик сүлжээг бодитоор зураглах суурь нөхцөл бүрдэнэ.

Дижитал архив ба хиймэл оюуны сургалтын сан үүсгэх

Монгол хэлний, тэр дундаа эртний бичгийн хэлний хувьд чанартай сургалтын өгөгдөл (Annotated

Data) хомс байдаг. Энэхүү судалгааны хүрээнд бэлтгэсэн BIO форматтай өгөгдлийн сан нь цаашид монгол хэл дээрх түүхэн NER загваруудыг хөгжүүлэхэд үнэтэй түүхий эд болохоос гадна "Алтан товч", "Эрдэнийн эрхи" зэрэг бусад түүхэн шаштируудыг судлах загвар (Transfer Learning) болж ашиглагдах боломжтой.

IV. Судалгааны өгөгдөл ба арга зүй

Судалгаанд Л.Тамирын цуглуулсан “Монголын нууц товчоо”-ны 444 хүний нэр бүхий бичвэрийг ашигласан. Энэхүү бичвэр дэх хүйсийн харьцааг авч үзвэл нийт нэрсийн 91.8% буюу 408 нь эрэгтэй, 8.2% буюу 36 нь эмэгтэй дүрүүд байна [5]. Энэхүү өгөгдөл нь түүхэн эх сурвалж дахь дүрүүдийн нэршил болон хүйсийн тэнцвэргүй байдлыг харуулж байгаа бөгөөд загварт эмэгтэй нэрсийг танихдаа илүү анхааралтай суралцах шаардлагыг үүсгэж байна.

Монголын нууц товчооны эх бичвэр нь бүтэцгүй өгөгдөл тул BERT загварт оруулахын тулд BIO тэмдэглэгээний стандарт руу хөрвүүлэх шаардлагатай. Хөрвүүлсэн өгөгдлийн жишээг 1-р хүснэгтэд үзүүлэв. Энэхүү хөрвүүлэлтийг хийхдээ түүхэн бичвэр дэх цол хэргэмүүдийг (хаан, баатар, үжин г.м) нэрний салшгүй хэсэг буюу “I-PER” хаягаар тэмдэглэсэн бөгөөд загварын нарийвчлалд хэрхэн нөлөөлөхийг шинжлэх боломжийг олгох юм.

BIO тэмдэглэгээний жишээ

1-р хүснэгт

Үг	BIO тэмдэглэгээ
Тэмүжин	B-PER
хаан	I-PER
-ы	O
үе	O

Загварын сургалтын үр дүнг үнэлэхийн тулд Монголын нууц товчооны нийт 12 бүлгийг дараах байдлаар хуваасан [6]. Үүнд:

- Сургалтын өгөгдөл (Training set): 1-8 дугаар бүлэг. Энэ хэсэгт загвар нэрсийн бүтэц, хам сэдвийг суралцана.
- Баталгаажуулалтын өгөгдөл (Validation set): 9-10 дугаар бүлэг. Сургалтын явцад гарч буй алдааг хянаж, гиперпараметр тохируулахад ашиглана.
- Туршилтын өгөгдөл (Test set): 11-12 дугаар бүлэг. Загварт өмнө нь огт харагдаагүй хэсэг дээр эцсийн үнэлгээг хийнэ.

Өгөгдлийг бүлгээр нь дараалуулан хуваасан нь “Монголын нууц товчоо”-ны түүхэн он дарааллын шинж чанарыг хадгалах, загвар өмнө нь огт тааралдаагүй шинэ дүрүүдийг хам сэдвийн тусламжтайгаар таних чадварыг бодитоор үнэлэх зорилготой байв. Санамсаргүй хуваалт (random split) хийх нь нэрсийн давтамж дээр суурилсан цээжлэх нөлөөг бий болгох эрсдэлтэй тул сурвалж бичгийн бүтцийн дагуу 1-8 дугаар бүлгийг сургалтад , 11-12 дугаар бүлгийг туршилтад сонгосон.

Загварыг нарийвчлан сургах (Fine-tuning) үйл явцад mBERT-ийн суурь мэдлэгийг түүхэн бичвэрийн онцлогт тохируулан өөрчлөхийн тулд гиперпараметрүүдийг оновчтойгоор сонгон тохируулаа. Тухайлбал, суралцах хурдыг $2*10^{-5}$ байхаар тогтоосон нь загвар хэт хурдан суралцаж, өгөгдлийг цээжлэх (overfitting) эрсдэлээс сэргийлнэ гэж үзсэн. Мөн “AdamW” оновчлолын алгоритмыг ашиглан жингийн алдагдлыг тогтвортой бууруулсан. Бичвэрийг багцлан боловсруулахдаа (batch size) тооцоолон бодох төхөөрөмжийн санах ойн багтаамж (GPU memory) болон сургалтын үйл явцын тогтвортой байдлыг үндэслэн 16 гэсэн утгыг сонгов. Учир нь BERT загвар нь олон параметртэй тул багцын хэмжээг хэт том тогтоох нь санах ойн дутагдалд хүргэх эрсдэлтэй байдаг. Туршилтын явцад эх бичвэр дэх өгүүлбэрүүдийн бодит уртыг харгалзан хамгийн их уртыг (max sequence length) 128 байхаар тогтоосон. Энэхүү урт нь түүхэн дүрүүдийн нэр болон тэдгээрийн хам сэдвийн хамаарлыг бүрэн хамарч суралцахад хангалттай бөгөөд трансформер бүтцийн анхаарал механизм нь 128 токен доторх үг хоорондын нарийн холбоог алдалгүй тооцоолох боломжийг олгож байна. Ийнхүү тооцооллын нөөц болон параметрийн нарийн тохируулгыг хослуулснаар загвар нь түүхэн бичвэр дэх нэрсийг ялгахдаа хэл шинжлэлийн гүнзгий хамаарлыг тооцоолох нөхцөлийг бүрдүүлсэн болно.

V. Туршилтын үр дүн

“Монголын нууц товчоо”-ны 11-12 дугаар бүлэг дээр хийсэн туршилтын үр дүнг нийт нарийвчлал (accuracy), нарийвчлал (precision), илрүүлэлт (recall), болон F1-үнэлгээ (F1-score) гэсэн үндсэн дөрвөн хэмжүүрээр үнэллээ. Туршилтын нэгдсэн үр дүнг 2-р хүснэгтэд харуулав.

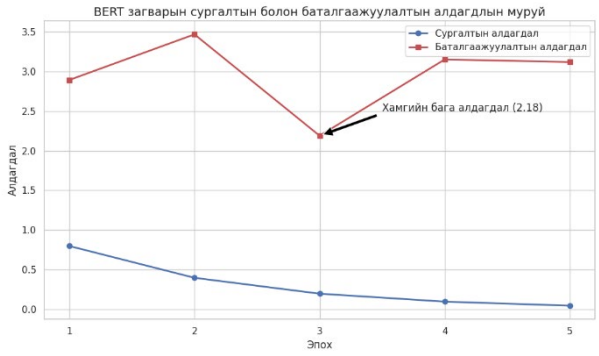
Туршилтын үр дүн

2-р хүснэгт

Үнэлгээний хэмжүүр	Үр дүн (%)	Тайлбар
Recall	66.6	Нийт нэрсийн 2/3-ыг зөв олж тогтоосон.
Precision	40.0	Нэр гэж таамагласан 10 үг тутмын 4 нь зөв байсан.
F1-score	50.0	Нарийвчлал болон илрүүлэлтийн тэнцвэрт үнэлгээ.
Accuracy	60.0	Нийт токенуудыг (нэр ба нэр бус) зөв ангилсан магадлал.

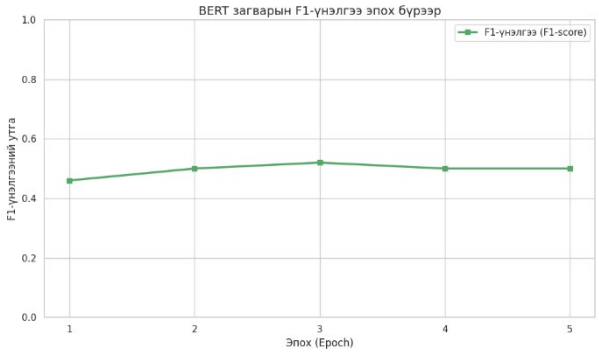
Туршилтын үр дүнд илрүүлэлт 66.6% гарсан нь mBERT загвар эх бичвэр дэх түүхэн дүрүүдийн гуравны хоёрыг (2/3) өгүүлбэрийн хам сэдвээс зөв таньж, илрүүлж чадаж байгааг харуулж байна. Энэ нь бага хэмжээний өгөгдөл (444 нэр) дээр сургасан загварын хувьд харьцангуй сайн үзүүлэлт бөгөөд mBERT-ийн олон хэлний мэдлэг болон анхаарал

механизм нь эртний Монгол хэлний хам сэдвийг ойлгоход үр дүнтэй байгаагийн илрэл юм.



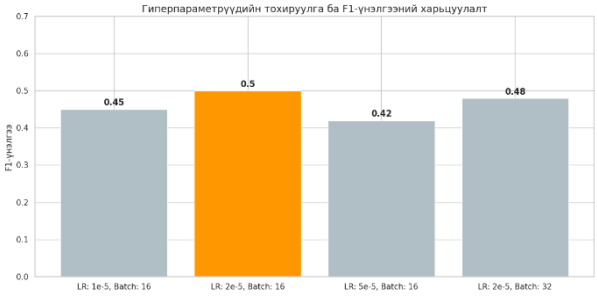
1-р зураг. Алдагдлын муруй

1-р зурагт харуулсан алдагдлын муруйн график нь mBERT загвар “Монголын нууц товчоо”-ны өгөгдөл дээр хэрхэн суралцаж буйг болон сургалтын үйл явц хэр тогтвортой байгааг харуулах үндсэн нотолгоо юм. Сургалтын алдагдал (Training Loss) нь эхний эпохоос эхлэн тогтвортой буурсаар сургалтын төгсгөлд буюу 5 дахь эпох дээр 0.0489 гэсэн хамгийн бага утгад хүрсэн байна. Энэ нь загвар сургалтын өгөгдөл (1-8 дугаар бүлэг) дэх хүний нэрсийн бүтэц, хэлзүйн хэв шинж болон тэдгээрийн хам сэдвийн хамаарлыг маш сайн суралцаж, тухайн өгөгдөл дээр алдааг хамгийн бага түвшинд хүртэл бууруулж чадсаныг илтгэж байгаа юм. Нөгөө талаас, баталгаажуулалтын алдагдал нь сургалтын явцад 2.18-аас 3.46-ийн хооронд хэлбэлзэлтэй байна. Графикаас харахад баталгаажуулалтын алдагдал 3 дахь эпох дээр хамгийн бага утгадаа хүрсэн нь загвар ерөнхий шинж чанарыг хамгийн оновчтойгоор таньж буй “цэг” юм.



2-р зураг. F1-үнэлгээ ба эпохын хамаарал

2-р зурагт харуулсан график нь mBERT загварыг нарийвчлан сургах явцад хүний нэрийг илрүүлэх болон зөв ангилах чадвар цаг хугацааны хувьд хэрхэн тогтворжиж буйг харуулах үндсэн үзүүлэлт юм. F1-үнэлгээ нь нарийвчлал болон илрүүлэлтийн тэнцвэрийг илэрхийлдэг тул загварын ерөнхий чадамжийг үнэлэх хамгийн бодит хэмжүүр болдог. Графикаас харахад сургалтын эхний эпох дээр F1-үнэлгээ 0.46 утгатай байсан бол 2 дахь эпохоос эхлэн 0.50 болон түүнээс дээш утга руу шилжиж, улмаар 3 дахь эпох дээр хамгийн дээд үзүүлэлт буюу 0.52-т хүрсэн байна. Энэхүү өсөлт нь загвар эхний үе шатуудад түүхэн бичвэр дэх нэрсийн бүтэц болон хам сэдвийн хэв шинжийг хурдан таньж сурсныг илтгэж байгаа юм. Сургалтын явцад F1-үнэлгээ ийнхүү тогтвортой өсөж, тодорхой цэгт очиж хавтгайрах хандлагатай байгаа нь загвар түүхэн нэрсийг хам сэдвийн тусламжтайгаар таних чадвар нь бодитоор дээшилж байгааг баталж байна. Хэдийгээр үзүүлэлтүүд 4 болон 5 дахь эпох дээр 0.50 утгад тогтворжиж байгаа ч, энэ нь өгөгдлийн хэмжээ харьцангуй бага (444 нэр) байгаа нөхцөлд mBERT загвар өөрийн боломжит дээд түвшиндээ хурдан хүрснийг харуулж байна.



3-р зураг. Гиперпараметрүүдийн тохируулга ба F1-үнэлгээний харьцуулалт

3-р зурагт харуулсан график нь mBERT загварыг нарийвчлан сургах явцад суралцах хурд болон багцын хэмжээ гэсэн хоёр үндсэн параметрийн өөр өөр хослолууд загварын ерөнхий чадамж болох F1-үнэлгээнд хэрхэн нөлөөлж буйг харуулж байна. Судалгааны явцад суралцах хурдыг $1x10^{-5}$-аас $5x10^{-5}$ хүртэл, багцын хэмжээг 16 болон 32 гэсэн утгуудаар туршиж үзсэн бөгөөд үр дүнгээс харахад суралцах хурдыг $2x10^{-5}$, багцын хэмжээг 16 байхаар тохируулсан хувилбар нь хамгийн өндөр буюу 0.50 гэсэн F1-үнэлгээг үзүүлсэн байна. Энэхүү оновчтой хослолыг тод өнгөөр (шар) ялган харуулсан. Багцын хэмжээг 16-аар тогтоосон нь тооцоолох төхөөрөмжийн санах ойн нөөцийг оновчтой ашиглахын зэрэгцээ сургалтын үйл явцын тогтвортой байдлыг хангаж, жингийн алдагдлыг жигд бууруулах нөхцөлийг бүрдүүлсэн. Харин суралцах хурдыг $2x10^{-5}$ гэж сонгосон нь загвар өгөгдлийг хэт хурдан цээжлэх эрсдэлээс сэргийлж, түүхэн бичвэр дэх нэрсийн хам сэдвийг илүү гүнзгий суралцах боломжийг олгосон гэж үзэж байна.

2-р хүснэгтэд харуулснаар нарийвчлал 40.0% буюу бага гарсан нь загвар нэр бус үгсийг “Нэр” (I-PER) гэж андуурах тохиолдол их байгаатай холбоотой юм. Үүнд дараах хүчин зүйлс нөлөөлсөн гэж үзэж байна. Монголын нууц товчоонд “баатар”, “сэцэн”, “хаан”, “үжин” зэрэг цол хэргэм нэрний ард байнга дагалддаг. Загвар эдгээр цол хэргэмийг нэрний нэг хэсэг (I-PER) гэж андуурахаас гадна, зарим тохиолдолд нэр ороогүй өгүүлбэрт орсон “баатар” гэх мэт ерөнхий нэрийг “Хүний нэр” гэж ташаа ангилж байна. Мөн mBERT нь орчин үеийн 100 гаруй хэлний өгөгдөл дээр урьдчилан сургасан тул XIII зууны монгол хэлний үгсийн сан, өвөрмөц бүтэцтэй харьцахад салбарын зөрүү (domain mismatch) үүсэж байна. Иймд түүхэн бичвэрийн онцлогийг бүрэн тусгасан салбарын төрөлжсөн (domain-specific) загвар буюу эртний монгол хэлээр

дахин сургасан загвар шаардлагатай байгааг энэхүү үр дүн харууллаа.

Загварын гаргасан алдааг шинжлэхэд ихэвчлэн “Тэмүжин Чингис хаан” гэсэн бичвэрт “Тэмүжин”-ийг зөв таньж байгаа боловч “хаан” гэдэг цолыг нэрний төгсгөл гэж ялгахдаа тодорхойгүй байдал үүсгэх (эсвэл нарийвчлан зааглаж чадахгүй байх) зэрэг алдаа илэрч байна. Энэ нь нарийвчлал болон F1-үнэлгээг доош татах гол шалтгаан болжээ.

ДҮГНЭЛТ

Энэхүү судалгаагаар “Монголын нууц товчоо” түүхэн эх сурвалж дахь хүний нэрийг multilingual-BERT (mBERT) загвар ашиглан автоматаар таних туршилтыг гүйцэтгэж, тодорхой үр дүнд хүрэв. Туршилтын үр дүнгээс үзэхэд гүн сургалтын mBERT загвар нь түүхэн бичвэр дэх дүрүүдийг 66.6%-ийн магадлалтайгаар илрүүлэх боломжтойг баталсан нь эртний бичгийн сурвалжийг дижитал хэлбэрт шилжүүлэх, өгөгдөл олборлох технологийн боломж өндөр байгааг илтгэж байна. Гэвч түүхэн нэрс болон тэдгээрийн ард тогтмол дагалддаг цол хэргэмийн нягт хамаарал нь загварын нарийвчлалыг 40.0%-д хүргэж бууруулах үндсэн хүчин зүйл болж байгаа бөгөөд энэ нь цаашид нэр болон цолны зааг ялгааг нарийвчлан тогтоох шаардлагатайг харууллаа.

Цаашид загварын нарийвчлалыг сайжруулахын тулд цол хэргэмүүдийг тусдаа хаягаар тэмдэглэж, олон ангилалт NER системийг хөгжүүлэх, мөн сургалтын өгөгдлийн санг бусад түүхэн шаштируудаар баяжуулах замаар өгөгдлийн хүртээмжийг нэмэгдүүлэх нь зүйтэй юм. mBERT нь орчин үеийн хэл дээр өндөр үр дүнтэй боловч түүхэн эх сурвалжийн хувьд үүсэж буй салбарын зөрүүг арилгах, түүнчлэн, Монгол хэлний өвөрмөц онцлогт тулгуурлан сургасан “Mongolian-BERT” зэрэг төрөлжсөн загваруудыг туршиж, үр дүнг харьцуулан шинжлэх нь түүхэн бичвэр боловсруулах технологийн чадамжийг шинэ шатанд гаргах ач холбогдолтой байна.

АШИГЛАСАН МАТЕРИАЛЫН ЖАГСААЛТ

[1] Lample, G., Ballesteros, M., Subramanian, S., Kawakami, K., & Dyer, C. (2016). Neural Architectures for Named Entity Recognition. In Proceedings of NAACL-HLT.

[2] Ramshaw, L. A., & Marcus, M. P. (1995). Text Chunking using Transformation-Based Learning. In Third Design and Implementation of Symbolic Computation Systems.

[3] Wu, Y., et al. (2016). Google's Neural Machine Translation System: Bridging the Gap between Human and Machine Translation.

[4] Devlin, J., Chang, M. W., Lee, K., & Toutanova, K. (2018). BERT: Pre-training of Deep Bidirectional Transformers for Language Understanding. arXiv preprint arXiv:1810.04805.

[5] News.mn, Монголын нууц товчоонд гардаг нэрс, Л.Тамир, https://news.mn/r/218765/.

[6] Ц.Дамдинсүрэнгийн орчуулга, Монголын нууц товчоо (Орчин цагийн монгол хэлээр) “Монголын Урлаг вебсайт”: https://www.mongolian-art.de/02_mongoliin_urlag/01_mongoliin_nuuts_tovchoo.htm.

[7] Munkhjargal, Zoljargal & Bella, Gábor & Chagnaa, Altangerel & Giunchiglia, Fausto. (2015). Named Entity Recognition for Mongolian Language. 243-251. 10.1007/978-3-319-24033-6_28.

МОНГОЛ ХЭЛНИЙ “АМ” ХЭМЭЭХ ҮГ ОРСОН ХЭЛЦИЙН КОНЦЕПТУАЛ ЗҮЙРЛЭЛ

Нарангэрэлийн МӨНХЖАРГАЛ[1]

[1]Монгол Улс, Улаанбаатар, ШУТИС, Гадаад хэлний сургууль, Ази судлалын тэнхим

Холбоо барих зохиогчийн и-мэйл хаяг: munkhj@must.edu.mn[1]

Хураангуй: **Энэхүү өгүүлэлд монгол хэлний “ам” хэмээх үгт тогтвортой хэллэгийг танин мэдэхүйн хэл шинжлэлийн үүднээс судалж, тэдгээрийн концептуал зүйрлэл, утгын бүтэц, соёлын агуулгыг тодорхойлох зорилготой. Судалгаанд “ам” хэмээх үг орсон 333 хэлц, зүйр цэцэн үгийг хэрэглэгдэхүүн болгон авч, дескриптив, ангилан бүлэглэх, семантик шинжилгээ, концептуал зүйрлэлийн шинжилгээ, контекстуаль тайлал зэрэг аргыг хэрэглэв. “Ам” эрхтэн төдийгүй яриа, харилцаа, ёс суртахуун, нэр төр, эрх мэдэл, нийгмийн үнэлгээний төв ойлголт болон концептуалчилж байна. Энэхүү судалгаа нь монгол хэлний хэлц дэх “ам” хэмээх ойлголтын танин мэдэхүйн бүтэц, соёлын утгыг системтэйгээр илрүүлэх, когнитив хэл шинжлэл, хэлц судлал, соёл, үндэстний сэтгэлгээний судалгаанд хэрэглэх онолын ач холбогдолтойгоос гадна монгол хэлний хэлцийн утга тайлбарлах, хэл соёлын хичээлд ашиглах, гадаад хэлтэнд монгол хэл заах зэрэгт хэрэглэх практик ач холбогдолтой. Эдгээр хэлцийг зөвхөн утга, хэрэглээний түвшинд бус, концептуал зүйрлэл, биежсэн танин мэдэхүй (embodied cognition), соёлын үнэт зүйлтэй нь уялдуулан цогцоор нь авч үзсэнд шинэлэг тал оршино.**

Түлхүүр үг: Танин мэдэхүй, метафор, тогтвортой хэллэг, яриа, ойлголт

I. УДИРТГАЛ

“Хэл бол хүний ухамсарт үйл ажиллагааг илэрхийлэх арга төдийгүй түүх-соёлын туршлага хийгээд мэдлэг эзэмших, хадгалах, дамжуулах хэрэглүүр, басхүү ертөнцийг танин мэдэхүйн хүчирхэг хэрэгсэл юм. Хэл бол сэтгэлгээний хэлбэр төдий бус, басхүү соёлын чухал элемент учраас хэл, сэтгэлгээ, соёл гурвын хооронд нэг нь нөгөөгүйгээр байж үл болох жам ёсны, салшгүй холбоо байдаг. Хэл нь нийгмийн амьдралын тусгал учраас тухайн нийгмийн бүх соёл хэлэнд хамаатай, тиймээс хэл нь тухайн хэлний үндэс суурь болох соёл, хүн-нийгмийн харилцааны бүх талыг тусгаж ’ертөнцийн хэлний зураг’ бүтээх дохио тэмдгийн тогтолцоо болдог байна.” [1] Энэ нь хэлний нэгж, түүний утгаар илэрдэг. “Хэлний тогтвортой нэгж нь бүхэлдээ шууд бус нэрлэлт байдаг учраас утга далдлагдах, бас өгүүлэгчийн үнэлэмж, сэтгэл хөдлөлийн байдал, тухайн уугуул соёл-хэлтний сэтгэлгээний тогтвортой хэв маягийн илэрхийлэл болсон хамсмал утгас түүнд давхраатан илэрсэн байдаг” [2, p. 83] Монгол хэлний хэлц, тогтвортой хэллэг нь тухайн ард түмний ертөнцийг үзэх үзэл, үнэт зүйл, нийгэм үндэстний харилцаа, туршлагад суурилсан танин мэдэхүйн хэв шинжийг тусган илэрхийлдэг чухал хэлний нэгж юм. Ялангуяа хүний бие эрхтний нэр орсон хэлцүүд нь хийсвэр ойлголтыг биед суурилсан бодит байдал (embodied realism), туршлагаар дамжуулан тайлбарлах боломжтой байдаг. Энэ хүрээнд “ам” хэмээх үг орсон хэлц нь монголчуудын хэл яриа, зан чанар, нэр төр, харилцааны соёл, эрх мэдэл, ёс суртахуун зэрэг ойлголтыг хэрхэн концептуалчилж байгааг илрүүлэх чухал хэрэглэгдэхүүн юм. Танин мэдэхүйн хэл шинжлэлд хэл нь мэдээлэл дамжуулах хэрэгсэл бус, харин хүний туршлага, биеийн мэдрэмж, соёлын ойлголтыг бүтэцжүүлдэг танин мэдэхүйн тогтолцоо гэж үздэг. Танихуйн зүйрлэлийн онолыг үндэслэгч Ж.Лакофф, М.Жонсон нар 1980 онд “Бидний хэрэглэдэг зүйрлэлүүд” номдоо концептуал зүйрлэлийн онол нь хийсвэр ойлголтыг биет туршлагаар дамжуулан ойлгодог хэмээн үзсэн байдаг. Өөрөөр хэлбэл, хүн хийсвэр үзэгдлийг биет туршлага, хөдөлгөөн, орон зайн мэдрэмж, үйл ажиллагаанд тулгуурлан ойлгох ба хэлэнд зүйрлэл, дүрслэл, тогтвортой хэллэгийн хэлбэрээр илэрдэг байна. “Концептуал метафор нь соёлын загварын мөн чанарыг бүрэн тодруулахад тус дөхөм болдог төдийгүй нарийн түвэгтэй оюун дүгнэлт болон учир шалтгааны ул мөрийг илрүүлэх үйлдэлтэй байна. Метафор нь гүнзгий нарийн утга илтгэхээс гадна, ялангуяа, хийсвэрлэх арга болох адилтгал зүйрлэл, төлөөлөл зэргээс бүтэж, энэ хирээр сэтгэлгээний дээд эрэмбийн нэгдэл буюу оюун ухаанд бүрэлдэж буй сэтгэлгээний орон үйлдлүүдийн шүтэн барилдлагын мөн чанарыг тодорхой илтгэж буй хэл-соёлын нэгж гэж үзэж байна.” [1] “Зүйрлэл ертөнцийн юм, үзэгдэл, ухагдахууныг таних, багцлах, тайлбарлах, үнэлэх сэтгэн бодох арга” [3, p. 147], “зүйрлэлийг сэтгэхүй, ертөнцийн үндэсний зураглал болон түүний нийтлэг дүрийг илэрхийлэх үйл явц” [4, p. 5] гэж болох юм.

Энэхүү судалгаандаа “Танин мэдэхүйн зүйрлэлийн онол”-ын үүднээс “ам” хэмээх ухагдахуун, тэдгээрийн концептуал зүйрлэл, утгын бүтэц, соёлын агуулгыг тодорхойлох зорилготой. Өөрөөр хэлбэл хэлцийн утгыг зөвхөн хэлний дотоод түвшинд бус, танин мэдэхүй–соёл–хэрэглээ гэсэн гурван түвшний нэгдэлд авч үзэв. Мөн “ам” хэмээх үгийг дан ганц нэрлэсэн утгаар нь бус, концептуал төв нэгж гэж үзэн түүнээс салаалсан утгын сүлжээ, дүрслэлийн бүтцийг тогтоохыг зорив. Хэлцийн утгыг тайлбарлахдаа туршлага буюу биежсэн танин мэдэхүй (embodied cognition), нийгмийн үнэлэмж, харилцааны практик гурвын огтлолцол дээр гаргахыг чухалчилсан.

“Ам” хэмээх үгийг монгол хэлний тайлбар толиудад дараах байдлаар тайлбарласан байдаг. Үүнд: **Сэцэнцогт “Монгол үгсийн язгуурын толь”-д Ам** - 1.хүн амьтны идэх уух ба дуугарах эрхтэн: 2. Зарим юмны амсар сүв буюу ангайж онгойсон хэсэг, 3. Өрхийн доторх хүний тоо, 4. Бүс барааг энгээр дөрвөлжилсөн хэмжүүрийн нэгж, 5. Үг хэл, 6. Эсэргүүцэл этгээд: бөхийн ~ , ~ угтуул, 7. Аж амьдрал: ~ улжих (амь зуух) (1988, хууд. 106) 1, **Ц. Норжин нарын “Монгол хэлний толь”-д Ам**- 1. Хүн амьтны хооллох эрхтний нэг бөгөөд зарим амьтны дууны эрхтний нэг, 2. Зарим юмны ам мэт ангайж онгойсон хэсэг: жалгын ам, хайчны ам, бууны ам, гудамжны ам, 3. Үг хэл, яриа хэлэлцээ: хэл ам болох, 4. Хүн буюу хүнийг бүртгэн тоолох нэгж: бид гэртээ дөрвөн ам, нэг ам хүнд гурван бод ногдоно, 5. Ойртох шахсан үе: наадам намс болж хэрэлдэхийн ам болов. (1999, хууд. 93), **Я. Цэвэл “Монгол хэлний товч тайлбар толь”-д** “ам- 1. Хүн амьтны уруулын завсарх сүв; 2. Хүн амьтны хушуу уруулын завсарх, багалзуур хүртэлх хөндий; 5. Шилжсэн үг, хэл; хэл ам хийх, ам хэл татлах, хэл ам гаргах, амтай хэлтэй хүн, үг хэл гаргах, хэл амаа билүүдэх, үг хэлээ бараад байна, ам хэлээр доромжлох” (1966, хуудсд. 36-37) хэмээн тус тус тайлбарласан байна. Үүнээс харахад “Ам” нь хүний бие эрхтэн болохын хувьд ярих, дуу авиа гаргах, хооллох, харилцах зэрэг амьдралын суурь үйл ажиллагаатай холбоотойгоос гадна аливаа ангайж онгойсон хэсэг гэсэн утга илэрхийлжээ. Үүнтэй холбоотойгоор “ам” үг оролцсон хэлцүүд нь ихэвчлэн хүн, хүний зан ааш, мөн чанар, ёс суртахуун, нийгмийн харилцаа, харилцааны соёл зэргийг илэрхийлжээ. Жишээлбэл, “ам алдах”, “ам барих”, “ам муутай”, “ам сайтай”, “ам задгай”, “амны гай”, “амны билэг” зэрэг хэлцүүд нь хүний үг хэл, зан чанар, ёс суртахууны үнэлэмжийг илэрхийлсэн утгатай байна. Ийм хэлцүүд нь монголчуудын соёл, харилцааны ёс зүйн тухай ойлголтыг тодорхой илэрхийлдэг. “Ам” хэмээх үг орсон хэлцүүдийн утга, хэрэглээ, дотоод дүрслэл, соёлын утгыг танин мэдэхүйн түвшинд задлан шинжлэх зорилгоор 333 тогтвортой хэллэг түүвэрлэн авсан. Эдгээр тогтвортой хэллэгийг нийтлэг тохиолдох утга, хэрэглээ, дүрслэлийн хэв шинжээр нь дараах байдлаар ангилан системчилж, концептуал зүйрлэлийг шинжлэхийг зорилоо.

1. *Яриа, хэлэх үйлтэй холбоотой*

Ам нээх [4, p. 33], ам нээлгэх [4, p. 33], ам ангайх [3] 31х., ам гарах [3] 40х., ам халах [3] 38х., ам нийлэх [3] 33х., ам нийлүүлэх [3] 33х., ам зөрөх [3] 45х., ам зөрүүлэх [3] 45х. /эсэргүүцэн маргах/, ам булаалдах [3] 36х., ам булаах [3] 36х. гэх зэргээр “ам” нь ярих, дуугарах, хэлэх үйлийн төв болохыг, мөн хүний санаа бодлоо илэрхийлэх үг хэл, үг яриа, хүмүүс хоорондоо ярилцах, хэлэлцэх, маргах, зөвшилцөх эв зүйгээ олох хэрэгсэл болж байгаа утга илэрхийлсэн байна. “Ам” хэмээх үгт хэлцүүдийн ярих, дуугарах, хэлэх, ярилцах, маргах зэрэг хэл ярианы үйл ажиллагаатай холбоотой байдаг. Ам нээх ам нээлгэх, ам ангайх, ам гарах, ам халах, ам нийлэх, ам нийлүүлэх, ам зөрөх, ам зөрүүлэх, ам булаалдах, ам булаах “ам” нь бие эрхтэн төдий бус, хүний үзэл бодол, бодол санаа, харилцах хэрэгцээг хангах гол хэрэгсэл болж концептуалчлагдсан байна. Мөн хэлцэд “ам” нь хэлэх, ярих үйлийн эхлэл, үргэлжлэл, өрнөл, зөрчил, зөвшилцөл, зохицлыг илэрхийлнэ. Тухайлбал, Ам нээх, ам гарах, зэрэг нь яриа эхлэх, өгүүлэгч өөрийн байр суурийг илэрхийлэх, харилцах үйлийг, ам халах, ам булаах, ам хамхихгүй, ам задгай гэх зэргээр яриа улам идэвхжиж, чөлөөтэй болж үг яриагаа хянахгүй болох, ам нийлэх, ам нийлүүлэх нь хүмүүс үзэл бодол, яриа ойртон нийцэх, ам зөрөх, ам зөрүүлэх, ам булаалдах зэргээр санаа нийлэхгүй, маргах, зөрчилдөх гэсэн утгыг тус илэрхийлсэн. Эдгээр хэлцүүдэд ам бол яриа, яриа бол хөдөлгөөн, харилцаа бол нийцэл, зөрчил гэсэн концептуал зүйрлэл илэрч байна. Өөрөөр хэлбэл, үг яриа нь амнаас “гардаг”, хүмүүсийн санаа бодол “нийлдэг” эсвэл “зөрдөг”, харилцаа нь хөдөлгөөн, ойртон дотносох болон сөргөлдөөнөөр дүрслэгддэг байна. Ам бол яриа бас хэлэх үйл юм.

2. *Үг ярианы агуулга, мэдээлэлтэй холбоотой*

“Ам” хэмээх үгт хэлц нь үг ярианы агуулга, мэдээлэл, нууц, тараах, хадгалах, задруулах зэрэг ойлголттой холбоотой байна. Ам хамраас сум ойчих [8, p. 38], ам хамраа билүүдэх [8, p. 38], ам дагах [8, p. 44], ам дамжих [8, p. 44], ам дамжуулах [8, p. 44], ам цалгай [8, p. 44], ам чанга атга хүчтэй [8, p. 44], амаа худалдах [8, p. 35], амаа татах [8, p. 35], амаа чанга барих [8, p. 35], амаа жимийх [8, p. 35], амаа бөхлөх [8, p. 35] гэх зэргээр үг хэл нь хүний дотоод мөн чанар, зан чанар, ёс суртахуун, харилцаа хандлагыг илэрхийлсэн. Эдгээр хэлцэд үг яриа нь нэг талаас хүнийг өвтгөх, дарамтлах чадвартай хүчтэй зэвсэг мэт, нөгөө талаас хадгалж, нууж, тарааж болдог “юм” мэт ойлгогдож байна. Тухайлбал, ам хамраас сум ойчих, ам хамраа билүүдэх зэрэг нь үг хэл хүнийг гэмтээх, довтлох хүчтэй хэрэгсэл болохыг илэрхийлж байгаа бол амаа татах, амаа чанга барих, амаа жимийх, амаа бөхлөх зэрэг нь үг яриагаа хянах, нууцыг хадгалах, дуугүй байхтай холбоотой утгыг илтгэнэ. Харин ам дамжих, ам дамжуулах нь үг хэл, мэдээ мэдээлэл, яриа хүнээс хүнд дамжин тархах үйл явцыг харуулна. Ам бол сав, үг бол юм, үг бол зэвсэг, яриа бол хөдөлгөөн гэсэн концептуал зүйрлэл илэрнэ. Үг нь “ам”-д хадгалагддаг, “ам”-наас гардаг, нэг хүнээс нөгөөд “дамждаг”, мөн хүнийг “шархлуулдаг” “юм буюу обьект” юм. Иймээс “ам” нь ярих эрхтэн төдийгүй мэдээллийг хадгалах, тараах, нууцлах, хянах төв концепт болж байна.

3. Хүний зан чанартай холбоотой

Ам сайн [4, p. 42], ам сайтай [4, p. 42], ам муу [4, p. 41], ам муутай [4, p. 41], ам муудах [4, p. 41], ам сулгүй [4, p. 43], ам сул [4, p. 43], ам сулрах [4, p. 43], ам зөөлөн [4, p. 45], ам хатуу [4, p. 39], ам хазгай [4, p. 39], ам гажуу [4, p. 40], ам гэж алт [4, p. 41], амны бэлгээс ашдын бэлэг [5, p. 45] зэрэг хэлцэд “ам” нь хүний зан чанар, ёс суртахуун, төлөв байдал, хүмүүжил, үнэт зүйлсийн илрэл болж концептуалчлагдсан байна. Эдгээр хэлцэд хүний дотоод мөн чанарыг шууд бус, харин ярих арга барил, үгийн өнгө аяс, хэлэх хэв маягаар нь үнэлдэг монголчуудын танин мэдэхүйн болон соёлын онцлог туссан. Ам бол хүний зан араншин гэсэн концептуал зүйрлэл илэрч байна. Өөрөөр хэлбэл, хүний “ам” буюу ярих хэв маяг нь тухайн хүний дотоод мөн чанар, хүмүүжил, ёс суртахууныг төлөөлдөг гэж үздэг. Жишээлбэл, ам сайн, ам сайтай гэдэг нь эерэг, зөв, урам өгсөн, эв найртай үг хэлдэг хүнийг илэрхийлдэг бол ам муу, ам муутай, ам муудах нь муу ёрлох, бусдад муу муухай үг хэлэх, таагүй нөлөө үзүүлэх хандлагатай хүнийг илэрхийлнэ. Мөн ам сулгүй, ам сул зэрэг хэлцэд ам бол хүн гэсэн концептуал зүйрлэл байна. Ам сул хүн нь нууц хадгалж чаддаггүй, хэлэх ёсгүй зүйлээ хэлчихдэг, өөрийн ярианд хянах чадваргүй хүнийг харин ам чанга, ам сулрах гэдэг нь нууц хадгалдаг, үг хэлээ хянадаг хүнийг илтгэн үг яриагаа хянах чадвар нь хүний ухамсар, ёс суртахуун, өөрийгөө удирдах чадвартай шууд холбоотой юм. Ам зөөлөн, ам хатуу, ам хазгай, ам гажуу зэрэг хэлцэд үг бол шинж чанар гэсэн концептуал зүйрлэл илэрнэ. Үгийг зөөлөн, хатуу, гажуу, хазгай зэрэг физик шинжтэй объект мэт ойлгож, “ам зөөлөн” гэдэг нь аядуу, эвлэг, эелдэг үг хэлдэг хүнийг, “ам хатуу” нь ширүүн, догшин, хатуу үгтэй хүнийг илэрхийлж байгаа бол “ам хазгай”, “ам гажуу” нь хүний яриа, санаа бодол зөв биш, буруу ташаа, зохисгүй байгааг илэрхийлдэг. Ам гэж алт, амны бэлгээс ашдын бэлэг зэрэг хэлцэд үг бол үнэ цэнтэй зүйл гэсэн концептуал зүйрлэл юм. “Ам гэж алт” хэмээх хэлц нь зөв, сайн, үнэн, жинтэй үг хэлдэг хүний яриаг монголчуудын үнэ цэнийг хэмжүүр алттай зүйрлэн, эрхэмлэн үнэлсэн. Харин “амны бэлгээс ашдын бэлэг” нь сайн үг, ерөөл, бэлгэ дэмбэрэл нь ирээдүйн сайн сайхныг авчирдаг гэсэн уламжлалт үзэлтэй холбоотой. Эндээс харахад үг яриа нь аливаад нөлөөлдөг, удирдан чиглүүлэх, үнэ цэн бүтээх хүчтэй зүйл гэж үзсэн байна. Эдгээр хэлцэд “ам” нь хүний зан чанар, ёс суртахуун, нийгмийн үнэлэмжийн хэмжүүр болж, үг хэл нь зөөлөн–хатуу, зөв–буруу, үнэ цэнтэй–үнэгүй, зохистой–зохисгүй гэсэн эсрэгцэл бүхий үнэлэмжээр илэрч байна. Энэ нь монголчууд хүнийг хэл яриагаар нь таньж, үг хэлэнд нь тулгуурлан зан чанар, хүмүүжлийг нь үнэлдэг соёлын онцлогийг илтгэнэ.

4. Нэр хүнд, нийгмийн үнэлгээтэй холбоотой

Хүний амны зугаа болох [4, p. 780], хүний аман зоог болох [4, p. 780], хүний эрүү аман доор орох [4, p. 780], олны аманд алт хайлуулна [4, p. 229], олны аманд овоо хөдөлнө [4, p. 229], олны ам уулын толгойг хазайлгана [4, p. 229], олны ам уулын толгойг эргүүлнэ [6, p. 296], олны ам алтыг ширгээнэ [4, p. 229], олны ам оточ [4, p. 229]/олны хэлэлцсэн хүчтэй, оновчтой/, олны ам осолтой ч, ортой [5, p. 210], олны ам далай ширгээнэ [4, p. 229], олны амыг оньсолж болохгүй түмний амыг түгжиж болохгүй [4, p. 229], олны амыг олсоор боож болдоггүй түмний амыг төмрөөр боож болдоггүй [4, p. 229], олны амыг олсоор боохгүй түмний амыг төмрөөр үдэхгүй [4, p. 229] гэх зэргээр “ам” нь бусдын үнэлэмж, олон нийтийн яриа, нэр төр, олон нийтийн үнэлгээ, нийтийн шүүмжлэл, шүүлтийн хэрэгсэл болдог байна. “Хүний амны зугаа болох”, “хүний аман зоог болох”, “хүний эрүү аман доор орох”, “олны аманд алт хайлуулна”, “олны аманд овоо хөдөлнө”, “олны ам уулын толгойг хазайлгана”, “олны ам уулын толгойг эргүүлнэ”, “олны ам алтыг ширгээнэ”, “олны ам оточ”, “олны ам осолтой ч, ортой”, “олны ам далай ширгээнэ”, “олны амыг оньсолж болохгүй, түмний амыг түгжиж болохгүй”, “олны амыг олсоор боож болдоггүй, түмний амыг төмрөөр боож болдоггүй” зэрэг хэлцэд “ам” нь олон нийтийн үнэлэмж, нийтээрээ шүүх, нэр төр, нийгмийн хяналт, хүний тухай нийтлэг ойлголт бүрэлдэх “механизм” болж концептуалчлагдсан байна. Эдгээр хэлцэд ам бол нийгмийн үнэлгээ, олны ам бол хяналт, үг бол хүч, нэр хүнд бол олны аманд орших зүйл гэсэн концептуал зүйрлэлээр илэрчээ. Өөрөөр хэлбэл, хувь хүний нэр төр, байр суурь, үнэлэмж нь зөвхөн өөрөөс нь биш, бусдын яриа, олны шүүлт, нийтийн үнэлгээгээр тодорхойлогддог гэсэн утга шингэсэн. “Хүний амны зугаа болох”, “хүний аман зоог болох” зэрэг хэлцэд хүний тухай яриа нь бусдын сонирхол, хов жив, зугаа цэнгэлийн “объект” болж байгааг илэрхийлсэн. Яриа бол хоол гэсэн концептуал зүйрлэл буюу бусдын тухай яриа нь “идэж”, “амталж”, “зажилж” болдог хоол мэт ойлгогдож байна. Иймээс хүнийг “амны зугаа” болгоно гэдэг нь түүнийг олон нийтийн ярианы “объект” болгож байгаа хэрэг юм. “Олны аманд алт хайлуулна”, “олны аманд овоо хөдөлнө”, “олны ам уулын толгойг хазайлгана”, “олны ам далай ширгээнэ” зэрэг хэлцэд үг бол хүч, олны яриа бол асар их нөлөөтэй хүч гэсэн концептуал зүйрлэл илэрч байна. Олон нийтийн яриа нь алт хайлуулах, уул хөдөлгөх, далай ширгээх зэрэг боломжгүй мэт санагдах үйлдлийг хийж чадах асар их хүчтэй зүйлээр

дүрслэгдсэн. Олны үг, шүүлт нь хүний нэр төр, хувь заяа, нийгмийн байр сууринд хүчтэй нөлөө үзүүлдэг гэж монголчууд үздэг байна. “Олны ам осолтой ч, ортой” гэсэн хэлцэд олон нийтийн яриа нь заримдаа хэтрүүлэгтэй, хор хөнөөлтэй байж болох ч бас үнэн, үндэстэй байдаг гэсэн санааг илтгэнэ. “Олны ам бол үнэнд ойр хамтын мэдлэг” гэсэн концептуал зүйрлэл юм. Өөрөөр хэлбэл, олон нийтийн ярианг хий хоосон зүйл биш, харин нийгмийн туршлага, хамтын ажиглалт дээр тулгуурласан мэдлэгийн эх сурвалж юм. “Олны амыг оньсолж болохгүй, түмний амыг түгжиж болохгүй”, “олны амыг олсоор боож болдоггүй, түмний амыг төмрөөр боож болдоггүй” зэрэг хэлцэд ам бол нээлттэй гарц, олны яриа бол хязгаарлашгүй хөдөлгөөн гэсэн концептуал зүйрлэл илрэх ба олон нийтийн яриа нь хязгаарлаж, боож, хааж болохгүй хүчтэй урсгал гэж ойлгож болох юм. Энэ нь хүний амыг хааж болох ч олон нийтийн амыг бүхэлд нь хянах, зогсоох боломжгүй гэсэн нийгмийг танин мэдсэн туршлагаас үүдэлтэй ойлголт юм. Эдгээр хэлцэд “ам” нь нийгмийн шүүлт, хамтын үнэлгээ, нэр төрийн хэмжүүр, олон нийтийн дарамт, хяналтын хэрэгсэл болон өргөжин концептуалчлагдсан байна. Энэ нь монголчуудын хувьд хүний нэр хүнд хувь хүний дотоод чанараар илрээд зогсохгүй “олны ам”-аар хэмжигддэг гэсэн санааг илэрхийлсэн.

5. Эрх мэдэл, удирдахтай холбоотой

Амыг нь ангайлгах [4, p. 45], амыг нь алгадах [4, p. 45], амыг нь уруулах [4, p. 45], амыг нь үдэх [4, p. 45], амыг нь барих [4, p. 46], амыг нь хамхиулах [4, p. 46], амыг нь мялаах [4, p. 46], амыг нь мэдүүлэх [4, p. 46], амыг нь мушийлгах [4, p. 46] , амыг нь мурийлгах [4, p. 46], амыг нь таглах [4, p. 46], амыг нь тогтоох [4, p. 46], амыг нь зууруулах [4, p. 46], амыг нь зөөлрүүлэх [4, p. 46] зэрэг хэлцэд “ам” нь хүний үзэл бодол, дуу хоолой, ярих эрх, харилцааны идэвхийг төлөөлсөн ойлголт болж концептуалчлагдсан. Эдгээр хэлцэд “ам”-ыг удирдах, хаах, нээх, өөрчлөх, хүчээр захирах замаар хүнийг бүхэлд нь удирдах боломжтой гэсэн танин мэдэхүйн загвар илэрч байна. Ам бол хяналт, яриа бол хүч, ам бол эрх мэдлийн гарц гэсэн концептуал зүйрлэлээр илэрч ам буюу ярианг удирдана гэдэг нь тухайн хүний санаа бодол, нийгмийн байр суурь, үйлдлийг удирдаж байна гэсэн ойлголт юм. “Амыг нь барих”, “амыг нь хамхиулах”, “амыг нь таглах”, “амыг нь үдэх” зэрэг хэлцэд ярих боломжийг нь хаах, дуугүй болгох, өөрийн үзэл бодлоо илэрхийлэх эрхийг нь хориглох гэсэн утга илэрч байна. Ам нь нээлттэй байвал үг гардаг, хаалттай байвал үг гарахгүй гэсэн сав, гарцын дүр зураг илэрч байна. Тиймээс ам бол гарц, яриа бол дотроос гардаг гэсэн концептуал зүйрлэл илэрч байна. “Амыг нь ангайлгах”, “амыг нь мэдүүлэх”, “амыг нь зууруулах” зэрэг хэлцэд хүнийг ямар нэгэн байдлаар яриулж, үнэнийг хэлүүлж, мөн хэлэх үггүй болтол нь няцаах гэсэн утга илэрхийлсэн. Харин “амыг нь зууруулах” гэдэг нь хүнийг хэлэх үггүй болтол нь баримтаар дарах, өөрийг нь буруутгах, эсэргүүцэх боломжгүй болгох гэсэн утга илэрхийлж, яриа бол тулаан, үг бол зэвсэг гэсэн концептуал зүйрлэл илэрч байна. “Амыг нь мушийлгах”, “амыг нь мурийлгах”, “амыг нь зөөлрүүлэх” зэрэг хэлцэд хүний сэтгэл хөдлөл, яриа, байр суурийг өөрчлөх, хүсэнээрээ удирдах гэсэн утга илэрнэ. Энэ нь ам уян зөөлөн шинжтэй хүний эрхтэн тул түүнийг “мушийлгах”, “мурийлгах”, “зөөлрүүлэх” боломжтой гэж турлагаас үүдсэн мэдлэг юм. Иймээс үг ярианг хэлбэржүүлж, хэлбэрийг нь өөрчилж болох биет юм гэсэн концептуал зүйрлэлээр илэрч байна. “Амыг нь мялаах” хэлцэд сайхан үгээр хүнийг аргалах, дуугүй болгох, өөрийн талд оруулах гэсэн утга илтгэж, үг бол хоол, сайхан үг бол амттай зүйл гэсэн концептуал зүйрлэлээр илэрч байна. Өөрөөр хэлбэл, хүний амыг “мялаана” гэдэг нь түүнд таатай зүйл өгч, улмаар түүний яриа, байр суурийг өөрчлөхийг хэлж байна. Эдгээр хэлцэд “ам” нь хүний яриа, дуу хоолой, үзэл бодлыг төлөөлөхийн зэрэгцээ түүнийг удирдах, захирах, хязгаарлах, өөрчлөх боломжтой эрх мэдлийн хэрэгсэл. Энэ нь монголчууд хүний “ам”-ыг удирдана гэдэг нь тухайн хүнийг бүхэлд нь захирч байна гэж ойлгодогтой холбоотой юм.

6. Сэтгэл хөдлөл, мэдрэмжтэй холбоотой

Ам ангайх [4, p. 31], ам ангайж ядах [4, p. 31], ам ихэт ангайхад буян ихэт булаана [6, p. 31], [5, p. 42], амаа олохгүй болох [4, p. 34], амаа урах [4, p. 34], амаар алдаг үгээр үхүүлдэг [4, p. 36], ам хатаж хэл хөших [4, p. 39], ам дүүрэн [4, p. 44] зэрэг хэлцэд “ам” нь хүний сэтгэл хөдлөл, дотоод мэдрэмж, сэтгэлийн хөдөлгөөний гадаад илрэл болж концептуалчлагдсан байна. Хүний гайхах, баярлах, хүсэх, харамсах, хорсох, гомдох, сандрах зэрэг сэтгэл хөдлөл нь амны хөдөлгөөн, хэлбэр, мэдрэмж, өөрчлөлтөөр илэрсэн нь сэтгэл хөдлөл бол дотоод өөрчлөлт, сэтгэл хөдлөл бол халуун, сэтгэл хөдлөл бол даралт, сэтгэл хөдлөл бол илрэл гэсэн концептуал зүйрлэл юм. “Ам ангайх”, “ам ангайж ядах” зэрэг хэлц нь нэг талаас ярих, дуугарах, хэлэхийг хүсэх санааг нөгөө талаас гайхах, алмайрах, бишрэх, ямар нэгэн зүйлд хэт татагдах зэрэг сэтгэл хөдлөлийн байдлыг илэрхийлдэг. Сэтгэл хөдлөл, сонирхол, хүсэл, гайхаж алмайрах үед хүн өөрийн эрхгүй ангайдаг гэсэн туршлага дээр тулгуурласан танин мэдэхүйн мэдлэг шингэсэн. Өөрөөр хэлбэл, ам ангайх үйлдэл нь хүний дотоод сэтгэл хөдлөлийн гадаад илрэл болж улмаар гайхах, хүсэл, шунал зэрэг хийсвэр ойлголтыг илэрхийлэх

хэрэгсэл болж байна. “Ам ихэт ангайхад буян ихэт булаана” хэмээх хэлц нь аливаа зорилго, төлөвлөгөө, хүсэл мөрөөдлөө бусдад хэтэрхий эрт, хэт дэлгэрэнгүй ярих нь боломжоо алдах, эсвэл өөр хүнд түрүүлж хэрэгжүүлэх нөхцөлийг бүрдүүлэх магадлалтай тул үг дуу цөөтэй, тэвчээртэй, аливааг дотроо хадгалж, эхлээд үр дүн гаргах нь амжилтын үндэс гэж үзсэн монголчуудын уламжлалт сэтгэлгээний онцлог туссан. Өөрөөр хэлбэл, бүтээгүй, хэрэгжээгүй, хийгээгүй зүйлээ ярьж сайрхах нь сайн үр дүнд хүргэхгүй, бодит үр дүнгээр өөрийгөө илэрхийлэх нь илүү зохистой гэсэн санааг илтгэсэн. Иймээс хүний хэмжээгүй хүсэл, шунал, хэтэрхий их яриа нь өөрийн сайн сайхан зүйлээ алдах шалтгаан болдог гэсэн санааг агуулж байна. “Амаа олохгүй болох” гэсэн хэлц нь хүн хоол унд, эд зүйл зэрэгт маш ихээр шунах, ховдоглох үед зүйрлэн илэрхийлдэг бөгөөд баярлах, сандрах, гайхах, ичих зэрэг сэтгэл хөдлөлийн улмаас хүн юу хэлэхээ мэдэхгүй болох, хэл яриа, сэтгэл хөдлөлөө хянахгүй байх, хэт их сэтгэл хөдлөхөд хяналтаа алддаг гэсэн санааг илтгэсэн. “Амаа урах” хэмээх хэлц нь бусдыг анзаарах, анхаарах сөхөөгүйгээр хэтэрхий их, замбараагүй, мэг маггүй ярих байдлыг илэрхийлдэг. “Урах” гэх үйл үг нь гэмтэлийг илтгэхээс гадна сэтгэл өвдөх, бухимдах, ядрах, хэт ачаалалд орох зэрэг сөрөг сэтгэл хөдлөлийн утгыг агуулсан. Иймээс хүн хэт их ярианы улмаас ам “урагдаж” байгаа мэтээр дүрсэлж, хэм хэмжээгүй, зохисгүй яриа нь өөртөө болон өрөөлд таагүй нөлөөтэй гэсэн санаа илэрч байна. “Амаар алдаг, үгээр үхүүлдэг” хэмээх хэлц нь хатуу, ширүүн, доромжилсон үг хэллэг нь хүнийг сэтгэл санааны хувьд гүн шархлуулж, нэр төр, сэтгэл санаанд нь нөлөөлөх хүчтэйг амьд биеийн үгүй болох утга илэрхийлдэг “алах”, “үхүүлэх” гэсэн үгээр зүйрлэж үг яриа нь хүний сэтгэл санаа, итгэл үнэмшил, нэр төр, амьдрал, хувь заяанд нөлөөлөх асар хүчтэй зэвсэг болно гэсэн санааг илэрхийлсэн. Үг бол зэвсэг, амь насанд нөлөөлөх хүч гэсэн зүйрлэл нь үг яриа хэмжээ хязгаартай байхаас гадна хэлэх үгээ бодож, хянаж, нягталж байхыг урьтал болгодог монгол сэтгэлгээний онцлогийг харуулсан. “Ам хатаж хэл хөших” хэмээх хэлцэд хүн айх, сандрах, ичиж зовох, хэт цочирдох үед ам хатах, хэл ээрэх, үг хэлж чадахгүй болох зэрэг бие махбодод илрэх өөрчлөлтийг ажиглаж мэдсэн мэдлэг. Өөрөөр хэлбэл айдас, цочрол, ичгүүр зэрэг сэтгэл хөдлөл хүчтэй илрэх нь биеийн хэвийн хөдөлгөөнийг саатуулж, “хатаж”, “хөшиж” зэргээр биед шууд нөлөөлдгийг танин мэдсэн туршлага дээр тулгуурласан танихуйн ойлголт юм.

“Ам дүүрэн” хэмээх хэлцэд баяр баясгалан, бахархал, итгэл дүүрэн, хангалуун байдлыг илэрхийлсэн утгатай бөгөөд хүний сэтгэл санаа, сэтгэл ханамжийг биеийн мэдрэмж, ялангуяа дүүрэн, хоолтой цатгалан, элбэг хангалуун байдалтай адилтган илэрхийлсэн. Ам бол сав, сэтгэл хөдлөл бол дүүргэх зүйл гэсэн зүйрлэл нь амыг сав мэт ойлгож, баяр, бахархал, итгэл зэрэг эерэг сэтгэл хөдлөл нь тэр савыг дүүргэж буй зүйл болж, хүний сэтгэлийн элбэг, хангалуун, итгэлтэй байдлыг биежсэн дүрслэлээр илэрхийлсэн хэлний нэгж юм. Сэтгэл хөдлөлийг бие махбодын хөдөлгөөн, халах, хатуурах, нээлттэй, хаалттай байдал, дүүргэх зэрэг дүрслэлээр ойлгодог монголчуудын сэтгэлгээний онцлог илэрсэн.

Зүйрлэл, төлөөлөл, утга шилжүүлэх, уран дүрслэлийн аргууд нь когнитив утга судлалын үндсэн судлагдахуун болдог. Эдгээр нь хүний ертөнцийг танин мэдсэн туршлага, нийгэм-соёлын орчин, аж төрөх өвөрмөц хэв маяг, үнэт зүйлсийн тогтолцоотой салшгүй холбоотойгоор бүрэлдэн тогтдог. Иймээс хэлний зүйрлэл нь зөвхөн уран сайхны илэрхийлэл бус, харин хүний сэтгэлгээний бүтцийг илтгэх танин мэдэхүйн “механизм” гэж үзэх боломжтой юм. Эндээс харахад Ж.Лакофф болон М.Жонсон нарын боловсруулсан концептуал зүйрлэлийн онол нь хүний оюун санаанд хэрхэн хийсвэр ойлголт бүрэлдэж, ямар танин мэдэхүйн шат дамжлагаар хэлэнд илэрч байгааг тайлбарлахад онцгой ач холбогдолтой юм. Учир нь Ж.Лакофф нарын боловсруулсан “Концептуал метафорын онол” (Conceptual metaphor theory) нь сурвалж домэйн (source domain), бай домэйн (target domain), буулгалт (mapping) гэсэн сэтгэлгээний буюу мэдээллийн орон, сүлжээнд хийсвэр ойлголт ухагдахуун, туршилтыг тодорхой ойлголт, туршилтаар сэтгэн ухаарах, тогтсон ойлголтуудын харьцааг тайлбарлах, хүний бодол санааны үйлдлийг ойлгоход чиглэсэн хоёр оронтой концептуал загварын онол юм. Өөрөөр хэлбэл энэхүү онолын дагуу хүн өөрийн өдөр тутмын биеийн туршлага, орон зайн ойлголт, хөдөлгөөн, мэдрэмж, бодит юмсын шинж чанарт тулгуурлан хийсвэр ойлголтыг тайлбарлаж, ойлгож, хэлэнд дүрслэн илэрхийлдэг. Хүний ухамсар, сэтгэлгээнд бүрэлдэн тогтсон хоёр өөр ухагдахууны далд, нийтлэг шинж чанаруудыг харьцуулан адилтгаж, нэг ойлголтыг нөгөөгөөр дамжуулан ойлгох үйл явц нь концептуал зүйрлэлийн үндэс болдог. Хүний дотоод ертөнц, сэтгэл хөдлөл, үнэлэмж, зан чанар зэрэг хийсвэр ойлголтуудыг гадаад ертөнцийн бодит юмс, хөдөлгөөн, орон зай, биет шинж чанартай холбон тайлбарладаг. Тиймээс хэл нь хүний ертөнцийг ойлгох, ангилах, үнэлэх, дотоод туршлагаа илэрхийлэх танин мэдэхүйн үндсэн хэрэглүүр гэж үзэх үндэслэлтэй юм.

“АМ” ХЭМЭЭХ ОЙЛГОЛТЫН КОНЦЕПТУАЛ ЗҮЙРЛЭЛИЙН ЗУРАГЛАЛ

1-р хүснэгт

Source domain	**Target domain**	**Conceptual mapping**	**Концептуал зүйрлэл**
Сав / агуулагч	Яриа, нууц, мэдээлэл	ам бол сав, үг бол саванд байгаа зүйл, саванд хадгалсан зүйл, ярих нь савнаас гарах зүйл гаргах, дуугүй байх буюу савыг хаалттай байлгах, сав нээлттэй бас сав хаалттай байх	АМ БОЛ САВ
Нээх–хаах үйл	Ярих / дуугүй байх	ам бол гарц, ам нээх буюу гарцыг нээх, ам хаах буюу гарцыг хаах, ам таглах буюу гарцыг бөглөх, дуугүй байх буюу гарц хаалттай байх, ам задгай буюу гарц үргэлж нээлттэй байх, амнаас үг гарах буюу гарцаар юм гарах, ам барих буюу гарцыг хянах, амыг нь хамхиулах буюу гарцыг хүчээр хаах, ам ангайх буюу гарцыг томоор нээх	АМ БОЛ ГАРЦ
Хяналт / захирах үйл	Эрхмэдэл, удирдлага	Ам бол хянах хэрэгсэл, амыг нь барих буюу хүнийг хянах, ам таглах буюу ярих эрхийг хязгаарлах, амаа жимийх буюу өөрийгөө хянах, ам сул буюу хяналтгүй байх, ам цалгай буюу хяналтгүйгээр ярих, амаа бөхлөх буюу яриаг бүрэн хориглох, амыг нь зууруулах буюу хэлэх үггүй болгох	АМ БОЛ ХЯНАЛТ
Зөвсөг / довтолгоо	Хатуу үг	Үг бол сум, хатуу үг буюу шархлуулах, довтлох, бие махбод гэмтэх	ҮГ БОЛ ЗЭВСЭГ
Хоол / амт	Сайхан бамуу үг	Үг бол хоол, сайхан үг буюу амттай хоол, хатуу үг буюу гашуун хоол, урам өгөх үг буюу тэжээллэг хоол, магтаал буюу чихэрлэг, доромж үг буюу муудсан хоол, үг сонсох буюу хоол идэх, үг залгих буюу хоол залгих, үг зажлах буюу хоол зажлах, гашуун үг буюу таагүй амт, амны зугаа буюу идэх зүйл	ҮГ БОЛ ХООЛ
Хөдөлгөөн / зам	Харилцаа, санал нийлэх	ам нээх буюу хөдөлгөөн эхлэх, ам халах буюу хөдөлгөөн эрчимжих, ам нийлэх буюу ойртож нийлэх, амаа нийлүүлэх буюу хамтдаа нэг чиглэлд хөдөлгөх, ам зөрөх буюу эсрэг чиглэлд явах, ам булаалдах буюу мөргөлдөх, ам дагах буюу нэг чиглэлээр явах, ам дамжих буюу нэг хүнээс нөгөөд шилжих, үг тарах буюу хөдөлгөөнөөр түгэх, аманд орох буюу нэг орон зайд нэвтрэх, амнаас гарах буюу нэг орон зайгаас гарах	ЯРИА БОЛ ХӨДӨЛГӨӨН
Нийгмийн шүүлт	Нэр хүнд, үнэлгээ	олны ам буюу хамтын шүүлт, олны аманд өртөх буюу шүүмжлэлд өртөх, амны бай болох буюу шүүмжлэлийн объект болох, хүний амны зугаа болох буюу буюу буюу

үнэт зүйлс туссан. Тиймээс “ам” хэмээх ойлголт нь хүний зан чанар, нэр хүнд, ёс суртахуун, нийгмийн байр суурийг тодорхойлох соёлын концепт болж байна. Эрдэм шинжилгээний, судалгааны ажлыг ерөнхий дүгнэлтийг оруулж өгнө.

АШИГЛАСАН МАТЕРИАЛ, НОМ ЗҮЙ

[1] Ж.Баянсан, Соёл, хэл, үндэстний сэтгэлгээ, Улаанбаатар, 2016.

[2] Бүрэнтөгс, Монгол хэлцийн далай, БНХАУ-ын Өвөрмонголын үндэстний хэвлэх үйлдвэр, 2001.

[3] Ж.Дашдорж, Г.Ринчэнсамбуу, Монгол ардын зүйр цэцэн үг, Улаанбаатар, Бемби Сан ХХК, 2008.

[4] Н.Нансалмаа, С.Долгор, Танихуйн хэл шинжлэл, Улаанбаатар, МУИС-ийн хэвлэх үйлдвэр, 2021.

[5] Ц.Норжин, М.Мөрөн, Монгол хэлний толь, Өвөр монголын ардын хэвлэлийн хороо, 1999.

[6] Н.Ням-Очир, Б.Өлзийсүрэн, Монгол хэлний зүйр, цэцэн үгийн товч тайлбар толь Улаанбаатар, 2011.

[7] Сэцэнцогт, Монгол үгсийн язгуурын толь, Өвөрмонголын ардын хэвлэлийн хороо, 1988.

[8] А.Цог-Очир, “"Уур" (хилэн) хэмээх ухагдахууны концептуал бүтэц,” *Лавай сэтгүүл. ЭШБ, ,* б. (12), p. 95–101, 2015.

[9] Я.Цэвэл, Монгол хэлний товч тайлбар толь, Улаанбаатар, 1966.

[10] Н. Артюнова, Метафора и дискурс /Теория метафоры, Москва: Прогресс, 1990.

ХАВСРАЛТ

1. Авир сайт айлд хонох ам муут хээр хонох [1] 27х.
2. Агсарсан хүнд ам ангайсны хэрэггүй [2] 13х., [1] 28х., [3] 31х.
3. Агт алдвал баримжаатай ам алдвал баримжаагүй [2] 13х.
4. Ажлаар гэдэс цаддаг амаар цаг бардаг [2] 18х.
5. Ажлаар гэдэс цаддаг амаар цаг бардаг [2] 18х.
6. Айсан хүн ам алддаг эцсэн чоно чацга алддаг [1] 36х.
7. Алба мэдэхгүй ноён ам зөрдөггүй түшмэл [2] 25х.
8. Алд биед ам гэрч албан бичигт тамга гэрч [2] 26х.
9. Ангайсан амаа хамхихаа мартаж Аньсан нүдээ нээхээ мартах [3] 7х.
10. Авсан хүний алга зөөлөн Амталсан хүний ам зөөлөн [3] 13х.
11. Авах үед ам нь тос Өгөх үед гар нь мөс [3] 14х.
12. Агт алдвал барьж болдог ам алдвал барьж болдоггүй [1] 28х.
13. Агтаасаа буухаас биш Амнаасаа буухгүй [3] 30х.
14. Агтаа алдавч Амаа бүү алд [3] 30х.
15. Агтаа алдавч Амаа бүү алд [3] 30х.
16. Ам ангайх [3] 31х.
17. Ам авах [3] 31х.
18. Ам алгадах [3] 31х.
19. Ам алдвал хэрэг гардаг Агт алдвал эрэл гардаг [3] 32х.
20. Ам алдах [3] 32х.
21. Ам алдахаар агт алд [3] 32х.
22. Ам алдснаас агт алдсан нь дээр [3] 32х.
23. Ам алдвал барьж болдоггүй агт алдвал барьж болно [2] 31х. [1]42х.
24. Ам асуух [3] 32х.
25. Ам асуулгах [3] 32х.
26. Амнаас нь алт уначих юм шиг [3] 32х.
27. Амнаас нь алт унаж, шүднээс нь шүр унах шиг [3] 32х.
28. Амнаас гай галаас гамшиг [3] 32х.
29. Ам олохгүй магтах [3] 32х.
30. Ам удаан [3] 33х.
31. Ам уранаас гар уран [3] 33х.
32. Ам уралдах [3] 33х.
33. Ам өгөх [3] 33х.
34. Ам үгүй /барагтайд дуугардаггүй/ [3] 33х
35. Ам нийлэх [3] 33х.
36. Ам нийлүүлэх [3] 33х.
37. Ам нээвэл алт уначихмаар [3] 33х.
38. Ам нээх [3] 33х.
39. Ам нээлгэх [3] 33х.
40. Ам нь алт зүрх нь балт [3] 33х.
41. Ам нь эвлэж ядах [3] 33х.
42. Ам нь баян [3] 33х.
43. Ам нь шалдан [3] 33х.
44. Ам нь бардам [3] 33х.
45. Ам бардам ажил шалдан [2] 31х.
46. Ам бардангийн ажил шалдан [1] 42х.
47. Ам гэж атлага шиг ажил гэж даачаа шиг [2] 31х.
48. Ам гэж атлага шиг ажил гэж дөш шиг [1] 42х.
49. Ам дордойвч элэг дордойхгүй [2] 31х., [1] 42х.
50. Ам жимийн хамар хавчиж явдаг [2] 31х.
51. Ам ихэт ангайхад буян ихэт булаана [2] 31х., [1] 42х.
52. Ам ихэт нь ангайн алга ихэт нь тосдог [2] 31х., [1] 42х.
53. Ам дүүрэн үгээн хэлж архад дүүрэн бадар барих [1] 42х.
54. Ам нь бал ааш нь хутга [1] 42х.
55. Ам нь Алтайд аарцаг нь шороонд [2] 32х., [1] 42х.
56. Ам нь иддэг сүүл нь таргалдаг ах нь хэлдэг дүү нь сонсдог [2] 32х., [1] 42х.
57. Ам нь цагаан ажил нь бараан [2] 32х.
58. Ам нь чихээ хуурах [2] 32х.
59. Ам нэг хэлтэй ажил нэг чигтэй [2] 32х.
60. Ам нээвэл уушиг нээ [2] 32х.
61. Аманд хор хэлэнд өргөс [2] 34х.
62. Ам хэл туулайнаас хурдан атаа тангараг хутганаас хурц [2] 32х.

63. Ам хэл туулайнаас хурдан атаа жөтөө хутганаас хурц [1] 43х.
64. Ам хэл худалч алаг түүх үнэнч Уруул ам худалч урьдах түүх үнэнч [2] 32х., [1] 43х.
65. Ам нь хагархай хэнгэрэг [3] 33х.
66. Ам нь хүчтэй ажил нь бачтай [3] 34х.
67. Ам нь шар алт Ачир нь шар чацга [3] 34х.
68. Ам нь ихдэж ачир нь багадах [1] 42х.
69. Ам хэлний хурцаас ажил хэргийн бүтээлч [2] 32х.
70. Ам хэлний хурцаас ажил хэргийн хурц [1] 43х.
71. Ам хэлээрээ айхавтар ажил хэргээрээ сулавтар [2] 32х.
72. Ам хэлээрээ айхавтар ажил төрлөөрөө гайхаштар [1] 43х.
73. Ам хэлээр нь биш ажил төрлөөр нь үнэл [1] 43х.
74. Ам эзэнтэй алга өгөөжтэй [2] 32х.
75. Ам чихний хооронд алга дарам зай бий Хэлэх хийхийн хооронд хэвтээ тэмээний завсар бий [1] 43х.
76. Амаа амбаартаа хадгалж шүдээ шүүгээндээ хийх [2] 32х.
77. Амаа олж хэл сүхээ олж ишлэ [1] 43х.
78. Амаа гээд хамраа гэв гэх [2] 32х., [1] 43х.
79. Амаар ороод бөгсөөр гармар [2] 32х.
80. Амаар хэлэхдээ амьтан бүхэн цэцэн Ашид хэтээ бодохдоо амьтан бүхэн мунхаг [2] 32х.
81. Амааараа баяждаггүй алтгүйгээр үгүйрдэггүй [2] 33х.
82. Амааараа гийгүүлэгч түмэн хөнгөн ажлааараа бүтээгч нэг даруу [2] 33х.
83. Амааараа ярихдаа чихэр шиг ажиллаад ирэхдээ шавар шиг [2] 33х.
84. Аман доторх хэл ардаг мориноос хурдан [2] 33х., [1] 43х.
85. Аман дээрээ аварга баатар үнэн дээрээ үхсэн чөтгөр [2] 33х.
86. Аман дээрээ аварга баатаар ачир дээрээ үхсэн чөтгөр [1] 43х.
87. Аман дээрээ ачит хүн, бурхан шиг Авир дээрээ хорт аварга могой шиг [2] 33х.
88. Аман дээрээ ачит бурхан ачир дээрээ хорт могой шиг [1] 43х.
89. Аман дээрээ муу алс цаанаа сайн [2] 33х.
90. Аман дээрээ бал бурам алс цаанаа жад сэлэм [1] 43х.
91. Аман салиа нь арилаагүй аягатай будаагаа даахгүй [2] 33х.
92. Ам нь цагаан ажил нь бараан [3] 34х., [1] 42х.
93. Ам нь цагаан аюулхай нь хар [3] 34х.
94. Ам нь цариун ажил нь сариун [1] 42х.
95. Ам нь чихээ хуурах [3] 34х.
96. Ам нь чадалтай ажил нь бачтай [3] 34х.
97. Ам нь зуурах [3] 34х.
98. Ам нь задгайрах [3] 34х.
99. Ам нь зөөлрөх [3] 34х.
100. Ам нь юм болгоныг чадна Ачир нь хаврын өдрийн уртыг ч гүйцэхгүй [3] 34х.
101. Ам нэг хэлтэй ажил нэг голтой [3] 34х.
102. Ам нэг хэлтэй ажил нэг чигтэй [1] 43х.
103. Ам нэг [3] 34х.
104. Ам нэгдэх [3] 34х.
105. Ам нэгдэхгүй [3] 34х.
106. Ам нээхээр уушги нээнэ [1] 43х.
107. Амаа ангайж хэлээ булталгах [3] 34х.
108. Амаа олохгүй болох [3] 34х.
109. Амаа урах [3] 34х.
110. Амаа өгөх [3] 34х.
111. Амаа үдэх [3] 34х.
112. Амаа үдүүлэх [3] 34х.
113. Амаа барах [3] 35х.
114. Амаа барих [3] 35х.
115. Амаа билүүдэх [3] 35х.
116. Амаа буцах [3] 35х.
117. Амаа бөхлөх [3] 35х.
118. Амаа хавчих [3] 35х.
119. Амаа хамхих [3] 35х.
120. Амаа хичээх [3] 35х.
121. Амаа хичээхгүй бол гай татах галаа хичээхгүй бол гамшиг тарих [1] 43х.
122. Амаа хумих [3] 35х.
123. Амаа худалдах [3] 35х.
124. Амаа мэдэх [3] 35х.
125. Амаа мэдэхгүй [3] 35х.
126. Амаа таг хамхих [3] 35х.
127. Амаа таглуулах [3] 35х.
128. Амаа татах [3] 35х.
129. Амаа чанга барих [3] 35х.
130. Амаа жимийх [3] 35х.
131. Амаа жимийж бөгсөө хавчих [3] 35х.
132. Амаар алсныг амталж болохгүй Үгээр өгүүлснийг өвчиж болохгүй [3] 35х.
133. Амаар алсныг ачиж болдоггүй Үгээр алсныг өвчиж болдоггүй [3] 35х.
134. Амаар алдаг үгээр үхүүлдэг [3] 36х.
135. Амаар дийлэвч ажлаар дийлэхгүй [1] 43х.
136. Амаар ярихдаа чихэр шиг ажлаад ирэхдээ шавар шиг [1] 43х.
137. Амааараа гийгүүлэгч түмэн хөнгөмсгөөс ажлааараа бүтээгч нэг шударга дээр [3] 36х.
138. Амааараа гийгүүлэгч түмэн хөнгөмсгөөс ажлааараа гийгүүлэгч нэг даруу эрдэнэ [3] 36х.
139. Амааараа гийгүүлэгч түмэн хөнгөнөөс ажлааараа гийгүүлэгч нэг даруу эрдэнэ [1] 43х.
140. Амааараа бүтээгчээс ажлааараа бүтээгч эрдэнэ [1] 43х.
141. Амааараа гийгүүлэх [3] 36х.
142. Амааараа шороо үмхэх [3] 36х.
143. Амааараа ярихдаа чихэр шиг ажлааараа хийхдээ шавар шиг [3] 36х.
144. Амаар нь шороо үмхүүлэх [3] 36х.
145. Амаар нүгэл хураах [3] 36х.
146. Амаар булах [3] 36х.

147. Ам барих [3] 36х.
148. Ам бардам [3] 36х.
149. Ам бардам аарцаг/гуя шалдан [3] 36х.
150. Ам боох [3] 36х.
151. Ам бол ам чихэр бол чихэр [3] 36х.
152. Ам булаах [3] 36х.
153. Ам булаалдах [3] 36х.
154. Ам буцах [3] 37х.
155. Ам бузар [3] 37х.
156. Ам бузарлах [3] 37х.
157. Ам бөхтэй [3] 37х.
158. Ам бөглөх [3] 37х.
159. Ам бөглөж алба өнгөрөөх/хаах/хаших [3] 37х.
160. Ам хавчих [3] 37х.
161. Ам хаах [3] 37х.
162. Ам хаацайлах [3] 37х.
163. Ам хагарах [3] 37х.
164. Ам хуурайгүй [3] 38х.
165. Ам халах [3] 38х.
166. Ам хамраас сум ойчих [3] 38х.
167. Ам хамраа билүүдэх [3] 38х.
168. Ам хамар мэдэхгүй [3] 38х.
169. Ам хамхих [3] 38х.
170. Ам хамхихгүй [3] 39х.
171. Ам халсах [3] 39х.
172. Ам хатуу [3] 39х.
173. Ам хатаж хэл хөших [3] 39х.
174. Ам хазайх [3] 39х.
175. Ам хазгай [3] 39х.
176. Ам харах [3] 39х.
177. Ам хэл [3] 39х.
178. Ам хэл орох [3] 39х.
179. Ам хэл нь гүйцэгдэхгүй [3] 39х.
180. Ам хэлээ олох [3] 39х.
181. Ам хэлээ урчих гэх/шахах [3] 39х.
182. Ам хэлээ билүүдэх [3] 39х.
183. Ам хэлээ татах [3] 40х.
184. Ам хэлээрээ айхавтар ажил хэргээрээ сулавтар [3] 40х.
185. Ам хэл сугалах гэх/шахах [3] 40х.
186. Ам хэл татах [3] 40х.
187. Ам хэл татлах [3] 40х.
188. Ам хэлний хурцаас ажил хэргийн завч [3] 40х.
189. Ам хэлэндээ эрэмших [3] 40х.
190. Ам хэлэндээ итгэхээр ажил үйлсдээ итгэ [3] 40х.
191. Ам хэлэндээ сайн [3] 40х.
192. Ам хойш үгүй [3] 40х.
193. Ам хоншоортой [3] 40х.
194. Ам холих [3] 40х. /итгэл бүтэлгүй хүнтэй ярих/
195. Ам худалч нүд үнэнч [3] 40х.
196. Ам хүлээх [3] 40х.
197. Ам газардах [3] 40х. /буснад найдсан зүйл бүтэхгүй/
198. Ам гажих [3] 40х.
199. Ам гажуу [3] 40х.
200. Ам гарздах [3] 40х.
201. Ам гарах [3] 40х.
202. Ам гэж алт [3] 41х.
203. Ам гэж алтан зайлбартай [3] 41х.
204. Ам гэж атлага шиг чадал гэж тац шиг [3] 41х.
205. Ам гэж улаан хазгар [3] 41х. /Ширүүн үг хэлдэг/
206. Ам гэж хагархай хэнгэрэг [3] 41х.
207. Ам гулзайх [3] 41х.
208. Ам муу [3] 41х.
209. Ам муутай [3] 41х.
210. Ам муудах [3] 41х.
211. Ам мэдэн [3] 41х.
212. Ам муруйх [3] 41х.
213. Ам сайн [3] 42х.
214. Ам сайтай [3] 42х.
215. Ам сайжрах [3] 42х.
216. Ам салах [3] 42х.
217. Ам сээрийг нь золгуулах [3] 42х. /үг хэлэхэд зүйд нийцүүлэх/
218. Ам сээр/сүүл нийлэх [3] 42х. /үг яриа авцалдуу болох/
219. Ам сээр нь нийлэхгүй [3] 42х.
220. Ам сээр нь залгах [3] 42х.
221. Ам сээр нь золгох [3] 42х.
222. Ам сээр таарах [3] 42х.
223. Ам сүүл нь таарах [3] 42х.
224. Ам шүд алдах/барих [3] 43х.
225. Ам шүдээ өгөх [3] 43х.
226. Ам шүдээ билүүдэх [3] 43х.
227. Ам сулгүй [3] 43х.
228. Ам сул [3] 43х.
229. Ам сулрах [3] 43х.
230. Амтай болгон дуугарах [3] 43х.
231. Амтай хэлтэй [3] 43х.
232. Амтай толгой нь өмнөшөө харж алхах хөл нь хойшоо хандах [3] 43х.
233. Амтай толгой нь уруугаа харж алхах хөл нь хойшоо хандах [3] 43х.
234. Ам тахлах [3] 43х.
235. Ам тахалж алба бөглөх [3] 44х.
236. Ам тослох [3] 44х. /ховч хүнд бага сага юм өгч амыг нь бөглөх/
237. Ам тулгах [3] 44х.
238. Ам түргэн [3] 44х.
239. Ам дагах [3] 44х.
240. Ам дамжих [3] 44х.
241. Ам дамжуулах [3] 44х.
242. Ам дордойх [3] 44х.
243. Ам дүүрэн [3] 44х.
244. Ам түрэх [3] 44х. /бусдын хэрэлдэх хэлэлцэхэд оролцох/
245. Ам цалгай [3] 44х.
246. Ам чанга атга хүчтэй [3] 44х.
247. Ам чихэндээ хүртэл цуурах [3] 44х.
248. Ам залгах [3] 44х.
249. Ам задгай [3] 44х.
250. Ам зугаацах [3] 45х. /энэ тэрийг ярих/
251. Ам зөвшөөх [3] 45х.
252. Ам зөөлөн [3] 45х.
253. Ам зөрөх [3] 45х.
254. Ам зөрүүлэх [3] 45х. /эсэргүүцэн маргах/
255. Ам зүгшрэх [3] 45х.
256. Ам ихтэй [3] 45х.

257. Ам ихт ангайхад буян/хүч/зарга ихт булаана/залгина [3] 45х.
258. Агтыг алдахаас биш амыг алдахгүй [3] 45х.
259. Амыг нь ангайлгах [3] 45х.
260. Амыг нь алгадах [3] 45х. /няцаах/
261. Амыг нь уруулах [3] 45х. /чалчих/
262. Амыг нь үдэх/барих [3] 45х. 46х.
263. Амыг нь бөглөчихсөн юм шиг [3] 46х.
264. Амыг нь хамхиулах [3] 46х.
265. Амыг нь харах [3] 46х.
266. Амыг нь хүлээх [3] 46х.
267. Амыг нь мялаах [3] 46х.
268. Амыг нь мэдүүлэх [3] 46х. /бусдын учгийг дээш айлтгах/
269. Амыг нь мушийлгах [3] 46х. /эгдүүг нь хүргэх/
270. Амыг нь мурийлгах [3] 46х. /элдэв аргаар үгийг нь хувиргах/
271. Амыг нь таглах [3] 46х.
272. Амыг нь тогтоох [3] 46х. /хүчээр тангараглуулах/
273. Амыг нь цавдах/зууруулах [3] 46х. /хэлэх үггүй болтол ил болгохыг тавласан хэллэг/
274. Амыг нь зөөлрүүлэх [3] 46х.
275. Амнаас нь алт унах шиг [3] 47х.
276. Амнаас ховхрохгүй [3] 47х. /олон хэлэгддэг, үргэлж яригдаад байх/
277. Амнаас гарсан үгийг агтаар хөөж гүйцэхгүй [3] 47х.
278. Амнаас гарч ядах [3] 47х. /хэлж ядах/
279. Амнаас салахгүй [3] 47х. /амнаас ховхрохгүйтэй адил утга/
280. Амны алгаас адууны/аяганы алаг (дээр) [3] 47х.
281. Амны алдас болох [3] 47х.
282. Амны билгээс ашдын билэг [3] 48х.
283. Амны билгээр ашдын жаргал [3] 48х.
284. Амны билэг хаашаа бол алсын билэг тийшээ [3] 48х.
285. Амны бузар адаг бузар [3] 48х. /бүдүүлэг үг хэлдэг хүн/
286. Амны хишиг нь ардаа гарах [3] 48х.
287. Амны гарз [3] 48х.
288. Амны цээр гарах [3] 48х. /зохисгүй үг хэлснээ тайлбарлах/
289. Амны зууш болох/болгох/хийх/хийлгэх [3] 48х.
290. Амны зоог/алчуур аяганы зүлгүүр [3] 48х.
291. Амны зугаа болох [3] 49х.
292. Аман уншлага /тарни [3] 49х.
293. Аман уншлага /тарни болох [3] 49х.
294. Амандаа а-гүй алгандаа пад үгүй [3] 50х. /соёлгүй, бичиг эрдэмгүй/
295. Амандаа адраатай сайхан Хэлэндээ хэдрэгтэй сайхан [3] 50х. /хэлэмгий, үгэнд мэргэн хүн/
296. Амандаа багтахгүй ярьж атгандаа багтахгүй барьж [3] 50х. /их үг хэлдэг хүн/
297. Амандаа балтай аюулхайдаа хутгатай [3] 50х.
298. Амандаа балтай аюулхайдаа жадтай [3] 50х., [2] 34х.
299. Амгүй өмгөр хэлгүй хэлтгий [2] 35х.
300. Амгүй өмгөр хэлгүй хэлгэр [1] 44х.
301. Амандаа хүрэх [3] 50х.
302. Амандаа даваагүй аюулхайдаа бодлогогүй [3] 51х.
303. Амандаа даваагүй хэлэндээ хэмжээгүй [3] 51х.
304. Аман дээрээ а алс цаанаа түй [3] 51х.
305. Аман дээрээ а ар хойноо түй [3] 51х.
306. Аман дээрээ анд алс цаанаа ад [3] 51х.
307. Аман дээрээ алагдуулаад буцах [3] 51х.
308. Аман дээрээ ачтай ажил дээрээ бачтай [3] 51х.
309. Аман дээрээ ачтай ачир дээрээ хортой [3] 51х.
310. Аман дээрээ бал алс цаанаа хутга/жад [3] 51х.
311. Аман дээрээ бурхан алс цаанаа чөтгөр (шиг) [3] 51х.
312. Аман дээрээ бурхан шиг ачир дээрээ тогой (шиг) [3] 51х.
313. Аман дээрээ мөс алс цаанаа тос [3] 51х. /үг хатуу боловч сайн/
314. Аман дээрээ муу ч алс цаанаа сайн [1] 43х.
315. Аман дээрээ сайн алс цаанаа муу [3] 51х.
316. Аман дээрээ сайн ар дээрээ дайн [3] 51х.
317. Аман дээрээ за гэж ар хойноо түй гэх [3] 51х.
318. Аман дээрээ за ар хойноо түй [1] 43х.
319. Аман дээрээ онгироо ажил дээрээ донгио [1] 43х.
320. Аман дээрээ ёргио ажил дээрээ хургиа [1] 43х.
321. Аманд орсон юм рашаан болдог Амнаас гарсан юм хор болдог [3] 51х., [1] 43х. /үгээ хичээ, үг алдах хэцүү/
322. Аманд нь алт ард нь жад [1] 43х.
323. Аманд хор хэлэнд өргөс [3] 53х., [1] 44х. /хэлж үл болох үг/
324. Аманд хэл гэрч бичигт бэх гэрч [1] 44х.
325. Аманд нь орох [3] 53х. /эрхшээлд нь орох/
326. Аман зууш болох [3] 53х. /энд тэндгүй шоологдон жигшигдэх/
327. Амлахдаа хадны цуурай шиг ажиллахдаа яст мэлхий шиг [2] 35х.
328. Амныхаа хэмжээгээр ярь аашныхаа хирээр яв [2] 36х.
329. Амаа мэдэж ярь аашаа мэдэж яв [2] 36х.
330. Амсар муутай саванд юм бүү хий ам султай хүнд үг бүү хэл [3] 54х., [1] 46х.
331. Амьтны хэл ам тохиох [3] 60х. /олонд жигшигдэн муулагдан буруушаагдан хэлэгдэх/
332. Амталсан хүний ам зөөлөн авсан хүний ааш зөөлөн [3] 65х.
333. Амтат үг чихэнд таатай ч алс цаанаа хортой байдаг [2] 37х., [1] 46х.

НОГООН БАЙГУУЛАМЖ НЬ СЭТГЭЛ ЗҮЙД НӨЛӨӨЛӨХ НӨЛӨӨЛЛИЙН СУДАЛГАА

Батбаяр ТҮВШИН[1], Өсөхбаяр НАРАНЧИМЭГ[2]

[1]Монгол Улс, Улаанбаатар, ШУТИС, Барилга архитектурын сургууль, Архитектурын тэнхим

Холбоо барих зохиогчийн и-мэйл хаяг: b.tuvshin@must.edu.mn[1]

Хураангуй: **Хотжилт болон амьдралын хэв маягийн өөрчлөлтөөс үүдэн хүмүүсийн байгальтай харилцах холбоо буурч, ногоон байгууламж нь хүний сэтгэл зүйд хэрхэн нөлөөлдгийг судлах нь ихээхэн ач холбогдолтой юм. Энэхүү судалгааны зорилго нь ногоон байгууламж буюу оюутны хотхоны цэцэрлэгт хүрээлэнд алхах үед хүмүүсийн сэтгэл хөдлөлд үзүүлэх нөлөөллийг үнэлэхэд чиглэгдсэн. Туршилтын судалгааг Тайванийн Фэн Чиа их сургуулийн Шюэси цэцэрлэгт хүрээлэнд явуулсан бөгөөд нийт 42 оюутан (22 эрэгтэй, 20 эмэгтэй) хамрагдсан. Судалгаанд оролцогчид цэцэрлэгт хүрээлэнгийн урьдчилан сонгосон, өөр өөрийн гэсэн онцлог харагдац бүхий 10 тодорхой цэгээр алхаж танилцсан. Үүний дараагаар тухайн орчин нь тэдний таашаал болон сэргэлтийн түвшинд хэрхэн нөлөөлснийг хэмжих зорилгоор 28 төрлийн сэтгэл хөдлөлийн үзүүлэлт бүхий сэтгэл хөдлөлийн туршлагын асуумжийг бөглөж хариу өгсөн. Судалгааны үр дүнд бодит байгалийн орчин нь хүмүүсийн стрессийг бууруулж, тайван амгалан мэдрэмжийг төрүүлэх үр дүн гарсан.**

Түлхүүр үг: сэтгэл хөдлөлийн туршлага, байгаль, цэцэрлэг, ногоон байгууламж.

I. УДИРТГАЛ

Ногоон байгууламж болон байгаль дэлхий нь хүн төрөлхтний оршин тогтнол, мөн чанартай салшгүй нэгэн хэсэг байсаар ирсэн. Хотжилт хурдацтай явагдаж, хүмүүсийн амьдралын хэв маяг өөрчлөгдөхийн хэрээр байгальтай харилцах холбоо багасаж байна. Үүнээс үүдэн хот төлөвлөлтөд явган хүний замын дагуу мод тарих, иргэдийг байгалийн амьд уур амьсгалыг мэдрэх боломжоор хангах зорилгоор ногоон цэцэрлэгт хүрээлэнгүүдийг олноор байгуулах шаардлага урган гарсан юм. Ногоон байгууламжын орчинд цагийг өнгөрүүлэх нь хүний стрессийг бууруулах, анхаарал төвлөрөлтийг сайжруулах, сэтгэл зүйн эерэг байдлыг нэмэгдүүлэх зэрэг байгалийн "сэргээх нөлөө"-тэй болохыг олон эрдэмтэд хүлээн зөвшөөрдөг. Гэвч орчин үеийн завгүй нийгэмд хүн бүр эдгээр байгалийн бүсүүдэд очих цаг хугацаа эсвэл хүртээмжтэй байдлаар хангагдаж чаддаггүй. Тиймээс ногоон байгууламж, цэцэрлэгт хүрээлэн нь оюутнууд болон энгийн иргэдийн сэтгэл хөдлөлд яг хэрхэн, ямар хэмжээгээр эерэг нөлөө үзүүлж байгааг нарийвчлан судлах нь хотын ногоон байгууламжийн үнэ цэнийг тодорхойлох чухал ач холбогдолтой юм.

Судалгааны зорилго

Ногоон байгууламжид цагийг өнгөрүүлэх, алхах үед бий болох сэтгэл хөдлөлийн ашиг тусыг Сэтгэл хөдлөлийн туршлагын асуумж ашиглан шинжлэн тогтоох. Ногоон байгууламжид тодорхой өгөгдсөн цэгүүд дэх харагдац болон ландшафт нь хүний таашаал авах, сэтгэлзүйд хэрхэн нөлөөлдгийг үнэлэх.

Судалгааны байршил

Энэхүү судалгааг явуулахад, Тайвань улсын Тайжун хотод байрлах Фэн Чиа их сургуулийн Шюэси цэцэрлэгт хүрээлэнг сонгон авсан. Тус цэцэрлэгт хүрээлэн нь их сургуулийн хотхон дотор байрладаг бөгөөд өдрийн цагаар олон нийтэд нээлттэй, харин шөнийн цагаар зөвхөн дотоодын хэрэгцээнд зориулагдсан хагас хувийн шинж чанартай байгууламж юм. Судалгаанд оролцогчид өмнөх судалгаануудад үндэслэн онцгойлон сонгосон, өөр өөрийн өвөрмөц байгалийн харагдац бүхий 10 тодорхой цэгийг туулж өнгөрөх замаар бодит орчныг мэдэрсэн болно.

Судалгааны үйл явц

Энэхүү судалгаа нь удиртгал, онолын судалгаа, судалгааны арга зүй, судалгааны үр дүн, дүгнэлт ба санал зөвлөмж гэсэн 5 үндсэн бүлгээс бүрдэнэ. Удиртгал хэсэгт байгаль орчны ашиг тусыг тайлбарлаж, байршил дахь сэтгэл хөдлөлийн туршлагын мэдээллийг хэрхэн цуглуулсныг танилцуулсан. Онолын хэсэгт байгалийн сэргээх нөлөөний талаарх өмнөх эрдэм шинжилгээний бүтээлүүдийг нэгтгэн дүгнэсэн болно. Арга зүйн хэсэгт асуумжийн загвар, судалгаа явуулах хугацаа, байршил болон мэдээлэл цуглуулах үйл явцыг тайлбарласан. Үр дүнгийн хэсэгт SPSS (Statistics is a statistical software) программ ашиглан өгөгдөлд дүн шинжилгээ хийсэн бөгөөд эцэст нь үр дүнд тулгуурласан дүгнэлтийг гаргасан.

II. СУДАЛГААНЫ АРГА ЗҮЙ

Судалгааны загвар ба үндэслэл

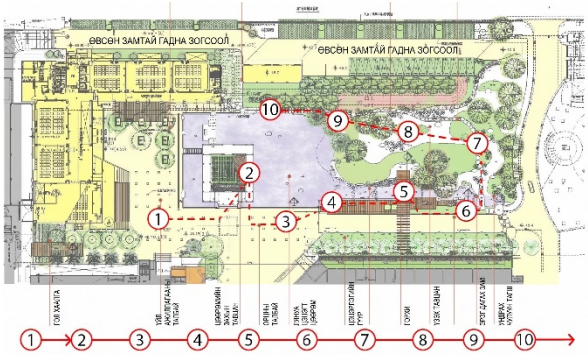
Энэхүү судалгааны гол зорилго нь ногоон байгууламжанд байх үед хүмүүсийн сэтгэл хөдлөлийн туршлагад ямар нэгэн ялгаа гарч байгаа эсэхийг тодорхойлох явдал юм. Хүн бүр өдөр бүр байгальд гарч чаддаггүй; ялангуяа оффист өдөржин суудаг ажилтнууд эсвэл ногоон байгууламж руу гарах боломжгүй эмнэлгийн өвчтөнүүдэд богино хугацаанд сэтгэл санаагаа сэргээх үүднээс энэхүү туршилтыг зохион бүтээсэн. Судалгааг байгалийг мэдрэх цэцэрлэгт хүрээлэнгээр алхах байдлаар оруулсан.

Судалгааны байршил ба сонгосон цэгүүд

Судалгааны байршлаар Тайвань улсын Тайжун хот дахь Фэн Чиа их сургуулийн харьяа Шюэси цэцэрлэгт хүрээлэнг сонгон авсан.

1-р зураг. Фэн Чиа их сургуулийн харьяа Шюэси цэцэрлэгт хүрээлэн

Тус цэцэрлэгт хүрээлэн нь оюутнуудын чөлөөт цагаа өнгөрүүлдэг гол газруудын нэг юм. Судлаачид оюутнуудын өдөр тутмын хэвшил, байнга суудаг эсвэл найзуудтайгаа уулздаг хэсгүүд болон байгалийн үзэмжийг харгалзан Шюэси цэцэрлэгт хүрээлэн дотроос 10 тодорхой цэгийг онцлон сонгосон. Эхний цэг нь цэцэрлэгт хүрээлэнгийн үүднээс эхэлж, цааш үргэлжлэн алхсаар 10 дахь цэг хүртэл явах нэгдсэн маршрутыг бий болгосон. Цэг бүр нь өвөрмөц харагдац, ландшафтын онцлогийг агуулсан.



2-р зураг. Шюэси цэцэрлэгт хүрээлэнгээс сонгон авсан 10 цэг.

Туршилтын загвар ба Мэдээлэл цуглуулах

Туршилтын үйл явц нь цаг хугацааны хязгаарлагдмал байдлаас шалтгаалан 2 сарын хугацаанд үргэлжилсэн. Туршилтыг 2 үе шаттайгаар явуулсан бөгөөд оролцогчид үе шат бүрийн дараа тусгайлан боловсруулсан сэтгэл хөдлөлийн туршлагын асуумжийг бөглөсөн.

Эхний үе шат буюу "Бодит орчноор алхах" (Walk-through On-Site) аргачлалын хүрээнд судлаач Фэн Чиа их сургуулийн хотхоноос санамсаргүй байдлаар оюутнуудыг сонгож, Шюэси цэцэрлэгт хүрээлэн рүү дагуулж очин, урьдчилан бэлтгэсэн 10 цэг бүхий маршрутын дагуу алхуулсан. Оролцогчдыг маршрутын дагуу алхаж дууссаны дараа шууд лабораторийн өрөөнд оруулж, тухайн орчин тэдний сэтгэл зүйд хэрхэн нөлөөлсөн талаарх асуумжийг бөглүүлж, дата мэдээллийг цуглуулсан болно. Оролцогчид ихэвчлэн архитектур, интерьер болон ландшафтын дизайны чиглэлээр суралцдаг бакалавр болон магистрын түвшний оюутнууд байсан нь орчныг илүү нарийн мэдрэх, дүгнэх давуу талыг олгосон байна.

3-р зураг. 10 харагдац бүхий маршрутын дагуу зураглал.

Статистик шинжилгээний аргууд

Судалгааны дата мэдээллийг цуглуулсны дараа SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) программыг ашиглан шинжилгээ хийсэн.

Дүрслэх статистик: Оролцогчдын 28 төрлийн сэтгэл хөдлөлийн үзүүлэлтүүдийн (гайхсан, баярласан, тайвширсан, түгшсэн гэх мэт) хувийг тооцоолж, бодит орчноос авсан мэдрэмжүүдийн оноог гаргасан.

III. ҮР ДҮН БА ХЭЛЭЛЦҮҮЛЭГ

Дүрслэх статистик ба Оролцогчдын мэдээлэл

Судалгааны мэдээлэл цуглуулах үйл явцад нийт 42 оюутныг санамсаргүй түүврийн аргаар сонгон хамруулж, ногоон байгууламжид сэтгэл хөдлөлийн туршлагын асуумжийг амжилттай тараан, бүрэн цуглуулж авсан. Оролцогчдын хүн ам зүйн мэдээллийг нарийвчлан шинжилвэл:

Хүйс: Нийт оролцогчдын 22 нь эрэгтэй (52.4%), 20 нь эмэгтэй (47.6%) байсан нь хүйсийн харьцаа харьцангуй тэнцвэртэй байгааг харуулж байна.

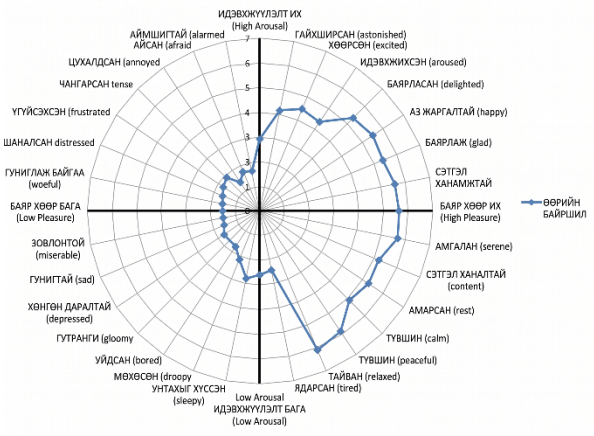
Боловсролын түвшин: Оролцогчдын 18 нь буюу 42.9% нь бакалаврын түвшний оюутан байсан бол, 24 нь буюу 57.1% нь магистрын түвшний судлаач оюутнууд байв. Магистрын оюутнууд түлхүү хамрагдсан нь хүрээлэн буй орчныг илүү нухацтай,

шүүмжлэлт сэтгэлгээгээр үнэлэх давуу талыг олгосон.

Мэргэжлийн чиглэл: Оролцогчдын 18 (42.9%) нь Архитектурын тэнхимийн, 14 (33.4%) нь Интерьер дизайны, харин 9 (21.4%) нь Ландшафт буюу цэцэрлэгт хүрээлэнгийн төлөвлөлтийн ангийн оюутнууд оролцсон. Эдгээр чиглэлийн оюутнууд нь орон зайн мэдрэмж, хүрээлэн буй орчны дизайн, байгалийн элементүүдийн нөлөөллийг энгийн хүмүүсээс илүү нарийн мэдэрч, мэргэжлийн үүднээс үнэлж чаддаг тул судалгааны үр дүн илүү бодитой, найдвартай гарах үндэс болсон юм.

Бодит орчны сэтгэл зүйн үнэлгээ

Бодит орчинд буюу Шюэси цэцэрлэгт хүрээлэнд алхсаны дараа оролцогчдын сэтгэл зүйд гарсан өөрчлөлтийг хэмжихийн тулд 28 төрлийн сэтгэл хөдлөлийн үзүүлэлтийг ашигласан. SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) статистикийн программ хангамжийг ашиглан асуумжийн өгөгдлөөс дундаж утгуудыг тооцоолон гаргасан.



4-р зураг. Ногоон байгууламжын дундаж утга

Үнэлгээг 1-ээс 7 хүртэлх Ликертийн шатлалаар хэмжсэн бөгөөд 1 нь "Огт санал нийлэхгүй байна", 7 нь "Бүрэн санал нийлж байна" гэсэн утгыг илэрхийлнэ. Бодит байгалийн орчинд байх үед оролцогчдын дунджаар аз жаргалтай (5.55), тааламжтай (5.33) зэрэг эерэг сэтгэл хөдлөлүүд өндөр түвшинд байсан нь тогтоогдсон бөгөөд энэ нь байгаль өөрөө хүнийг тайвшруулж, сэргээх байгалийн өгөгдмөл нөлөөтэй болохыг харуулж байна.

АСУУМЖИЙН ӨГӨГДЛӨӨС ГАРСАН ДУНДАЖ УТГА

1-Р ХҮСНЭГТ.

#	Сэтгэл хөдлөл	Дундаж оноо
1	Гайхсан	4.1666 (1.4468)
2	Сэтгэл хөдөлсөн	4.4761 (1.2733)
3	Эрч хүчтэй	4.3571 (1.3218)
4	Баяртай	5.3333 (1.0040)
5	Аз жаргалтай	5.5000 (0.9173)
6	Баяр хөөртэй	5.3902 (1.0458)
7	Хөгжилтэй	5.5714 (0.7696)
8	Сэтгэл амарсан	5.6904 (1.1367)
9	Сэтгэл хангалуун	5.2142 (1.0714)
10	Амарч буй	5.2857 (1.3304)
11	Ая тухтай	5.1190 (1.0777)
12	Амар амгалан	5.8800 (0.9927)
13	Тайван	6.0952 (0.8499)
14	Ядарсан	2.4523 (1.2916)
15	Нойрмог	2.7857 (1.5386)
16	Урам зоригүй	2.1428 (1.3537)
17	Уйдсан	1.7317 (0.8667)
18	Гутранги	1.6750 (0.7298)
19	Сэтгэлээр унасан	1.7317 (1.0493)
20	Сэтгэл өвдсөн	1.5714 (0.8594)
21	Зовлонтой	1.4761 (0.8035)
22	Гунигтай	1.5476 (0.8611)
23	Сэтгэл зовнисон	1.6341 (0.9938)
24	Сэтгэл дундуур	1.7619 (1.1435)
25	Сандарсан	1.9047 (1.3030)
26	Уурласан	1.4047 (0.7344)
27	Айсан	1.7380 (1.3625)
28	Айж сандарсан	1.6666 (1.2230)

ДҮГНЭЛТ

Энэхүү судалгааны үндсэн зорилго нь ногоон орчин буюу Шюэси цэцэрлэгт хүрээлэнд алхах нь хүний сэтгэл зүйд хэрхэн нөлөөлдгийг 28 төрлийн сэтгэл хөдлөлийн хэмжүүрээр (гайхсан, баярласан, тайвширсан, ядарсан, уйдсан, гунигласан гэх мэт) нарийвчлан шинжлэхэд оршсон. Бодит орчны туршилтыг явуулахдаа Фэн Чиа их сургуулийн оюутнуудыг тусгайлан боловсруулсан маршрутын дагуу алхуулсан бөгөөд цэг тус бүр дээрх өвөрмөц байгалийн харагдацыг 1-ээс 2 минутын турш ажиглах даалгавар өгсөн. Нийт 30 орчим минут үргэлжилсэн энэхүү туршилтын дараа оролцогчид сэтгэл хөдлөлийн туршлагын асуумжаа бөглөсөн юм.

Судалгааны үр дүнгээс харахад бодит цэцэрлэгт хүрээлэн нь хүмүүсийн стрессийг бууруулж, таашаал авах болон тайвшрах мэдрэмжийг нэмэгдүүлдэг уламжлалт сэргээх нөлөөгөө амжилттай батлан харуулсан. Хамгийн сонирхолтой нь хүн ам зүйн харьцуулалтаар эрэгтэй оролцогчид эмэгтэйчүүдээс илүүтэйгээр бодит орчинд хүчтэй, эерэг сэтгэл хөдлөлийн хариу үйлдэл үзүүлж байв. Энэхүү хүйсийн ялгаа нь эрэгтэйчүүдийн гадаах орон зайн баримжаалах онцлог эсвэл хүрээлэн буй орчинтойгоо харилцах бие махбодийн идэвхтэй холбоотой байж болох ч үүнийг эцэслэн батлахын тулд илүү олон оролцогчдыг хамруулах шаардлагатай нь харагдсан.

Санал зөвлөмж

Бодит орчны судалгаа нь зөвхөн Фэн Чиа их сургуулийн хотхон доторх Шюэси цэцэрлэгт хүрээлэнгээр, мөн зөвхөн оюутнуудын түүврээр хязгаарлагдсан нь тодорхой хэмжээний сул тал болсон. Иймд цаашдын судалгаанд дараах зүйлсийг анхаарахыг зөвлөж байна:

Улирлын болон цагийн давтамж: Бодит байгалийн нөлөөг илүү үнэн зөвөөр хэмжихийн тулд хавар, намар гэх мэт өөр өөр улирлуудад, мөн өдөр болон шөнийн цагаар харьцуулан судлах шаардлагатай. Энэ нь хот төлөвлөгчдөд цэцэрлэгт хүрээлэнгийн гэрэлтүүлэг болон ургамалжилтын төлөвлөлтийг сайжруулахад чухал өгөгдөл болно.

Оролцогчдын цар хүрээг тэлэх: Зөвхөн залуу оюутнууд бус өндөр настан, оффисын ажилтнууд, бага насны хүүхдүүд гэх мэт нас насны төлөөллийг хамруулснаар ногоон байгууламжийн нийгэмд үзүүлэх бодит ач холбогдлыг илүү өргөн хүрээнд батлах боломжтой юм.

АШИГЛАСАН МАТЕРИАЛ, НОМ ЗҮЙ

[1] Berg, E. (2002) Environmental preference and restoration: (How) are they related? 135-146.

[2] Berto, R. (2014) The Role of Nature in Coping with Psycho-Physiological Stress: A Literature Review on Restorativeness 394-109.

[3] Carol, P. (2018) A Natural Conclusion: When Teens Rank Green Space “Very” Important”.

[4] Dzhambova, M. A (2014) Elderly visitors of an urban park, health anxiety and individual awareness of nature experiences. 803-213

[5] Fromme, K. D (1982) A Dimensional Approach to the Circular Ordering of the Emotions

[6] Gerstenberga, T. (2015) Perception and preference of trees: A psychological contribution to tree species selection in urban areas 103 -111

[7] James, P. (2015) A Review of the Health Benefits of Greenness 2:131-142

[8] Kim, D. (2018) Does happiness data say urban parks are worth it? 1-11

[9] LEE, J. (2009) Restorative effects of viewing real forest landscapes, based on a comparison with urban landscapes 227-234

[10] Lee, J. (2017) Experimental Study on the Health Benefits of Garden Landscape

[11] Nielsen S. T (2006) Do green areas affect health? Results from a Danish survey

[12] Park, S.A (2019) Benefits of Gardening Activities for Cognitive Function According to Measurement of Brain Nerve Growth Factor Level

[13] Pratt, G. (2015) A Description of the Affective Quality Attributed to Environments 311-322

[14] Sarah, R. P (2019) Exploring the Relationship between Urban Quiet Areas and Perceived Restorative Benefits

[15] Schinka, A. J (2003) HANDBOOK of PSYCHOLOGY 352-354

[16] Wang, X. (2016) Stress recovery and restorative effects of viewing different urban Park scenes in Shanghai, China 112–122

[17] Wilkie, S. (2015) Environment preference and environment type congruence: Effects on perceived restoration potential and restoration outcomes 368 – 376

[18] Wolf, L. K. Ph.D. (2017) The Health Benefits of Small Parks and Green Spaces

ВИРТУАЛ БОДИТ ОРЧНЫ ХӨГЖҮҮЛЭЛТ БА ТҮҮНИЙ СЭТГЭЛ ХӨДЛӨЛД ҮЗҮҮЛЭХ НӨЛӨӨЛӨЛ

Батбаяр ТҮВШИН[1], Балдорж ЖИГЖИД[2]

[1]Монгол улс, Улаанбаатар, ШУТИС, Барилга Архитектурын сургууль, Архитектурын тэнхим

Холбоо барих зохиогчийн и-мэйл хаяг: b.tuvshin@must.edu.mn[1]

Хураангуй: **Компьютерээр загварчилсан виртуал бодит орчин нь хүмүүсийн сэтгэл зүйд хэрхэн нөлөөлж байгааг үнэлэх зорилгоор туршилтын судалгааг явуулав. Эхний ээлжид оюутны хотхоны бодит цэцэрлэгт хүрээлэнгийн өдрийн гэрэлтүүлэгтэй, 10 цэгийг хамарсан виртуал бодит загварыг компьютер дээр хөгжүүллээ. Энэхүү орчныг маш өндөр түвшинд буюу фото бодит мэт байдлаар бүтээхийн тулд Unreal Engine, Speedtree, Sketchup зэрэг дэвшилтэт программ хангамжуудыг ашиглаж, бүх мод, барилга байгууламж болон хатуу гадаргуугийн бүтцийг нарийвчлан гаргалаа. Түүнчлэн виртуал орчныг илүү амьд болгохын тулд хөдөлж буй хүмүүсийг оруулж, бодит орчинтой яг ижил орон зайн дуу чимээг тодорхой байршлуудад нарийвчлан суулгаж өгсөн болно. Оролцогчид лабораторийн нөхцөлд HTC (High-Tech Computer Corporation) Vive виртуал бодит байдлын төхөөрөмж ашиглан энэхүү орчинд нэвтэрч, өөрсдийн сэтгэл хөдлөлийн мэдрэмжээ үнэлэв. Судалгааны үр дүнгээс харахад фото виртуал бодит орчин нь хүмүүсийн стрессийг бууруулж, тайван амгалан мэдрэмжийг төрүүлэх эерэг сэргээх нөлөө үзүүлдэг болохыг тогтоолоо. Энэхүү судалгааны үр дүн нь Виртуал орчны технологийг цаашид эмнэлэг, асрамжийн газар болон оффисын ажилтнуудын стресс тайлах, эерэг сэтгэл зүйг бүрдүүлэхэд ашиглах бүрэн боломжтойг харуулж байгаа бөгөөд цаашид илүү нарийвчилсан хөгжүүлэлт, үнэлгээ шаардлагатайг онцолж байна.**

Түлхүүр үг: виртуал бодит байдал, цэцэрлэг, симуляци, фото реалист, 3н хэмжээст, сэтгэл хөдлөлийн туршилага.

I. УДИРТГАЛ

Орчин үеийн хүмүүс байгальд гарах завгүй байгаатай холбогдуулан "Ногоон байгууламжийг виртуал бодит байдал дээр загварчлах боломжтой юу?" гэсэн асуулт гарч ирдэг. 2003 онд судлаач И.Д. Бишоп "Загварчилсан болон бодит орчинд үзүүлэх субьектив хариу үйлдэл: харьцуулалт" хэмээх бүтээлдээ, нарийвчилсан компьютерийн загварчлалууд нь хүрээлэн буй орчныг хэрхэн хүлээж авах талаар бодит үр дүнгүүдийг өгч чадна гэдгийг нотолсон байдаг [3]. Гэхдээ байгалийн элементүүд, ялангуяа ургамал, мод болон объектуудын өнгө зэрэг нь маш бодит буюу өндөр түвшний реалист дүрслэлийг шаарддаг болохыг тэрээр онцолж байв.

Тэгвэл 2020 он гэхэд компьютер график болон дүрс боловсруулах технологи хурдацтайгаар сайжирч, зөөврийн компьютерууд хүртэл байгалийн нарийн төвөгтэй алгоритмуудыг тооцоолох чадвартай болсон. Хүрээлэн буй орчны загварчлалын дараагийн шат бол дэвшилтэт программ хангамжуудыг ашиглан бүтээсэн нарийвчилсан "Фото виртуал бодит орчин" юм. Загварчлалын бодит байдал хэдий чинээ өндөр байна, түүний үзүүлэх нөлөө төдий чинээ үр дүнтэй байдаг [3].

Компьютерээр бүтээгдсэн байгаль нь бодит байгальтай ижил сэргээх нөлөөг дэмжиж чаддаг нь орчин үеийн судалгаануудаар батлагдаж байна [14]. Энэ нь судлаачдад хүрээлэн буй орчныг 100% өөрсдийн хяналт дор турших, өөрчлөх боломжийг олгож буй цоо шинэ хэрэгсэл юм. Түүнчлэн, Юү [15] болон Челгрен [8] нарын судалгаагаар загварчилсан ой мод нь хувь хүний сэтгэл зүйн сайн сайхан байдлыг сайжруулж, стресс тайлах, тайвшруулах нөлөө үзүүлдэг нь виртуал бодит байдлыг хүний эрүүл мэндийг сайжруулахад ашиглах бүрэн боломжтойг харуулсан.

Судалгааны зорилго

Энэхүү судалгааны үндсэн зорилго нь дэвшилтэт технологиор бүтээсэн фото виртуал бодит орчин хүмүүсийн сэтгэл зүй, стрессд хэрхэн нөлөөлдгийг шинжлэхэд оршино. Энэхүү зорилгын хүрээнд дараах зорилтуудыг дэвшүүлэв:

- HTC компанийн виртуал бодит байдлын төхөөрөмж болон өндөр хүчин чадалтай график загварчлал ашиглан бүтээсэн виртуал бодит орчны үр нөлөөг шинжлэн судлах.
- Оролцогчдын бодит байгалийн орчин болон виртуал бодит орчноос авсан сэтгэл хөдлөлийн туршлагын асуумжийг шинжлэх.
- Виртуал технологи ашиглан хүний сэтгэл зүйг засах боломжтой эсэхэд технологийн шинэлэг санаа дэвшүүлэх.

Судалгааны байршил ба үйл явц

Судалгааны виртуал загварын эх сурвалж болгон Тайванийн Фэн Чиа их сургуулийн Шюэси цэцэрлэгт хүрээлэнг сонгон авсан. Бодит цэцэрлэгт хүрээлэнгийн онцлог бүхий 10 цэгийг урьдчилан тодорхойлж, тухайн орчны бүтэц, гэрэлтүүлэг, моддын хөдөлгөөн болон дуу чимээг виртуал бодит орчинд фото бодит түвшинд нарийвчлан хуулбарлан бүтээсэн. Судалгаанд оролцогчид энэхүү виртуаль орон зайд лабораторийн нөхцөлд виртуал төхөөрөмж ашиглан нэвтэрч, заасан маршрутын дагуу аялсан болно.

II. СУДАЛГААНЫ АРГА ЗҮЙ

Виртуал бодит байдлын хөгжүүлэлт оролцогчдод бодит болон виртуал орчны ялгааг багасгаж, яг ижил

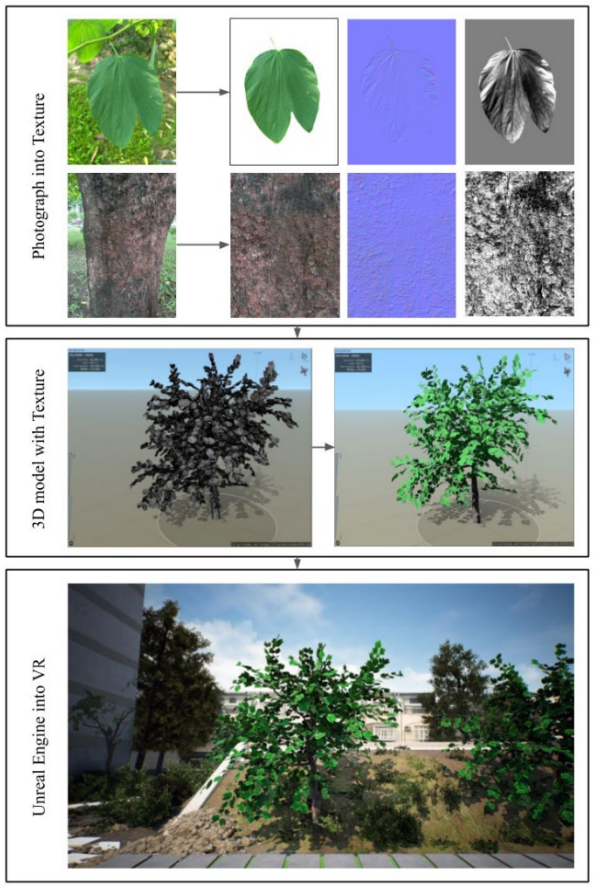
туршлагыг мэдрүүлэхийн тулд виртуал загвар нь бодит орчинтойгоо яг ижил бүтэц, текстуртай, өндөр түвшний фото бодит байх шаардлагатай. Үүнд хүрэхийн тулд хөгжүүлэлтийг дараах 4 үндсэн үе шаттайгаар явуулсан:

Зураг авалт: Бодит цэцэрлэгт хүрээлэнгийн барилга, мод, навч, зам, чулуу зэрэг байгалийн элементүүдийн зургийг Zenfone 4 гар утас ашиглан (f/2.2, ISO 36, өндөр нягтаршилтайгаар) авсан.

Текстур боловсруулалт: Авсан гэрэл зургуудыг Adobe Photoshop программд оруулж, 3н хэмжээст программ таньж унших боломжтой болгохын тулд Normal map, Mask зэрэг тусгай үе давхаргууд үүсгэн бодит мэт гадаргуугийн текстуруудыг бэлтгэсэн.

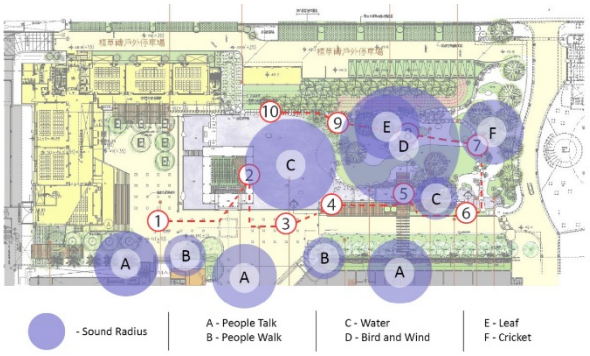
3н хэмжээст загварчлал: Барилга байгууламж болон замын бүтцийг Sketchup программ дээр, харин бүх төрлийн мод, ургамлын загварыг тусгай зориулалтын Speedtree программ дээр нарийвчлан бүтээсэн.

Виртуал орчны хөгжүүлэлт: Бэлэн болсон 3н хэмжээст загварууд болон текстуруудыг Unreal Engine программд оруулж ирсэн.



1-р зураг. Виртуал бодит байдлын хөгжлийн ажлын зураглал

Unreal Engine нь гэрэлтүүлгийг бодит цагийн горимд тооцоолж, моддын салхинд хийсэх хөдөлгөөн болон 360 хэмийн орон зайн дуу чимээг нарийвчлан суулгаж өгсөн. Ингэснээр бодит цэцэрлэг болон виртуал орчин дахь загвар нь гэрэлтүүлэг, барилга, мод, ургамал, дуу чимээний хувьд яг ижил болсон ба ганцхан "үнэр"-ийн хувьд л ялгаатай байв. Энэхүү процессыг гүйцэтгэхийн тулд Asus Strix (Intel i7, 16GB RAM, GTX 1070) хүчин чадалтай зөөврийн компьютер ашигласан болно.



2-р зураг. Шюэси цэцэрлэгийн явган хүний зам болон усан сан, асар бүхий рендер зураг болон дуу чимээний радиус харуулсан төлөвлөлт

Виртуал орчны туршилт

Виртуал бодит туршилтад хамрагдсан оролцогчид лабораторийн нөхцөлд HTC Vive төхөөрөмжийг зүүн, Шюэси цэцэрлэгт хүрээлэнгийн 360 хэмийн 3н хэмжээст загварт нэвтэрч, 10 байршлаар аялсан. Оролцогчдод байршил тус бүр дээр 1-2 минут зарцуулах хугацаа өгсөн ба туршилт дууссаны дараа сэтгэл хөдлөлийн асуумжаа бөглөсөн. Виртуал орчныг маш бодит мэт болгохын тулд салхинд хийсэх навчис, усны долгионт ойлт болон 3н хэмжээст орон зайн дуу чимээ зэрэг бүх нарийн деталь нөлөөллүүдийг тусгайлан тохируулж өгсөн.

3-р зураг. Виртуал төхөөрөмж зүүсэн оюутны лаборатори дахь зураг.

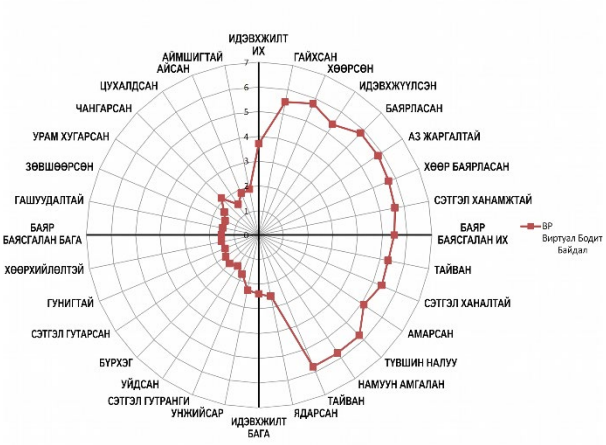
Статистик шинжилгээний аргууд

Судалгааны дата мэдээллийг цуглуулсны дараа SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) программыг ашиглан шинжилгээ хийсэн. Дүрслэх статистик: Оролцогчдын 28 төрлийн сэтгэл хөдлөлийн үзүүлэлтүүдийн (гайхсан, баярласан, тайвширсан, түгшсэн гэх мэт) хувийг тооцоолж, виртуал орчноос авсан мэдрэмжүүдийн оноог гаргасан. Үүнээс гадна оролцогчдын өгөгдлийн тархалт болон дундаж утгуудыг харьцуулан шинжлэх аргачлалыг хэрэглэж илүү нарийвчилсан үр дүнг тооцоолов.

III. Үр дүн ба хэлэлцүүлэг

Оролцогчдын мэдээлэл болон Виртуал орчны сэтгэл зүйн үнэлгээ

Судалгааны мэдээлэл цуглуулах үйл явцад нийт 42 оюутныг санамсаргүй түүврийн аргаар сонгон хамруулж, асуумжийг бүрэн цуглуулж авсан. Нийт оролцогчдын 22 нь эрэгтэй (52.4%), 20 нь эмэгтэй (47.6%) байсан бөгөөд 42.9% нь бакалавр, 57.1% нь магистрын түвшний судлаач оюутнууд байв. Түүнчлэн Архитектур, Интерьер дизайн, Ландшафтын ангийн оюутнууд түлхүү оролцсон нь орон зайн мэдрэмж, хүрээлэн буй орчны дизайныг нарийн үнэлэх давуу талтай байлаа. Виртуал орчинд оролцогчдын сэтгэл зүйд гарсан өөрчлөлтийг хэмжихийн тулд 28 төрлийн сэтгэл хөдлөлийн үзүүлэлтийг 1-ээс 7 хүртэлх Ликертийн шатлалаар хэмжсэн. SPSS программ ашиглан дундаж утгуудыг тооцоолон гаргахад, виртуал орчинд байх үед оролцогчдын дунджаар аз жаргалтай (5.80), тааламжтай (5.83), гайхсан (5.50), сэтгэл хөдөлсөн (5.76), сэргэсэн (5.38) зэрэг эерэг сэтгэл хөдлөлүүд өндөр түвшинд байсан нь тогтоогдсон. Энэ нь виртуал орчин хүнийг тайвшруулж, сэргээх нөлөөтэй болохыг баталж байна.



4-р зураг. Виртуал орчны дундаж утга

Хязгаарлалт болон Сөрөг нөлөө

Зарим оролцогчдын хувьд виртуал төхөөрөмжийг лабораторийн нөхцөлд удаан хугацаагаар зүүх үед толгой эргэх, дотор муухайрах зэрэг сөрөг мэдрэмжүүд ажиглагдсан бөгөөд энэ нь туршилтын үр дүнд тодорхой хэмжээгээр сөргөөр нөлөөлсөн байж болзошгүйг цаашдын судалгаанд анхаарах нь зүйтэй.

АСУУМЖИЙН ӨГӨГДЛӨӨС ГАРСАН ДУНДАЖ УТГА

1-Р ХҮСНЭГТ.

#	Сэтгэл хөдлөл	Дундаж оноо
1	Гайхсан	5.5000 (1.2542)
2	Сэтгэл хөдөлсөн	5.7619 (1.1435)
3	Эрч хүчтэй	5.3809 (1.1251)
4	Баяртай	5.8333 (0.8811)
5	Аз жаргалтай	5.8095 (0.8900)
6	Баяр хөөртэй	5.6829 (0.9601)
7	Хөгжилтэй	5.6190 (1.0109)
8	Сэтгэл амарсан	5.3333 (1.3910)
9	Сэтгэл хангалуун	5.3809 (1.1466)
10	Амарч буй	5.1190 (1.3471)
11	Ая тухтай	5.7619 (1.1074)
12	Амар амгалан	5.7380 (1.2308)
13	Тайван	5.7857 (1.0714)
14	Ядарсан	2.5238 (1.0873)
15	Нойрмог	2.2857 (1.2932)
16	Урам зоригүй	1.7380 (0.9122)
17	Уйдсан	1.5365 (0.8092)
18	Гутранги	1.6500 (1.2100)
19	Сэтгэлээр унасан	1.5853 (1.1174)
20	Сэтгэл өвдсөн	1.4523 (0.6325)
21	Зовлонтой	1.5238 (0.8333)
22	Гунигтай	1.4761 (0.8333)
23	Сэтгэл зовнисон	1.4634 (0.5957)
24	Сэтгэл дундуур	1.6666 (1.0515)
25	Сандарсан	2.1190 (1.4348)
26	Уурласан	1.5000 (0.8337)
27	Айсан	1.8333 (1.4299)
28	Айж сандарсан	1.9047 (1.3759)

Дүгнэлт

Энэхүү судалгаа нь бодит цэцэрлэгт хүрээлэнг виртуал бодит орчинд фото бодит түвшинд хэрхэн хөгжүүлсэн үйл явц болон тэрхүү технологи хүний сэтгэл зүйд хэрхэн нөлөөлснийг онцлон авч үзлээ. Эхний ээлжид судлаачид Meshroom болон Metashape зэрэг фотограмметрийн программ хангамжуудыг туршсан боловч тусгай нөхцөлүүдийг шаарддаг тул бүрэн төгс 3н хэмжээст загвар гаргах боломжгүй байв.

5-р зураг. Мэшрүүм фотограмметрийн программ

Тиймээс Speedtree, Sketchup болон Unreal Engine программуудын хоршлыг ашиглан амжилттай хөгжүүлэлт хийсэн. Судалгааны үр дүнд виртуал орчин нь бодит орчноос дутахгүй байгаад зогсохгүй Гайхсан, Сэтгэл хөдөлсөн, Сэргэсэн, Баярласан, Аз жаргалтай гэсэн 5 онцгой хэмжүүр дээр статистикийн хувьд илүү давуу үр нөлөөг үзүүлсэн байна. Энэхүү давуу байдлыг технологийн шинэлэг байдал, өндөр нарийвчлалтай график дизайн болон байгалийн дуу чимээг чихэвчээр бодит орон зайд сонсох нь парасимпатик мэдрэлийн системийг идэвхжүүлж стрессийн эсрэг хүчтэй ажилладагтай холбон тайлбарлаж болно.

Санал зөвлөмж

Виртуал бодит байдал хүний сэтгэл санааг огцом дээшлүүлж, эерэг мэдрэмж төрүүлдэг нь үр дүн

гарсан тул цаашид энэхүү технологийг зөвхөн судалгааны хүрээнд бус, бодит практикт ашиглах боломж байна.

Технологийн хоршил

Цаашдын хөгжүүлэлтэд фотограмметрийн нарийн бодит байдлыг зохиомол 3н хэмжээст загвартай хослуулан ашиглавал виртуал ертөнц 90% бодит мэт болох боломжтой бөгөөд өөр төрлийн виртуал төхөөрөмжүүдийг туршиж харьцуулах шаардлагатай.

Эрүүл мэнд, нийгмийн салбар дахь хэрэглээ

Хэдийгээр уг судалгааг залуу, эрүүл оюутнуудын дунд явуулсан тул шууд өвчтэй эсвэл өндөр настай хүмүүст хэрэглэх үр дүнг бүрэн төлөөлж чадахгүй ч, энэхүү аргачлал нь цаашид маш амжилттай "Эерэг сэтгэл зүйг өдөөх виртуал хөтөлбөр" болж хөгжих ирээдүйтэй юм. Үүнийг өдрийн турш компьютерийн ард суудаг оффисын ажилтнуудын стрессийг тайлах, эмнэлгийн орон дээр удаан хэвтэж буй өвчтөнүүд, асрамжийн газрын өндөр настнууд болон гадаа бие даан гарах боломжгүй, хөдөлгөөний бэрхшээлтэй иргэдийн сэтгэл зүйн сайн сайхан байдлыг хангахад дэмжлэг үзүүлэх зорилгоор нэвтрүүлэн ашиглах санаачилгыг дэвшүүлж байгаа бөгөөд эдгээр зорилтот бүлгүүдэд чиглэсэн тусгайлсан судалгаануудыг хийх шаардлагатайг онцолж байна

АШИГЛАСАН МАТЕРИАЛ, НОМ ЗҮЙ

[1] Annerstedt, M. (2013) Inducing physiological stress recovery with sounds of nature in a virtual reality forest — Results from a pilot study 240-250

[2] Baños M. R (2012) A positive psychological intervention using virtual reality for patients with advanced cancer in a hospital setting: a pilot study to assess feasibility

[3] Bishop I.D. (2002) Subjective responses to simulated and real environments: a comparison

[4] Bohil J. C (2011) Virtual reality in neuroscience research and therapy

[5] Botella, C. (2015) Virtual reality exposure-based therapy for the treatment of post-traumatic stress disorder: a review of its efficacy, the adequacy of the treatment protocol, and its acceptability

[6] Depledge M. H., (2011) Can Natural and Virtual Environments Be Used To Promote Improved Human Health and Wellbeing? 4660–4665

[7] Higuera, T. (2017) Psychological and physiological human responses to simulated and real environments: A comparison between Photographs, 360 Panoramas, and Virtual Reality 398-409

[8] Kjellgren, A. (2010) A comparison of the restorative effect of a natural environment with that of a simulated natural environment 464-472

[9] Palanica, A. (2019) A comparison of nature and urban environments on creative thinking across different levels of reality 44-51

[10] Reger, M. G (2016) Randomized Controlled Trial of Prolonged Exposure Using Imaginal Exposure vs. Virtual Reality Exposure in Active Duty Soldiers With Deployment-Related Posttraumatic Stress Disorder (PTSD)

[11] Ruotolo, F. (2013) Immersive virtual reality and environmental noise assessment: An innovative audiovisual approach 10-20

[12] Sanchez, E. (2017) Using Virtual Reality for assessing the role of noise in the audio-visual design of an urban public space 98-107

[13] Tabrizian, P. (2018) Exploring perceived restoration potential of urban green enclosure through immersive virtual environments 99-109

[14] Valtchanov, D. (2010) Restorative Effects of Virtual Nature Settings

[15] Yu, C. (2018) The effect of virtual reality forest and urban environments on physiological and psychological responses 106-114

ХӨДӨЛМӨРИЙН ҮНЭЛЭМЖ ЦАЛИН ХӨЛС НЬ ХӨДӨЛМӨР ЭРХЛЭЛТЭД НӨЛӨӨЛӨХ

Пүрвээгийн ЖАРГАЛТУЯА[1] Баастын БАТТУЛГА[2]

[1]Монгол Улс, Улаанбаатар, ШУТИС, Менежментийн сургууль, Эдийн засаг, санхүүгийн тэнхим

Холбоо барих зохиогчийн и-мэйл хаяг: b.battulga7812@must.edu.mn[2]

Хураангуй. Үндэсний хэмжээнд сүүлийн 20 гаруй жилийн макро эдийн засгийн үзүүлэлтүүдэд гарч буй өөрчлөлтүүд, инфляцын түвшинтэй холбоотойгоор ажиллагчдын дундаж цалин, нэрлэсэн болон бодит цалингийн индекс нь хөдөлмөр эрхлэлт, ажилгүйдлийн түвшинд хэрхэн нөлөөлж байгааг тодруулах зорилгоор судалгаа хийлээ. Салбаруудын ажиллагчдын дундаж цалин хөлсийг, хөдөлмөрийн бүтээмжтэй харьцуулан тодорхойллоо. Хөдөлмөр эрхэлж байгаа иргэдийн авч буй цалин хөлс амьдралд нь хүрэлцэхгүй, амьжиргааны түвшинээс доогуур орлоготой өрхийн тоо нэмэгдэж байна. Улсын ажиллах хүчний болон хөдөлмөрийн хөлсний бодлого алдагдаж байгаагаас иргэд гадны улс оронд хөдөлмөр эрхлэх байдал нэмэгдэж, улс орон ажиллах хүчний дутагдалд орох өндөр эрсдэлтэй тулгарч болзошгүй байна.

Түлхүүр үг: Хөдөлмөрийн бүтээмж, хөдөлмөрийн үнэлэмж, цалин хөлс, дундаж цалин, бодит цалин, медиан цалин, хүмүүн капитал

I. УДИРТГАЛ

Монгол улсын макро эдийн

засгийн үзүүлэлтүүдэд гарч буй өөрчлөлтүүд, инфляцын түвшин өндөр байгаа энэ цаг үед хүн амын гуравны нэг нь ядуу, орлого багатай, орлогын гол эх үүсвэр цалин хөлс нь хүнсний хэрэгцээгээ ч хангаж чадахгүй байдалд хүрч байна. Хувь хүний орлого, цалин хөлсийг нэмэгдүүлэх эдийн засгийн эх үүсвэрүүд цөөн, хөдөлмөрийн үнэлэмж бага, бизнесийн байгууллагын цалин хөлсний систем, зохион байгуулалт нь өнөөгийн шаардлагад нийцэхгүй байгаа нь ажиллагчдын хөдөлмөр эрхлэх сонирхол буурч, хөдөлмөрийн үнэлэмж өндөртэй улс орнуудыг зорьж байна. Иймд улс орны түвшинд ажиллах хүчний бодлого, цалин хөлсний систем, татвар, нийгмийн даатгалын тогтолцоог цогцоор нь өөрчлөх, шинэчлэх шаардлага тулгарч байна.

II. ХӨДӨЛМӨРИЙН ҮНЭЛЭМЖ, ЦАЛИН ХӨЛСНИЙ ТАЛААРХ ЭРДЭМТДИЙН ҮЗЭЛ БАРИМТЛАЛ

Улс орны эдийн засгийн өсөлт нь түүний үйлдвэрлэж буй бүтээгдэхүүний түвшин буюу бодит ДНБ-ээр хэмждэг. Эдийн засгийн өсөлт нь эдийн засаг дахь бараа, үйлчилгээг үйлдвэрлэх хүчин чадлын өсөлтөөр /бууралт/ хэмжигдэнэ. Өсөлтийг үнэн зөв тооцож, гаргахын тулд инфляцын нөлөөг хасаж тооцох буюу бодит ДНБ-ний өсөлтөөр илэрхийлнэ. Бодит ДНБ-ний түвшин нь нийгэм, эдийн засгийн хөгжлийн хэмжүүр бөгөөд түүний өөрчлөлтийн хурд нь эдийн засгийн өсөлтийн үзүүлэлт болдог. Бодит ДНБ-ний өсөлтөд нөлөөлөх 3 хүчин зүйлс:

1. Нэг хүнд ногдох ДНБ
2. Хөдөлмөрийн бүтээмж, үнэлэмж
3. Эдийн засгийн бодлого

Улс оронд үйлдвэрлэсэн бараа, үйлчилгээний хэмжээгээр иргэдийн хэрэглээ нэмэгдэж, амьдралын түвшин дээшилнэ. Улс орны хөгжил, иргэдийн амьдралын түвшин нь тухайн улсын эдийн засгийн бараа, үйлчилгээ үйлдвэрлэх чадамж, бүтээмжээс хамаарна. Эдийн засгийн эрчимтэй өсөлт нь дотоодын хөрөнгө оруулалтын хэмжээг нэмэгдүүлэх, үйлдвэрлэл өсөх, ажлын байр нэмэгдэх, амьжиргааны түвшинг дээшлүүлэх, ажилгүйдэл буурах, татварын орлого нэмэгдэх, төсвийн алдагдал багасах, улсын өр буурах зэрэг эдийн засагт бодит эерэг өөрчлөлтүүд бий болгоно. Эдийн засгийн тогтвортой өсөлтөөр тодорхойлогдох урт хугацааны эдийн засгийн хөгжил, улмаар нийгмийн сайн сайхан байдлын үзүүлэлтийг /индекс/ улс орнууд тодорхойлох болсон. Хөгжингүй улс орнуудын ажиллагчдын өндөр хөдөлмөрийн бүтээмжээс хамаарч хөдөлмөрийн үнэлэмж, цалин хөлс сайн байдаг тул хөгжиж буй улс орноос илүү нийгмийн үйлчилгээ, амьдралын чанар сайн байна. Иймд улс орон бүр бүтээгдэхүүн, үйлчилгээ бий болгох, үйлдвэрлэл хөгжүүлэх, хөдөлмөрийн бүтээмжийг нэмэгдүүлэхд анхаарах хэрэгтэй болж байна.

Эдийн засгийн онолд ажиллагчдын орлого төрөл бүрийн эх үүсвэрээс хувь хүн ба өрхийн орлогыг бүрдүүлж буй нийгэм эдийн засгийн категори ойлголт (David.W, 1997) гэж тодорхойлсон байдаг. Нобелын шагналт эдийн засагч П.Самуэльсон хувь хүний орлого нь хувь хүн буюу өрхийн тодорхой хугацааны олж байгаа орлого буюу нийт мөнгө (Пол А. Самуальсон, 2000), АНУ-ын Сиэтлийн их сургуулийн профессор Пол Хейне хувь хүний орлого бол нэгж хугацаанд буюу долоо хоногт, жилд орж ирж байгаа мөнгөний урсгал нь өөр хоорондоо холбоотой олон шийдвэрүүдийн үр дүн" (Хейне, 1992) гэж тус тус тодорхойлжээ.

Зах зээлийн эдийн засагт хувь хүний орлого нь төрөл бүрийн эх үүсвэрээс бүрддэг ч манай орны хувьд ажиллагчдын дийлэнх нь цалин хөлснөөс өөр орлогын эх үүсвэргүй байна. Гэхдээ сонгодог эдийн засгийн онолд цалин хөлс нь тухайн ажилтны өөрийгөө болон өрхийн гишүүдийн анхдагч хэрэгцээг хангахуйц байх (А.Смит, 1998) шаардлагатай гэж үздэг учир ажиллагчдын орлого нь хувийн орлого буюу өрхийн орлоготой тэнцүү буюу бага байж болох юм. Үүнд:

$$Iw \leq Ip = If \qquad (1)$$

Энд: Iw- ажиллагчдын орлого, Ip- хувийн орлого, If – өрхийн орлого

Хувийн буюу ажиллагчдын орлогын эх үүсвэрийг үндсэнд нь:

1. ***Хөдөлмөрийн хөлсний орлого***. Цалин хөлс, хувийн бизнес эрхлэлтийн орлого;
2. ***Хөдөлмөрийн бус*** **орлого**. Хууль, тогтоомжийн дагуу авах ногдол ашиг, санхүүгийн байгууллагын төрөл бүрийн үйлчилгээ, хадгаламжийн хүүний орлого, хөрөнгийн өмчлөөс олох орлого, төрөөс олгох тэтгэвэр, тэтгэмжүүд болон хөдөлмөрийн үйл ажиллагаанаас шууд хамааралгүй орлого гэж тодорхойлжээ.

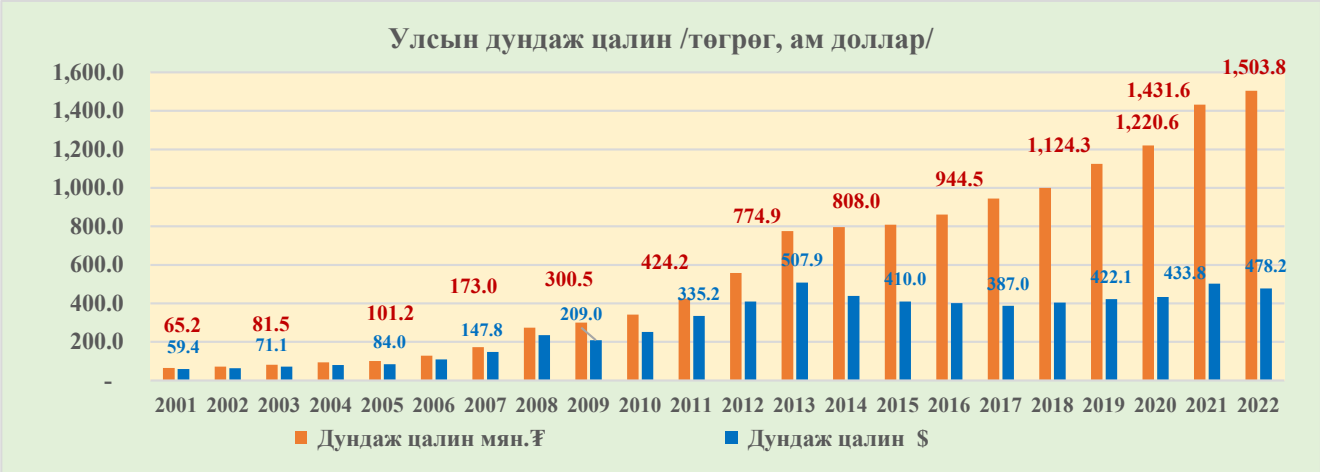
Ажиллагчдын хувьд орлогын гол эх үүсвэр цалин хөлс бөгөөд цалин хөлсний тухай В.Петти, А.Смит, Д.Рикардо нарын XVII, XVIII зууны үеийн өндөр цалин хөлс нь ажиллагчдын хөдөлмөрийн бүтээмжийг дээшлүүлдэг гэж дүгнэн, цалингийн онол, хүмүүн капиталын онолыг боловсруулсан байна. Ажилгүйдлийн түвшин, нэрлэсэн цалингийн цэвэр өсөлтийн хурдац хоёр урвуу хамааралтай болохыг нотолсон Филлипсийн муруйн онол, үзэл баримтлал нь хөдөлмөрийн үнэлэмж, хөдөлмөр эрхлэлтийн харилцааг зохицуулдаг. Англиийн эдийн засагч А.Дитон 2015 онд “Ядуурал ба чинээлэг аж байдал, хэрэглээний судалгаа” (Nobel, 2015) систем сэтгэлгээ, ситуацийн онолын бүтээл нь эдийн засгийн салбарт Нобелын шагнал хүртсэн байна.

Монгол улсад хөдөлмөрийн үнэлэмж, цалин хөлс, урамшууллын тогтолцоог боловсронгүй болгох чиглэлээр доктор, профессор Н.Цэнд (Н.Цэнд, 1978), С.Доржсүрэн (С.Доржсүрэн, 2003), Г.Чулуунцэцэг (Г.Чулуунцэцэг, 2016), А.Аюуш (А.Аюуш, 2018) нарын эрдэмтдийн судалгааны бүтээл чухал байр эзэлнэ. Мөн доктор /Sc.D/, профессор Г.Батхүрэл (Г.Батхүрэл, 2011) бизнесийн байгууллагуудын цалин хөлсний өнөөгийн систем, түвшинд байна.

III. ХӨДӨЛМӨРИЙН ҮНЭЛЭМЖ, ХӨДӨЛМӨР ЭРХЛЭЛТИЙН ӨНӨӨГИЙН БАЙДАЛД ХИЙСЭН СУДАЛГАА

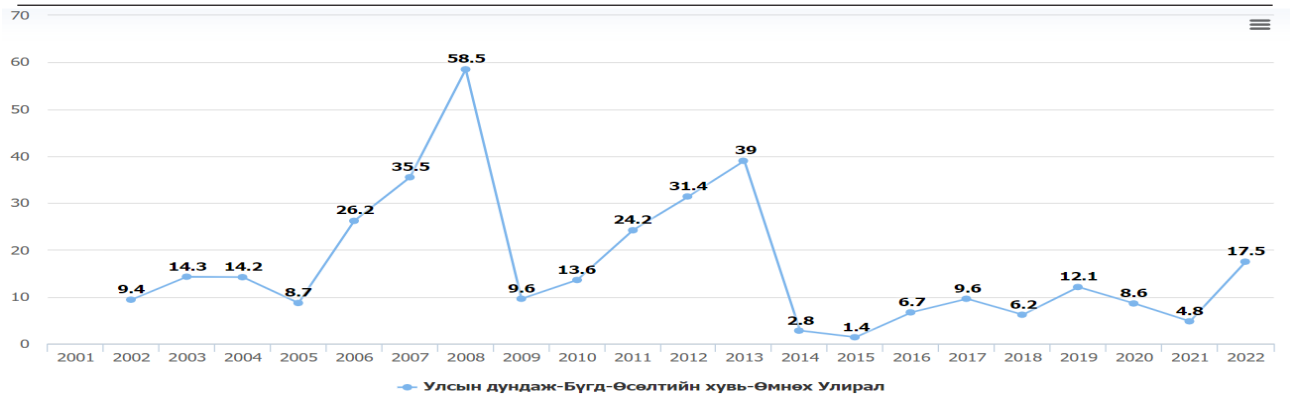
Монгол улсын хэрэглээний үнийн индекс /ХҮИ/ сүүлийн 20 жилд тогтвортой биш, хэлбэлзэл өндөртэй буюу 10%-с дээш хувьтай байна. Улсын ХҮИ нь 2022 оны 1 сарын байдлаар хүнсний бүтээгдэхүүн 21.3 % орон сууцны ашиглалт 15.8%, тээвэр 21.1%, зочид буудал, зоогийн газрын үйлчилгээний үнийн индекс 19.6%-р хамгийн өндөр өсөлттэй байна. Худалдааны түнш орнуудын өндөр инфляц, тээврийн саатал зэрэг хүчин зүйлээс шалтгаалж, хэрэглээний үнийн индексээр хэмжигдэх улсын инфляц 2022 оны эцэст 13.2 хувь, 2023 онд өмнөх оноос буурч 7.9%-т хүрсэн байна. Жил бүрийн дундаж цалингийн өсөлт 2015 оноос хойш ҮСХ-оос тодорхойлсон инфляцийн түвшинтэй ойролцоо, түүнээс доогуур түвшинд байна. Монгол улс ихэнх бараа, бүтээгдэхүүнийг импортоор худалдан авч хэрэглэдэг тул импортын барааны бодит инфляц өндөр байна.

Монгол улсад хөдөлмөрийн бүтээмжийг нэг ажиллагчид ногдох ДНБ-ний (зэрэгцүүлэх үнээр) хэмжээгээр илэрхийлдэг. Бүтээмжийн өсөлтийг гарц болон орцын өсөлтийн зөрүүгээр хэмждэг. Нэг ажиллагчид ногдох ДНБ буюу хөдөлмөрийн бүтээмж 2023 онд 23.9 сая төгрөг болж, өмнөх оноос 4.5 хувиар өслөө. Санхүү, даатгалын салбарын бүтээмж хамгийн өндөр буюу улсын дунджаас 3.3 дахин их, барилгын салбарынх хамгийн бага буюу улсын дунджаас 2.0 дахин доогуур



Зураг 1. Улсын дундаж цалингийн өөрчлөлт /төгрөг, ам доллар/ ҮСХ

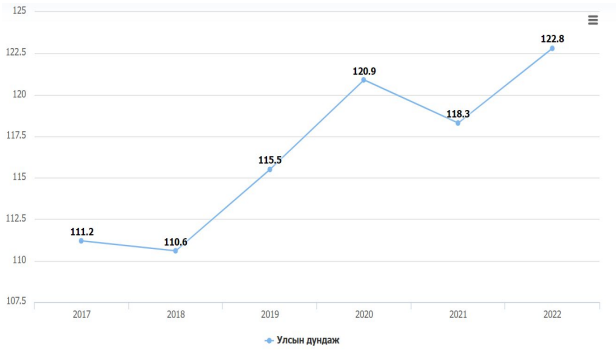
Монгол улсын дундаж цалин хөлсийг төгрөгөөр болон тогтвортой валют болох америк доллараар илэрхийлэн, 2001-2022 онуудын хоорондох динамик өөрчлөлтөд судалгаа хийлээ. Монгол улс дундаж цалин хөлсийг жигнэсэн дундажын аргаар тооцдог бөгөөд дундаж цалин нь тухайн жилийн татвар, шимтгэл суутгаагүй нэрлэсэн цалин хөлс юм. Улсын дундаж цалингийн өсөлтийг 2001-2024 он хүртэл судаллаа. Улсын дундаж цалин 2001 онд 65’200 төгрөг байсан бол 2022 онд 1’503’800, 2023 онд 1890,000, 2025 онд 2,500,000 төгрөг болж, 38.94 дахин өссөн байна.



Зураг 2. Улсын дундаж цалингийн өсөлтийн хувь, 2001-2022, ҮСХ

Улсын дундаж цалин 2001-2023 онуудад жилд дундажаар 10%, 2006-2008, 2011-2013 онуудад өндөр хэлбэлзэлтэй 25-58.5%-р өссөн байна. Дундаж цалин хөлс өндөр хэлбэлзэлтэй өссөн онуудад инфляц 12.5-22.1% хооронд өсөлттэй гарсан байна. Монгол улс албан инфляцын өсөлттэй үялдуулан дундаж цалинг нэмэгдүүлдэг тул бодит цалингийн өсөлт харагдахгүй байна. Бодит цалин гэдэг нь нэрлэсэн цалингийн хэрэглээний үнийн индексээр засварлагдсан дүн буюу худалдан авах чадварын өөрчлөлтийг илэрхийлсэн үзүүлэлт юм. Дундаж цалин хөлс нь тайлант хугацаанд олгогдсон цалин хөлсийг ажиллагчдын тоогоор жигнэсэн дүн буюу тайлант хугацаанд цалин хөлс авсан ажиллагчдын тооны харьцаагаар тодорхойлогдоно. Монгол улсын 2023 оны 10 сарын байдлаарх медиан цалин нь 378,028 дахь ажиллагч дээр 1,285,323 төгрөг байна.

Зураг 3. Медиан цалин, ҮСХ, НДЕГ, 2023 оны 10 сарын байдлаар



Зураг 4. Бодит дундаж цалингийн индекс, (2015=100), ҮСХ

Хэрэглээний үнийн индексээр засварлагдсан бодит дундаж цалингийн индексийг 2015 оны цалинг суурь болгон 100 гэж тооцвол, 2022 оны сарын бодит дундаж цалингийн индекс 122.8 болсон байна.

Зураг 5. Бодит дундаж цалингийн индекс, (2015=100), ҮСХ, 2023 оны 10 сарын байдлаар

Хөдөлмөрийн үнэлэмж буюу цалин хөлс хөдөлмөрийн бүтээмжээс хамаарч байдаг. Хөдөлмөрийн бүтээмж 2023 оны гүйцэтгэлээр бизнесийн секторын нийт 12 салбараас 8 салбарт өсөлт, 4 салбарт бууралттай гарсан. Тухайлбал, хөдөлмөрийн бүтээмж санхүү даатгалын салбарт 79.4, уул уурхайн салбарт 57.5, мэдээлэл холбооны салбарт 52.3 сая төгрөг бол зочид буудал, орон сууц, нийтийн хоолны үйлдвэрлэлд 13.0, барилгын салбарт 11.2 сая төгрөг байна. Бүтээмжийн өөрчлөлт нь гарцын өөрчлөлтөөс илүүтэй орц буюу ажиллагчдын тооны өөрчлөлтөөс шалтгаалж байна. Тээвэр, зочид буудал, нийтийн хоол, уул уурхай, олборлолтын салбарын хөдөлмөрийн бүтээмжийн өсөлт гарцын өсөлтөөс шалтгаалсан бол мэдээлэл, холбоо, санхүү, даатгалын салбарын бүтээмжийн өсөлт ажиллагчдын тооны бууралтаас шалтгаалсан байна.

Зураг 6. Дундаж цалин хөлс, салбараар, 2023 он, мян.төг

Зураг 7. Хөдөлмөрийн бүтээмж, салбараар, ҮСХ

Санхүү, даатгалын салбарын гарц өмнөх оноос 10.5 хувиар нэмэгдсэн ч орц 10.2 хувиар буурсан нь хөдөлмөрийн бүтээмж 20.7 хувиар өсөхөд нөлөөлжээ. ХАА-н салбарын хувьд ажиллагчдын тооны өсөлтөөс шалтгаалсан байна. Ажиллах хүчний нөөцийн дөрөвний нэгийг шингээдэг үйлчилгээний салбарт хөдөлмөрийн бүтээмж хамгийн бага байгаа төдийгүй дундаж цалин хөлс улсын дундажаас 35%-р доогуур байна. Бөөний болон жижиглэн худалдаа, усан хангамж, бизнесийн бусад салбарын хөдөлмөрийн бүтээмжийн бууралт ажиглагдаж байна.

Монгол улсын ажилгүйдлийн түвшин сүүлийн 4 жилд 5-8% хооронд хэлбэлзэж байна. Инфляцийн түвшинтэй уялдуулан дундаж цалинг нэмэгдүүлдэг тул ажиллагчдын, өрхийн бодит орлого өсөхгүй байгаа тул ажиллах хүч гадагшаа гарч, ажилгүйдлийн түвшин сүүлийн жилүүдэд буурсан мэт харагдаж байна. Дундаж цалин хөлсөд татвар, шимтгэлийг оруулж тооцдог тул бодит байдлаас илүү өндөр дүнтэй харагдаж байна. Сүүлийн 4 жилийн байдлаар ажиллах хүч 1.17-1.19 саяын хооронд буюу өөрчлөлт багатай байна.

Зураг 8. Дундаж цалин, инфляц, дундаж цалингийн өөрчлөлт, хувиар, ҮСХ

Сүүлийн 10 жилд ажилгүйдлийн түвшин 5-9% хооронд хэлбэлзэж байна. Инфляцийн түвшин 2007-2009 онуудад өндөр хэлбэлзэлтэй, 2009-2014 онуудад валютын ханш /ам доллар/ нэлээд савалгаатай байгаатай холбоотой дундаж цалин 2006-2008 онуудад 8.7-58.5% хүртэл өсч, 2009 онд буурч, 2010-2013 онуудад дахин 13.6-39% хүртэл өссөн байна. Цалин хөлсний тогтвортой бодит өсөлт ажиглагдахгүй байна. Ковид-19 цар тахалын үе болон 2015-2022 онуудад дундаж цалин хөлс 5-12% өссөн байна. Ажиллагчдын бодит орлого нэмэгдэхгүй, орлого нь хүнсний хэрэглээнээс илүү гарахгүй байгаа тул ажиллах хүч маань гадагшаа гарч байна. Ажиллах хүчний тоо сүүлийн 8 жилд 1.04-1.2 саяын хооронд хэлбэлзэж байна. 2022 оны 3 улирлын байдлаар өрхийн сарын дундаж бодит орлого 1172.0 мянган төгрөг, зарлага нь 1190.0 мянган төгрөгт хүрсэн байна. Өрхийн нийт зарлага нь нийт орлогоосоо давж, өрх гэр бүл хүнс, ахуйн хэрэглээгээ хангахын тулд өр зээлтэй байна. 2023 оны 10 сарын байдлаар өрхийн сарын бодит орлого 1312.0 мянган төгрөг, зарлага нь 1359.0 мянган төгрөгт хүрч, хөдөлмөр эрхэлж байгаа иргэдийн авч буй цалин хөлс амьдралд нь хүрэлцэхгүй болж байна. Ажил,

хөдөлмөр эрхэлж байгаа мөртлөө амьжиргааны түвшинээс доогуур орлоготой өрхийн тоонд орж байна. Энэ байдал нь улсын ажиллах хүчний болон цалин, хөдөлмөрийн хөлсний бодлого алдагдсан байгааг илтгэж байна.

Дүгнэлт

Монгол улс албан инфляцын өсөлттэй уялдуулан дундаж цалин хөлсийг нэмэгдүүлдэг тул бодит цалингийн өсөлт харагдахгүй байна. Хэрэглээний үнийн индексээр засварлагдсан бодит дундаж цалингийн индексийг 2015 оны цалинг суурь болгон 100 гэж тооцвол, 2022 оны байдлаар сарын бодит дундаж цалингийн индекс 122.8 болсон байна. Ажиллагчдын сарын дундаж нэрлэсэн цалин 2015 оноос 2022 онд 2.3 дахин нэмэгдсэн хэдий ч худалдан авах чадварыг илэрхийлэх бодит цалин 7 жилийн хугацаанд 36.2 хувиар нэмэгджээ.

2023 оны байдлаар улсын сарын дундаж цалин 1.89 сая төгрөгт хүрсэн байна. Үүл үүрхайн салбарын дундаж цалин хөлс хамгийн өндөр 4.6 сая төгрөг бол урлаг, үзвэр үйлчилгээний салбарынх хамгийн бага 1.2 сая төгрөг байна. Энэ нь салбаруудын хөдөлмөрийн бүтээмжээс хамаарч байна. Үүл уурхай, санхүү даатгалын салбарт бүтээмж өндөр байгаа тул хөдөлмөрийн үнэлэмж, цалин хөлс өндөр байна.

Хөдөлмөр эрхлэлтийн түвшин нь 2023 оны 10 сарын байдлаар 55. 9%, ажилгүйдлийн түвшин 5.2% байна. Ажилгүйдлийн түвшин доогуур байгаа боловч, хөдөлмөрийн насны хүн амын дотооддоо хөдөлмөр эрхлэлт хангалтгүй түвшинд байгаа бөгөөд хөдөлмөрийн үнэлэмж өндөртэй улс оронд ажиллахаар гадны улс орныг зорьж байна. Нөгөө талаас бодит цалин хөлс нь амьдралын өртгөөс хэт доогуур байгаа тул залуучууд ажил, хөдөлмөр эрхлэх сонирхолгүй болж байгаа нь нийгэмд үзүүлэх хамгийн таагүй үр дагавар юм.

Сүүлийн жилүүдэд өрхийн нийт зардлага нь нийт орлогоосоо давж, иргэдийн өр, зээл нэмэгдэж байна. Хөдөлмөр эрхэлж байгаа иргэдийн авч буй цалин хөлс амьдралд нь хүрэлцэхгүй, хөдөлмөр эрхэлж байгаа мөртлөө амьжиргааны түвшинээс доогуур орлоготой өрхийн тоонд орж байна.

Улсын ажиллах хүчний болон цалин, хөдөлмөрийн хөлсний бодлого алдагдаж байгаагаас иргэд гадны улс оронд хөдөлмөр эрхлэх байдал нэмэгдэж, улс орон ажиллах хүчний дутагдалд орох өндөр эрсдэлтэй тулгарч болзошгүй байна. Иймд улс орны түвшинд ажиллах хүчний бодлого, цалин хөлсний систем, татвар, нийгмийн даатгалын тогтолцоог цогцоор нь өөрчлөх, шинэчлэх шаардлага тулгарч байна.

Алсын хараа-2050 Монгол улсын урт хугацааны хөгжлийн бодлогын баримт бичигт нийгмийн хөгжил, эдийн засгийн өсөлт, иргэдийн амьдралын чанараар Азид тэргүүлэгч орнуудын нэг болно гэсэн алсын хараа тодорхойлсон. Амьдралын чанарт чухал ач холбогдолтой хөдөлмөрийн үнэлэмж, цалин хөлсний бодлого, тодорхой бус, холбогдох зохицуулалт байхгүй байна,

Алсын хараа-2050 Монгол улсын урт хугацааны хөгжлийн бодлогын баримт бичигт хөдөлмөр эрхлэлтийг дэмжиж, хөдөлмөрийн үнэлгээ, цалин хөлсний оновчтой хэлбэрийг бүрдүүлнэ гэж тодорхойлжээ. Хөдөлмөрийн бүтээмжийг олон улсын жишигт нийцүүлэн хэмжин тодорхойлж, түүнтэй уялдуулан илүү хөдөлмөрлөсөн иргэд өндөр орлоготой амьдралын чанар сайн байх тогтолцоог бүрдүүлэх хэрэгтэй.

Ашигласан материалын жагсаалт

[1] Бүрэнжаргал. Б, “Ажиллагчдын орлогын тогтолцоог шинэчлэх боломжийн судалгаа”, 2022, Улаанбаатар

[2] Аюуш. А, “Монголын боловсрол: Урамшууллын системийн шинэчлэл, онол пракик”, 2017, Улаанбаатар

[3] Чулуунцэцэг. Г, Цалин хөлсний тогтолцооны шинэчлэл, төлөв хандлагын судалгаа, Диссертаци, 2016, Улаанбаатар

[4] Нармандах. Д, “Ажиллагчдад хувьцаа эзэмшүүлэх хөтөлбөр: Ажил олгогчдын санаачилга, оролцоо” ЭШБ, 2016, Улаанбаатар

[5] Пономарев. А. Б, “Шинжлэх ухааны судалгааны арга зүй”, 2014, Перм

[6] Баатар. С, “Хөдөлмөрийн бүрэн үнэлэмж, цалин хөлсний капиталжилт”, 2013 . Улаанбаатар

[7] Батхүрэл. Г, “Монголын менежментийн сэтгэлгээний хөгжилт”, 2011, Улаанбаатар

[8] Викторовна. И. Е,“Доходы населения и механизм их формирования. Диссертаци”, 2009, Екатеринбург

[9] Николаевна. Ф.Л, “Формирование личных доходов: теорий, методологических исследования и проблемы”, Диссертаци , 2011, Томск

[10] Доржсүрэн. С, “Баялгийн хуваарилалтыг эрс шинэчлэх үндсэн дээр хөрөнгө оруулалтын зардлыг хүн амд шилжүүлэх Си Ди загварын үзэл баримтлал”, ЭШБ, 2009, Улаанбаатар

[11] Марк Скаузэн, “Эдийн засгийн ухаан, эдүгээчлэгдсэн замнал”, 2003 он

[12] Монгол улсын статистикийн мэдээллийн нэгдсэн сан, ҮСХ

ТӨРИЙН ӨМЧИЙН АЖ АХУЙН НЭГЖИЙН САНХҮҮ, ЭДИЙН ЗАСГИЙН ҮЗҮҮЛЭЛТҮҮД, ХЭМЖИЛТ

Пүрвээ ЖАРГАЛТУЯА[1]

[1]Монгол Улс, Улаанбаатар, ШУТИС, Менежментийн сургууль, Эдийн засаг, санхүүгийн тэнхим

Холбоо барих зохиогчийн и-мэйл хаяг: jargaltuya@must.edu.mn[1]

***Хураангуй*: Төрийн өмчит компаниудын эдийн засаг, санхүүгийн үр ашигт ажиллагаа нь улс орны макро эдийн засгийн тогтвортой байдал, нийгмийн хөгжилд стратегийн чухал ач холбогдолтой. Төрийн өмчийн компаниудын нийгмийн үйлчилгээний чанар, хүртээмж болон бүс нутгийн хөгжилд голлох үүрэг гүйцэтгэдэг тул тэдгээрийн бүтээмж, хөрөнгө ашиглалт, зардлын удирдлагад тогтмол мониторинг хийх шаардлагатай байдаг. Үндэсний төрийн өмчийн компаниудын ашигт ажиллагаа, хөрөнгийн өгөөж буурч, зардлын хэтрэлт, хуримтлагдсан өр төлбөр нэмэгдэх хандлагатай байна. Иймд дотоодын төрийн өмчийн аж ахуйн нэгжийн санхүү, эдийн засгийн өнөөгийн байдалд үнэлгээ өгч, улмаар зам тээвэр, ложистикийн салбарын компаниудын санхүүгийн үр дүн, гүйцэтгэлийн үзүүлэлтүүдэд шинжилгээ хийсэн болно.**

Түлхүүр үг: Хөрөнгийн өгөөж, биет хөрөнгө, өөрийн хөрөнгийн өгөөж, төлбөрийн чадвар, хөрвөх харьцаа

I. УДИРТГАЛ

Төрийн өмчийн аж ахуйн нэгж нь нийгэм, эдийн засгийн суурь үйлчилгээ, нийтийн ашиг сонирхлыг хангахад чухал үүрэг гүйцэтгэдэг. Сүүлийн жилүүдэд төрийн өмчийн компаниудын ашиг ажиллагаа болон хөрөнгийн өгөөж буурч, хуримтлагдсан өр төлбөр нэмэгдэж, засаглалын үр ашиггүй байдал бий болж байна. Иймд төрийн өмчит аж ахуйн нэгжийн эдийн засгийн болон санхүүгийн үр ашгийг бодитоор үнэлж, дүгнэх шаардлагатай байна.

II. УЛС ОРНУУДЫН ТӨРИЙН ӨМЧИЙН КОМПАНИУДЫН ЭДИЙН ЗАСАГ, САНХҮҮГИЙН ҮЗҮҮЛЭЛТ, ХЭМЖИЛТ

Эдийн засгийн хамтын ажиллагаа, хөгжлийн байгууллага (OECD) нь түхайн улсын хүүль тогтоомжоор хүлээн зөвшөөрөгдсөн, эдийн засгийн болон нийтийн ашиг сонирхлыг хангах зорилтын хүрээнд төр нь өмчлөл болон хяналтаа хэрэгжүүлдэг байгууллагыг төрийн өмчит аж ахуйн нэгж гэж тодорхойлдог. Төрийн өмчит аж ахуйн нэгжүүд нь эдийн засгийн болон олон нийтийн ашиг сонирхлыг хослуулан хэрэгжүүдэг тул удирдлагын түвшинд олон асуудал, сорилтуудтай тулгардаг. Тухайлбал, улс төрийн хэт оролцоо, хариуцлага сул байдал, ёс зүйн доголдол, дотоод ашиг сонирхлын зөрчил зэрэг асуудлууд хамаарна (OECD, 2024). Түүнчлэн улс төрчид, төрийн албан хаагчид, төрийн өмчит компаниудын менежмент болон ашиг хүртэх иргэдийн хооронд тодорхой орон зай үүсдэг (Curtis J. Milhaupt, 2017). Иймд төрийн өмчит компаниудын зорилго, чиглэлийг тодорхой болгож, зах зээл болон олон нийтэд ойлгомжтой байдлаар төрийн өмчийн бодлогыг тодорхойлох шаардлагатай. Төрийн өмчийн бодлого нь зорилго, удирдлагын бүтэц, төрийн эзэмшлийн хэрэгжилтийг тодорхойлох баримт бичгийн хэлбэртэй байж болно (OECD., 2021).

Эдийн засгийн хамтын ажиллагаа, хөгжлийн байгууллагын судалгаагаар судлагдсан 49 улсын 50 орчим хувь нь төрийн өмчит аж ахуйн нэгжийн нэгдсэн бодлого, хөтөлбөргүй байна. Хойд Америкийн Коста Рика, Эстони, Финланд, Герман, Итали, Латви, Норвеги, Швед, Швейцарь зэрэг улс орнууд бодлого, чиглэлээ тогтмол шинэчилж, нөхцөл байдлын өөрчлөлтөд нийцүүлэн хянаж байдаг (OECD, 2024). Иймд бодлого нь төрийн өмчлөл, эзэмшлийн үндэслэл, зорилго цаг үеийн нөхцөл байдалтай уялдан өөрчлөгдөж байгаатай холбоотой тогтмол үнэлгээ, шинэчлэл хийх хэрэгтэй.

Төрийн өмчийн аж ахуйн нэгжийн үр ашгийн асуудлыг судалсан дотоод, гадаад судалгаанууд нь гол төлөв төрийн өмчийн компаниудын удирдлагын загвар, засаглалын тогтолцоо, санхүүгийн хяналтын механизм, санхүүгийн үр ашиг, гүйцэтгэлийн үзүүлэлтүүдийг тодорхойлсон байдаг. Олон улсын судалгаанууд (Hong. S. B., 2013) нь төрийн өмчлөлийн өндөр хувь нь ашигт ажиллагаа, бүтээмж, үр ашгийг бууруулах эрсдэлтэй гэдгийг нотолсон (Chul Ju Kim., 2017.) (Nguyet Thi Minh Phi. et all, 2019). Улс төрийн оролцоо, засаглалын сул байдал, хяналт мониторингийн механизм хангалтгүй байдагтай холбон тайлбарладаг. Хөрөнгийн биржид бүртгэлтэй байх, сайн засаглал нэвтрүүлэх, компанийн бүтэц болон стратегийг оновчтой болгох нь гүйцэтгэлийг сайжруулдаг болохыг олон судлаачид нотолсон байна (Sofia Hasna., 2024).

ТӨХК-иудын эдийн засаг, санхүүгийн үр ашгийн үзүүлэлт, хэмжилт

Санхүүгийн гүйцэтгэлд нөлөөлдөг дотоод хүчин зүйлс болох санхүүгийн хөшүүрэг, өрийн бүтэц, өсөлтийн боломж, төлбөрийн чадвар, бэлэн мөнгөний урсгалын менежмент зэргийг регрессийн шинжилгээний аргаар судалж (Ferina., 2020), өрийн түвшин нэмэгдэх тусам санхүүгийн үр ашиг буурах, харин сайн стратеги, бэлэн мөнгөний урсгал, төлбөрийн чадвар нь ашигт ажиллагааг өсгөдөг

гэсэн дүгнэлтүүд өгсөн (Assagaf & Ali., 2017) (Ali Saleh Alarussi, 2018.). Түүнчлэн төрийн өмчит болон хувийн хэвшлийн компаниудын гүйцэтгэлийг харьцуулсан судалгаанууд (Nita Ferdiana., 2022) нь хувийн компаниуд өгөөж, ашгийн нормын хувьд илүү, харин улс төрийн болон бүтэц, менежментийн хязгаарлалттай холбоотойгоор гүйцэтгэл хангалтгүй гэж дүгнэсэн (Jakob, 2017).

Санхүүгийн үр ашиг нь байгууллагын тодорхой хугацааны санхүүгийн байдал, гүйцэтгэлийг хэмжих нэг үзүүлэлт юм (Panyako, 2024). Энэ нь байгууллага хэр сайн активуудыг ашиглаж, орлого олох боломжтой талаарх субъектив судалгаа Haque ба Arun (2022) үнэлгээгээр байгууллагын санхүүгийн үр ашгийг ихэвчлэн цэвэр ашиг, хөрөнгийн өгөөж (ROA) ба өөрийн хөрөнгийн өгөөж (ROE) зэрэг үзүүлэлтээр хэмжих оновчтой гэж дүгнэсэн байна.

Өөрийн хөрөнгийн өгөөж буюу Return on Equity (ROE) нь компанийн цэвэр ашиг болон нийт эзэмшигчдийн өмчийн харьцааг илэрхийлдэг.

Нийт хөрөнгийн өгөөж (Return on Assets – ROA) үзүүлэлт нь тухайн компанийн хөрөнгө ашиглалт, түүний ашгийн түвшнийг илтгэдэг ба корпорацын санхүүгийн судалгаанд хамгийн түгээмэл ашиглагддаг хэмжүүр юм. Энэ нь компанийн хувьцаа эзэмшигчдийн хөрөнгө оруулалтын өгөөжийг харуулах ач холбогдолтой (Goldeng нар, 2008).

Түргэн хөрвөх харьцаа /Quick Ratio/ Түргэн хөрвөх харьцаа нь компанийн богино хугацаат өр төлбөрийг барагдуулах чадварыг хэмждэг.

Өрийн ба өөрийн хөрөнгийн харьцаа (Debt to Equity Ratio – DER) нь компанийн үйл ажиллагаанд ашиглагдаж буй гаднын эх үүсвэр болох өр төлбөр болон өөрийн хөрөнгийн хоорондын харьцааг илтгэдэг үзүүлэлт юм.

Хөрөнгийн эргэц (Total Asset Turnover – TATO) Хөрөнгийн эргэц буюу нийт хөрөнгийн ашиглалт нь хэдий хэмжээний борлуулалтыг бий болгож буй үр ашгийг хэмждэг. Энэ үзүүлэлт өндөр байх нь хөрөнгө ашиглалт сайжирч, үйл ажиллагааны хувьд үр ашигтай байгааг, багасах нь хөрөнгийн ашиглалт буурч, нөөцийн үр өгөөжгүй хэрэглээг харуулна.

Санхүүгийн хөшүүрэг (Leverage)

Санхүүгийн хөшүүрэг нь компанийн хөрөнгө оруулалтад ашиглагдаж буй зээлийн түвшинг илэрхийлдэг бөгөөд тухайн байгууллагын нийт хөрөнгө дэхь өрийн хувь хэмжээг харуулдаг. Судалгааны бүтээлүүдэд энэ хэмжүүрийг янз бүрийн аргаар тодорхойлдог бөгөөд нийт өр, урт хугацааны өр (LTD), богино хугацааны өр (STD) гэх мэт үзүүлэлтүүдийг ашигладаг. Орчин үеийн санхүүгийн онолд зах зээлийн үнэлгээг илүү тохиромжтой гэж үздэг боловч Myers (1977)-ийн үзэж байгаагаар дансны үнэ (book value) илүү ач холбогдолтой. Учир нь зах зээлийн үнэ нь ирээдүйн өсөлтийн хүлээлтэд суурилдаг бол дансны үнэ нь одоо байгаа хөрөнгийн бодит байдлыг илэрхийлдэг. Tudose (2012), Thomas (2013) нарын судалгаагаар өрийн түвшин нэмэгдэх нь тодорхой хэмжээнд хүртэл компанийн ашгийг нэмэгдүүлдэг боловч зохист өрийн түвшинд хүрсэний дараа өрийн дарамтаас шалтгаалан ашиг буурдаг.

Биет хөрөнгө (Asset Tangibility)

Биет хөрөнгө өндөр байх тусам дахин борлуулах, барьцаалах боломж сайжирдаг тул үнэ цэнэтэй гэж үздэг. Гэвч эдгээр хөрөнгүүд нь хөрвөх чадвар багатай байдаг тул хөрөнгө оруулалтын боломжийг бууруулж, компанийн гүйцэтгэлд сөргөөр нөлөөлдөг (Samour & Hassan, 2016). Биет хөрөнгө нь компанийн менежментийн хариуцлагыг нэмэгдүүлж, компанийн үнэ цэнийг өсгөх бодлогод түлхэц болдог.

Төлөөлөн удирдах зөвлөлийн хяналт (Board Monitoring)

Төлөөлөн удирдах зөвлөл (ТУЗ) нь компанийн сайн гүйцэтгэлийг хангах гол хяналтын механизм юм (Jensen & Meckling, 1976). Жижиг компанийн ТУЗ нь шийдвэр гаргалт хурдан, уялдаа сайтай байдаг бол том аж ахуйн нэгжийн ТУЗ нь илүү өргөн туршлага, хяналтын чадвартай байдаг. De Andres et al. эрдэмтний 2015 оны судалгаагаар ТУЗ-ийн хэмжээ болон компанийн үнэ цэнэ хооронд урвуу хамааралтай болохыг тогтоосон бөгөөд үр дүнтэй хяналт тавьж, компанийн гүйцэтгэлийг сайжруулдаг гэж үзсэн.

Компанийн хэмжээ (Firm Size)

Компанийн хэмжээ нь байгууллагын нийт хөрөнгө, борлуулалт, ажиллах хүчний цар хүрээ, зах зээлийн эзлэх хувь зэрэг үзүүлэлтүүдээр хэмжигддэг. Судлаачдын үзэж байгаагаар компанийн хэмжээ нь үйл ажиллагааны тогтвортой байдал, хөрөнгө оруулагчдын итгэлцэл, зээлийн чадварт нөлөөлдөг гол хүчин зүйл юм. Томоохон компаниуд нь өргөн хүрээний нөөц, төрөлжилт, чадамжтай тул санхүүгийн тогтвортой байдал өндөр, дампуурах эрсдэл бага байдаг (Frank & Goyal, 2003; Rajan & Zingales, 1995). Том компаниуд мөн зээлийн өртөг бага, эдийн засгийн үр ашгийн хэмжээ илүү өндөр байдаг. Жижиг компаниуд нь мэдээллийн тэгш бус байдал, хөрөнгө оруулалтын хувьд хүндрэлтэй, ашиг багатай байдаг (Saifadin, 2015). Гэвч зарим судалгаагаар том хэмжээтэй компаниуд зах зээлийн өөрчлөлтөд удаан хариу үзүүлдэг тул гүйцэтгэлд сөргөөр нөлөөлдөг гэж үздэг.

$$Size = ln\ ln\ (Нийт\ хөрөнгө) \quad (2)$$

Хөрвөх чадвар (Liquidity)

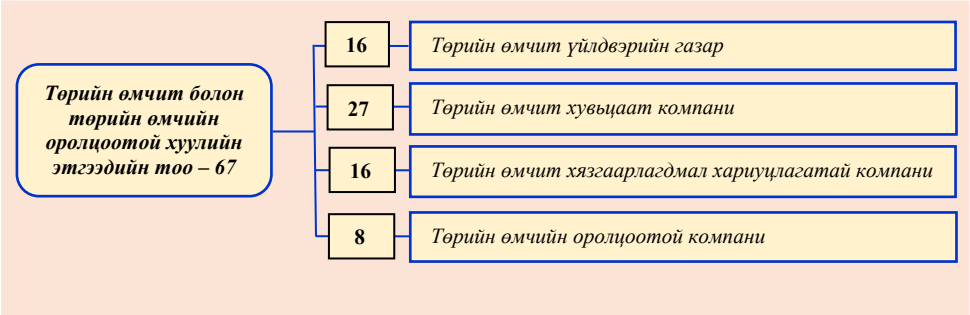
Компанийн хөрвөх чадвар нь богино хугацаанд өр төлбөрөө барагдуулах чадварыг илтгэнэ. Хөрвөх чадвар өндөр байх нь зээлжих чадварыг сайжруулж, өрийн зардлыг бууруулж, ашигт ажиллагааг нэмэгдүүлдэг (Mbo, 2017; Samour & Hassan, 2016). Гэвч хөрвөх чадвар хэт өндөр байх нь ашиг багатай, их хөрөнгө байршуулж, ашгийг бууруулдаг. Karanja (2014)-ийн судалгаагаар хөрвөх чадвар нь санхүүгийн үзүүлэлтүүдийн сул хэмжүүр бөгөөд санхүүгийн тайлангаас дүгнэхэд хязгаарлагдмал гэжээ.

Өсөлтийн боломж (Growth Opportunities)

Өсөлтийн боломж нь компанийн ирээдүйн ашгийн түвшин болон ашигт ажиллагааны хүлээлтийг илтгэнэ. Хэрэв компанийн өсөлтийн боломж өндөр байвал, ашигт ажиллагаа нэмэгдэж, хөрөнгө оруулалтын өгөөж өсдөг (Margaritis & Psillaki, 2010; Samour & Hassan, 2016). Судалгаанд өсөлтийн боломжийг борлуулалтын өсөлтийн хувь, эсвэл нийт хөрөнгийн өсөлтийн хувь зэргээр хэмждэг (Saifadin, 2015).

III. МОНГОЛ УЛСЫН ТӨХК-ИУДЫН ӨНӨӨГИЙН БАЙДАЛД ХИЙСЭН СУДАЛГАА

Монгол улсын хэмжээнд 2024 оны байдлаар 67 төрийн өмчит аж ахуйн нэгжүүд үйл ажиллагаа явуулж байгаа бөгөөд орлого, үр ашгийн үзүүлэлтүүд нэмэгдэх төлөв ажиглагдаж байна. “Эрдэнэс Тавантолгой” ХК, “Эрдэнэт үйлдвэр” ТӨҮГ, “Эрдэнэс Монгол” ХХК-иудын цар хүрээ, санхүүгийн үзүүлэлтүүд, орлого, ашиг нь нэмэгдэж, төрийн өмчийн салбарт тэргүүлэх байр сууриа хадгалсан хэвээр байна.



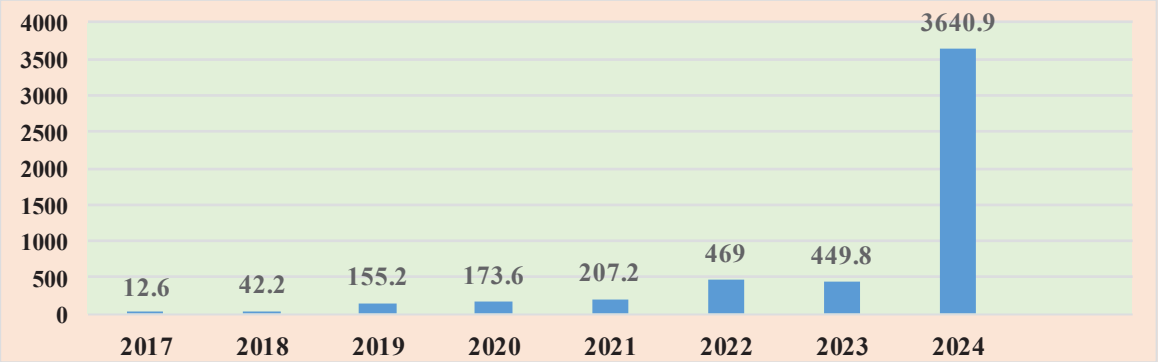
Эх үүсвэр: Investor’s Guide to Mongolia: State-Owned Enterprises,2025

1-р зураг. Төрийн өмчит болон төрийн өмчийн оролцоотой хуулийн этгээдийн тоо

2024 онд төрийн өмчийн компаниудын нийт орлого 29.4 их наяд төгрөг, нийт зардал 18.3 их наяд төгрөг, цэвэр ашиг 9.1 их наяд төгрөг, төсөвт төлсөн татвар хураамж 6.1 их наяд төгрөг хүрсэн байна. Эдийн засаг, санхүүгийн бусад үзүүлэлтийн хувьд ажиллагсдын тоо 59,321, нийт хөрөнгө 73.8 их наяд төгрөг, нийт өр төлбөр 27.9 их наяд төгрөг, өөрийн хөрөнгийн дүн 45.9 их наяд төгрөгийн дүнтэй байна.

2-р зураг. ТӨК-иудын ашигт ажиллагааны үзүүлэлт

Төрийн өмчит компаниудын санхүүгийн үзүүлэлтүүд 2024 онд хөрөнгийн өгөөж 12.4, өөрийн хөрөнгийн өгөөж 19.9, улсын төсөвт төвлөрүүлсэн ногдол ашиг ₮3.6 их наяд төгрөгт хүрсэн байна. Сүүлийн 5 жилд хөрөнгийн өгөөж, өөрийн хөрнгийн өгөөж өсөх хандлагатай байна.



Эх үүсвэр: Investor's Guide to Mongolia: State-Owned Enterprises, 2025

3-р зураг. Улсын төсөвт төвлөрүүлсэн ногдол ашиг /тэрбум төгрөг/

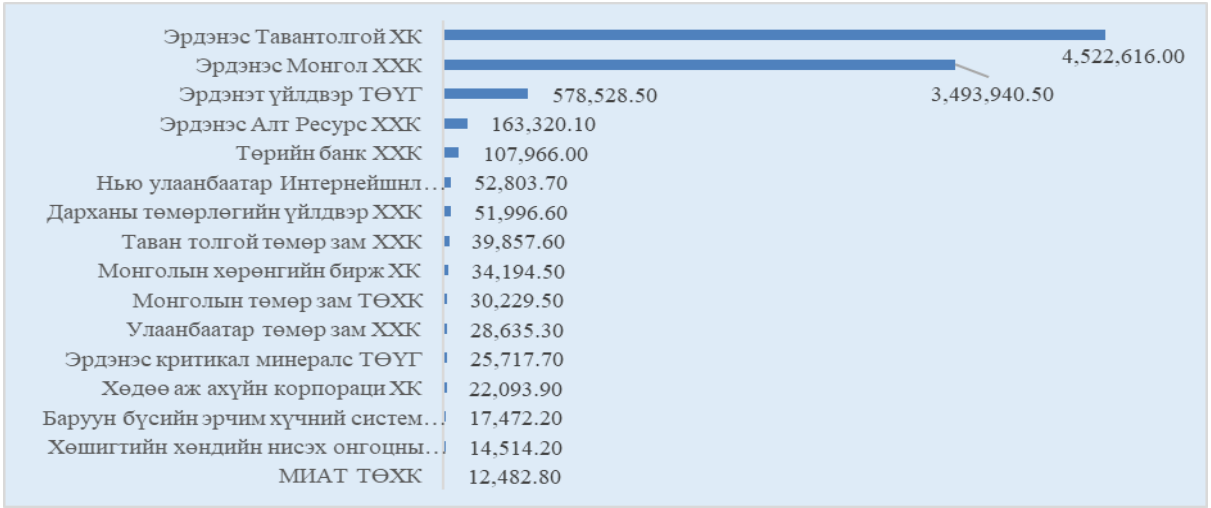
Төрийн өмчит болон төрийн өмчийн оролцоотой аж ахуйн нэгжүүд нь 2024 оны жилийн эцсийн байдлаар нийт дүнгээр 59,426 тэрбум төгрөгийн хөрөнгө эзэмшиж, 25,999 тэрбум төгрөгийн орлого олж, 5,729 тэрбум төгрөгийн цэвэр ашигтай ажилласан байна. 2023 оны жилийн эцсийн дүнтэй харьцуулахад орлого 10.1 хувиар буюу 2,382 тэрбум төгрөгөөр, цэвэр ашгийн хэмжээ 14.9 хувиар буюу 746 тэрбум төгрөгөөр тус тус өссөн үзүүлэлттэй байна. Энэ нь олон улсын түвшинд уул уурхайн түүхий эд, бүтээгдэхүүний өсөлттэй холбоотой.

ТӨРИЙН ӨМЧИЙН КОМПАНИУДЫН САНХҮҮГИЙН ҮЗҮҮЛЭЛТ/ТЭРБУМ ТӨГРӨГ/

1-Р ХҮСНЭГТ

Үзүүлэлтүүд	Орлого	Нийт зардал	Цэвэр ашиг	Төсвийн төлбөрт	Ажилтан	ROE	ROA
	/тэрбум төгрөг/						
2019	9.69	7.51	1.59	2.1	48,505	5.64	4.92
2020	9.79	9.27	0.20	1.8	54,415	0.59	0.40
2021	10.65	9.15	1.03	2.4	53,255	2.93	1.945
2022	14.55	11.54	2.08	3.1	56,896	5.47	3.50
2023	23.62	16.91	4.98	5.4	58,087	12.03	7.76
2024	26.00	18.74	5.73	6.1	59,678	15.67	9.65

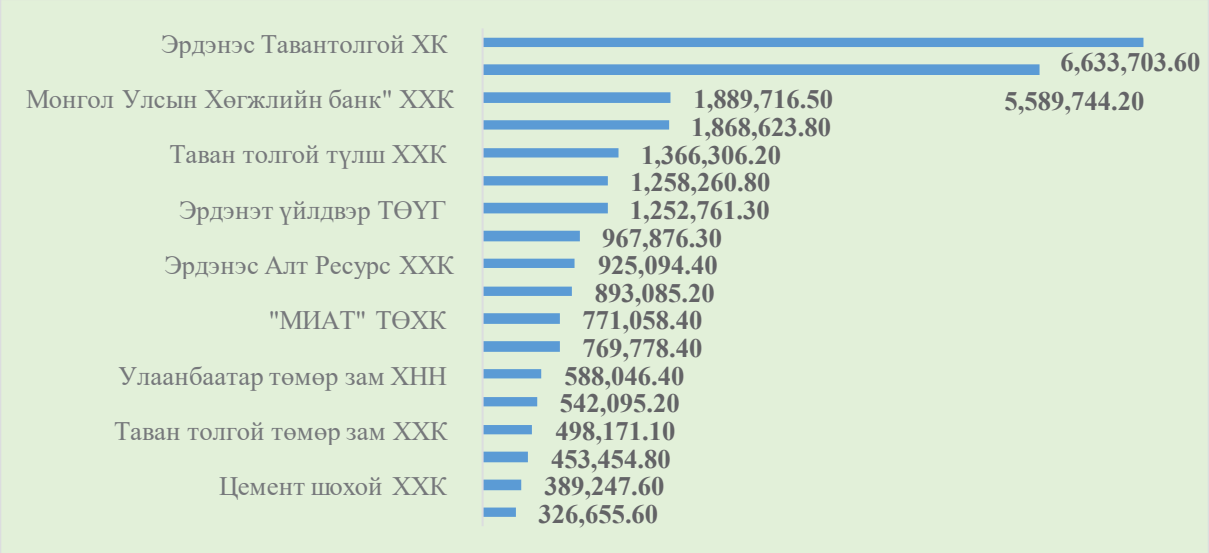
Эх сурвалж: Investor's Guide to Mongolia: State-Owned Enterprises, 2025



Эх сурвалж: Төрийн өмчийн бодлого зохицуулалтын газар, 2024

4-р зураг. Төрийн өмчид компаниудын санхүүгийн үр дүн, ашгийн үзүүлэлт

Монгол улсын 2024 оны санхүүгийн гүйцэтгэлээс харахад хамгийн өндөр ашигтай ажилласан салбар нь эрдэс баялаг, уул уурхайн үйлдвэрлэл байна. Зам, тээвэр ложистикийн компаниудын үр ашгийн үзүүлэлт хангалтгүй түвшинд байна.



Эх сурвалж: Төрийн өмчийн бодлого зохицуулалтын газар, 2024

5-р зураг. Төрийн өмчид компаниудын өр төлбөрийн байдалд хийсэн судалгаа, 2024 /сая,төг/

Эрдэнэс Тавантолгой” ХК, “Төрийн банк” ХК, “Монгол Улсын Хөгжлийн банк” ХХК нь 2024 оны байдлаар өр төлбөрийн хэмжээ хамгийн өндөр байгаа нь бизнесийн цар хүрээ, хөрөнгө оруулалтын хэмжээ, өрийн санхүүжилтийн бүтцээс хамаарч байна. Уул уурхайн компаниудын хувьд өр төлбөр өндөр байгаа нь том хэмжээтэй төсөл, урт хугацааны хөрөнгө оруулалт, гадаад зах зээлийн савлагаа зэрэг хүчин зүйлстэй холбоотой. Санхүүгийн секторын хувьд өр төлбөрийн онцлог, хадгаламж, зээлийн бүтцийн хэмжээ зэргээс хамааралтай. Төрийн өмчит компаниудын өр төлбөрийн хэмжээ өндөр байна. Төрийн өмчийн компаниудын нийт цэвэр ашиг 5,729.3 тэрбум төгрөг, 4 дахин их буюу нийт өр төлбөр нь 22,865,8 тэрбум төгрөг, нийт хөрөнгө 59,426.8 тэрбум төгрөг буюу хөрөнгийн өгөөжийн түвшин 9.64 байна. Барилга, хот байгуулалт болон байгаль орчин, аялал жуурчлалын салбар алдагдалтай ажилласан байна. Банк, санхүү зам тээвэр, эрчим хүчний салбарын цэвэр ашиг бага, өр төлбөрийн хэмжээ ч өндөр байна.

IV. ЗАМ ТЭЭВЭР, ЛОЖИСТИКИЙН КОМПАНИУДЫН САНХҮҮГИЙН ҮР АШГИЙН ШИНЖИЛГЭЭ, ГҮЙЦЭТГЭЛИЙН ҮЗҮҮЛЭЛТ

Монгол улсад 2024 оны жилийн эцсийн байдлаар зам, тээврийн ложистикийн салбарын 10 гаруй төрийн өмчит компаниуд үйл ажиллагаа явуулж байна. Тус компаниуд нь нийтдээ 2.65 их наяд төгрөгийн орлоготой, 2.5 их наяд төгрөгийн зардалтай ажиллаж, 100.92 тэрбум төгрөгийн цэвэр ашигтай ажилласан байна. Зам тээврийн салбарын хэмжээнд 3.23 их наядын өр төлбөртэй байна. Сүүлийн 10 жилийн өрийн дарамт өсөх хандлагатай байна.

ЗАМ ТЭЭВРИЙН ТӨРИЙН ӨМЧИТ КОМПАНИУДЫН САНХҮҮ ЭДИЙН ЗАСГИЙН ҮЗҮҮЛЭЛТҮҮД /ТЭРБУМ ТӨГРӨГ/

2-Р ХҮСНЭГТ

Үзүүлэлт	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Нийт орлого	256.7	790.1	853.1	1,116.4	1,310.1	1,474.7	1,400.8	1,406.4	1,665.4	2,319.0	2,659.3
Нийт зарлага	302.2	786.2	870.6	1,044.0	1,235.3	1,409.2	1,435.4	1,338.4	1,690.8	2,177.5	2,505.9
Цэвэр ашиг (алдагдал)	(45.4)	3.89	(17.5)	61.6	57.8	51.8	(40.1)	66.6	(59.4)	124.3	100.9
Авлага	52.3	45.0	48.3	97.6	104.7	52.7	103.8	106.5	111.9	218.3	221.6
Өглөг	505.5	577.3	652.4	674.3	718.5	1,286.9	2,309.1	2,469.0	2,786.4	3,084.1	3,234.9

Эх үүсвэр: Төрийн өмчийн бодлого зохицуулалтын газар, тайлан мэдээ, 2024 он

Зам тээврийн салбарын төрийн өмчит компаниудын санхүүгийн үр дүн, ашигт ажиллагаа 2020–2024 онуудад хэлбэлзэл өндөртэй, тогтворгүй байна. Энэ нь инфляци, тээвэрлэлтийн тасалдал, зардлын өсөлттэй холбоотой гэж дүгнэж байна.Төмөр зам, тээврийн салбарын 2020–2024 онуудын хөрөнгийн өгөөж (2-9) хангалтгүй түвшинд, эздийн өмчийн өгөөж 3 компани 0.15-0.34 хооронд, бусад аж ахуйн нэгжийн хувьд маш бага үр дүн, өгөөжтэй байна.

ДҮГНЭЛТ

1. Төрийн өмчит компаниудын үр ашиг нь өмчлөлийн бүтэц, засаглалын чанар, санхүүгийн бодлого, өрийн удирдлага, ил тод байдал, стратегийн менежмент зэрэг олон хүчин зүйлс

нөлөөлдөг бөгөөд олон улсын түвшинд өргөн судлагдаж байна.

2. Төрийн өмчит компаниудын ТУЗ-ийн гишүүдийг улс төрийн нөлөөллөөр томилдог, чадвар дутмаг, мэргэжлийн биш, тогтвортой бодлого, чиглэл хэрэгжүүлж чаддаггүй. Иймд ТУЗ нь компанийн бие даасан байдлыг хангаж чаддаггүй бөгөөд сангийн яам зэрэг санхүүгийн байгууллагын улс төрийн нөлөөлөл, хөндлөнгийн оролцоо их байдаг.

3. Төрийн өмчийн компаниудын санхүүгийн үр ашгийг уламжлалт санхүүгийн үзүүлэлтээр хэмжиж, шинжилгээ хийхээс гадна нийтийн үйлчилгээний үүрэг, нийгэм-эдийн засгийн үр нөлөөг зэрэгцүүлэн үнэлэх нь ач холбогдолтой бөгөөд үр дүнд суурилсан менежмент, компанийн засаглалын асуудлуудад анхаарах хэрэгтэй.

4. Сүүлийн жилүүдэд үр ашиг муутай ажиллаж байгаа төрийн өмчийн компаниудын бүтэц, зохион байгуулалтыг өөрчилж, тоог бууруулж байгаа ч эдийн засгийн өгөөж, санхүүгийн үр ашигт байдал салбаруудад жигд бус байна. Улсын хэмжээнд ТӨХК-иудын бий болгож буй ашгийн ихэнх хувийг уул уурхай томоохон компаниуд бүрдүүлж байна. Зам, тээврийн компаниудын үр ашиг дорвитой өсөхгүй байна.

5. Төрийн өмчийн компаниудын цэвэр ашиг өсөх хандлага ажиглагдаж байгаа ч ашгиасаа 4 дахин их өр төлбөртэй, хөрөнгийн хэмжээ нэмэгдсэн ч хөрөнгийн ашиглалт, өгөөжийн үзүүлэлт 9.94 байна. Барилга, хот байгуулалт болон байгаль орчин, аялал жуурчлалын салбар ТӨХК-иуд алдагдалтай ажиллаж байна. Банк, санхүү, зам тээвэр, эрчим хүчний салбарын цэвэр ашиг бага, өр төлбөрийн хэмжээ хамгийн өндөр байна.

6. Зам тээвэр, ложистикийн компаниудын санхүүгийн үзүүлэлтүүд өндөр хэлбэлзэлтэй, тогтвортой биш байна. Хөрөнгийн өгөөж (ROA), өөрийн хөрөнгийн өгөөжийн түвшин (ROE) 3-4 компаниас бусад нь хангалтгүй, маш бага үзүүлэлттэй байна.

7. Зам, тээвэр ложистикийн компаниудын санхүүгийн үр дүн, өгөөжийг сайжруулахад өр төлбөрийг бууруулах, төлбөрийн чадвар, хөрөнгө ашиглалтыг сайжруулах шаардлагатай гэсэн дүгнэлтэд хүрч байна.

АШИГЛАСАН МАТЕРИАЛ, НОМ ЗҮЙ

[1]. Ali Saleh Alarussi, S. A. (2018.). Factors affecting profitability in Malaysia. Journal of Economic Studies. Vol 45 (1): DOI:10.1108/JES-05-2017-0124.

[2]. Assagaf & Ali., A. A. (2017). Determinants of Financial Performance of State-owned Enterprises with Government Subsidy as Moderator. International Journal of Economics and Financial Issues, Econjournals, vol. 7(4), 330-342.

[3]. Brigitta Jakob. (2017). Performance in Strategic Sectors: A Comparison of Profitability and Efficiency of State-Owned Enterprises and Private Corporations Authors.

[4]. Chul Ju Kim., Z. A. (2017.). Efficient Management of State-Owned Enterprises: Challenges and Opportunitie.. Asian Development Bank Institute. ISSN 2411-6734. No4.

[5]. Curtis J. Milhaupt, M. P. (2017). Governance Challenges of Listed State- Owned Enterprises Around the World: National Experiences and a Framework for Reform. . Cornell International Law Journal Vol 50 No 3, , 473.

[6]. Ferina., M. (2020). Government assistance to state-owned enterprises: a hindrance to financial performance. Investment Management and Financial Innovations. Vol 17. Issue 2. Business Perspectives, 40-50.

[7]. Hong. S. B., P. S. (2013). The effect of autonomy and relatedness satisfaction on psychological wellbeing among adolescents. Poster presentation at 2013 SRCD, Seattle, USA. SRCD. Seattle, USA: Social and Political Philosophy.

[8]. Jakob, B. (2017). Performance in Strategic Sectors: A Comparison of Profitability and Efficiency of State-Owned Enterprises and Private Corporations. The Park Place Economist. Vol 25. Issue 1.

[9]. Nguyet Thi Minh Phi. et all, F. T.-H. (2019). Performance differential between private and state-owned enterprises: an analysis of profitability and leverage. ADBI Working Paper Series. No. 950.

[10]. Nita Ferdiana., T. S. (2022). State-Owned Entreprises (SOEs): The Role in Economic Development and The Determinant of Its Performance. .Journal Ekonomi dan Kebajikan Pembangunan, 11 (2): doi: https://doi.org/10.29244/jekp.11.2.2022.91-107, 91-107.

[11]. OECD. (2024). Organisation for Economic Co-operation and Development Ownership and Governance of State-Owned Enterprises.

[12]. OECD. (2021). Organisation for Economic Co-operation and Development. Ownership and Governance of State-Owned Enterprises.

[13]. Panyako, D. O. (2024). Budgeting process and financial performance of the County Government of Trans Nzoia, Kenya. . International Academic Journal of Economics and Finance (IAJEF), 4 (1), 299-320.

[14]. Sofia Hasna., T. P. (2024). Revealing green campaign concept on public relations perspective: a systematic literature review. . Perspektif Komunikasi. Vol. 8 No. 2. doi: https://doi.org/10.24853/pk.8.2.229-240.

[15]. Ferina Marimuthu **(**2021**).** Factors Driving the Financial Performance of State-Owned Enterprises in an Emerging Market.

[16]. Muhammad Alam Mauludina, Yudi Azis, Citra Sukmadilaga. Hendra Susanto. (2023). 31x. Determinants of SOE's performance: A systematic literature review

[17]. Fulufhelo G. Netswera, Omololu M. Fagbadebo, Nirmala Dorasamy. (2022). State-owned Enterprises in Africa and the Economics of Public Service Delivery

[18]. Ruiming Liu. (2019). How State-owned Enterprises Drag on Economic Growth Theory and Evidence from China

[19]. OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development). (2024). Ownership and Governance of State-Owned Enterprises

САНХҮҮГИЙН ЗУУЧЛАЛ БА АРИЛЖААНЫ БАНКУУДЫН АШИГТ АЖИЛЛАГАА

Цогтын БАЯРЦОГ[1]

Монгол Улс, Улаанбаатар, ШУТИС, Менежментийн сургууль, Эдийн засаг, санхүүгийн тэнхим

Холбоо барих и-мэйл хаяг: bayartsog@must.edu.mn

Хураангуй: **Энэхүү судалгаа нь Монгол улсад үйл ажиллагаа явуулж буй арилжааны банкуудын 2015–2025 оны панел өгөгдөлд тулгуурлан санхүүгийн зуучлал болон банкны хэмжээ нь ашигт ажиллагаанд — нийт хөрөнгийн өгөөж (ROA) болон эзэмшигчийн өмчийн өгөөж (ROE) — хэрхэн нөлөөлж байгааг тодорхойлох зорилготой. Судалгаанд харилцагчийн хадгаламж (DP), зээлийн харьцаа (LO), банкны хэмжээ (SZ) зэрэг санхүүгийн зуучлалын үзүүлэлтүүдийг тайлбарлах хувьсагч болгон ашиглаж, зээлийн эрсдэл, капиталжуулалт, хөрвөх чадвар, зардлын үр ашиг, ДНБ-ийн өсөлт, инфляцийг хяналтын хувьсагч болгон тооцсон гурван регрессийн загварыг боловсруулав. Дүн шинжилгээнд дундаж, хэлбэлзэл, корреляцийн матриц зэрэг статистик аргуудыг хэрэглэн банк хоорондын болон цаг хугацааны ялгааг тодорхойлж, тэдгээрт үндэслэн регрессийн тооцоог гүйцэтгэв. Үр дүнгээс харахад хадгаламжийн өсөлт нь хүүгийн зардлыг нэмэгдүүлэх замаар ашигт ажиллагааг бууруулах хандлагатай бол зээлийн нөлөөлөл нь зээлийн чанар болон эрсдэлийн удирдлагын түвшнээс шалтгаалан тогтворгүй байна. Банкны хэмжээ нэмэгдэхийн хэрээр хэмжээний хэмнэлтийн давуу тал бий болох боловч хэт томрох нь удирдлагын зардал болон байгууллагын нарийн төвөгтэй байдлыг нэмэгдүүлдэг. Макро эдийн засгийн хүчин зүйлүүдийн дотроос ДНБ-ийн өсөлт нь банкны ашигт ажиллагааны хамгийн тогтвортой эерэг хүчин зүйл болж байгаа нь зээлийн эрэлт нэмэгдэж, зээлийн эргэн төлөлт сайжрахтай холбоотой юм. Эдгээр дүн нь банкны ашигт ажиллагаа нь зөвхөн хадгаламж, зээлийн хэмжээнээс бус, тэдгээрийн бүтэц, чанар, зохистой удирдлагаас шийдвэрлэх хэмжээгээр хамааралтай байна.**

Түлхүүр үг: банкны хэмжээ, арилжааны банкууд, санхүүгийн зуучлал, ашигт ажиллагаа

I. УДИРТГАЛ

Санхүүгийн зуучлал нь илүүдэл хөрөнгөтэй этгээдийн хадгаламжийг татан, хөрөнгийн хомсдолтой этгээдэд зээл болон урьдчилгааны хэлбэрээр хуваарилдаг үйл явц юм (Аллен, Сантомеро, 1997). Арилжааны банк зэрэг санхүүгийн байгууллагууд хадгалагч, зарцуулагч, зээлдүүлэгч, зээлдэгч нарыг холбох зуучлагчийн үүрэг гүйцэтгэдэг. Санхүүгийн зуучлагч нь пүүс болон хадгалагчдын хоорондох үл нийцлийг арилгахын тулд хэмжээ, хугацаа, эрсдэл, мэдээллийн зуучлал гэсэн дөрвөн зуучлалын үүрэг гүйцэтгэдэг (Колб, Родригес, 1993; Саундерс нар, 2022). Санхүүгийн зуучлагчид зээлийн хүү болон хадгаламжийн хүүний зөрүүгээс ашиг олдог. Хэмжээний хэмнэлтийн ачаар ийм үйлчилгээг хувь хүмүүсээс хамаагүй бага зардлаар хэрэгжүүлж чаддаг. Хэмжээний хэмнэлтийн ачаар ийм үйлчилгээг хувь хүмүүсээс хамаагүй бага зардлаар хэрэгжүүлж чаддаг. Тэгвэл банк хэмжээгээ нэмэгдүүлэхийн хэрээр хэмжээний хэмнэлтийг ашиглан ашигт ажиллагаагаа өсгөж чадна гэж үзэж болох уу? Үйл ажиллагааны цар хүрээ өргөжихийн хэрээр банкууд санхүүгийн зуучлалын үүргийг гүйцэтгэхийн зэрэгцээ хадгаламж татах нь хялбаршиж байна уу? Энэхүү судалгаа нь банкны хэмжээний зуучлагч нөлөөг харгалзан санхүүгийн зуучлалын ашигт ажиллагаанд үзүүлэх нөлөөг дүн шинжилгээ хийхийг зорьсон.

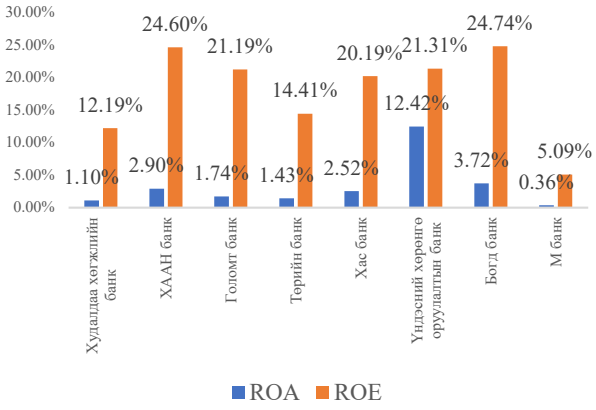
Банкны хэмжээ банкны гүйцэтгэлийг сайжруулдаг гэсэн олон эмпирик нотлох баримт бий. (Ковнер нар 2014) банкны хэмжээтэй холбоотой цалин, мэдээллийн технологи, эрх зүйн үйлчилгээний зардал нь банкны хэмжээ өсөхийн хэрээр буурдаг болохыг тогтоосон. Гэвч аж ахуйн нэгж томорсноор нарийн төвөгтэй байдал нэмэгдэж, хэмжээний хэмнэлт шавхагдана. Цаашилбал "хэтэрхий том учраас нурахгүй" (too big to fail) гэх асуудал үүсч болзошгүй (Стерн, Фелдман, 2009). Өмнөх судалгааны дүнд банкны хэмжээ ашигт ажиллагаанд эерэгээр (Алмактари нар, 2019; Королева нар, 2021) эсвэл сөргөөр (Бергер, Боуман, 2009; Дитрих, Ванценрид, 2014; Баттен, Во, 2019) нөлөөлдөг болохыг тогтоосон.

Монгол улсын хувьд санхүүгийн зуучлалын үүргийг голчон банкны систем гүйцэтгэж байна. Монгол Улсын санхүүгийн зах зээлийн 90 гаруй хувийг банкны салбар дангаараа эзэлдэг бөгөөд 2025 оны жилийн эцсийн байдлаар арилжааны 12 банк үйл ажиллагаа явуулж байна. Иймд арилжааны банкуудын санхүүгийн зуучлалын чадавх нь эдийн засгийн хөгжлийг шууд тодорхойлох гол хүчин зүйл болдог. Судалгаанд үйл ажиллагаа явуулж буй арилжааны 12 банкны 2015-2025 оны нийт 10 жилийн санхүүгийн тайлан тэнцэл болон орлого зарлагын тайланд үндэслэж, панел тоон өгөгдлийг шинжилгээг ашигласан.

II. САНХҮҮГИЙН ЗУУЧЛАЛ БА БАНКНЫ АШИГТ АЖИЛЛАГААНЫ ОНОЛ АРГА ЗҮЙ

Санхүүгийн зуучлалын гол хоёр үйл ажиллагаа болох хадгаламж татах болон зээл олгох нь арилжааны банкуудын ашигт ажиллагааны суурь болдог (Акото, Набиеу, 2014; Гвачча, 2019). Монголын банкны салбарын нийт орлогын 73% нь хүүгийн орлого бөгөөд хүүгийн орлогын 72%-ийг зээлийн хүүгээс, 19%-ийг үнэт цаасны хүүгээс олж байна. Энэ нь зээл олгох үйл ажиллагаа Монголын банкуудын орлогын гол эх үүсвэр болж байгааг тодорхой харуулж байна. Хадгаламжийн хувьд

банкны салбарын зээл өмнөх оны мөн үеэс 35.9 хувиар буюу 9.6 их наяд төгрөгөөр өсөж 36.5 их наяд төгрөгт хүрсэн нь хадгаламжийн өсөлтийг дагасан зээлийн тэлэлтийн тодорхой юм. Энхтувшин Далантайбаатар (2025)-ын судалгаанд хадгаламж нь бүх загварт сөрөг нөлөөтэй байсан ч эзэмшигчийн өмчийн өгөөж (ROE- return on equity)-д 1%-ийн түвшинд статистик ач холбогдолтой байсан нь Монголын нөхцөлд хадгаламжийн харьцааны нөлөө нарийн бүтэцтэй болохыг харуулж байна.



1-р зураг. Монголын арилжааны банкуудын активын өгөөж (ROA) болон өөрийн хөрөнгийн өгөөж (ROE)-ийн үзүүлэлт (2025)

Эх үүсвэр: судлаачийн тооцоолол

Зураг 1-т бүх банкуудын ROE үзүүлэлт ROA-аас хэд дахин өндөр байгаа нь банкууд өөрийн хөрөнгөдөө харьцангуй өндөр өгөөж олж байна. Богд банк 24.74%, ХААН банк 24.60% ROE-тэй тус тус тэргүүлж байгаа бол Үндэсний хөрөнгө оруулалтын банк 21.31%, Голомт банк 21.19%-тай ойролцоо байна. ROA үзүүлэлтийн хувьд Үндэсний хөрөнгө оруулалтын банк 12.42%-тай хамгийн өндөр үзүүлэлттэй байгаа нь тус банк нийт активаа маш үр ашигтай ашиглаж байна. Богд банк 3.72%, ХААН банк 2.90%, Хас банк 2.52% ROA-тай байгаа бол М банк ердөө 0.36%-тай хамгийн бага үзүүлэлттэй байна. М банк хоёр үзүүлэлтээрээ хамгийн доогуур байгаа нь тус банкны ашигт ажиллагаа бусад банкуудаас мэдэгдэхүйц доогуур түвшинд байгааг харуулж байна. Төрийн банкны ROE 14.41%-тай бусад том банкуудтай харьцуулахад доогуур байгаа нь арилжааны зорилгоос илүүтэй нийгмийн чиг үүргийг хэрэгжүүлдэгтэй холбоотой байж болзошгүй юм. Монголын банкны салбарт ашигт ажиллагааны хувьд банк хоорондын ялгаа мэдэгдэхүйц байгаа бөгөөд Богд банк болон ХААН банк өрсөлдөх чадварын хувьд тэргүүлж байна.

Зээлийн хувьд тайлант оны эцсийн байдлаар нийт зээлийн 5.1 хувь нь чанаргүй, 3.5 хувь нь анхаарал хандуулах зээл байна. (зураг) Зээлийн чанарын энэ үзүүлэлт нь зээлийн харьцааны ашигт ажиллагаанд үзүүлэх нөлөө нь зөвхөн хэмжээнээс гадна зээлийн чанараас шалтгаалдаг болохыг харуулж байна. Монгол Улсын санхүүгийн зуучлалын түвшин банкнаас хэт хамааралтай (Дотоодын нийт бүтээгдэхүүний 26.8% орчим) хэвээр байсаар байна. Зээлийн хүү өндөр, зуучлалын зардал их, банкуудын своп хэлцлээс хамааралтай байдал нь санхүүгийн тогтвортой байдалд эрсдэл учруулж байна. Банкны зээлээс илүү хурдан зуучлал хийж байгаа ч хяналт сул, эрсдэл өндөр байна.

2-р зураг. Зээлийн үлдэгдлийн хэмжээ ба чанаргүй зээлийн динамик (2000–2025, сая.төг)

Эх үүсвэр: www.1212.mn

2000-2025 оны хооронд Монголын зээлийн зах зээл тасралтгүй өссөн. Зээлийн үлдэгдлийн хэмжээ 2000-аад оны эхэнд маш бага байсан бол 2008-2014 оны хооронд эрчимтэй өсч. Харин 2020 оноос хойш өсөлт огцом хурдассан бөгөөд 2025 он гэхэд нийт зээлийн үлдэгдэл 44 тэрбум орчим төгрөгт хүрч түүхэн дээд түвшиндээ хүрсэн байна. Чанаргүй зээлийг харьцангуй бага түвшинд байлгасаар ирсэн бөгөөд 2018-2019 оны үед 3 тэрбум орчимд оргилдоо хүрч, дараа нь буурч тогтворжсон байна. Энэ нь нийт зээлийн өсөлттэй харьцуулахад чанаргүй зээлийн эзлэх хувь харьцангуй буурч байна. Гэхдээ зээлийн үлдэгдлийн хэмжээ хэт хурдацтай нэмэгдэж байгаа нь ирээдүйд чанаргүй зээл дахин өсөх эрсдэлийг бий болгож болзошгүй тул зээлийн чанарын хяналтыг чангатгах нь зайлшгүй чухал юм.

Монгол улсад Хаан банк, Худалдаа хөгжлийн банк, Голомт банк, Төрийн банк, Хас банк, Капитрон банк, Тээвэр хөгжлийн банк, Богд банк, Үндэсний хөрөнгө оруулалтын банк, Чингис хаан банк, Ариг банк, М банк гэсэн нэр бүхий 12 арилжааны банк одоогоор үйл ажиллагаа эрхлэн явуулж байна. Эдгээр банкуудаас Төрийн банк нь төрийн өмчит бөгөөд бусад банкууд нь гадаад, дотоодын хөрөнгө оруулагчдаас бүрдсэн нээлттэй, хаалттай хувьцаат компаниуд юм. Банкны салбарын нийт зээлийн үлдэгдэл нь эдийн засгийн идэвхжлийг дэмжих гол хөшүүрэг болж байна. 2025 оны байдлаар нийт зээлийн багцын дийлэнх хувийг иргэдийн хэрэглээний зээл болон уул уурхай, худалдааны салбарын зээл бүрдүүлж байна.

Эх үүсвэрийн бүтэц: Банкуудын эх үүсвэрийн 70-80 хувийг иргэд, аж ахуйн нэгжийн хадгаламж бүрдүүлж байгаа нь дотоодын хуримтлал

санхүүгийн системийн тогтвортой байдалд чухал үүрэгтэйг харуулж байна.

Салбарын сорилт ба эрсдэлийн удирдлага

Банкны салбарт дараах сорилтууд тулгарч байна:

- Чанаргүй зээл (NPL): Эдийн засгийн мөчлөгөөс хамааран чанаргүй зээлийн хэмжээ хэлбэлзэж байгаа бөгөөд 2025 оны байдлаар 5.1%-тай байна.
- Технологийн шилжилт: Финтек болон банк бус санхүүгийн байгууллагуудын өрсөлдөөн нэмэгдэж байгаа нь банкуудыг дижитал шилжилтэд илүү их хөрөнгө оруулалт хийхэд хүргэж байна.
- Зардлын өсөлт: Үйл ажиллагааны зардал, ялангуяа мэдээллийн технологи, хүний нөөцийн зардал өсөж байгаа нь ашигт ажиллагаанд дараах байдлаар нөлөөлж байна.

Монгол Улсын арилжааны банкууд санхүүгийн зуучлалын үүргээ амжилттай гүйцэтгэж, ашигт ажиллагааны үзүүлэлтүүд нь макро эдийн засгийн тогтвортой байдалтай уялдан сайжирч байна. Цаашид банкууд зээлийн эрсдэлийн удирдлагыг боловсронгуй болгох, хүүгийн бус орлогын эх үүсвэрийг нэмэгдүүлэх, цахим засаглалыг бэхжүүлэх замаар өрсөлдөх чадвараа хадгалах шаардлагатай байна.

Ашигт байдлыг хэмжих хувьсагч

Олон улсын эмпирик судалгаанд банкны ашигт байдлыг цэвэр хүүний зөрүү, ROA, ROE зэрэг үзүүлэлтээр хэмждэг. Энэ судалгаанд банкны үр ашгийг илэрхийлэх үндсэн үзүүлэлт болгон ROA-ийг (хөрөнгийн өгөөж) сонгосон. ROA нь банк нийт активаа цэвэр ашиг болгон хувиргах чадвар, удирдлагын үр ашгийг илтгэдэг бөгөөд инфляцийн нөлөөнд харьцангуй бага өртдөг тул харьцуулалт хийхэд тохиромжтой үзүүлэлт юм.

ROA бага байх нь банк эрсдэлээс зайлсхийсэн бодлого баримталж буй эсвэл үйл ажиллагааны зардал өндөр байгааг илтгэнэ. Мөн хугацаатай хадгаламжийн эзлэх хувь өндөр үед хүүний зардал өсөх хандлагатай тул ашигт ажиллагааг нэмэгдүүлэхийн тулд зээлийн бодлогыг оновчтой хэрэгжүүлэх шаардлагатай болдог.

III. ЭДИЙН ЗАСГИЙН ТЭЛЭЛТ БА АШИГТ АЖИЛЛАГАА

Шинжилгээнд хамрагдсан хугацаанд ДНБ оны үнээр тогтмол өсөлттэй байсан бөгөөд ялангуяа 2021-2025 оны хооронд экспортын өсөлт болон уул уурхайн салбарын идэвхжлээс шалтгаалж эрс тэлсэн байна. Энэхүү макро эдийн засгийн эерэг орчин нь банкны салбарын ашигт ажиллагаанд шууд нөлөөлжээ.

Нийт хөрөнгийн өгөөж (ROA): 2015 онд 1.31% байсан бол 2025 онд 3.27% болж өссөн нь банкуудын актив хөрөнгийн удирдлага сайжирч, нэгж хөрөнгөөс олох ашгийн түвшин нэмэгдсэнийг харуулж байна. Эзэмшигчийн өмчийн өгөөж (ROE): Дотоодын нийт бүтээгдэхүүн өсөлт эрчимжсэн 2022-2024 онуудад ROE-ийн үзүүлэлт 14.6%-иас 19.7% болж өссөн нь банкны хувьцаа эзэмшигчдийн өгөөж макро орчныг даган мэдэгдэхүйц нэмэгдсэн байна.

Макро хүчин зүйлийн нөлөөлөл

ДНБ-ий өсөлт нь банкны ашигт ажиллагаанд дараах сувгуудаар дамжин эерэг нөлөө үзүүлж байна гэж дүгнэж байна.

Зээлийн эрэлт ба чанар: Эдийн засаг тэлснээр аж ахуйн нэгжүүдийн борлуулалтын орлого нэмэгдэж, зээл эргэн төлөлт сайжирсан нь банкны зээлийн эрсдэлийн зардлыг бууруулж, цэвэр ашгийг нэмэгдүүлсэн. ДНБ-ий өсөлт нь банкны хөрөнгийн чанарыг дээшлүүлэх замаар ROA-г өсгөж, улмаар өөрийн хөрөнгийн үр ашгийг (ROE) нэмэгдүүлсэн байна. Гэсэн хэдий ч 2025 оны ROE-ийн үзүүлэлт өмнөх оноос бага зэрэг буурсан (15.6%) нь эдийн засгийн тэлэлтийг дагасан үйл ажиллагааны зардал болон инфляцын нөлөөлөл банкны цэвэр ашигт дарамт үзүүлж эхэлснийг харуулж байж болох тул цаашид макро тогтвортой байдлыг анхаарах шаардлагатайг санууулж байна.

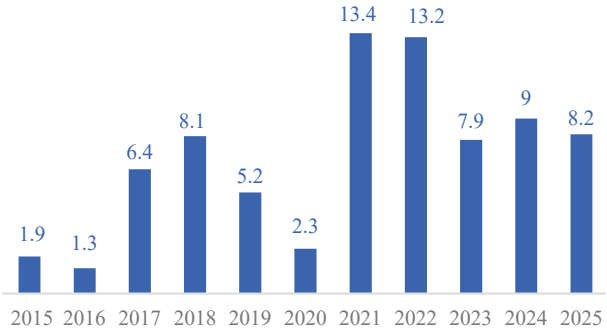
Зээлийн эрсдэл: Энэ хувьсагчийн нөлөөг сөрөг гэж таамагласан бөгөөд чанаргүй зээл нэмэгдэх нь банкны ашигт ажиллагааг бууруулна гэж үзсэн. Miller ба Noulas (1997)-ын судалгаагаар зээлийн эрсдэл өндөр байх тусам эргэн төлөлт муудаж, хуримтлагдсан алдагдал нь ашигт ажиллагаанд сөргөөр нөлөөлдөг болохыг тогтоосон.

Хөрвөх чадварын эрсдэл: Төлбөр түргэн гүйцэтгэх чадвар нь касс болон төв банк дахь мөнгийг нийт хөрөнгөд харьцуулсан харьцаагаар хэмжсэн. Энэ нь банк гэнэтийн мөнгөн урсгалыг хангах чадварыг илэрхийлнэ. Харьцаа өндөр байх тусам хөрвөх чадвар сайн байна.

Үйл ажиллагааны зардал: Нийт хөрөнгөд эзлэх үйл ажиллагааны зардлын харьцаа нь зардлын түвшинг илэрхийлнэ. Ихэнх судалгаагаар энэ нь ашигт байдалтай сөрөг хамааралтай гэж үздэг ч Molyneux ба Thornton (1992) өндөр ашигтай банкууд илүү их зардал гаргадаг тул эерэг хамаарал ажиглагдсаныг тайлбарласан.

Өөрийн хөрөнгө: Өөрийн хөрөнгийг нийт активд харьцуулсан үзүүлэлт нь капиталжуулалтыг илэрхийлнэ. Энэ нь ашигт байдалд эерэг болон сөрөг нөлөөтэй байж болно. Berger (1995) бага харьцаа нь эрсдэл өндөр тул сөрөг нөлөөтэй гэж үзсэн бол Molyneux (1993) өндөр харьцаа нь зардлыг бууруулж, ашигт эерэг нөлөөтэй гэж тайлбарласан. Дотоодын нийт бүтээгдэхүүн: ДНБ нь эдийн засгийн гол үзүүлэлт бөгөөд уналтын үед орлого буурч, чанаргүй зээл өсдөг. Харин өсөлтийн үед зээлийн эргэн төлөлт сайжирч, санхүүгийн зуучлал нэмэгдэн банкны ашигт ажиллагаа өсдөг.

Инфляци нь зардал, хүүний түвшин, активын үнэлгээнд нөлөөлдөг. Staikouras ба Wood (2003) инфляцийн нөлөөг онцолсон бөгөөд Perry (2002)-ын дагуу инфляцийг таамаглаж чадвал ашиг өсөх, тогтворгүй үед ашиг буурах хандлагатай байдаг.



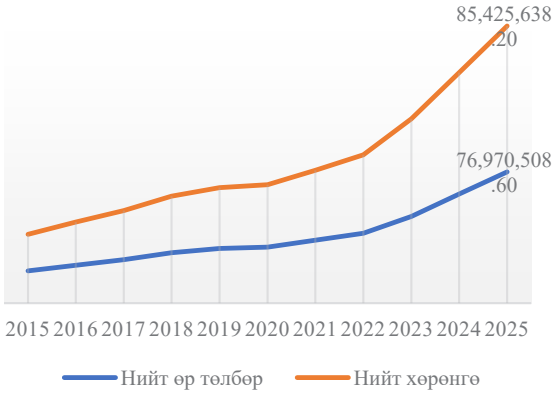
3-р зураг. Инфляцийн түвшин
Эх үүсвэр: www.1212.mn

Инфляци өсөх үед банкууд нэрлэсэн хүүний түвшинг нэмэгдүүлэх боломжтой тул хүүний орлого нэмэгдэх хандлагатай байдаг. Инфляцийг зөв таамаглаж чадсан тохиолдолд зээлийн хүү хадгаламжийн хүүгээс илүү хурдтай өсөж, хүүний зөрүү нэмэгдэн банкны ашигт ажиллагаа сайжрах боломжтой. Мөн энэ нөхцөлд санхүүгийн зуучлал идэвхжиж, зээл олголтын хэмжээ нэмэгдэх боломж бүрддэг. Харин инфляци тогтворгүй, урьдчилан таамаглах боломжгүй үед үйл ажиллагааны зардал хурдацтай өсөж, орлогоос давж гарах эрсдэлтэй. Түүнчлэн зээлийн эрсдэл нэмэгдэж, чанаргүй зээлийн хэмжээ өссөнөөр банкны ашигт ажиллагаанд сөрөг нөлөө үзүүлдэг.

Банкны хэмжээ ба ашигт ажиллагаа

Монголын арилжааны банкуудын хооронд хэмжээний ялгаа маш их байдаг. Хаан банк, Голомт банк, Хас Банк, Төрийн банк зэрэг банкууд нийт банкны системийн хөрөнгийн 80 гаруй хувийг бүрдүүлдэг байна. Харин жижиг банкууд орон нутгийн зах зээлд чиглэсэн үйл ажиллагаа явуулдаг.

Монголын нөхцөлд хэмжээний хэмнэлт нь хадгаламж татах болон зээл олгох хоёр чиглэлд ажиглагдаж болно. Том банкуудын сүлжээ өргөн, дижитал шилжилтийн боломж их, брэндийн нэр хүнд өндөр байх нь хадгаламж татах давуу талыг бий болгодог. Нөгөө талаас, жижиг банкууд тодорхой салбар эсвэл бүс нутгийн хэрэглэгчдэд илүү ойр байдаг тул хэрэглэгчтэй харилцааны давуу талтай.



4-р зураг. Арилжааны банкнуудын нийт хөрөнгө, өр төлбөр
Эх үүсвэр: www.mongolbank.mn

Банкуудын хөрөнгө,өр төлбөрийн бүтэц нь санхүүгийн зуучлалын үр ашиг болон ашигт ажиллагааг тодорхойлох үндсэн хүчин зүйл юм. Тэдгээрийн оновчтой зохицуулалт нь зардлыг бууруулж, эрсдэлийг хянах замаар ашигт ажиллагааг нэмэгдүүлдэг.

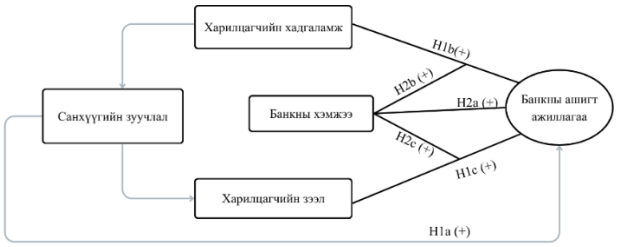
Нийт хөрөнгө өсөлт нь банкны ашигт ажиллагаанд эерэг нөлөөтэй байдаг. Учир нь хөрөнгийн дийлэнх хэсгийг зээл, хөрөнгө оруулалт зэрэг орлого үүсгэгч хөрөнгө бүрдүүлдэг бөгөөд эдгээрээс олсон хүүгийн орлого нь банкны үндсэн орлогын эх үүсвэр болдог. Иймээс хөрөнгийн хэмжээ нэмэгдэхийн хэрээр банкны орлого өсөх боломж бүрдэнэ. Нийт өр төлбөр нь банкны санхүүжилтийн эх үүсвэр бөгөөд үүнд харилцагчдын хадгаламж болон бусад зээллэгүүд орно. Зураг ... харахад нийт хөрөнгө нь судалгааны бүх хугацаанд нийт өр төлбөрөөс давсан үзүүлэлттэй байна. Энэ нь банк цэвэр хүүгийн эерэг зөрүүтэй ажиллаж байгааг илтгэж байгаа бөгөөд өөрөөр хэлбэл банк зээлээс олж буй орлого нь хадгаламжид төлж буй зардлаас давж байгааг харуулна. Иймээс нөхцөл нь банкны ашигт ажиллагааны суурь үзүүлэлтүүд эерэг байгааг илэрхийлдэг.

Үндсэн таамаглалууд (H1)

H1a: *Харилцагчийн хадгаламж болон зээлийн харилцан үйлчлэл нь банкны ашигт ажиллагаанд эерэг нөлөө үзүүлнэ.*

H1b: *Харилцагчийн хадгаламж болон банкны ашигт ажиллагааны хооронд эерэг хамаарал байна.*

H1c: *Харилцагчийн зээл болон банкны ашигт ажиллагаа нь хоорондоо эерэг хамааралтай байна.*



5-р зураг. Үзэл баримтлалын хүрээ

Банкны хэмжээ нь тухайн банкны эзэмшиж, хянаж буй цэвэр хөрөнгө, зах зээлийн үйл ажиллагаа болон нөөц хөрөнгийг илэрхийлдэг. Судалгаагаар банкны хэмжээг тодорхойлохдоо хөрөнгийн үнийн дүнгээс натурал логарифм авч судалгаанаас ашигласан.

Томоохон банкууд үйл ажиллагааны цар хүрээ их байхын давуу талыг (economies of scale) ашиглаж, тогтмол зардлаа (брэндинг, мэдээллийн технологи гэх мэт) илүү том хөрөнгийн баазад хуваарилснаар нэгжийн зардлыг бууруулж, ашгаа нэмэгдүүлдэг. Мөн төрөлжүүлэлт хийх чадвар нь эрсдэлийг бууруулдаг.

Сөрөг үзэл баримтлал (Үйл ажиллагааны хүндрэл): Зарим судлаачид банкны хэмжээ томорсноор удирдлагын хүнд суртал, маркетингийн зардал болон агентлагийн зардал нэмэгдэж, ашигт ажиллагаанд сөргөөр нөлөөлдөг гэж үздэг. Жижиг банкууд орон нутгийн иргэдтэй илүү ойр харилцаа тогтоож, зээлийн шийдвэрийг илүү оновчтой гаргах давуу талтай байж болдог.

ХУВЬСАГЧИЙН ХЭМЖИЛТ

Хүснэгт 1.

Хувьсагч	Нэршил	Хэмжилт	Эмпирик нотолгоо
Хамааран хувьсагч			
ROE	Эзэмшигчийн өмчийн өгөөж	Цэвэр ашиг Эзэмшигчийн өмч	Koroleva *et al.* (2021), Derbali (2021), Gwachha (2019), Jumono and Mala (2019), Saeed (2014), Shehzad *et al.* (2013)
ROA	Нийт хөрөнгийн өгөөж	Цэвэр ашиг Нийт хөрөнгө	Koroleva *et al.* (2021), Derbali (2021), Gwachha (2019), Prabowo *et al.* (2018), Buchory (2015), Saeed (2014), Shehzad *et al.* (2013)
Тайлбарлах хувьсагч			
(1) Санхүүгийн зуучлал			
DP	Харилцагчийн хадгаламж	Харилцагчийн хадгаламж Нийт хөрөнгө	Koroleva *et al.* (2021), Gwachha (2019), Saeed (2014)
LO	Харилцагчийн зээл	Харилцагчийн зээл Нийт хөрөнгө	Jumono and Mala (2019), Gwachha (2019), Prabowo *et al.* (2018), Saeed (2014), Trujillo-Ponce (2013)
DP.LO	Харилцагчийн хадгаламж болон зээлийн харьцаа	DP болон LO-ийн үржвэр	
(2) Банкны хэмжээ болон түүний зохицуулалт			
SZ	Банкны хэмжээ	Нийт хөрөнгийн натурал логарифмууд	Derbali (2021), Gwachha (2019), Saeed (2014), Shehzad *et al.* (2013)
DP.SZ	Банкны хэмжээ болон харилцагчийн хадгаламжийн харьцаа	DP болон SZ-ийн үржвэр	
LO.SZ	Банкны хэмжээ болон харилцагчийн зээлийн харьцаа	LO болон SZ-ийн үржвэр	
(3) Хяналтын хувьсагчууд			
CR	Зээлийн эрсдэл	Чанаргүй зээл Нийт хэрэглэгчийн зээл	Koroleva *et al.* (2021), Buchory (2015)
CA	Банкны капитал	Эзний өмч Нийт хөрөнгө	Derbali (2021), Gwachha (2019), Jumono and Mala (2019), Prabowo *et al.* (2018), Saeed (2014), Shehzad *et al.* (2013)
LI	Банкны хөрвөх чадвар	Эргэлтийн хөрөнгө Харилцагчийн хадгаламж болон зээлдэгчийн хөрөнгө	Shehzad *et al.* (2013)
CI	Зардлын удирдлагын үр ашиг	Үйл ажиллагааны зардал Үйл ажиллагааны орлого	Derbali (2021), Buchory (2015), Shehzad *et al.* (2013)

Судалгааны загвар

Банкны санхүүгийн зуучлалын үйл ажиллагаа ашигт ажиллагаанд хэрхэн нөлөөлж байгааг, мөн банкны хэмжээ уг нөлөөг хэрхэн зохицуулж байгааг үнэлэх зорилгоор энэхүү судалгаанд 5-р зурагд үзүүлсэн онолын хүрээг ашигласан.

Үүнд үндэслэн дараах гурван регрессийн загварыг боловсруулав:

Загвар 1. Санхүүгийн зуучлалын ашигт ажиллагаанд үзүүлэх нөлөө

$$ROE_{i,t}\,(or\,ROA_{i,t}) = c_1 + \sigma_1.DP_{i,t} + \sigma_2.LO_{i,t} + \sigma_3.(DP.LO)_{i,t} + \sigma_j.CONTROL_{j,i,t} + \pi_{i,t}\,. \quad (1)$$

Загвар 2. Санхүүгийн зуучлалын ашигт ажиллагаанд үзүүлэх нөлөө

$$ROE_{i,t}\,(or\,ROA_{i,t}) = c_2 + \beta_1.SZ_{i,t} + \beta_2.DP_{i,t} + \beta_3.(DP.SZ)_{i,t} + \beta_j.CONTROL_{j,i,t} + \varepsilon_{i,t}\,. \quad (2)$$

Загвар 3. Санхүүгийн зуучлалын ашигт ажиллагаанд үзүүлэх нөлөө

$$ROE_{i,t}\,(or\,ROA_{i,t}) = c_3 + \alpha_1.SZ_{i,t} + \alpha_2.LO_{i,t} + \alpha_3.(LO.SZ)_{i,t} + \alpha_j.CONTROL_{j,i,t} + \lambda_{i,t}, \quad (3)$$

Нийт хөрөнгийн өгөөж (ROA) нь хөрөнгө ашиглалтын үр ашгийг хэмждэг, тул хөрөнгийн өгөөжийн дундаж ROA 16.4% байгаа нь сайн үзүүлэлт боловч стандарт хазайлт нь дунджаасаа их байна. Энэ нь арилжааны банкнуудын эсвэл

жилүүдийн хооронд ашигт ажиллагаа маш их зөрүүтэй байгаа буюу хамгийн бага нь 1%, хамгийн их нь 67% тогтвортой бус байгааг илтгэнэ. Эзэмшигчийн өмчийн өгөөж (ROE) нь өөрийн хөрөнгийн үр ашиг, хөрөнгө оруулалчийг урт хугацааны тогтвортой хөрөнгө оруулалт хийхэд чухал бөгөөд эзэмшигчийн өмчийн дундаж нь 12.3% байна. ROE-ийн хэлбэлзэл ROA-тай харьцуулахад харьцангуй тогтвортой байна. Энэ нь өөрийн хөрөнгийн ашиглалт жигд байгааг харуулж дүгнэж болно.

СТАТИСТИКИЙН ШИНЖИЛГЭЭ

Хүснэгт 2.

	Mean	Median	Stand Devi	Sample Varia	Mini	Max	Count
ROA	0.164	0.029	0.248	0.062	0.011	0.672	11
ROE	0.123	0.108	0.042	0.002	0.064	0.197	11
DP	0.349	0.355	0.084	0.007	0.224	0.481	11
LO	0.234	0.221	0.107	0.011	0.136	0.512	11
SZ	20.278	20.298	0.756	0.571	18.959	21.524	11
CA	0.156	0.138	0.032	0.001	0.123	0.210	11
CR	0.155	0.178	0.055	0.003	0.041	0.207	11
LI	0.083	0.029	0.099	0.010	0.001	0.256	10
CI	0.616	0.632	0.220	0.048	0.219	0.962	11

Эх үүсвэр: судлаачийн тооцоолол

Арилжааны банк нь санхүүгийн зуучлагчийн хувьд бусдаас татсан эх үүсвэр хадгаламж нийт хөрөнгийн харьцаа (DP) дундажаар 0.349 буюу дунджаар нийт хөрөнгийн 35 орчим хувийг хадгаламжаар бүрдүүлдэг бол хамгийн их 48.1 хувь, хамгийн багадаа 22.4 хувиар хадгаламж татсан байна. Хэлбэлзэл 34.9 хувь байгаа нь зах зээлээс хадгаламж татах зах зээлийн өөрчлөлт ихтэй тогтвортой бус байна. Арилжааны банкны орлогын гол эх үүсвэр нь зээл бөгөөд нийт хөрөнгөд эзлэх зээлийн хэмжээг тодорхойлсон зээлийн харьцаа (LO) нь дунджаар 23.4 хувь, хамгийн их ба хамгийн бага утга нь 13.6, 51.2 хувь байна. Хэлбэлздэг нь банкуудын зээлийн бодлого харилцан адилгүй болохыг илтгэнэ.

Банкнуудыг өрсөлдөөн, тогтвортой байдлыг хангахад банкны хэмжээ ба хөрвөх чадвар чухал үзүүлэлт юм. Монголын банкнуудын хэмжээ тогтвортой, хөрөнгийн хэмжээгээр үйл ажиллагааны хүрээ нь тодорхойлогддог. Харин хөрвөх чадвар (LI) банкны үйл ажиллагаа тогтвортой явуулах, дампуурах эсрдэлийг бууруулна. Дундаж нь 0.083, медиан 0.029 байгаа нь зөрүү нь тархалт ихтэй, зарим банк зах зээлийн өөрчлөлт, гэнэтийн хөрвөх чадварын эрэлт бий болох эрсдэлээс болж маш өндөр хөрвөх чадвартай байгааг илэрхийлнэ.

Зардлын удирдлагын үр ашиг (CI) буюу 1 төгрөгийн орлогын дундажаар 61.6 үйл ажиллагааны зардал эзэлж байгаа бол хамгийн өргөн хүрээнд хэлбэлздэг 0.22–0.96 буюу зарим банкны 96 мөнгө нь үйл ажиллагааны зардал эзэлж байсан байна. Стандарт хазайлт 0.22. Энэ нь банкнуудын хөрөнгийн ашиглалтын эрчим ихэд ялгаатай болохыг харуулж, салбарын онцлог болон банкуудын стратеги, өрсөлдөх чадвар харилцан адилгүй гэж дүгнэж болно.

КОРРЕЛЯЦИЙН КОЭФФИЦИЕНТИЙН МАТРИЦ

Хүснэгт 3.

	ROA	*ROE*	*DP*	*LO*	*DO.LO*	*CR*	*LI*	*CI*	*SZ*	*CA*
ROA	1.00									
ROE	0.29	1.00								
DP	-0.23	-0.54	1.00							
LO	-0.50	-0.53	0.66	1.00						
DO.LO	-0.42	-0.48	0.79	0.97	1.00					
CR	0.01	0.74	0.01	-0.16	-0.03	1.00				
LI	0.19	0.39	-0.29	-0.16	-0.12	0.49	1.00			
CI	-0.33	-0.56	0.16	0.42	0.28	-0.70	-0.69	1.00		
SZ	0.20	0.66	-0.45	-0.30	-0.27	0.56	0.78	-0.60	1.00	
CA	0.46	-0.13	0.05	-0.24	-0.19	-0.23	-0.20	-0.01	-0.54	1.00

Эх үүсвэр: Судлаачийн тооцоолол

ROA-тай хамгийн хүчтэй эерэг хамаарал нь өөрийн хөрөнгийн харьцаа буюу CA үзүүлэлтэд байгаа бөгөөд хамаарлын коэффициент 0.46 байна. Энэ нь банк өөрийн хөрөнгийн хүрэлцээгээ сайжруулах тусам активаасаа олох өгөөж нэмэгдэх хандлагатай гэдгийг илтгэж байна. Харин зээлийн хэмжээ буюу LO (-0.50) болон зээл-хадгаламжийн харьцаа буюу DO.LO (-0.42) нь ROA-тай хүчтэй сөрөг хамааралтай байгаа нь зээлийн эзлэх хувь хэт өндөр болох тусам активын өгөөж буурч байгааг харуулж байна.

ROE-тай хамгийн хүчтэй эерэг хамаарал нь зээлийн эрсдэлийн харьцаа буюу CR (0.74) болон банкны хэмжээ буюу SZ (0.66) хувьсагчдад байна. Өөрөөр хэлбэл том банкууд болон зээлийн эрсдэл өндөртэй банкууд өөрийн хөрөнгөдөө харьцангуй өндөр өгөөж олж байгааг энэ хамаарал тусгаж байна. Нөгөө талаас зардлын үр ашгийн харьцаа буюу CI (-0.56), хадгаламжийн харьцаа буюу DP (-0.54), зээлийн харьцаа буюу LO (-0.53) нь ROE-тай хүчтэй сөрөг хамааралтай байгаа нь үйл ажиллагааны зардал өндөр байх тусам өөрийн хөрөнгийн өгөөж буурдаг гэдгийг харуулж байна.

Хувьсагч хоорондын хамаарлыг авч үзвэл LO болон DO.LO хоорондын корреляци 0.97 байгаа нь эдгээр хоёр хувьсагч бараг ижил мэдээллийг агуулж байгааг илэрхийлж байна. Мөн SZ ба LI (0.78), CR ба CI (-0.70), LI ба CI (-0.69) хоорондын хамаарлууд харьцангуй өндөр байгаа нь загвар боловсруулахдаа

нэмэлт анхаарал хандуулах шаардлагатайг санууллж байна.

Нийтлэг дүгнэлтийг хэлэхэд өөрийн хөрөнгийн хүрэлцээ болон банкны хэмжээ нь ашигт ажиллагааны гол эрэг хөдөлгөгч хүчин зүйлс болж байгаа бол зардлын үр ашиггүй байдал болон зээлийн хэт өндөр концентраци нь банкны ашигт ажиллагааг сөргөөр нөлөөлж байна.

РЕГРЕССИЙН ҮР ДҮН

Хүснэгт 4.

	Загвар 1		*Загвар 2*		*Загвар 3*	
	ROA	***ROE***	***ROA***	***ROE***	***ROA***	***ROE***
DP	-0.176	-1.402	9.975	-2.424		
LO	-0.664	-3.279		-0.113	3.670	31.892
SZ		0.025	1.178	0.598	0.518	3.579
DP.LO	1.264	6.53				
DP.SZ			-3.320	0.732		
LO.SZ					-1.217	-10.625
CA	0.055	-0.630	0.170	0.429	0.252	0.0407
CR	-0.111	0.425	-0.021	0.584	-0.034	0.739
LI	0.007	-0.083	0.002	-0.238	-0.053	-0.323
CI	0.016	0.151	0.021	0.010	-0.006	0.087
ROA (-1)	-0.234		-0.113		0.015	
ROE (-1)		-0.703		-0.077		-0.351

Эх үүсвэр: Судлаачийн тооцоолол

Загвар 1 нь үндсэн хүчин зүйлсийг тусад нь оруулсан суурь загвар юм. Энэ загварт зээлийн харьцаа буюу LO нь ROA-д -0.664, ROE-д -3.279-ийн коэффициенттэй байгаа нь зээлийн хэмжээ нэмэгдэх тусам ашигт ажиллагаа буурах хандлагатай гэдгийг харуулж байна. Харин банкны хэмжээ буюу SZ нь ROE-д 1.178-ийн эерэг коэффициенттэй байгаа нь том банкууд өөрийн хөрөнгийн өгөөжөө илүү сайн хангаж байгааг илтгэж байна. Өмнөх үеийн ROE буюу ROE(-1) -0.703 коэффициенттэй байгаа нь өмнөх үеийн өгөөж өндөр байсан бол дараагийн үед буурах буцах хандлага ажиглагдаж байна.

Загвар 2 нь харилцан үйлчлэлийн хувьсагчдыг нэмсэн өргөтгөсөн загвар бөгөөд DP.LO (1.264 ба 6.53) болон DP.SZ, LO.SZ зэрэг хослол хувьсагчдыг агуулж байна. Энд хадгаламж ба зээлийн харилцан үйлчлэл буюу DP.LO нь ROA болон ROE хоёуланд эерэг нөлөөтэй байгаа нь хадгаламж болон зээлийн харьцаа хамтдаа тэнцвэртэй байх тусам ашигт ажиллагаа дэмжигддэгийг илтгэж байна. Харин зээл ба банкны хэмжээний харилцан үйлчлэл буюу LO.SZ нь ROE-д -10.625-ийн хүчтэй сөрөг коэффициенттэй байгаа нь том банкуудад зээлийн өндөр концентраци нь өгөөжийг эрс бууруулдаг гэдгийг харуулж байна.

Загвар 3 нь хамгийн цогц загвар бөгөөд LO коэффициент ROA-д 31.892 хүртэл огцом өссөн байна. Энэ нь загварт нэмэгдсэн харилцан үйлчлэлийн хувьсагчдын нөлөөгөөр үндсэн коэффициент өөрчлөгдсөнийг илтгэж байгаа бөгөөд тайлбарлахдаа бусад хувьсагчидтай хамт нийт нөлөөг нь авч үзэх шаардлагатай.

Гурван загварт нийтлэг ажиглагдаж байгаа зүйл бол зээлийн эрсдэлийн харьцаа буюу CR нь ROE-д тогтвортой эерэг нөлөөтэй байгаа бол өөрийн хөрөнгийн харьцаа буюу CA нь загвараас хамааран тогтворгүй дохио өгч байгаа нь судалгааны цаашдын шинжилгээнд анхаарал хандуулах шаардлагатай хүчин зүйл болж байна.Зардал өндөр байх нь банкны бэлэн мөнгөний нөөцийг шавхаж, санхүүгийн чадавхийг сулруулдаг.

Дүгнэлт

Энэхүү судалгаагаар Монгол улсын арилжааны банкнуудын 2015–2025 оны панел өгөгдөлд тулгуурлан санхүүгийн зуучлал болон банкны хэмжээ нь ашигт ажиллагаанд хэрхэн нөлөөлж байгааг гурван регрессийн загвараар шинжилсэн. Дэвшүүлсэн таамаглал тус бүрийн хувьд регрессийн үр дүнд үндэслэн дараах дүгнэлтэд хүрэв.

H1a — Хадгаламж ба зээлийн харилцан үйлчлэл ашигт ажиллагаанд эерэг нөлөө үзүүлнэ: Батлагдаагүй. Загвар 1-ийн үр дүнд харилцан үйлчлэлийн хувьсагч DP*LO нь ROA-д 1.264, ROE-д 6.53-ийн эерэг коэффициенттэй гарсан нь анхны харцаар таамаглалыг дэмжиж байгаа мэт харагдана. Гэвч энэ нь DP болон LO хувьсагч тус бүр сөрөг нөлөөтэй байхад — хадгаламжийн харьцаа (DP) нь ROA-д -0.176, ROE-д -1.402, зээлийн харьцаа (LO) нь ROA-д -0.664, ROE-д -3.279-ийн утгатай — харилцан үйлчлэлийн гишүүн эерэг гарсан явдал юм. Өөрөөр хэлбэл, хадгаламж болон зээл хоёулаа нэгэн зэрэг, харьцангуй тэнцвэртэй байдлаар өсөх нөхцөлд л тэдгээрийн нийлмэл нөлөө эерэг болдог. Гэвч DP болон LO тус бүрийн бие даасан нөлөө нь тогтвортой сөрөг хэвээр байгаа тул H1a батлагдсан гэж үзэх үндэслэл хангалтгүй байна. Монголын банкны нөхцөлд хадгаламжийн хүүний зардал өндөр, зээлийн төвлөрөл хэт их байгаа нь санхүүгийн зуучлалын нөлөөг сулруулж байна.

H1b — Харилцагчийн хадгаламж ашигт ажиллагаанд эерэг нөлөө үзүүлнэ: Батлагдаагүй. Гурван загварын үр дүнд хадгаламжийн харьцаа (DP) нь ашигт ажиллагааны хоёр үзүүлэлтэд тогтвортой сөрөг нөлөөтэй байна: Загвар 1-д DP нь ROA-д -0.176, ROE-д -1.402; Загвар 2-т DP нь ROA-д 9.975-ийн эерэг утга гарсан боловч энэ нь DP*SZ харилцан үйлчлэлийн хувьсагчийн (-3.320) зохицуулах нөлөөгөөр буцаж сөрөг болдог. Корреляцийн шинжилгээнд ч DP нь ROA-тай -0.23, ROE-тай -0.54-ийн сөрөг хамааралтай байгаа нь регрессийн үр дүнтэй нийцэж байна. Энэ үр дүн нь Монголын банкны нөхцөлд хадгаламжийн хүүний зардал харьцангуй өндөр байгаатай шууд холбоотой: Банкууд хадгаламж татахын тулд өндөр хүү санал болгодог нь хүүгийн зардлыг нэмэгдүүлж, цэвэр

хүүгийн зөрүүг багасган, улмаар ашигт ажиллагааг бууруулах нөлөө үзүүлдэг. Энхтүвшин Далантайбаатар (2025)-ын судалгааны үр дүн ч энэ дүгнэлтийг баталж байна.

H1c — Харилцагчийн зээл ашигт ажиллагаатай эерэг хамааралтай байна: Хэсэгчлэн батлагдсан. Зээлийн харьцаа (LO) нь загварууудаас хамааран өөр өөр үр дүн үзүүлж байна. Загвар 1-д LO нь ROA-д -0.664, ROE-д -3.279 гэсэн сөрөг коэффициенттэй гарсан нь зээлийн хэмжээ дангаараа өсөх нь ашигт ажиллагааг бууруулдаг болохыг харуулж байна. Харин загвар 3-т LO нь ROE-д 31.892-ийн эерэг коэффициенттэй гарсан боловч LO*SZ харилцан үйлчлэлийн хувьсагч (-10.625) нь том банкуудад зээлийн концентраци нэмэгдэхийн хэрээр энэ эерэг нөлөө эрс буурдаг болохыг илтгэж байна. Корреляцийн матрицад LO нь ROA-тай -0.50-ийн хүчтэй сөрөг хамааралтай байна. Эдгээр үр дүнг нэгтгэн дүгнэхэд, зээл олголт нь банкны орлогын гол эх үүсвэр боловч зээлийн чанар муудах, чанаргүй зээлийн хэмжээ нэмэгдэх, эсвэл зохистой бус хэмжээгээр зээл олгох нь ашигт ажиллагаанд сөргөөр нөлөөлдөг. Иймд H1c нь зөвхөн зээлийн чанар сайн, эрсдэлийн удирдлага оновчтой байх нөхцөлд хэсэгчлэн батлагдаж байна. Нэмэлт хүчин зүйлсийн хувьд банкны хэмжээ (SZ) нь ROE-д тогтвортой эерэг нөлөөтэй (загвар 2-т 1.178) гарсан нь том банкуудын хэмжээний давуу тал ашигт ажиллагааг дэмждэгийг илтгэж байна. Гэсэн хэдий ч LO*SZ харилцан үйлчлэлийн хувьсагчийн сөрөг коэффициент (-10.625) нь банкны хэмжээ хэт томрох үед зардал нэмэгдэж, ашигт ажиллагаанд сөргөөр нөлөөлдөг болохыг харуулж байна. Өөрийн хөрөнгийн харьцаа (CA) нь ROA-тай 0.46-ийн эерэг корреляцитай байгаа нь хангалттай капиталжуулалт нь эрсдэлийг бууруулж, ашигт ажиллагааг сайжруулдаг болохыг илэрхийлж байна. Зардлын удирдлагын үр ашиг (CI) нь ROE-тай -0.56-ийн хүчтэй сөрөг хамааралтай байгаа нь үйл ажиллагааны зардлыг оновчтой удирдах нь ашигт ажиллагааны чухал нөхцөл болохыг харуулж байна.

Монгол Улсын арилжааны банкуудын ашигт ажиллагаа нь зөвхөн хадгаламж, зээлийн хэмжээнээс бус, тэдгээрийн бүтэц, чанар, зохистой удирдлагаас ихээхэн хамаарч байна. Санхүүгийн зуучлалын уламжлалт онолд хадгаламж их татах, зээл их олгох нь ашиг нэмэгдүүлнэ гэсэн таамаглалуудыг Монголын нөхцөлд бүрэн батлах боломжгүй хадгаламжийн хүүний зардал өндөр, зээлийн эрсдэлийн удирдлагын тогтолцоо сул, зах зээлийн концентраци өндөр зэрэг хүчин зүйлсээр тайлбарлагдаж байна.

Цаашдын судалгааны хувьд:

- Банк бүрийн зээлийн чанарын динамикийг тусдаа хувьсагч болгон оруулах;
- Хүүгийн зөрүү (net interest margin)-г тайлбарлах хувьсагч болгон нэмэх;
- Банкны засаглалын үзүүлэлтүүдийг хамруулах нь судалгааны тайлбарлах чадварыг нэмэгдүүлэх боломжтой гэж үзэж байна.

АШИГЛАСАН МАТЕРИАЛ, НОМ ЗҮЙ

[1]. Д.Энхзаяа, Л.Дөлгөөн (2012). Санхүүгийн зуучлал Судалгааны ажлын эмхэтгэл
[2]. Н.Амар (2004) санхүүгийн зуучлал ба эдийн засгийн өсөлт Судалгааны ажлын эмхэтгэл
[3]. Adeyinka, A.J., Odi, N., Ebenehi, O.E., Ademola, O.G. and James, S.O. (2018), "Implications of financial intermediation on the performance of microfinance banks in Nigeria: 2000–2016", Financial Markets, Institutions and Risks, Vol. 2 No. 4, pp. 68-81, doi: https://doi.org/10.21272/fmir.2(4).68-81.2018
[4]. Almaqtari, F.A., Al-Homaidi, E.A., Tabash, M.I. and Farhan, N.H. (2019), "The determinants of profitability of Indian commercial banks: a panel data approach", International Journal of Finance and Economics, Vol. 24 No. 1, pp. 168-185, doi: **https://doi.org/10.1002/ijfe.1655Digital Object Identifier (DOI)**
[5]. Akoto, R.K. and Nabieu, G.A. (2014), "Analysis of financial intermediation and profitability: a case study of the Ghanaian banking industry", International Journal of Economics and Finance, Vol. 6 No. 5, pp. 220-232, doi: 10.5539/ijef.v6n5p220
[6]. Berger, A. and Bouwman, C. (2009), Bank Capital, Survival, and Performance Around Financial Crises, Financial Institutions Center at the Wharton School, Philadelphia
[7]. Koroleva, E., Jigeer, S., Miao, A. and Skhvediani, A. (2021), "Determinants affecting profitability of state-owned commercial banks: case study of China", Risks, Vol. 9 No. 8, pp. 150-169, doi: **https://doi.org/10.3390/risks9080150**
[8]. Kovner, A., Vickery, J.I. and Zhou, L. (2014), "Do big banks have lower operating costs?", Economic Policy Review, Vol. 20 No. 2, pp. 1-27.
[9]. Stern, G.H. and Feldman, R.J. (2009), Too Big to Fail: the Hazards of Bank Bailouts, Brookings Institution Press, Washington, DC.
[10]. Berger, P.G. and Ofek, E. (1995) Diversification's Effect on Firm Value. Journal of Financial Economics, 37, 39-65, doi: https://econpapers.repec.org/article/eeejfinec/v_3a37_3ay_3a1995_3ai_3a1_3ap_3a39-65.htm
[11]. Miller, S. and Noulas, A. (1997) Portfolio Mix and Large-Bank Profitability in the USA. Applied Economics, 29, 505-512, doi: http://dx.doi.org/10.1080/000368497326994
[12]. Besanko, D., & Thakor, A. (1987). Collateral and Rationing: Sorting Equilibria in Monopolistic and Competitive Credit Markets. International Economic Review, 28, 671-689, doi: https://doi.org/10.2307/2526573
[13]. Molyneux, M. and Fox, R. (1993) Diagnosis and Treatment of Malaria in Britain. BMJ, 306, 1175-1180, doi: http://dx.doi.org/10.1136/bmj.306.6886.1175
[14]. Staikouras, C. K. & Wood, G. E. (2004). The Determinants of European Bank Profitability. *International Business & Economics Research Journal, 3*(6), 57-67.
[15]. Perry, B.D. (2002) Childhood Experience and the Expression of Genetic Potential: What Childhood Neglect Tells Us about Nature and Nurture. Brain and Mind, 3, 79-100.
[16]. http://dx.doi.org/10.1023/A:1016557824657

[17]. www. 1212.mn
[18]. www.mongolbank.mn
[19]. www.mse.mn

ISSN 1560-8794

Хавсралт 1. 12 Арилжааны банкны дундаж үзүүлэлтүүд

	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
ROA	0.013	0.011	0.534	0.021	0.672	0.036	0.412	0.023	0.029	0.024	0.029
ROE	0.108	0.095	0.127	0.064	0.077	0.102	0.100	0.146	0.180	0.197	0.157
DP	0.481	0.391	0.355	0.362	0.278	0.421	0.465	0.310	0.263	0.289	0.224
LO	0.512	0.265	0.221	0.290	0.259	0.243	0.190	0.148	0.138	0.174	0.136
DP.LO	0.211	0.105	0.071	0.083	0.055	0.088	0.073	0.073	0.046	0.036	0.023
SZ	20.298	20.555	20.080	20.275	18.959	19.503	19.600	20.380	21.524	20.524	21.360
DP.SZ	21671675472.788	26405369655.997	29406737788.225	37450605409.085	15724539663.503	44266878590.504	47924029475.043	45778901800.134	55625349012.434	23483892695421.000	27118386741248.100
LO.SZ	44604890140.453	17517828959.719	16555012151.781	17453232385.396	30932876189.838	15615939478.090	17595899678.054	22702871199.651	31478943600.389	4042389098.935	2740948591 8.067
CA	0.135	0.130	0.138	0.123	0.185	0.210	0.173	0.205	0.136	0.134	0.150
CR	0.191	0.180	0.178	0.041	0.065	0.134	0.170	0.151	0.197	0.207	0.190
LI	0.114	0.195	0.003	0.002	0.001	0.044	0.015	0.113	0.256	0.004	0.197
CI	0.632	0.657	0.562	0.962	0.896	0.703	0.437	0.533	0.219	0.779	0.393

“ӨГӨГДЛӨӨС ШИЙДВЭРТ: TSAM ЗАГВАРААР ДЭЭД БОЛОВСРОЛЫН СТРАТЕГИЙН ШИЙДВЭР ГАРГАЛТЫГ САЙЖРУУЛАХ НЬ”

Хашхүүгийн АРИУНАА[1]

[1]Монгол Улс, Улаанбаатар, ШУТИС, Менежментийн сургууль

Холбоо барих зохиогчийн и-мэйл хаяг: kh.ariunaa@must.edu.mn[1]

***Хураангуй*: Энэхүү судалгаа нь дээд боловсролын байгууллагын стратегийн шийдвэр гаргалтад тулгарч буй өгөгдөл, шинжилгээ, шийдвэрийн хоорондын тасалдлыг (decision gap) бууруулах асуудлыг авч үзэв. Технологийн хурдацтай өөрчлөлт, хөдөлмөрийн зах зээлийн шинэ шаардлага, глобал өрсөлдөөний нөхцөлд их сургуулиуд стратегийн шийдвэрийг өгөгдөлд суурилан, хурдан бөгөөд оновчтой гаргах шаардлагатай болсон хэдий ч нөхцөл байдлын шинжилгээ нь ихэвчлэн тайлангийн түвшинд хязгаарлагдаж байна. Энэхүү судалгаанд нөхцөл байдлын шинжилгээг шийдвэр гаргалтын нэгдсэн систем болгон хөгжүүлэх зорилгоор шаталсан стратегийн шинжилгээний загвар (Tiered Strategic Analysis Model, TSAM)-ийг дэвшүүлэв. Судалгаа нь дизайн шинжлэх ухааны судалгааны (Design Science Research) хандлагад тулгуурлан загварыг боловсруулж, өгөгдөл–шинжилгээ–шийдвэрийн уялдааг үйл ажиллагааны, системийн, стратегийн гурван түвшинд холбосон. Судалгааны үр дүнгээс харахад хөтөлбөрүүдийн гүйцэтгэл, зах зээлийн эрэлт, төгсөгчдийн ажил эрхлэлт, технологийн нөлөөлөл нь ялгаатай бөгөөд нэг төрлийн стратеги нь үр ашиггүй болох нь тогтоогдов. Жингийн үнэлгээ болон аналитик сценарийн үнэлгээгээр хөтөлбөрүүдийг хөрөнгө оруулах, оновчлох, сайжруулах, шинэчлэх гэсэн стратегийн ангилалд хуваах боломжтойг харуулсан. Энэ нь портфолио логикт суурилсан ялгавартай шийдвэр гаргалт нь нөөцийн хуваарилалтыг оновчтой болгож, байгууллагын гүйцэтгэл болон өрсөлдөх чадварыг сайжруулах боломжтойг харуулж байна. Энэхүү судалгаа нь нөхцөл байдлын шинжилгээг тайлангийн хэрэгсэл бус, стратегийн шийдвэр гаргалтын систем болгон шинэчлэн тодорхойлж, дээд боловсролын салбарт шийдвэрийн оюун, өгөгдөлд суурилсан шийдвэр гаргалт, портфолио удирдлага, хиймэл оюуны нөлөөллийг нэгтгэсэн онолын болон практик шинэ хандлагыг санал болгож байна.**

Түлхүүр үг*: *Шийдвэрийн оюун; Өгөгдөлд суурилсан шийдвэр гаргалт; Дээд боловсролын стратеги; TSAM загвар; Портфолио менежмент; Хиймэл оюуны бэлэн байдал; Төгсөгчдийн ажил эрхлэлт

I. УДИРТГАЛ

Сүүлийн жилүүдэд дээд боловсролын салбар нь дэлхийн хэмжээнд гүнзгий, бүтэцчилсэн өөрчлөлтийн шатанд орж байна. Дэлхийн эдийн засгийн динамик, технологийн хурдацтай хөгжил, тэр дундаа хиймэл оюун (AI), автоматжуулалт, өгөгдөлд суурилсан шийдвэр гаргалтын арга зүй нь хөдөлмөрийн зах зээлийн эрэлт, ур чадварын шаардлагыг үндсээр нь өөрчилж байна. Дэлхийн эдийн засгийн формын тайланд дурдсанаар ойрын жилүүдэд ажлын байрны ур чадварын 40–44 хувь шинэчлэгдэх шаардлагатай байгаа нь дээд боловсролын байгууллагуудыг мэдлэгт суурилсан загвараас ур чадварт суурилсан загварт шилжих зайлшгүй шаардлагыг бий болгож байна [1].

Гэсэн хэдий ч дээд боловсролын байгууллагуудын дотоод удирдлага, стратегийн шийдвэр гаргалтын тогтолцоо нь энэхүү өөрчлөлтийн хурдтай уялдан шинэчлэгдэж чадахгүй байгаа нь “боловсролын хоцролт” (education lag)-ын эрсдэлийг бий болгож байна [2]. Ялангуяа нөхцөл байдлын шинжилгээ нь ихэвчлэн тайлан боловсруулах, үнэлгээ гаргах түвшинд хязгаарлагдаж, стратегийн шийдвэр гаргалттай шууд холбогдохгүй байх хандлага ажиглагдаж байна.

Энэхүү үзэгдлийг Davenport “data-rich but decision-poor” буюу өгөгдөл ихтэй боловч шийдвэр гаргалтын чадавх сул байдал гэж тодорхойлсон [3]. Өөрөөр хэлбэл байгууллагууд өгөгдөл цуглуулах, тайлан боловсруулах чадвартай боловч түүнийг стратегийн шийдвэр болгон хувиргах систем дутмаг байна. Иймээс өгөгдөл ба шийдвэрийн хоорондын энэхүү тасалдлыг энэхүү судалгаанд “шийдвэрийн тасалдал” (decision gap) гэж тодорхойлж байна.

Нөгөө талаас, их сургуулийг нэг төрлийн байгууллага гэж үзэх уламжлалт хандлага нь стратегийн удирдлагын үр нөлөөг хязгаарлаж байна. Үнэн хэрэгтээ их сургуулиуд нь зах зээлийн логик, эрэлт, технологийн нөлөөлөл, гүйцэтгэлийн түвшнээр ялгаатай олон төрлийн хөтөлбөрөөс бүрдсэн стратегийн портфолио систем юм [4], [5]. Ийм нөхцөлд нэг төрлийн бодлого бүх хөтөлбөрт ижил үр дүн өгөх боломжгүй бөгөөд ялгавартай, өгөгдөлд суурилсан шийдвэр гаргалтын хандлага шаардлагатай болдог.

Үүнээс гадна хөгжиж буй эдийн засгийн орчинд үйл ажиллагаа явуулж буй дээд боловсролын байгууллагууд нь институцийн тогтворгүй байдал, бодлогын тасалдал, удирдлагын өөрчлөлт зэрэг хүчин зүйлсийн нөлөөнд илүү өртөмтгий байдаг. Энэ нь стратегийн шийдвэр гаргалтыг богино хугацааны үзүүлэлтэд хэт төвлөрүүлэх, урт хугацааны өгөгдөлд суурилсан стратегийн логикийг сулруулах эрсдэлийг бий болгодог.

Ийм нөхцөлд нөхцөл байдлын шинжилгээг тайлангийн хэрэгсэл бус, харин стратегийн шийдвэр гаргалтын систем болгон хөгжүүлэх шаардлага тулгарч байна. Энэхүү судалгааны зорилго нь өгөгдөл–шинжилгээ–шийдвэрийн уялдаа холбоог хангах шаталсан логик бүхий Шаталсан стратегийн шинжилгээний загвар (Tiered Strategic Analysis Model, TSAM)-ийг боловсруулах, дээд боловсролын

байгууллагын стратегийн шийдвэр гаргалтыг сайжруулах арга зүйг санал болгоход оршино.

TSAM загвар нь өгөгдлийг үйл ажиллагааны, системийн, стратегийн түвшинд боловсруулж, стандарт шийдвэрийн логикт (хөрөнгө оруулах (Invest), оновчлох (Optimize), сайжруулах (Fix), шинэчлэх (Transform)) холбох замаар шийдвэрийн тасалдлыг бууруулахад чиглэнэ. Иймд энэхүү судалгаа нь нөхцөл байдлын шинжилгээг стратегийн шийдвэр гаргалтын интеграцчилсан систем болгон авч үзэж буйгаараа онолын болон практик ач холбогдолтой юм.

II. СУДЛАГДСАН БАЙДАЛ

Дээд боловсролын байгууллагуудын стратегийн удирдлага нь сүүлийн жилүүдэд зах зээлийн логикт улам бүр суурилж, өрсөлдөөнт орчинд үйл ажиллагаа явуулах хандлага нэмэгдэж байна. Clark их сургуулийг “entrepreneurial university” буюу зах зээлийн шаардлагад уян хатан хариу үйлдэл үзүүлэх байгууллага болж өөрчлөгдөж байгааг онцолсон бол Эдийн засгийн хамтын ажиллагаа, хөгжлийн байгууллага боловсролын системийг өгөгдөлд суурилсан бодлого, шийдвэр гаргалтад шилжүүлэх шаардлагатайг тэмдэглэсэн [6], [2].

Стратегийн менежментийн онолд байгууллагын гадаад болон дотоод орчны шинжилгээ нь стратегийн шийдвэр гаргалтын үндсэн тулгуур болдог. Porter-ийн өрсөлдөөний стратегийн онол нь салбарын бүтэц, өрсөлдөөний хүчин зүйлсийг шинжлэхэд төвлөрдөг бол Barney-ийн нөөцөд суурилсан үзэл нь дотоод чадавхыг онцолдог. Гэвч эдгээр хандлагууд нь ихэвчлэн шинжилгээний түвшинд төвлөрч, шийдвэр гаргалтын системтэй шууд уялдах нь хязгаарлагдмал байдаг [4], [7].

Үүнтэй холбоотойгоор SWOT, PESTEL зэрэг нөхцөл байдлын шинжилгээний уламжлалт аргууд нь орчны үнэлгээ хийхэд өргөн хэрэглэгддэг боловч динамик, шийдвэр гаргалтад шууд холбогдох механизм сул байдаг [8]. Kaplan ба Norton нарын Balanced Scorecard загвар нь стратегийг гүйцэтгэлтэй холбох оролдлого хийсэн боловч олон төрлийн хөтөлбөр, ялгаатай зах зээлийн логик бүхий их сургуулийн орчинд бүрэн нийцэхэд хүндрэлтэй хэвээр байна [9].

Сүүлийн жилүүдэд өгөгдөлд суурилсан шийдвэр гаргалт болон шийдвэрийн оюуны хандлага нь байгууллагын удирдлагад чухал байр суурь эзлэх болсон. Davenport байгууллагуудыг “data-rich but insight-poor” байдалд орж байгааг онцолж, өгөгдлийг стратегийн шийдвэр болгон хувиргах чадвар нь өрсөлдөх давуу талын гол эх үүсвэр болохыг тэмдэглэсэн [3]. Shrestha нар шийдвэрийн оюуныг өгөгдөл, аналитик, хүний шийдвэр гаргалтыг нэгтгэсэн шинэ парадигм гэж тодорхойлсон боловч дээд боловсролын салбарт системтэй хэрэглээ хязгаарлагдмал байна [10].

Нөгөө талаас, их сургуулийг нэг төрлийн байгууллага бус, харин олон төрлийн хөтөлбөрөөс бүрдсэн стратегийн портфолио систем гэж үзэх хандлага нэмэгдэж байна. Boston Consulting Group-ийн портфолио матриц [11] нь бизнесийн нэгжүүдийг ялгавартай удирдах логикийг санал болгосон бөгөөд энэ хандлагыг боловсролын салбарт хэрэглэх боломжийг Jongbloed нар онцолсон [5]. Гэвч нөхцөл байдлын шинжилгээг портфолио удирдлагатай системтэй холбосон нэгдсэн загвар ховор хэвээр байна.

Мөн хиймэл оюун нь боловсролын системд стратегийн түвшний нөлөө үзүүлж эхэлсэн. Дэлхийн эдийн засгийн форум болон Эдийн засгийн хамтын ажиллагаа, хөгжлийн байгууллагын судалгаанд хиймэл оюун нь ур чадварын бүтэц, сургалтын агуулга, хөдөлмөрийн зах зээлийн эрэлтийг өөрчилж байгааг онцолсон бөгөөд хиймэл оюуны бэлэн байдал нь байгууллагын стратегийн чадавхыг тодорхойлох шинэ үзүүлэлт болж байна [1], [12].

Дээрх судалгаануудыг нэгтгэн үзвэл дараах шийдэгдээгүй асуудлууд тодорхойлогдож байна. Нэгдүгээрт, нөхцөл байдлын шинжилгээ нь ихэвчлэн тайлангийн түвшинд хязгаарлагдаж, стратегийн шийдвэр гаргалттай шууд холбогддоггүй. Хоёрдугаарт, хөтөлбөрүүдийн ялгаатай логикийг тусгасан портфолио удирдлагын нэгдсэн загвар дутмаг байна. Гуравдугаарт, өгөгдөлд суурилсан шийдвэр гаргалт болон хиймэл оюуны нөлөөллийг стратегийн шинжилгээтэй уялдуулсан системтэй арга зүй ховор байна.

Иймээс энэхүү судалгаа нь дээрх шийдэгдээгүй асуудлуудыг нөхөх зорилгоор TSAM загварыг санал болгож, өгөгдөл, шинжилгээ, шийдвэр гаргалтыг нэгтгэсэн шаталсан логик бүхий арга зүйг дэвшүүлж байна.

2.1 Дэлхийн дээд боловсролын зах зээлийн сегментчилэл

Сүүлийн жилүүдэд дээд боловсролын зах зээл нь уламжлалт нэг бүтэцтэй системээс олон сегмент бүхий, динамик, зах зээлийн логикт суурилсан бүтэц рүү шилжиж байна. Судалгаануудын дагуу дэлхийн дээд боловсролын зах зээлийг дараах үндсэн таван сегментэд ангилж үзэх боломжтой: (1) уламжлалт зэрэг олгох боловсрол (traditional degree education), (2) олон улсын боловсрол (international education), (3) онлайн болон дижитал боловсрол (online/digital education), (4) насан туршийн боловсрол (lifelong learning), (5) судалгаа ба инноваци (research and innovation).

Дэлхийн дээд боловсролын зах зээлийн нийт хэмжээ ойролцоогоор 7–8 их наяд ам.долларт хүрч байгаа бөгөөд үүний 70–80 хувийг уламжлалт зэрэг олгох боловсрол эзэлж байна [13]. Гэсэн хэдий ч энэ сегмент нь харьцангуй тогтворжсон шинжтэй байгаа бол онлайн боловсрол, насан туршийн боловсрол, олон улсын боловсролын сегментүүд нь хамгийн хурдтай өсөж буй чиглэлүүдэд тооцогдож байна.

Эдийн засгийн хамтын ажиллагаа, хөгжлийн байгууллагын судалгаагаар COVID-19-ийн дараагаас дижитал болон холимог сургалтын хэрэглээ огцом нэмэгдэж, боловсролын байгууллагууд онлайн болон холимог сургалтын загварыг стратегийн түвшинд нэвтрүүлж эхэлсэн

[12]. Үүний зэрэгцээ Дэлхийн эдийн засгийн форумын тайланд дурдсанаар ажлын байрны ур чадварын 44 хувь шинэчлэгдэх шаардлагатай байгаа нь насан туршийн боловсрол болон богино хугацааны ур чадвар хөгжүүлэх (reskilling, upskilling) зах зээлийн эрэлтийг эрс нэмэгдүүлж байна [1].

Олон улсын боловсролын сегмент мөн стратегийн өндөр ач холбогдолтой хэвээр байна. Олон улсын боловсролын солилцооны сан болон Нэгдсэн Үндэстний Байгууллагын Боловсрол, шинжлэх ухаан, соёлын байгууллагын мэдээллээр гадаад оюутны урсгал нь боловсролын экспортын чухал эх үүсвэр болж, улс орнуудын өрсөлдөх чадварт шууд нөлөөлж байна [14], [15]. Харин судалгаа ба инновацийн сегмент нь их сургуулийн урт хугацааны үнэ цэнэ, мэдлэгийн үйлдвэрлэл, аж үйлдвэрийн хамтын ажиллагааг тодорхойлдог стратегийн чухал чиглэлд тооцогдож байна.

Эдгээр сегментүүд нь зах зээлийн хэмжээ, өсөлтийн хурд, орлогын бүтэц, стратегийн нөлөөллийн хувьд харилцан адилгүй бөгөөд нэг төрлийн стратегиар удирдах боломжгүй юм. Иймээс их сургуулиуд зөвхөн уламжлалт бакалаврын боловсролд төвлөрө-хөөс татгалзаж, олон сегментэд зэрэг байрших стратегийн портфолио хандлага хэрэгжүүлэх шаардлагатай болж байна.

Энэхүү сегментчилэл нь TSAM загварын стратегийн түвшний шинжилгээнд гадаад орчны ялгаатай логи-кийг тусгах онолын үндэс болж, хөтөлбөрүүдийг зах зээлийн сегменттэй уялдуулан ялгавартай үнэлэх боломжийг бүрдүүлж байна.

III. КОНЦЕПЦИЙН ХҮРЭЭ

Энэхүү судалгаанд дэвшүүлж буй TSAM нь дээд боловсролын байгууллагын нөхцөл байдлын шинжилгээг стратегийн шийдвэр гаргалтын систем болгон хөгжүүлэх зорилготой концепцийн загвар юм. Уг загвар нь өгөгдөл, шинжилгээ, шийдвэр гаргалт, ур дүнгийн хоорондын уялдаа холбоог шаталсан (tiered) логикоор нэгтгэн тайлбарлаж, шийдвэрийн тасалдлыг бууруулахад чиглэсэн нэгдсэн хүрээг санал болгож байна.

3.1. Концепцийн үндэслэл

Дээд боловсролын байгууллагуудын стратегийн удирдлагад нөхцөл байдлын шинжилгээ нь уламжлалт байдлаар гадаад орчны үнэлгээ, дотоод гүйцэтгэлийн тайлан, KPI шинжилгээ хэлбэрээр хэрэгжиж ирсэн боловч эдгээр нь стратегийн шийдвэр гаргалттай системтэй холбогдохгүй байх хандлага түгээмэл байна.

Энэхүү үзэгдлийг судалгаанд өгөгдөл ба шийдвэрийн хоорондын тасалдал гэж тодорхойлж байна. Энэ тасалдал нь дараах үндсэн шалтгаантай. Нэгдүгээрт, өгөгдөл олон эх сурвалжаас салангад, нэгтгэгдээгүй байдаг. Хоёрдугаарт, шинжилгээ нь тайлангийн түвшинд зогсож, стратегийн утга агуулга тодорхойгүй үлддэг. Гуравдугаарт, ялгаатай зах зээлийн логик бүхий хөтөлбөрүүдийг нэг төрлийн бодлогоор удирдах нь шийдвэрийн ур нөлөөг бууруулдаг. Дөрөвдүгээрт, хиймэл оюун болон ирээдүйн чиг хандлагыг стратегийн шийдвэрт системтэй тусгадаггүй.

TSAM загвар нь энэхүү тасалдлыг багасгах зорил-гоор өгөгдөл–шинжилгээ–шийдвэрийн уялдааг ша-талсан байдлаар холбох концепцийн шийдлийг санал болгож байна.

3.2. Онолын уялдаа

TSAM загвар нь стратегийн менежментийн болон шийдвэр гаргалтын хэд хэдэн онолын урсгалыг нэгтгэсэн интеграцчилсан хандлага юм. Porter-ийн өрсөлдөөний байрлалын онол нь гадаад орчны нөлөөллийг, Barney-гийн нөөцөд суурилсан үзэл нь дотоод чадавхыг тайлбарладаг [4], [7]. Davenport-ийн өгөгдөлд суурилсан шийдвэр гаргалтын хандлага нь өгөгдлийг системтэй ашиглах ач холбогдлыг онцолдог бол Дэлхийн эдийн засгийн форум хиймэл оюуныг стратегийн өөрчлөлтийн гол хөдөлгөгч хүчин зүйл гэж тодорхойлсон [3], [1].

Эдгээр онолын уялдааг нэгтгэн үзвэл стратегийн шийдвэр гаргалт нь гадаад орчин, дотоод чадавх, өгөгдлийн шинжилгээ, ирээдүйн тодорхойгүй байдлын огтлолцолд бүрэлддэг. TSAM загвар нь эдгээр элементүүдийг нэгтгэн, шаталсан шинжилгээгээр дамжуулан стратегийн шийдвэр гаргалтад холбох механизмийг санал болгож байна.

3.3. Загварын ерөнхий логик

TSAM загвар нь дараах урсгал логик дээр суурилна.

Data → Multi-layer Analysis → Decision → Outcome → Feedback

Энэхүү логик нь өгөгдлийг шинжилгээгээр дамжуулан стратегийн шийдвэр болгон хувиргаж, үр дүнгээр нь баталгаажуулан дахин сайжруулах хаалттай системийг илэрхийлнэ. Иймээс байдлаар TSAM нь нэг удаагийн шинжилгээ бус, харин тасралтгүй сайжруулалтын механизм бүхий шийдвэр гаргалтын систем болж байна.

3.4. Оролтын түвшин: Өгөгдлийн архитектур

TSAM загварт ашиглагдах өгөгдлийг стратегийн ач холбогдлоор нь дараах үндсэн бүлгүүдэд ангилна: зах зээлийн эрэлт (demand), элсэлтийн урсгал (pipeline), гүйцэтгэл (performance), төгсөгчдийн ажил эрхлэлт (employability), өрсөлдөгчийн байрлал (competitor), ирээдүйн чиг хандлага (хиймэл оюуны нөлөөлөл).

Эдгээр өгөгдөл нь үйл ажиллагааны түвшинд хэмжигдэж, системийн түвшинд тайлбарлагдаж, стратегийн түвшинд шийдвэр гаргалтад ашиглагдах олон эх үүсвэрт өгөгдлийн архитектурыг бүрдүүлж байна.

3.5. Шинжилгээний түвшин: Шаталсан шинжилгээ

TSAM загвар нь шинжилгээг гурван түвшинд хэрэгжүүлнэ. Үйл ажиллагааны түвшин нь одоогийн гүйцэтгэлийг тодорхойлж “бид хаана байна вэ?” гэсэн асуултад хариулна. Системийн түвшин нь гүйцэтгэлийн шалтгаан, механизмийг тайлбарлаж “яагаад иймэрхүү байна вэ?” гэсэн асуултад хариулна. Стратегийн түвшин нь зах зээл, технологи, ирээдүйн чиг хандлагад тулгуурлан “одоо юу хийх вэ?” гэсэн шийдвэрийг тодорхойлно.

Энэхүү шаталсан шинжилгээ нь өгөгдлийг ойлголт болгон хувиргаж, стратегийн шийдвэр гаргалтыг зуучлах механизм болж ажиллана.

3.6. Шийдвэрийн түвшин: Шийдвэрийн логик

TSAM загвар нь эрэлт болон гүйцэтгэлийн хосолсон үнэлгээнд суурилсан стандарт шийдвэрийн логикийг ашиглана. Үүнд хөрөнгө оруулах, оновчлох, сайжруулах, шинэчлэх гэсэн дөрвөн төрлийн стратегийн шийдвэр багтана.

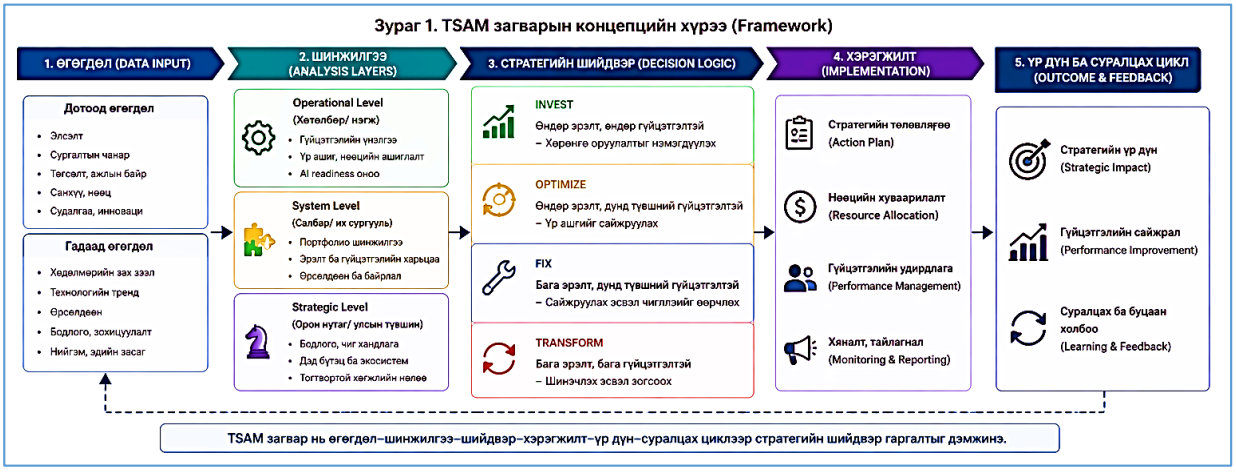
Энэхүү логик нь хөтөлбөрүүдийг нэг төрлийн бодлогоор бус, харин портфолио хандлагаар ялгавартай удирдах боломжийг бүрдүүлж, нөөцийн хуваарилалтыг илүү оновчтой болгоход чиглэж байна.

3.7. Үр дүн ба эргэх холбоо

Шийдвэрийн үр дүнг хөтөлбөрийн гүйцэтгэл, төгсөгчдийн ажил эрхлэлт, зах зээлийн байр суурь, орлогын төрөлжилт зэрэг үзүүлэлтээр хэмжиж, дахин шинжилгээ хийх замаар тасралтгүй сайжруулах хаалттай системийг бүрдүүлнэ.

Иймхүү TSAM загвар нь өгөгдөл–шинжилгээ–шийдвэр–хэрэгжилт–үр дүн–суралцах гэсэн давтагдах цикл бүхий шийдвэр гаргалтын динамик системийг бүрдүүлж байна. Энэхүү загварын ерөнхий логикийг 1-р зураг үзүүлэв.

Зураг 1. TSAM загварын концепцийн хүрээ (Framework)



IV. АНАЛИТИК ТААМАГЛАЛ

Энэхүү судалгаанд TSAM загварын онолын логик уялдаа, шинжилгээ–шийдвэрийн механизмын нөлөөллийг тайлбарлах зорилгоор дараах аналитик таамаглалуудыг дэвшүүлж байна.

P1. Өгөгдөл-шинжилгээ- шийдвэрийн уялдаа

Өгөгдөл нь стратегийн шийдвэр гаргалтын үндсэн оролт боловч шинжилгээний процессоор дамжин боловсруулагдсан тохиолдолд л шийдвэрийн чанарт эерэг нөлөө үзүүлнэ.

P2. Шаталсан шинжилгээний зуучлалын нөлөө

Үйл ажиллагааны, системийн, стратегийн түвшний шаталсан шинжилгээ нь өгөгдлийг ойлголт болгон хувиргаж, стратегийн шийдвэр гаргалтыг зуучлах үүрэг гүйцэтгэнэ.

P3. Портфолио ялгавартай удирдлага

Ялгаатай зах зээлийн логик бүхий хөтөлбөрүүдийг нэг төрлийн бодлогоор удирдах нь гүйцэтгэлийг бууруулах хандлагатай байдаг бол портфолио логикт суурилсан ялгавартай шийдвэр гаргалт нь нийт гүйцэтгэлийг сайжруулна.

P4. Шийдвэрийн стандартчилал ба гүйцэтгэл

Стандартчлагдсан шийдвэрийн ангилал (хөрөнгө оруулах, оновчлох, сайжруулах, шинэчлэх) нь нөөцийн хуваарилалтыг оновчтой болгож, гүйцэтгэлийн ялгааг бууруулахад эерэг нөлөө үзүүлнэ.

P5. Хиймэл оюуны стратегийн нөлөө

Хиймэл оюуны бэлэн байдал нь хөтөлбөрийн ирээдүйн эрэлт болон стратегийн ач холбогдлыг тодорхойлох хүчин зүйл бөгөөд шийдвэрийн чиглэлийг өөрчлөх нөлөөтэй.

P6. Удирдлагын тогтолцооны нөлөө

Шийдвэр гаргалтын тогтвортой байдал болон хариуцлагын механизм бүхий удирдлагын тогтолцоо нь өгөгдөлд суурилсан шийдвэр гаргалтыг үр дүнтэй хэрэгжүүлэх нөхцөлийг бүрдүүлнэ.

Эдгээр таамаглалууд нь TSAM загварын онолын суурийг бүрдүүлж, дээд боловсролын байгууллагын төлөөлөл бүхий хөтөлбөрийн багцад суурилсан сценари орчинд аналитик байдлаар үнэлэгдэх боломжтой.

Эдгээр таамаглалууд нь эмпирик туршилтаар шалгагдаагүй бөгөөд загварын онолын логик уялдааг тодорхойлох аналитик хүрээнд дэвшүүлсэн болно.

V. СУДАЛГААНЫ АРГА ЗҮЙ

Энэхүү судалгаа нь дээд боловсролын байгууллагын стратегийн шийдвэр гаргалтыг сайжруулах зорилгоор TSAM (Tiered Strategic Analysis Model)-ийг боловсруулах, хэрэглэхэд чиглэсэн Дизайн шинжлэх ухааны судалгааны (Design Science Research, DSR) хандлагад тулгуурласан. Дизайн шинжлэх ухааны судалгаа нь онолын мэдлэгийг практикт хэрэгжихүйц артефакт (загвар, арга зүй, систем) болгон хөгжүүлэхэд чиглэдэг бөгөөд судалгааны үндсэн зорилго нь эмпирик баталгаанд суурилсан өргөн хүрээний дүгнэлт хийхээс илүүтэйгээр загварын логик уялдаа, хэрэглээний боломж, шийдвэр гаргалтад үзүүлэх нөлөөллийг аналитик түвшинд үнэлэхэд оршдог [16].

Тус хандлагын хүрээнд энэхүү судалгаа нь эмпирик баталгаажуулалт хийх уламжлалт аргаас ялгаатайгаар концепцийн загвар боловсруулах, түүний дотоод логик, хэрэглээний боломжийг аналитик байдлаар үнэлэхэд төвлөрч байна. Өөрөөр хэлбэл, бодит байгууллагын өгөгдөлд суурилсан статистик баталгаажуулалт хийхээс илүүтэйгээр TSAM загварын концепцийн хүрээ, шийдвэр гаргалтад үзүүлэх боломжит нөлөөллийг системтэйгээр тодорхойлох зорилготой.

Иймд энэхүү судалгаа нь загвар хөгжүүлэх (model development) болон аналитик баталгаажуулалт (analytical validation)-д чиглэсэн Дизайн шинжлэх ухааны судалгааны шинжтэй бөгөөд цаашдын эмпирик судалгаанд ашиглагдах арга зүйн суурь хүрээг бүрдүүлж байна.

5.1. Судалгааны дизайн

Судалгааны дизайн нь гурван үе шаттайгаар хэрэгжсэн.

Нэгдүгээрт, стратегийн менежмент, өгөгдөлд суурилсан шийдвэр гаргалт болон шийдвэрийн оюуны онолын сууринд тулгуурлан TSAM концепцийн загварыг боловсруулсан.

Хоёрдугаарт, уг загварыг дээд боловсролын байгууллагын төлөөлөл бүхий хөтөлбөрийн багцад суурилсан сценарид хэрэглэж, хөтөлбөрүүдийн гүйцэтгэл, зах зээлийн ялгаатай байдлыг шинжилсэн.

Гуравдугаарт, загварын логик уялдаа болон стратегийн шийдвэр гаргалтад үзүүлэх боломжит нөлөөллийг аналитик байдлаар үнэлж, шийдвэрийн хувилбаруудыг тодорхойлсон.

Энэхүү судалгаанд ашигласан кейс нь бодит байгууллагын өгөгдөлд суурилсан эмпирик туршилт бус, харин дээд боловсролын байгууллагын нийтлэг бүтэц, шинжийг төлөөлсөн хийсвэр (stylized) сценарид тулгуурласан аналитик туршилтын орчин болно.

5.2. Өгөгдлийн эх сурвалж

Судалгаанд ашигласан өгөгдлийг дотоод болон гадаад эх сурвалжаас нэгтгэн бүрдүүлсэн.

Дотоод өгөгдөлд хөтөлбөрийн гүйцэтгэлийн үндсэн үзүүлэлтүүд болох элсэлтийн урсгал, төгсөлтийн түвшин, сургалтын чанарын үнэлгээ зэрэг мэдээлэл багтсан. Харин гадаад өгөгдөлд хөдөлмөрийн зах зээлийн эрэлт, төгсөгчдийн ажил эрхлэлт, салбарын өсөлтийн хандлага, олон улсын чиг хандлагын тайлангууд (Эдийн засгийн хамтын ажиллагаа, хөгжлийн байгууллага, Дэлхийн эдийн засгийн форум) орсон.

Эдгээр өгөгдөл нь бодит нэг байгууллагын түүвэр өгөгдөл бус, харин олон улсын тайлан, салбарын статистик мэдээлэл болон төлөөлөл бүхий үзүүлэлтүүдэд тулгуурлан нэгтгэсэн аналитик өгөгдлийн багц болно. Иймд уг өгөгдлийг TSAM загварын логик, хэрэглээний боломжийг үнэлэхэд шаардлагатай суурь мэдээлэл болгон ашигласан.

5.3. Шинжилгээний аргачлал (TSAM)

TSAM нь олон түвшний шинжилгээний аргачлал бөгөөд дараах үе шаттайгаар хэрэгжсэн.

Нэгдүгээрт, үйл ажиллагааны түвшинд эрэлт (demand), гүйцэтгэл (performance), төгсөгчдийн ажил эрхлэлт (employability) зэрэг KPI үзүүлэлтүүдийг ашиглан одоогийн төлөвийг тодорхойлсон.

Хоёрдугаарт, системийн түвшинд гүйцэтгэлийн доголдолыг шалтгааныг үндсэн шалтгааны шинжилгээ (root cause analysis), оролцогч талуудын шинжилгээ зэрэг аргаар тодорхойлсон.

Гуравдугаарт, стратегийн түвшинд зах зээлийн байрлал, өрсөлдөөн, технологийн өөрчлөлт, хиймэл оюуны нөлөөллийг үнэлж стратегийн чиглэлийг тодорхойлсон.

Дөрөвдүгээрт, шийдвэр гаргалтын зураглал (decision mapping) хийж, хөтөлбөрүүдийг хөрөнгө оруулах, оновчлох, сайжруулах, шинэчлэх гэсэн ангилалд хуваасан.

Тавдугаарт, эргэх холбооны механизм (feedback loop)-ийг тодорхойлж, шийдвэрийн үр дүнг KPI болон зах зээлийн үзүүлэлтээр дахин үнэлэх боломжийг бүрдүүлсэн.

Хөтөлбөрүүдийн стратегийн байрлалыг илүү нарийвчлан үнэлэх зорилгоор олон хэмжүүрт суурилсан жингийн үнэлгээний загвар (risk-weighted scoring model) ашигласан. Үзүүлэлтүүдийг 1–5 онооны ижил хэмжүүрт нормчилж, харьцуулах боломжийг хангаж үнэлгээг тооцоолсон. Хөтөлбөр бүрийг эрэлт, гүйцэтгэл, ажил эрхлэлт, хиймэл оюуны нөлөөлөл гэсэн үндсэн үзүүлэлтүүдээр үнэлж, нийлбэр үнэлгээг дараах байдлаар тооцоолсон:

Weighted Score = (w_1×Demand + w_2×Performance + w_3×Employability + w_4×AI Impact)

Жингүүдийг жишээ байдлаар тэнцүү (w1=w2=w3=w4=0.25) гэж авч үзсэн нь загварын логик үйл ажиллагааг тайлбарлах зорилготой бөгөөд бодит хэрэглээнд тухайн байгууллагын стратегийн тэргүүлэх чиглэл, салбарын онцлогоос хамааран өөрчлөгдөх боломжтой. Энэхүү жингийн үнэлгээг мэдрэмжийн шинжилгээ (sensitivity analysis)-аар шалгаж, жингийн өөрчлөлт нь шийдвэрийн ангилалд үзүүлэх нөлөөллийг харьцуулан үнэлсэн.

Жишээлбэл, ICT (Information and Communications Technology-Мэдээлэл, харилцаа холбооны технологи - МХХТ) салбарт глобал зах зээлийн нөлөөлөл болон технологийн өөрчлөлт давамгайлах тул эрэлт болон хиймэл оюуны нөлөөлөл илүү чухал байж болох бол инженерийн салбарт үндэсний дэд бүтэц, хөдөлмөрийн зах зээлийн шингээлттэй холбоотой үзүүлэлтүүд илүү ач холбогдолтой байж болно.

Зах зээлийн хэмжээ, өсөлтийн хандлага, стратегийн нөлөөллийн чанарын үзүүлэлтүүдийг олон улсын тайлан (Эдийн засгийн хамтын ажиллагаа, хөгжлийн байгууллага, Дэлхийн эдийн засгийн форум) болон салбарын ерөнхий чиг хандлагад тулгуурласан экспертийн үнэлгээгээр тодорхойлсон.

Эдгээр үнэлгээний үр дүнг нэгтгэн хөтөлбөрүүдийн стратегийн байрлалыг тодорхойлж, портфолио удирдлагын шийдвэр гаргалтын суурь болгон ашигласан (Хүснэгт 1).

1-р хүснэгт.

Салбар	Эрэлт Score (1–5)	Гүйцэтгэл Score (1–5)	Төгсөгчдийн ажил эрхлэлт Score (1–5)	ХО нөлөөлөл Score (1–5)	Жингийн үнэлгээ	Decision	Зах зээлийн хэмжээ	Өсөлтийн хандлага	Стратегийн нөлөө
МХХТ	5	4	5	5	**4.75**	**INVEST**	Жижиг	Маш өндөр	Маш өндөр
Инженер	3	4	3	3	**3.25**	**OPTIMIZE**	Дунд	Дунд	Өндөр
Менежмент	2	3	2	2	**2.25**	**FIX**	Том	Дунд	Дунд
Нийгэм	1	2	1	1	**1.25**	**TRANSFORM**	Дунд	Бага	Бага

5.4. Кейс (сценарид суурилсан хэрэглээ)

Энэхүү судалгаанд TSAM загварыг бодит байгууллагын нэршилд төвлөрөхөөс зайлсхийж, төрийн өмчийн их сургуулийн төлөөлөл бүхий хийсвэр, сценарит суурилсан орчинд хэрэглэв. Уг орчин нь хөгжиж буй эдийн засгийн нөхцөлд үйл ажиллагаа явуулдаг, олон төрлийн хөтөлбөрөөс бүрдсэн, элсэлт болон сургалтын төлбөрөөс өндөр хамааралтай орлогын бүтэцтэй их сургуулиудын нийтлэг шинжийг төлөөлж байна.

Судалгаанд хөтөлбөрийн портфелийг ISCED ангилалд тулгуурлан дөрвөн үндсэн багц болгон хийсвэрлэн авч үзсэн. Үүнд инженерийн чиглэл (54%), мэдээлэл, харилцаа холбооны технологи (МХХТ) (25%), менежмент, бизнесийн чиглэл (15%), нийгмийн ухааны чиглэл (6%) тус тус эзэлж байна гэж үзэв.

Энэхүү бүтэц нь төрийн өмчийн их сургуулиудын хөтөлбөрийн тархалтын нийтлэг хэв шинжийг төлөөлөх бөгөөд портфолио менежментийн шинжилгээ хийхэд суурь загвар болж байна.

5.5. Судалгааны найдвартай байдал ба хязгаарлалт

Судалгааны найдвартай байдлыг өгөгдлийг олон эх сурвалжаар нягтлан баталгаажуулах, олон түвшний (үйл ажиллагааны–системийн–стратегийн) шинжил-гээ, онолын суурьт нийцсэн концепцийн хүрээ ашиглалтаар нэмэгдүүлж байна.

TSAM загварыг бодит нэг байгууллагын кейс судалгаа хэлбэрээр бус, харин дээд боловсролын

байгууллагын төлөөлөл бүхий хөтөлбөрийн багцад суурилсан хийсвэр (stylized) сценарид хэрэглэсэн. Иймд судалгааны үр дүн нь тодорхой нэг байгууллагад хязгаарлагдахгүй, харин ижил бүтэц, нөхцөлтэй байгууллагуудад аналитик түвшинд тайлбарлагдах боломжтой.

Тус судалгаа нь Дизайн шинжлэх ухааны судалгааны хандлагад тулгуурласан тул статистик дүгнэлт хийхээс илүүтэйгээр загварын логик уялдаа, хэрэглээний боломж, шийдвэр гаргалтад үзүүлэх нөлөөллийг үнэлэхэд чиглэсэн. Иймд уг судалгааг хайгуулын болон загвар боловсруулах шинжтэй судалгаа гэж үзэж болно.

Судалгааны гол хязгаарлалт нь бодит байгууллагын өгөгдөлд суурилсан эмпирик баталгаажуулалт хийгдээгүйд оршино. Ашигласан кейс нь хийсвэр, төлөөлөл бүхий сценарид тулгуурласан тул үр дүнг бүх байгууллагад шууд хэрэглэхэд тодорхой хязгаарлалт үүсч болзошгүй.

Гэсэн хэдий ч энэхүү судалгаа нь TSAM загварын концепцийн суурь, аналитик логикийг тодорхойлж, цаашдын эмпирик судалгаанд ашиглагдах боломжтой арга зүйн хүрээг бүрдүүлж байна. Цаашид уг загварыг тоон аргаар баталгаажуулах, олон байгууллагын өгөгдөлд суурилан турших, жингийн параметрүүдийг статистик аргаар тодорхойлох нь чухал судалгааны чиглэл хэвээр байна.

VI. ҮР ДҮН

6.1. Үйл ажиллагааны түвшний үр дүн

Үйл ажиллагааны түвшний шинжилгээгээр дээд боловсролын байгууллагын төлөөлөл бүхий хөтөлбөрийн багцад хөтөлбөрүүдийн гүйцэтгэлийн түвшин харилцан адилгүй байдал тодорхой ажиглагдсан. МХХТ чиглэлийн хөтөлбөрүүд нь өндөр эрэлт, тогтвортой гүйцэтгэл, харьцангуй өндөр ажил эрхлэлтийн түвшнээр давуу байр суурьтай байна. Инженерийн хөтөлбөрүүдийн хувьд гүйцэтгэл тогтвортой боловч өсөлтийн хурд харьцангуй удаан хандлагатай байна. Харин менежмент болон нийгмийн ухааны чиглэлийн хөтөлбөрүүдийн хувьд элсэлтийн түвшин тодорхой хэмжээнд хадгалагдаж байгаа хэдий ч ажил эрхлэлтийн түвшин болон зах зээлийн нийцэл харьцангуй сул байгаа нь илэрч байна.

Мөн үйл ажиллагааны түвшинд элсэлтийн үзүүлэлтийг стратегийн амжилтын гол хэмжүүр болгон ашиглаж байгаа нь бодит үр дүн (төгсөгчдийн ажил эрхлэлт)-тэй бүрэн нийцэхгүй байгааг харуулж байна.

6.2. Системийн түвшний үр дүн

Системийн түвшний шинжилгээгээр гүйцэтгэлийн ялгааны шалтгаанууд тодорхойлогдсон. Үүнд сургалтын агуулга зах зээлийн эрэлттэй бүрэн уялдаагүй, шинэчлэл удаашралтай, аж үйлдвэрийн байгууллагуудтай хамтын ажиллагаа сул, практик сургалтын боломж хязгаарлагдмал зэрэг хүчин зүйлс нөлөөлж байна.

Мөн өгөгдлийг шийдвэр гаргалтад системтэй ашиглах механизм сул байгаа нь “шийдвэрийн тасалдал” үүсэх гол шалтгаан болж байгааг харуулж байна.

6.3. Стратегийн түвшний үр дүн

Стратегийн түвшний шинжилгээгээр салбар бүрийн стратегийн ач холбогдол ялгаатай байгааг тогтоосон. МХХТ чиглэл нь глобал зах зээлийн эрэлт, хиймэл оюун болон дижитал шилжилтийн нөлөөгөөр өсөлтийн стратегийн салбар гэж тодорхойлогдож байна. Инженерийн салбар нь үндэсний дэд бүтэц, үйлдвэрлэлтэй шууд холбоотой тул тогтвортой боловч шинэчлэл шаардлагатай салбар гэж үнэлэгдэж байна.

Менежментийн хөтөлбөрүүд нь өрсөлдөөн өндөр, ялгарал сул байгаа тул сайжруулалт шаардлагатай байна. Харин нийгмийн ухааны зарим хөтөлбөрүүдийн хувьд эрэлт буурах, автоматжуулалтын нөлөөлөлд өртөх эрсдэл өндөр байгаа нь ажиглагдаж байна.

6.4. Шийдвэрийн үр дүн

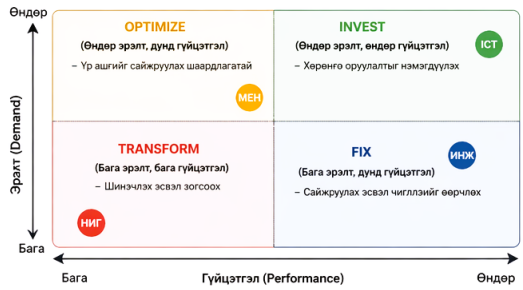
TSAM загварын дагуу хөтөлбөрүүдийг стратегийн шийдвэрийн ангилалд хуваасан. МХХТ чиглэлийн хөтөлбөрүүдийг хөрөнгө оруулах, инженерийн хөтөлбөрүүдийг оновчлох, менежментийн хөтөлбөрүүдийг сайжруулах, харин зарим нийгмийн ухааны хөтөлбөрүүдийг шинэчлэх ангилалд оруулсан. Энэ нь хөтөлбөрүүдийг ялгавартай стратегиар удирдах шаардлагатайг тодорхой харуулж байна.

Эрсдэлд суурилсан жингийн үнэлгээний үр дүн нь стратегийн ангиллыг илүү тодорхой болгож, чанарын шинжилгээг тоон байдлаар баталгаажуулж байна. Аналитик сценарийн үнэлгээгээр МХХТ хөтөлбөрүүдийн нийлбэр үнэлгээ хамгийн өндөр (≈4.5+), харин нийгмийн ухааны зарим хөтөлбөрүүд хамгийн бага үнэлгээтэй (≈1.5–2.0) гарсан нь стратегийн ялгаатай хандлага шаардлагатайг харуулж байна.

Мөн салбар бүрийн стратегийн онцлогоос хамааран үзүүлэлтүүдийн жинг ялгавартай тогтоох шаардлагатайг илрүүлсэн. МХХТ салбарт глобал зах зээл болон технологийн өөрчлөлтийн нөлөө давамгайлдаг бол инженерийн салбарт үндэсний дэд бүтэц, үйлдвэрлэлийн бодлого илүү нөлөөтэй байна. Иймээс нэг төрлийн жингийн систем ашиглах нь стратегийн үнэлгээг гажуудуулах эрсдэлтэй бөгөөд салбар бүрт ялгавартай жингийн загвар ашиглах нь илүү оновчтой гэж үзэв. Жингийн өөрчлөлтийн хүрээнд стратегийн ангилал тогтвортой хадгалагдаж байгаа нь загварын шийдвэр гаргалтын тогтвортой байдлыг харуулж байна.

Хөтөлбөрүүдийн стратегийн байрлалыг портфолио логикоор 2-р зурагт харуулав.

Зураг 2. Хөтелбөрийн портфолио шийдвэрийн матриц (Demand–Performance Portfolio Matrix)



Хөтелбөрийн чиглэл	Багц дахь жин	Стратегийн байрлал	Зөвлөмжит шийдвэр
ІСТ Мэдээлэл, харилцаа технологи	25%	INVEST	Хөрөнгө оруулалтыг нэмэгдүүлэх, олон улсын хамтын ажиллагаа, AI/шинэ технологи интеграцөулах
ИНЖ Инженер, технологи	54%	FIX / OPTIMIZE	Сайжруулах, дэд бүтцийн дэмжлэг, үйлдвэрлэл-их сургууль хамтын ажиллагааг бэхжүүлэх
МЕН Менежмент, бизнес	15%	OPTIMIZE	Хөтелбөрийн шинэчлэл, практик чиглэл, ажил эрхлэлтийн уялдаа сайжруулах
НИГ Нийгэм, хүмүүнлэг	6%	TRANSFORM / FIX	Шинэчлэх, чиглэл өөрчлөх, эрэлттэй уялдуулах эсвэл нөөцийн оновчлол хийх

* Жин (25%, 54%, 15%, 6%) нь портфолио дахь өртөг/нөөцийн эзлэх хувийг илэрхийлнэ.

VII. ХЭЛЭЛЦҮҮЛЭГ

Энэхүү судалгааны үр дүн нь дээд боловсролын стратегийн удирдлагын онол болон практикт хэд хэдэн чухал хувь нэмрийг оруулж байна.

Нэгдүгээрт, нөхцөл байдлын шинжилгээ нь уламжлалт байдлаар тайлан боловсруулах түвшинд хязгаарлагдаж, стратегийн шийдвэр гаргалтад хангалттай нөлөө үзүүлж чаддаггүйг энэхүү судалгаа баталж байна. TSAM загвар нь энэхүү сул талыг даван туулж, өгөгдлийг шаталсан шинжилгээгээр дамжуулан бодит шийдвэр болгон хувиргах системчилсэн боломжийг харуулж байна. Энэ нь Davenport-ийн өгөгдөлд суурилсан шийдвэр гаргалтын хандлагатай нийцэж, өгөгдлийг системтэй ашиглахгүй тохиолдолд стратегийн давуу тал бүрдэхгүйг нотолж байна [3].

Хоёрдугаарт, их сургуулийг нэг төрлийн байгууллага бус, харин олон төрлийн хөтөлбөрөөс бүрдсэн стратегийн портфолио систем гэж авч үзэх шаардлагатайг судалгааны үр дүн тодорхой харуулж байна. Энэ нь Porter-ийн стратегийн байрлалын онол болон портфолио удирдлагын хандлагатай нийцэж байгаа боловч боловсролын салбарт хэрэгжихүйц, шаталсан шинжилгээ–шийдвэрийн уялдаатай загвар ховор байгааг нөхөж байна [4].

Гуравдугаарт, хиймэл оюун нь боловсролын системд зөвхөн технологийн өөрчлөлт бус, харин стратегийн шийдвэр гаргалтыг тодорхойлох хүчин зүйл болж байгааг энэхүү судалгаа онцолж байна. Хиймэл оюуны бэлэн байдал нь хөтөлбөрийн ирээдүйн эрэлт, стратегийн ач холбогдлыг тодорхойлох үзүүлэлт болж байгаа нь Дэлхийн эдийн засгийн форумын дүгнэлттэй нийцэж байна [1].

Дөрөвдүгээрт, хөгжиж буй эдийн засгийн орчинд үйл ажиллагаа явуулж буй дээд боловсролын байгууллагуудын хувьд институцийн хүчин зүйлс, тухайлбал удирдлагын тогтворгүй байдал, бодлогын тасалдал, өгөгдлийг системтэй ашиглах механизмын сул хөгжил зэрэг нь стратегийн шийдвэр гаргалтад сөрөг нөлөө үзүүлж байгааг энэхүү судалгаа харуулж байна. Иймээс нөхцөлд үүрэгт суурилсан удирдлага (role-based governance) болон өгөгдөлд суурилсан шийдвэр гаргалтын системийг нэвтрүүлэх шаардлага үүсэж байна.

Тавдугаарт, эрсдэлд суурилсан жингийн үнэлгээний арга нь салбар бүрийн ялгаатай логикийг тусган, нэг төрлийн KPI-д суурилсан үнэлгээний хязгаарлалтыг даван туулах боломжийг олгож байна. Энэ нь стратегийн шийдвэр гаргалтыг илүү бодит, ялгавартай, өгөгдөлд суурилсан болгох нөхцөлийг бүрдүүлж байна.

Бодлогын түвшинд авч үзвэл Монгол Улсын дээд боловсролын зах зээл нь уламжлалт зэрэг олгох боловсролын сегментэд өндөр төвлөрсөн бүтэцтэй хэвээр байна. Их сургуулиудын орлогын бүтэц сургалтын төлбөрөөс өндөр хамааралтай байгаа нь стратегийн шийдвэр гаргалтыг элсэлтийн тоонд хэт төвлөрүүлэх хандлагыг бий болгож байна. Үүний зэрэгцээ олон улсын боловсрол, онлайн боловсрол, насан туршийн боловсролын сегментүүд харьцангуй сул хөгжсөн нь зах зээлийн төрөлжилтийг хязгаарлаж байна.

Иймээс TSAM загвар нь зөвхөн аналитик арга зүй бус, харин дээд боловсролын байгууллагын стратегийн шийдвэр гаргалтыг системчлэх, өгөгдөл–шинжилгээ–шийдвэрийн уялдааг хангах шинэ хандлага болох боломжтой юм.

Боловсролын стратегийн шийдвэр гаргалтын нэг чухал асуудал нь хариу үйлдлийн хоцролт (education response delay) юм. Технологийн хурдацтай өөрчлөлтийн нөхцөлд сургалтын хөтөлбөр, ур чадварын шинэчлэл удаашрах нь төгсөгчдийн хөдөлмөрийн зах зээлийн нийцлийг бууруулж, байгууллагын өрсөлдөх чадварт сөргөөр нөлөөлдөг. TSAM загвар нь өгөгдлийг бодит цаг хугацаанд шинжилж, стратегийн шийдвэр болгон хувиргах механизмыг санал болгож байгаа нь энэхүү хоцролтыг бууруулах боломжит арга зүй гэж үзэж болно.

Энэхүү судалгааны хүрээнд эмпирик баталгаажуулалт хийгдээгүй боловч аналитик сценарийн үнэлгээний үр дүн нь загварын хэрэглээний боломжийг дэмжиж байна.

Цаашдын судалгаанд TSAM загварыг олон байгууллагын өгөгдөлд турших, жингийн параметрүүдийг статистик аргаар тодорхойлох, тоон баталгаажуулалтыг өргөжүүлэх нь чухал чиглэл болно.

VIII. ӨРГӨЖҮҮЛСЭН ХЭРЭГЛЭЭ БА СТРАТЕГИЙН СЦЕНАРИ

8.1. Концепцийн хэрэглээ: Хөтөлбөрийн портфелийн сценари

TSAM загварын хэрэглээг тодорхой харуулах зорилгоор энэхүү судалгаанд дээд боловсролын байгууллагын хөтөлбөрүүдийг төлөөлөх дөрвөн стратегийн бүлэгт (МХХТ, инженер, менежмент, нийгмийн ухаан) ангилан, сценарит суурилсан аналитик орчинд авч үзэв.

Портфелийн бүтцийн (инженер 54%, МХХТ 25% гэх мэт) хүрээнд хийсэн шинжилгээнээс МХХТ чиглэл нь өндөр эрэлт, өндөр гүйцэтгэл бүхий “хөрөнгө оруулах” стратегид, инженерийн хөтөлбөрүүд “оновчлох”, менежментийн хөтөлбөрүүд “сайжруулах”, харин нийгмийн ухааны зарим хөтөлбөрүүд “шинэчлэх” стратегид хамаарах хандлага илэрч байна.

Энэхүү ялгаа нь хөтөлбөрийн гүйцэтгэл нэг төрлийн хүчин зүйлээс бус, харин салбар тус бүрийн ялгаатай зах зээлийн логик, эрэлт, технологийн өөрчлөлт, институцийн нөлөөллийн огтлолцлоос хамаарч байгааг харуулж байна.

МХХТ чиглэлд глобал хөдөлмөрийн зах зээл, технологийн хурдтай өөрчлөлт, хиймэл оюуны нөлөөлөл давамгайлж, үндэсний хилээс үл хамаарах өрсөлдөөний орчин бүрдэж байна. Инженерийн салбарт үндэсний эдийн засгийн бүтэц, дэд бүтцийн хөгжил, үйлдвэрлэлийн бодлого голлон нөлөөлж байгаа боловч олон улсын технологийн стандарт, инновацын хөгжил мөн чухал нөлөө үзүүлж байна. Менежментийн салбар нь зах зээлийн ханасан байдал, ялгарал сул байдал, өрсөлдөөний өндөр түвшнээр тодорхойлогдож байна. Нийгмийн ухааны зарим чиглэлд хөдөлмөрийн зах зээлийн эрэлт буурах, автоматжуулалтын нөлөөлөл нэмэгдэх эрсдэл ажиглагдаж байна.

Иймд дээд боловсролын байгууллагууд бүх хөтөлбөрт ижил стратеги хэрэгжүүлэх боломжгүй бөгөөд салбар бүрийн онцлогт нийцсэн ялгавартай стратегийн хандлага шаардлагатай байна.

8.2. Стратегийн эрсдэл: Хэрэв TSAM-ийг хэрэгжүүлэхгүй тохиолдолд

Салбар бүрийн ялгаатай логикийг тусгах зорилгоор энэхүү судалгаанд шинжилгээний үзүүлэлтүүдийг нэг төрлийн бус, харин салбарын онцлогт нийцүүлэн ялгавартай тодорхойлсон. Үүний үр дүнд стратегийн үнэлгээг илүү бодитой, шийдвэр гаргалтад шууд ашиглах боломжтой болгож байна.

Хэрэв TSAM загварын логикт суурилсан ялгавартай стратеги хэрэгжүүлэхгүй тохиолдолд дараах эрсдэлүүд үүсэх магадлалтай. Нэгдүгээрт, өндөр гүйцэтгэлтэй хөтөлбөрүүдэд хангалттай хөрөнгө оруулалт хийгдэхгүйгээс өсөлтийн боломж алдагдана. Хоёрдугаарт, дунд түвшний хөтөлбөрүүд шинэчлэлгүйгээр тогтвортой боловч урт хугацаанд өрсөлдөх чадвараа алдах эрсдэлтэй. Гуравдугаарт, гүйцэтгэл сул хөтөлбөрүүдэд үр ашиггүй нөөцийн хуваарилалт үргэлжилж, байгууллагын нийт гүйцэтгэл буурах эрсдэл үүснэ. Дөрөвдүгээрт, технологийн өөрчлөлт болон хиймэл оюуны нөлөөллийг үл тоомсорлох нь ирээдүйн эрэлттэй нийцэхгүй хөтөлбөрүүдийг хадгалах эрсдэлийг нэмэгдүүлнэ.

Цаашлаад стратегийн шийдвэр болон бодлогын хэрэгжилтийн хоорондын зөрүү нь институцийн түвшний эрсдэлийг үүсгэж болзошгүй. Ялангуяа бодлогоор тодорхойлогдсон чиглэлүүд практикт бүрэн хэрэгжихгүй байх нь байгууллагын стратегийн зорилго болон үйл ажиллагааны бодит гүйцэтгэлийн уялдааг алдагдуулж байна. Энэ нь “шийдвэрийн тасалдал” зөвхөн өгөгдөл ба шийдвэрийн хооронд бус, харин бодлого ба хэрэгжилтийн хооронд мөн үүсч байгааг харуулж байна.

8.3. Олон улсын туршлага

Олон улсын тэргүүлэх их сургуулиуд хөтөлбөрийн портфолиог ялгавартай стратегиар удирдах хандлагыг системтэйгээр хэрэгжүүлж байна. АНУ-ын их сургуулиуд өндөр эрэлттэй STEM чиглэлд хөрөнгө оруулалтыг төвлөрүүлж, онлайн болон насан туршийн боловсролын сегментэд идэвхтэй өргөжилт хийж байна. Европын их сургуулиуд инженер, хэрэглээний судалгаанд төвлөрч, аж үйлдвэрийн хамтын ажиллагааг гүнзгийрүүлж байна. Азийн тэргүүлэх орнууд (Солонгос, Сингапур) хиймэл оюун болон дижитал ур чадварт чиглэсэн стратегийг эрчимтэй хэрэгжүүлж байна.

Эдгээр туршлага нь дээд боловсролын байгууллагууд стратегийн ялгавартай хандлага хэрэгжүүлэхгүйгээр өрсөлдөх чадвараа хадгалах боломжгүйг харуулж байна.

8.4. Орчин үеийн дээд боловсролын стратегийн дасан зохицолт

Монгол Улсын дээд боловсролын зах зээл нь уламжлалт зэрэг олгох боловсролын сегментэд өндөр төвлөрсөн бүтэцтэй хэвээр байна. Их сургуулиудын орлогын бүтэц сургалтын төлбөрөөс өндөр хамааралтай байгаа нь стратегийн шийдвэр гаргалтыг элсэлтийн тоонд төвлөрүүлэх хандлагыг бий болгож байна.

Харин олон улсын туршлагаас харахад дээд боловсролын зах зээл нь онлайн боловсрол, насан туршийн боловсрол, олон улсын боловсрол зэрэг олон сегментэд хуваагдаж, эдгээр сегментүүд хамгийн хурдтай өсөж байна. АНУ болон Европын орнуудад micro-credential болон богино хугацааны хөтөлбөрүүд эрчимтэй хөгжиж, Азийн орнуудад (Солонгос, Сингапур) хиймэл оюун болон дижитал ур чадварт чиглэсэн боловсролын стратеги давамгайлж байна.

Иймм нөхцөлд дээд боловсролын байгууллагууд зөвхөн уламжлалт бакалаврын сургалтад суурилсан өсөлтийн загвараас татгалзаж, олон сегментэд зэрэг оролцох стратегийн хандлага руу шилжих шаардлагатай болж байна. Үүнд онлайн болон холимог сургалтын загваруудыг хөгжүүлэх, насан туршийн боловсролын бүтээгдэхүүн бий болгох, олон улсын оюутан татах стратегийг хэрэгжүүлэх зэрэг чиглэлүүд багтаж байна.

Цаашлаад хөдөлмөрийн зах зээлийн өөрчлөлт нь боловсролын стратегид шууд нөлөөлж байна. Хос мэргэжил, олон ур чадварын хослолд суурилсан сургалтын хөтөлбөрүүд нь төгсөгчдийн хөдөлмөр эрхлэлтийг нэмэгдүүлэх стратегийн хэрэгсэл болж байна. Үүнтэй уялдан STEM чиглэлд чиглэсэн тэтгэлэг болон санхүүгийн бодлого нь эдийн засгийн өрсөлдөх чадварыг дэмжих стратегийн ач холбогдолтой болж байна.

Эдгээр өөрчлөлтүүд нь дээд боловсролын байгууллагуудыг нэг төрлийн стратегиас татгалзаж, олон сегментэд зэрэг оролцдог, ялгавартай логик бүхий хөтөлбөрүүдийг уялдаа бүхий байдлаар удирдах стратегийн портфолио хандлага руу шилжих шаардлагатайг харуулж байна.

IX. ДҮГНЭЛТ БА АЧ ХОЛБОГДОЛ

Энэхүү судалгаа нь дээд боловсролын байгууллагын стратегийн удирдлагад нөхцөл байдлын шинжилгээг тайлангийн түвшнээс шийдвэр гаргалтын систем болгон хөгжүүлэх боломжтойг харууллаа. TSAM загвар нь өгөгдөл, шинжилгээ, шийдвэр гаргалтыг нэгтгэсэн шаталсан логик бүхий хандлага бөгөөд “шийдвэрийн тасалдал”-ыг бууруулахад чиглэж байна.

Онолын хувьд энэхүү судалгаа нь шийдвэрийн оюун болон өгөгдөлд суурилсан шийдвэр гаргалтын хандлагыг дээд боловсролын салбарт нэгтгэн, нөхцөл байдлын шинжилгээг стратегийн шийдвэр гаргалтын систем болгон өргөжүүлж байна. Мөн их сургуулийг нэг төрлийн байгууллага бус, харин олон төрлийн хөтөлбөрөөс бүрдсэн стратегийн портфолио систем гэж авч үзэх хандлагыг бататгаж, ялгавартай шийдвэр гаргалтын логикийг санал болгож байна. Үүнээс гадна хиймэл оюуны бэлэн байдлыг стратегийн шинжилгээнд интеграцчилснаар ирээдүйн чиг хандлагыг одоогийн шийдвэртэй холбосон шинэлэг хандлагыг дэвшүүлж байна.

Практик түвшинд TSAM загвар нь дээд боловсролын байгууллагуудад хөтөлбөрүүдийг портфолио байдлаар удирдах, стандарт шийдвэрийн матриц ашиглах, өгөгдөлд суурилсан шийдвэр гаргалтын систем нэвтрүүлэх боломжийг бүрдүүлж байна. Сценарид суурилсан хэрэглээний үр дүн нь хөтөлбөрүүдийн ялгаатай гүйцэтгэл, зах зээлийн байрлалыг тодорхойлон, хөрөнгө оруулах, оновчлох, сайжруулах, шинэчлэх зэрэг ялгавартай стратегийн шийдвэр гаргах шаардлагатайг харуулж байна.

Бодлогын түвшинд энэхүү судалгаа нь дээд боловсролын үнэлгээний системийг зөвхөн элсэлт болон тоон үзүүлэлтэд тулгуурлахаас татгалзаж, төгсөгчдийн ажил эрхлэлт, зах зээлийн нийцэлд суурилсан үзүүлэлтүүдийг түлхүү ашиглах шаардлагатайг онцолж байна. Мөн хөтөлбөрүүдийн ялгаатай стратегийг хүлээн зөвшөөрөх, хиймэл оюун болон ур чадварт суурилсан шинэчлэлийг дэмжих бодлогын хэрэгцээг илэрхийлж байна.

Арга зүйн хувьд энэхүү судалгаа нь дээд боловсролын байгууллагын төлөөлөл бүхий хөтөлбөрийн багцад суурилсан сценари байдлаар хийгдсэн бөгөөд статистик дүгнэлт хийхээс илүүтэйгээр загварын логик уялдаа, хэрэглээний боломжийг аналитик байдлаар үнэлэхэд чиглэсэн. Иймд уг судалгааг хайгуулын болон загвар боловсруулах шинжтэй судалгаа гэж үзэж болно. Гэсэн хэдий ч TSAM загварыг олон байгууллагын өгөгдөлд суурилан турших, тоон аргаар баталгаажуулах, жингийн параметрүүдийг статистик аргаар тодорхойлох нь цаашдын судалгааны чухал чиглэл болно.

Цаашлаад дээд боловсролын байгууллагын өрсөлдөх чадвар нь зөвхөн дотоод удирдлагаас хамаарахгүй, харин олон улсын орчинтой уялдсан стратегиас шууд хамаарч байна. Олон улсын оюутан татах стратеги нь зөвхөн маркетингийн асуудал бус, харин боловсролын чанар, сургалтын хэлний хүртээмж, амьдрах орчин, виз болон бодлогын тогтвортой байдал, санхүүгийн нөхцөл, төгссөний дараах боломж зэрэг олон хүчин зүйлийн огтлолцлоор тодорхойлогдож байна.

Иймээс дээд боловсролын байгууллагууд гадаад оюутан татахын тулд зөвхөн элсэлтийн бодлогоор хязгаарлагдахгүй, харин сургалтын чанар, үйлчилгээ, институцийн бэлэн байдал, бодлогын уялдаа холбоог цогцоор нь сайжруулах шаардлагатай байна.

Эцэст нь TSAM загвар нь дээд боловсролын байгууллагын стратегийн удирдлагыг өгөгдөлд суурилсан, шаталсан шинжилгээнд тулгуурласан, ирээдүйн чиг хандлагыг тусгасан нэгдсэн шийдвэр гаргалтын систем болгон хөгжүүлэх боломжийг бүрдүүлж байна.

Энэхүү судалгааны гол хувь нэмэр нь өгөгдөл, шинжилгээ, стратегийн шийдвэр гаргалтыг нэгтгэсэн шаталсан логик бүхий нэгдсэн загварыг боловсруулж, дээд боловсролын байгууллагын хөтөлбөрийн портфолио удирдлагад хэрэглэх боломжийг системтэйгээр тодорхойлсон явдал юм.

АШИГЛАСАН МАТЕРИАЛ

[1] World Economic Forum, The Future of Jobs Report 2023. Geneva: World Economic Forum, 2023.

[2] OECD, Education at a Glance 2020: OECD Indicators. Paris: OECD Publishing, 2020.

[3] T. H. Davenport, The AI Advantage: How to Put the Artificial Intelligence Revolution to Work. Cambridge, MA: MIT Press, 2020.

[4] M. E. Porter, “The five competitive forces that shape strategy,” Harvard Business Review, vol. 86, no. 1, pp. 78–93, 2008.

[5] B. Jongbloed, J. Enders, and C. Salerno, “Higher education and its communities: Interconnections, interdependencies and a research agenda,” Higher Education, vol. 56, no. 3, pp. 303–324, 2008.

[6] B. R. Clark, Creating Entrepreneurial Universities: Organizational Pathways of Transformation. Oxford: Pergamon, 1998.

[7] J. Barney, “Firm resources and sustained competitive advantage,” Journal of Management, vol. 17, no. 1, pp. 99–120, 1991.

[8] G. Johnson, K. Scholes, and R. Whittington, Exploring Corporate Strategy, 11th ed. Pearson, 2017.

[9] R. S. Kaplan and D. P. Norton, The Execution Premium: Linking Strategy to Operations for Competitive Advantage. Harvard Business School Press, 2008.

[10] Y. R. Shrestha, S. M. Ben-Menahem, and G. von Krogh, “Organizational decision-making structures in the age of artificial intelligence,” California Management Review, vol. 61, no. 4, pp. 66–83, 2019.

[11] B. D. Henderson, “The product portfolio,” Boston Consulting Group, 1970.

[12] OECD, OECD Digital Education Outlook 2021. Paris: OECD Publishing, 2021.

[13] HolonIQ, Global Education Market Size and Forecast. HolonIQ Report, 2023.

[14] ICEF, Global Student Mobility Trends. ICEF Monitor, 2023.

[15] UNESCO, Global Flow of Tertiary-Level Students. Paris: UNESCO Institute for Statistics, 2021.

[16] A. R. Hevner, S. T. March, J. Park, and S. Ram, “Design science in information systems research,” MIS Quarterly, vol. 28, no. 1, pp. 75–105, 2004.

ДАХИН ГЭРЛЭСЭН ГЭР БҮЛД ҮЗҮҮЛЭХ НИЙГМИЙН АЖЛЫН ҮЙЛЧИЛГЭЭ: МОНГОЛ, ЯПОН УЛСЫН ТУРШЛАГА

Чулуунбат ДОЛЖИНСҮРЭН[1*], Бямбажав ДӨЛГӨӨН[2]

[1,2] Монгол Улс, Улаанбаатар, ШУТИС, Нийгэм хүмүүнлэгийн сургууль, Нийгмийн ухааны тэнхим

Холбоо барих зохиогчийн и-мэйл хаяг: Doljinsuren012@gmail.com

Хураангуй: **Дахин гэрлэсэн гэр бүл (step-family) нь өмнө нь гэр бүл зохиож байсан хүмүүс дахин гэрлэлтийн үндсэн дээр шинэ гэр бүл бүрдүүлэх үйл явц бөгөөд гишүүдийн өмнөх харилцаа, хүүхдийн оролцоо, сэтгэл зүйн нөхцөл байдлаараа уламжлалт гэр бүлээс ялгаатай гэр бүлийн хэлбэр юм. Монгол Улсад дэхин гэрлэсэн гэр бүлийн хэрэгцээнд чиглэсэн нийгмийн ажлын үйлчилгээ, судалгаа харьцангуй хязгаарлагдмал хэвээр байгаа нь хүүхдийн сэтгэл зүйн хөгжил, гэр бүлийн тогтвортой байдалд сөргөөр нөлөөлөх эрсдэлийг нэмэгдүүлж байна. Харин Япон Улсад дахин гэрлэсэн гэр бүлд чиглэсэн үйлчилгээ нь ашгийн бус байгууллага, мэргэжлийн багийн хамтын ажиллагаанд тулгуурлан илүү тогтолцоотой хөгжсөн байна. Энэхүү судалгаанд Монгол, Япон улсын туршлагыг харьцуулан Монгол Улсад хэрэгжүүлэх боломжит үйлчилгээний чиглэлийг тодорхойлохыг зорив. Судалгаанд баримт бичгийн шинжилгээ болон кейс судалгааны аргыг ашигласан. Үр дүнгээс харахад Монголд дахин гэрлэсэн гэр бүлд зориулсан тусгайлсан үйлчилгээ, бодлогын зохицуулалт дутмаг байгаа бол Японд салбар хоорондын хамтын ажиллагаанд суурилсан цогц үйлчилгээ хөгжсөн байна. Иймд Монголд судалгаанд суурилсан, хүүхэд төвтэй нийгмийн ажлын үйлчилгээний тогтолцоог хөгжүүлэх шаардлагатай байна.**

Түлхүүр үг*: *Дахин гэрлэсэн гэр бүл, нийгмийн ажлын үйлчилгээ, Гэр бүлийн харилцаа, хүүхдийн дасан зохицол, сэтгэл зүйн дэмжлэг

I. УДИРТГАЛ

Сүүлийн жилүүдэд дэлхий дахинд гэр бүлийн бүтэц, хэв маягт томоохон өөрчлөлтүүд гарч, тэдгээрийн нэг чухал илрэл нь дахин гэрлэлт буюу холимог гэр бүлийн тоо нэмэгдэж буй явдал юм. Дахин гэрлэсэн гэр бүл (step-family) нь өмнө нь гэр бүл зохиож байсан хүмүүс дахин гэрлэлтийн үндсэн дээр бүрэлдэх гэр бүлийн хэлбэр юм. Энэ нь өмнөх харилцааны туршлага, хүүхдийн оролцоо, сэтгэл зүйн нөхцөл байдлаараа уламжлалт гэр бүлээс ялгаатай, илүү нарийн төвөгтэй бүтэцтэй байдаг [1].

Монгол Улсад 2025 оны байдлаар 17,408 гэрлэлт бүртгэгдэж, 4,776 гэр бүл цуцлагдсан байна. Гэр бүл салалтын шалтгаанд эдийн засгийн хүндрэл архидалт, харилцааны үл ойлголцол, гэрлэлтээс гадуурх харилцаа, алслагдсан зайд амьдрах гэр бүлийн хүчирхийлэл, зэрэг хүчин зүйлс нөлөөлж байна.

Харин Япон улсын хувьд гэр бүл салалтын тоо сүүлийн жилүүдэд тодорхой хэмжээнд буурч дахин гэрлэлсэн гэр бүлийн тоо тогтвортойгоор нэмэгдэж байна.

Олон улсын судалгаанаас үзэхэд салалтын дараах дахин гэрлэлтийн түвшин өндөр бөгөөд энэ нь хүүхдийн амьдралд томоохон өөрчлөлт авчирдаг. Тухайлбал, АНУ-ын судлаачдын тогтоосноор гэр бүлээ цуцлуулсан эрчүүдийн 50 хувь, эмэгтэйчүүдийн 33 хувь нь нэг жилийн дотор дахин гэрлэдэг бол гурван жилийн дараа энэ үзүүлэлт эрчүүдийн 83 хувь, эмэгтэйчүүдийн 75 хувь болсон байна [2].

Энэхүү судалгааны зорилго нь Монгол болон Япон улсын дахин гэрлэсэн гэр бүлд үзүүлж буй нийгмийн ажлын үйлчилгээний өнөөгийн байдлыг харьцуулан шинжилж, Монголд хэрэгжүүлэх боломжийг тодорхойлоход оршино.

Судалгааны зорилтууд

Судалгааны зорилгын хүрээнд дараах зорилтуудыг дэвшүүлэв. Үүнд:

- Япон улсын дахин гэрлэсэн гэр бүл, тэр дундаа хүүхдэд чиглэсэн нийгмийн ажлын үйлчилгээний онцлог, хэрэгжилтийг судлах
- Монгол Улсад дахин гэрлэсэн гэр бүлд тулгарч буй асуудал, хүүхдийн хэрэгцээ, шаардлагатай дэмжлэг үйлчилгээг тодорхойлох
- Монгол болон Япон улсын үйлчилгээний ялгаа, давуу болон сул талыг харьцуулан дүн шинжилгээ хийх

II. СУДАЛГААНЫ АРГА, АРГАЧЛАЛ

Энэхүү судалгаанд чанарын судалгааны арга зүйг ашигласан бөгөөд судалгааны зорилгод нийцүүлэн баримт бичиг судлах болон кейс судалгааны аргуудыг хослуулан хэрэглэв. Баримт бичгийн шинжилгээний хүрээнд Монгол, Япон улсын гэр бүл цуцлалт, дахин гэрлэлт, гэр бүлийн үйлчилгээтэй холбоотой статистик тайлан, бодлогын баримт бичиг, эрдэм шинжилгээний өгүүлэл, байгууллагын тайланг шинжилсэн. Кейс судалгаанд Монгол Улсад амьдарч буй дахин гэрлэсэн 15 иргэнийг зорилтот түүврийн аргаар сонгов. Оролцогчдыг (1) өмнө нь гэр бүлтэй байсан, (2) дахин гэрлэсэн, (3) одоогийн гэр бүлдээ дор хаяж нэг жил хамтран амьдарсан, (4) ярилцлагад сайн дурын үндсэн дээр оролцох зөвшөөрөл өгсөн гэсэн шалгууруар сонгосон. Ийнхүү зорилтот түүврийн аргыг ашигласан нь дахин гэрлэсэн гэр бүлийн дотоод харилцаа, хүүхдийн дасан зохицол, тулгамдсан асуудлыг гүнзгий судлах боломж бүрдүүлсэн.

Япон улсын гэр бүл цуцлалт болон дахин гэрлэлтийн байдал

Улсын Эрүүл мэнд, хөдөлмөр, нийгмийн хамгаллын яамнаас нийтэлсэн 2025 оны статистикийн жилийн тайлангийн хураангуй мэдээллээс үзэхэд тухайн онд нийт 501,116 гэрлэлт бүртгэгдэж, 184,386 гэр бүл цуцлагдсан байна. Үүнээс

тооцсон гэр бүл салалтын түвшин 1000 хүн амд 1.50 байгаа нь өмнөх онтой харьцуулахад бага зэрэг буурсан үзүүлэлт юм. [9] Тодруулбал, 2024 онд гэр бүл салалтын түвшин 1.57 байсан бол 2025 онд буурсан нь Япон улсын гэр бүлийн тогтвортой байдалд тодорхой хэмжээнд эерэг өөрчлөлт гарч байгааг илтгэж байна. Япон дахь гэр бүл салалтын бүтцийг нас болон гэрлэлтийн хугацаагаар авч үзвэл тодорхой онцлог ажиглагддаг. Тухайлбал, гэр бүл цуцлалт нь ихэвчлэн дунд насныханд буюу 30–49 насны бүлэгт харьцангуй өндөр хувьтай байгаа бөгөөд энэ нь гэр бүлийн амьдралын дунд үеийн харилцааны зөрчил, эдийн засгийн болон нийгмийн хүчин зүйлстэй холбоотой байж болох юм. Мөн гэрлэлтийн хугацааны хувьд 5–10 жил болон түүнээс дээш хугацаанд хамт амьдарсан хосуудын дунд салалтын тоо өндөр байгаа нь гэр бүлийн харилцааны хуримтлагдсан асуудал, амьдралын хэв маягийн өөрчлөлттэй холбоотой гэж үзэх боломжтой.

Дээр дурдсан статистик үзүүлэлтүүд нь Япон Улсад гэр бүл салалтын түвшин буурах хандлагатай байгааг харуулж байгаа хэдий ч гэр бүл цуцлахад нөлөөлж буй шалтгаан, хүчин зүйлсийг нарийвчлан авч үзэх шаардлагатай юм. Иймээс гэр бүл салалтын шалтгааныг илүү тодорхойлох үүднээс холбогдох үзүүлэлтүүдийг дараах хүснэгтэд нэгтгэн харуулав.

ГЭР БҮЛ ЦУЦЛАХ БОЛСОН ШАЛТГААН [7]

1-Р ХҮСНЭГТ

Эмэгтэй эхнэрийн шалтгаан	1.	Зан чанар таарахгүй байх	**Эрэгтэй нөхрийн шалтгаан**	1.	Зан чанар таарахгүй байх
	2.	Амьжиргааны зардал өгөхгүй байх		2.	Сэтгэлзүйн хүчирхийлэл
	3.	Сэтгэлзүйн хүчирхийлэл		3.	Гэр бүлийн гишүүдтэй харилцах харилцаа муу
	4.	Бие махбодийн хүчирхийлэл		4.	Эхнэрийн ааш зан байдал
	5.	Гэр бүлээс гадуурх харилцаа		5.	Үрэлгэн байдал
	6.	Үрэлгэн байдал		6.	Бэлгийн харилцааны зөрчил
	7.	Бэлгийн харилцааны зөрчил		7.	Хүчирхийлэл хэрэглэх
	8.	Ахуйн стресс		8.	Хамт амьдрах сонирхол буурсан
	9.	Согтууруулах ундааны хэрэглээ		9.	Амьжиргааны түвшины зардал
	10.	Нөхрийн талын гишүүдтэй харилцах харилцааны бэрхшээл		10.	Ахуйн стресс

Дахин гэрлэлтийн тоо өссөөр байгаа бөгөөд 2025 оны байдлаар ч энэ чиг хандлага хадгалагдсан хэвээр байна. Тухайлбал 2024 онд дахин гэрлэлтийн тоо 139 мянга болсон нь дөрвөн гэрлэлтийн нэг орчим нь дахин гэрлэлт гэсэн үг юм. Эхнэр, нөхрийн анхны гэрлэлт болон дахин гэрлэлтийг хослуулан авч үзвэл 2025 онд 52,000 (37,3%) нөхөр, эхнэр хоёулаа дахин гэрлэсэн, 50,000 (36,3%) нөхөр дахин гэрлэсэн – эхнэрийн анхны гэрлэлт, 37,000 (26.4%) нь нөхрийн анхны гэрлэлт – эхнэр нь дахин гэрлэсэн байна [7].

Монгол улсын гэр бүл цуцлалт болон дахин гэрлэлтийн байдал

Монгол Улсад сүүлийн жилүүдэд гэрлэлтийн тоо тодорхой хэмжээгээр хэлбэлзэж байгаа хэдий ч залуучуудын гэр бүл болох насны бүтэц харьцангуй тогтвортой хэвээр байна. Үндэсний статистикийн байгууллагын мэдээгээр 2025 оны байдлаар албан ёсоор гэрлэлтээ бүртгүүлсэн нийт гэр бүлийн тоо 17,408 байна. Гэрлэлтээ бүртгүүлсэн иргэдийн насны бүтцийг авч үзвэл эрэгтэй, эмэгтэй аль алиных нь хувьд 25–29 насны бүлэг хамгийн өндөр хувийг эзэлж байгаа нь гэр бүл зохиох “идэвхтэй нас”-ны төвлөрөл энэ ангилалд байгааг илтгэнэ. Үүний зэрэгцээ 20–24 насны бүлэгт гэрлэлт тодорхой хэмжээгээр буурч, харин 30–34 насны бүлэгт харьцангуй өсөх хандлага ажиглагдаж байгаа нь боловсрол эзэмших хугацаа уртсаж, хөдөлмөр эрхлэлт, эдийн засгийн бие даасан байдалд хүрсний дараа гэр бүл зохиох хандлага нэмэгдэж байгаатай холбоотой гэж үзэж болно.

Сүүлийн үеийн (2025 оны) байдлаас харахад энэхүү насны бүтэц үндсэндээ хадгалагдаж байгаа бөгөөд 25–29 насны бүлэг гэрлэлтэд тэргүүлэх байр суурыа хадгалсан хэвээр байна. Энэ нь Монгол Улсад гэр бүл төлөвлөлт, амьдралын мөчлөгийн онцлог тодорхой хэмжээнд тогтвортой байгааг харуулж байна.

Харин албан ёсоор гэр бүлээ цуцлуулсан тоо 4776 байна. Энэ үр дүнд үндэслэн тооцсон гэр бүл салалтын түвшин 2.2 (1000 хүн амд) гэр бүл салсан гэсэн үг юм. Гэрлэлт цуцлалтыг хамтран амьдарсан хугацаагаар нь авч үзвэл Япон улстай харьцуулахад залуу гэр бүлийн цуцлалт харьцангуй бага түвшинд харин 10 ба түүнээс дээш жил амьдарсан хосуудын салалтын түвшин өндөр байна. Энэ нь улс орны хөгжил, хэрэгжиж буй хууль тогтоомжтой холбоотой байх магадлалтай.

Гэр бүл салалтын шалтгааныг маш олон талаас тайлбарладаг ч дараах шалтгаануудыг нэрлэж байна.

Монгол улс дахь гэр бүл салалтын шалтгаан

- Гэр бүлийн соёлын ялгаа
- Гэр бүлийн гишүүд хариуцлагаа бүрэн ухамсарлаагүй
- Гэрлэх хүнээ сайн таньж мэдээгүй
- Санхүүгийн хомсдол, цалин орлого, амьдралын баталгаа
- Шилжилт хөдөлгөөн
- Архидалт, муу зуршил
- Гэр бүлээс гадуурх харилцаа, хууралт.
- Хэрүүл маргаан, үл ойлголцол.
- Хүчирхийлэл, дарамт [10]

Мөн сүүлийн жилүүдэд Монгол гэр бүлд зонхилон тохиолдож буй гэр бүл салалтын шатгааныг судлаач Б.Оюун-Эрдэнийн судалснаар “Монгол улсад явагдсан нийгмийн шилжилтийн үе болон дэлхий дахины даяарчлал, соёлын глобалчлал нь монгол гэр бүлийн бүтэц, хэв маягт ихээхэн өөрчлөлтийг авчирч байна” [8]. Тус судалгаагаар монгол гэр бүлийн өмнө тулгамдаж буй нэгэн асуудал нь улс дамнасан гэр бүл буюу гэр бүлийн аль нэг гишүүн гадаадад суралцах эсвэл ажиллах зорилготойгоор гэр бүлээсээ хол амьдрах асуудал гэж тодорхойлогджээ.

Гадаадад ажиллагчдын дийлэнх хувь нь хөдөлмөрийн насны эрчүүд эзэлж байгаагаас 53,5 хувь гэр бүлтэй боловч дийлэнх хувь нь гэр бүлтэйгээ хамт байж чадахгүй байгаа нь гэр бүлийн бат бөх байдал, салалтанд, мөн цаашлаад давтан гэр бүл болох байдал шууд нөлөө үзүүлж байна гэж хэлж болно. Сүүлийн жилүүдэд гэр бүлийн тогтовортой байдал алдагдсанаар гэр бүлийн уур амьсгал, дотор нь өсч торниж буй хүүхдүүдийн нийгэм-сэтгэл зүйн асуудлууд газар авсаар байна.

Япон улс дахь дахин гэрлэсэн гэр бүлд үзүүлж буй үйлчилгээ

Дахин гэрлэхээс өмнө хосуудын аль нэг нь салалтын үе шатыг туулсан байдаг. Энэ үед санхүүгийн хувьд төдийгүй сэтгэл зүйн хувьд ч асуудал тулгардаг. Иймд санаа зовж буй асуудлаа шийдвэрлэхэд тусламж шаардлагатай гэж үзвэл өөрийн оршин суугаа газрын засаг захиргааны байгууллагад хандах боломжтой. Ингэснээр санхүүгийн, орон сууцны, хууль эрх зүй, сэтгэл зүй, эмнэлэгийн дэмжлэг авах боломжтой. Гэвч энэхүү төрийн тусламж үйлчилгээ нь санхүүгийн болон ажиллах хүчний нөөцтэй тул үйлчилгээ хүсэж буй иргэний хүссэн хугацаанд болон мөнгөн дүнд нийцэхгүй үе бий.

Гэр бүлээ цуцлуулсан иргэн хүүхэдтэй бол дараах тусламж, тэтгэмжүүдээс авах боломжтой.

- Хүүхдийн тэтгэмж
- Хүүхдийн хөгжлийн тэтгэмж
- Хөгжлийн бэрхшээлтэй хүүхдийн халамжийн тэтгэмж
- Татварын хөнгөлөлт
- Орон сууцаар хангах эсвэл зээл, тэтгэмж авах
- Эх нялхасын амьдралыг дэмжих байгууллагын туслалцаа
- Өдрийн аялал зугаалгаар өнгөрүүлэх боломжтой тодорхой байгууламжуудыг үнэ төлбөргүй эсвэл хөнгөлөлттэй үнээр ашиглах
- Бүс нутгийн болон JR тээврийн тасалбарын хөнгөлөлт
- Хөдөлмөр эрхлэлт болон бие даасан байдлыг дэмжих

*Иргэний хуулийн 733 дугаар зүйлд **“дахин гэрлэхийг хориглох хугацаа”**-г заасан байдаг. Энэ нь өмнөх гэрлэлтээ цуцалсан буюу хүчингүй болсон өдрөөс хойш 100 хоног өнгөрөх хүртэл дахин гэрлэж болохгүй.*

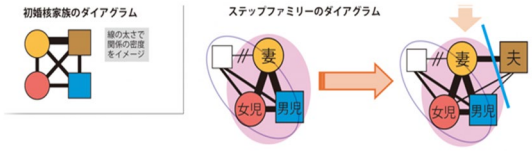
Дараах 2 тохиолдолд өмнөх заалт хамаардаггүй.

1. Өмнөх гэрлэлтийг цуцлах буюу хүчингүй болгох үед эмэгтэй жирэмсэн болон хүүхэд төрүүлээгүй бол
2. Өмнөх гэрлэлт цуцлагдсан буюу хүчингүй болсны дараа хүүхэд төрүүлсэн бол энэхүү заалт нь 2016 оны 6-р сарын 1-ний өдрөөс эхлэн шинэчлэн баталж гэрлэхийг хориглох хугацааг нэлээд богиносгож, дээрх тохиолдлыг хангасан үед дахин гэрлэх боломжтой болсон

Мөн Иргэний хуулийн 833 дугаар зүйлд заасан Гэр бүлийн овгийн бүртгэлийг шийдвэрлэх, өөрчлөх: Өөрөө эсвэл хамтрагч нь хүүхэдтэй бол дахин гэрлэхээсээ өмнө хүүхдийн овог, гэр бүлийн бүртгэлийг шийдэх ёстой. Эд хөрөнгө, болоод тухайн хүүхдийн амьдралын хэрэгцээг хангахад асуудал үүсэхээс сэргийлэх зэрэг дахин гэрлэсэн гэр бүлийн асуудлыг шийдвэрлэхэд туслах хуулийн заалтууд байдаг. [5]

Япон улс дахь дахин гэрлэсэн гэр бүлийг дэмжих байгууллагууд

Дахин гэрлэсэн гэр бүл нь бүтцийн хувьд өөрчлөлт ихтэй эцэг эхийнхээ аль нэгэнтэй нь хамт амьдардаг ба тусдаа амьдарч буй эцэг/эх, хүүхдийн хоородын харилцаа хэвээр байхад эцэг/эхийн шинэ хамтрагч болон тэдний хүүхэд гэр бүлд нэмэгдэх нь гэр бүлийн бүтцийг илүү нарийн төвөгтэй болгодог.



Зураг 1. Гэр бүлийн генограмм

Диаграммд үзүүлсэн жишээн дээр эх, хүүхэд хоёр удаан хугацаанд хамт байж, гүн гүнзгий холбоо харилцаа тогтоож, тодорхой зуршил, үнэт зүйлстэй болсон байна. Сүүлд нэгдсэн гишүүн гэр бүлийн гишүүдтэй шууд харьцахад хэцүү, энэ үед тухайн гэр бүлд буй хүүхэд өөрийн үнэ цэнээ алдагдаж байгаагаар мэдрэх нь цөөнгүй. Хэрэв хойд эцэг/эх нь гэнэт өөрийнх нь эцэг/эх шиг аашилж, өөрийнх нь асуудалд хэт их оролцох аль эсвэл үл тоомсорлож, хүүхдэд хатуу ширүүн хандвал гэр бүлийн харилцаанд хурцадмал байдал үүсдэг. Иймд Япон улсад дахин гэрлэсэн гэр бүлийг дэмждэг байгууллага улсын хэмжээнд 2 байна.

" Step family association of japan" Японы дахин гэрлэсэн гэр бүлийн холбоо

SAJ бол ашгийн бус байгууллага юм. Үүсгэн байгуулагч Тамами Огура мэргэшсэн сэтгэл судлаач. 2001 оны 6-р сарын 25-нд үүсгэн байгуулагдсан, төрөл бүрийн гэр бүл болоод голчлон дахин гэрлэсэн гэр бүлтэй холбоотой мэдээлэл, дэмжлэг үзүүлдэг байгууллага юм. SAJ нь судалгаанд суурилсан дахин гэрлэсэн гэр бүлийн хөтөлбөрүүд, төрөлжсөн мэдээллээр дамжуулан дахин гэрлэсэн гэр бүлийн шинж чанарыг ойлгож, зохих үйчилгээг үзүүлдэг. SAJ нь өөрийн үйл ажиллагаагаар дамжуулан дахин гэрлэсэн гэр бүлийн мөн чанарыг тодорхойлох, гэр бүлийн хөгжлийг шинэ өнцгөөс харах нийгэмд эерэг зөв мэдээлэл өгөхөд зорин ажиллаж байна.

Үндсэн 3 чиглэлээр дахин гэрлэсэн гэр бүлийг дэмжиж ажилладаг.

- Утсаар зөвлөгөө өгөх – Дахин гэрлэлттэй холбоотой өөрийн сэтгэл зовоосон асуудлаа хэнд хуваалцахаа мэдэхгүй үедээ ярих боломжтой. Эхний 60 минут үнэгүй. Дараагийн 30 минут бүр ¥1000
- Мэргэжлийн зөвлөгөө өгөх – Гэр бүлийн тусгай мэдээлэлд тулгуурлан сэтгэл зүйн туслалцаа үзүүлдэг мөн шаардлагатай бол эмнэлгийн болон хууль эрх зүйн гэх мэт нарийн мэргэжлийн ур чадвар шаардсан зөвлөгөөнд холбон зуучилдаг. "Мөн эрүүл гэр бүлийг бий болгоё онлайн сургалт явуулдаг. Бүлгээр болон ганцааарчилсан буюу хостойгоо хамрагдах боломжтой.
- Дэмжих бүлэг – Энэхүү дэмжих бүлэг нь хүмүүс өөрсдийн санаа зовоосон асуудал, туршлагаа ярилцаж, бие биенээ ойлгох боломжтой эцэстээ бусдын сайн туршлагаас суралцаж өөрт тулгарсан асуудлаа шийдвэрлэхэд туслах газар юм. SAJ байгууллагад "НАВЧИС" хэмээх дэмжих бүлэг үйл ажиллагаагаа явуулж байна. Тус дэмжих бүлэг нь (Америк улсын дахин гэрлэсэн гэр бүлийг дэмжих нийгэмлэг) – ийн тусгай хөтөлбөр, сурах бичгүүдийг ашигладаг.

Мөн цахим орчинг ашиглан дахин гэрлэсэн гэр бүлтэй холбоотой нийтлэл мэдээлэл нийтлэх, салбар салбарын хүмүүстэй хамтран судалгаа явуулах, ном, гарын авлага гаргах, дахин гэрлэсэн гэр бүлд зөвлөгөө өгөх мэргэжилтэнгүүдийг бэлтгэх сургалт лекц зохион байгуулдаг.

Мөн хамтран ажиллаж буй байгууллагууд нь бүгд өөрийн гэсэн онцлогтой бөгөөд дахин гэрлэсэн бүл болон бусад гэр бүлүүдэд ч хэрэгцээ шаардлагатай дэмжлэг туслалцааг үзүүлдэг. Жишээлбэл: Rikongo байгууллага нь гар утасны үнэ төлбөргүй хэрэглээний программаар дамжуулан эцэг эхэд зориулсан гэр бүлийн боловсролын тухай, салсан гэр бүл болон гэр бүл цуцлуулахаар төлөвлөж буй гэр бүлүүдэд зориулсан зөвлөгөө, гэр бүлд туслалацаа үзүүлдэг мэргэжилтнүүдэд (хуульч, клиник сэтгэл зүйч, нийгмийн ажилтан, гэр бүлийн шүүхийн мөрдөн байцаагч гэх мэт) хүмүүст зориулагдсан программ юм. Гэр бүл салалт нь хүүхдүүдэд, эцэг эхэд хэрхэн нөлөөлж байгааг хялбар аргаар ойлгуулах, мөн гэр бүл салсны дараа хүүхдүүдээ өсгөхийн тулд аав, ээж хоёрт хамтран ажиллах арга, зөвлөмж хүртэл багтсан байна.[6]

Дахин гэрлэсэн гэр бүлийг дэмжих M-STEP

M-STEP нь 2014 онд байгуулагдсан, дахин гэрлэсэн гэр бүлүүдийг дэмждэг ашгийн бус байгууллага юм. Үндсэн гишүүнчлэлийн тоо 100 гаруй. Сэтгэл зүйч, нийгмийн ажилтан, хуулийн зөвлөхүүдтэй хамтран ажилладаг. Үүсгэн байгуулагч социологич мэргэжилтэй Тэруэ Шинкава нь 2 болон 18 насны хоёр хүүхэдтэй дахин гэр бүл зохиож байсан ба өөрийн амьдралд тулгарсан асуудлаасаа үүдэн уг байгууллагыг нээх санаагаа олж байсан. Уг байгууллага нь үндсэн 3 чиглэлээр үйл ажиллагаагаа явуулдаг. Үүнд Ганц бие эцэг/эхтэй гэр бүлд чиглэсэн үйлчилгээ, Гэр бүлийн гишүүнээ алдсан гэр бүл, салсан гэр бүлд үзүүлэх дэмжлэг, үйлчилгээ, Дахин гэрлэсэн гэр бүлийг нийгэмд таниулах, хүлээн зөвшөөрөх, хөгжүүлэх

Японд дахин гэрлэсэн гэр бүлийн нийгмийн дэмжлэг, мэдлэгийн түвшин бусад хөгжингүй орнуудаас хоцорч байгаа бөгөөд Японд олон хүн "дахин гэрлэсэн гэр бүл" гэдэг ойлголтыг мэдэхгүй байх тохиолдол бий иймд дахин гэрлэсэн гэр бүлд тулгарч буй асуудлууд, болон ойлголтыг нэмэгдүүлэх шаардлагатай. M-step -ийн зорилго бол дахин гэрлэсэн гэр бүлүүдэд тулгамдаж буй асуудлыг нийгэмд зөвөөр ойлгуулж, амьдралын нөхцөлийг сайжруулахад дэмжлэг үзүүлэх зорилготой юм. Японд 4 гэрлэлтийн 1 нь дахин гэрлэлттэй (өөрөөр хэлбэл салсан/нас барсны дараа шинээр гэрлэсэн) дахин гэрлэлтийн гэр бүлийн тоо нэмэгдэх хандлагатай байна. Иймээс учир дээрх асуудалд анхааран үйл ажиллагаагаа явуулдаг.

Өмнөх байгууллагаас ялгаатай нь дахин гэрлэсэн гэр бүлд өсч буй хүүхдэд илүү анхаарлаа хандуулан ажилладаг**.** Эцэг эхийн салалт, дахин гэрлэлтэд сэтгэлзүйн хямралд өртсөн хүүхдийн сэтгэл зүй болоод нийгмээс гадуурхах асуудалд зөвлөгөө тусламж үзүүлдэг. Веб хуудсаар дамжуулан холбогдох, мэйлээр бичих, LINE ашиглах, утсаар ярих, биечлэн уулзах боломжтой. Шаардлагатай тохиолдолд нийгмийн ажилтан хүүхэд болон гэр бүлд тохирсон иж бүрэн үйлчилгээг санал болгодог.

Дахин гэрлэсэн гэр бүлийн амьдралд хэрэгцээт мэдээллийг улирал бүр YOUTUBE хуудсанд байршуулдаг. [4]

Тус байгууллага нь дахин гэрлэсэн гэр бүлтэй ажиллахдаа "Аз жаргалыг дэмжих ном" гэсэн үндсэн гарын авлага дээр суурилан асуудлыг тодорхойлж зөвлөгөө өгдөг. Тус номонд дахин гэрлэлтийн өсөлтийн үйл явцыг дараах байдлаар тодорхойлсон байна.

- Романтик үе шат

- Романтик дуусах үе шат
- Бодит байдлыг ойлгох үе шат
- Өөрчлөлтийн үе шат
- Үйл ажиллагаанд шилжих үе шат
- Харилцаа гүнзгийрэх үе шат
- Төгсгөлийн үе шат буюу нэгдэлд хүрэх үе гэж ангилсан байна.

Дахин гэрлэсэн гэр бүл нь эдгээр 7 үеийг амжиллтай давсанаар жинхэнэ гэр бүл болоход ямарч асуудал дахин тулгарсан амжилттай давж чадна гэж үзсэн байна.

Кейсийн дүн шинжилгээ

Энэхүү кейс судалгаанд Монгол Улсын 27–50 насны, дахин гэрлэсэн 15 иргэнийг зорилтот түүврийн аргаар сонгон хамруулсан. Судалгаанд оролцогчдыг сонгохдоо дахин гэрлэсэн гэр бүлийн бүтэц, өмнөх гэрлэлтийн туршлага, хүүхдийн оролцоо, өрхийн амьжиргааны нөхцөл, гэр бүлийн дотоод харилцааны онцлог зэрэг үзүүлэлтийг харгалзан үзсэн. Зорилтот түүврийн аргыг сонгосон нь дахин гэрлэсэн гэр бүлийн амьдралын бодит нөхцөл, тулгамдаж буй асуудал, даван туулах арга хэлбэрийг гүнзгийрүүлэн судлах боломжийг бүрдүүлсэн.

Судалгаанд оролцогчдын 6 (40.0%) нь эрэгтэй, 9 (60.0%) нь эмэгтэй байв. Ажил эрхлэлтийн байдлаар эрэгтэй оролцогчдын 3 нь үндсэн ажил эрхэлдэг, 2 нь улирлын чанартай буюу тогтворгүй хөдөлмөр эрхэлдэг, 1 нь ажилгүй байсан бол эмэгтэй оролцогчдын 5 нь үндсэн ажилтай, 4 нь хувиараа хөдөлмөр эрхэлж байв. Энэ нь кейс оролцогчдын дунд өрхийн орлогын тогтвортой байдал харилцан адилгүй, эдийн засгийн эмзэг нөхцөл түгээмэл байгааг харуулж байна.

Ам бүлийн бүтцийн хувьд 2–4 ам бүлтэй 6 гэр бүл, 4–6 ам бүлтэй 9 гэр бүл байсан нь дахин гэрлэсэн гэр бүлүүд харьцангуй өргөтгөсөн бүтэцтэй байгааг илтгэнэ. Өрхийн орлогын түвшингээр 65.0% нь 1,000,000–1,500,000 төгрөгийн, 14.0% нь 1,500,001–2,000,000 төгрөгийн, 14.0% нь 2,000,000 төгрөгөөс дээш, 7.0% нь 500,000–1,000,000 төгрөгийн орлоготой байв. Энэ нь кейсэд хамрагдсан өрхийн дийлэнх нь дундаас доогуур орлоготой, эдийн засгийн ачаалал өндөртэй байгааг илэрхийлж байна.

Насны хувьд оролцогчид нь 27–50 насны, гэр бүл төлөвшсөн, дахин гэрлэлтийн харилцаанд тодорхой хугацаанд амьдарч буй хүмүүс байсан нь кейсийн мэдээллийг бодит туршлагад тулгуурлан шинжлэх боломжийг олгосон.

Түүврийн сонголтыг хийхдээ дараах шалгуурыг баримталсан. Үүнд:

1. Дахин гэрлэлтэд орсон байх;
2. Дахин гэрлэснээс хойш хамтын амьдралын тодорхой туршлага хуримтлуулсан байх;
3. Өмнөх гэрлэлтээс хүүхэдтэй эсвэл хүүхэдгүй байдлын ялгаатай туршлагатай байх;
4. Судалгаанд сайн дурын үндсэн дээр оролцох зөвшөөрөл өгсөн байх.

Эдгээр шалгуурыг үндэслэн сонгосон оролцогчид нь дахин гэрлэсэн гэр бүлийн нийтлэг болон онцлог асуудлыг харьцуулан шинжлэхэд шаардлагатай мэдээллийг өгч чадна гэж үзсэн. Тухайлбал, өмнөх гэрлэлтийн туршлага, хүүхдийн оролцоо, эдийн засгийн нөхцөл байдал, хосын харилцааны хэв маяг зэрэг нь дахин гэрлэсэн гэр бүлийн дотоод харилцаа, үүсэх зөрчил, асуудал шийдвэрлэх арга барилд шууд нөлөөлж байв. Иймд цөөн тооны оролцогчийг ярилцлага, кейс шинжилгээний аргаар сонгосон нь тоон өргөн хүрээний бус, харин чанарын мэдээлэл цуглуулах зорилготой нийцэж байна.

- Үүнээс 7 гэр бүлд буюу 53% хувьд нь хосууд нэгнээ *хардах болон үл итгэх асуудал* тулгарч байна. Энэ нь өмнөх амьдралаас авсан сэтгэлийн шарх эсвэл дахин энэ амьдралаа алдахвий гэсэн хэт санаа зовнилоос үүдэх хандлагатай байна.
- Удаах нь 6 гэр бүл буюу 40% нь *эдийн засгийн хувьд асуудалтай* эхнэр эсвэл нөхрийн хувьд тогтсон ажилгүй улиралын чанартай ажил хийх, ажил хийж байгаа ч цалин орлого бага байх нь гэр бүлүүдийн хувьд асуудал болж байна.
- Дахин гэрлэсэн гэр бүлийн хувьд бусад гэр бүлтэй харьцуулбал өвөрмөц шинж чанар ихтэй эхнэр/нөхрийн аль нэг нь хүүхэдтэй дахин гэрлэх эсвэл хоёулаа хоёр талаасаа хүүхэдтэй байх нь элбэг. Бүгд өөр өөрийн гэсэн онцлог шинжтэй, тогтсон хэв маягтай гэр бүл дахин шинээр өөр гэр бүлтэй нэгдэж байгаа учир *харилцааны зөрчил* их гардаг. 15 кейсийн 5 гэр бүл буюу 33% нь хүүхэдтэй дахин гэрлэсэн бөгөөд бүгд хойд ээж/аав нь хүүхэдтэйгээ харилцааны зөрчилтэй байна. Үүнээс гадна *дагавар хүүхдүүд хоорондоо харилцааны зөрчил* ихтэй байна.
- Дахин гэрлэсэн гэр бүлийн хувьд эхнэр нөхөр 2 нэг нэгнээ *сэтгэлзүйн хүчирхийлэлд* оруулах, эсвэл хүүхдүүдээ хүчирхийлэх тохиолдол 5 гэр бүл буюу 33% нь ажиглагдаж байна.
- Мөн эрчүүдийн хувьд *согтуурууллах ундааны хэрэглээ ихтэй* гэр бүл 6 буюу 40% байна. Сотгуурууллах ундаа хэрэглэсэн үедээ биеэ хянах чадвараа алдаж гэр бүлийн гишүүндээ *бие махбодийн хүчирхийлэл* үзүүлсэн тохиолдол 2 гэр бүлд буюу 13% байна.
- 3 гэр бүл буюу 20% нь *амьдрах орон байрны асуудалтай* учир нь өмнөх амьдралаа дуусгавар болгох үед эрэгтэйчүүд өмнөх эхнэртээ амьдарч байсан орон гэрээ үлдээх эсвэл хамтын хөрөнгөө зарж хуваасан байдаг учир дахин гэр бүл болоход орон байрны асуудал тулгарч байна. Мөн *хадам талын гишүүдтэй харилцах харилцааны* тал дээр асуудалтай тэр тусмаа дахин гэрлэж буй эмэгтэй хүүхэдтэй байвал нөхрийн талынхан хүлээн зөвшөөрдөггүй эсэргүүцэх хандлага ихтэй.
- Дахин гэрлэсэн гэр бүл нь өмнөх амьдралаа янз бүрийн учир шалтгааны улмаас үргэлжлүүлэх боломжгүй болсон байдаг. Гэвч өмнөх гэрлэлтээ

цуцлуулж дуусгавар болгосон ч хүүхэдтэй бол үүрэг хариуцлага хүлээсэн хэвээр байдаг. Энэ нь дахин гэрлэлтийн үед зөрчил үүсгэх тохиолдол бий учир хосууд энэ тал дээр харилцан ойлголцох нь зүйтэй бөгөөд нэгнээсээ нуух нь асуудлыг улам дэвэргэдэг. *Өмнөх гэрлэлтэй холбоотой асуудалтай* гэр бүл 2 буюу 13% байна.

- Дахин гэрлэж буй хүмүүсд *нийгмийн зүгээс үзүүлж буй сэтгэл зүйн хүчирхийлэлийн асуудалтай* тулгарсан 1 гэр бүл буюу 7% байна.

Монгол, Япон улсын харьцуулсан байдал

Монгол болон Япон улсын дахин гэрлэсэн гэр бүлд үзүүлж буй нийгмийн ажлын үйлчилгээний өнөөгийн байдлыг харьцуулахад үйлчилгээний хүртээмж, бүтэц, мэргэжлийн оролцоо, бодлогын дэмжлэг зэрэг үзүүлэлтүүдээр тодорхой ялгаа ажиглагдаж байна. Монгол Улсад энэ чиглэлд тусгайлсан үйлчилгээ, хөтөлбөр бараг хөгжөөгүй, ихэвчлэн ерөнхий гэр бүлд чиглэсэн үйлчилгээ давамгайлж байгаа бол Япон Улсад дахин гэрлэсэн гэр бүлийн онцлог хэрэгцээнд нийцсэн, олон талт үйлчилгээний тогтолцоо бүрэлдсэн байна. Ялангуяа мэргэжлийн багийн оролцоо, хүүхдийн дасан зохицлыг дэмжих хөтөлбөр, дэмжих бүлгийн үйл ажиллагаа зэрэг нь Япон улсын давуу тал болж байна.

Иймд дараах хүснэгтэд хоёр улсын нийгмийн ажлын үйлчилгээний үндсэн үзүүлэлтүүдийг харьцуулан харуулав.

НИЙГМИЙН АЖЛЫН ҮЙЛЧИЛГЭЭНИЙ ХАРЬЦУУЛАЛТ

2-Р ХҮСНЭГТ

Үзүүлэлт	Монгол Улс	Япон Улс
Тусгайлсан үйлчилгээ	Байхгүй	Байна (NPO, төвүүд)
Мэргэжлийн баг	Хязгаарлагдмал	Олон салбар (сэтгэл зүйч, хуульч)
Хүүхдийн үйлчилгээ	Системгүй	Тогтолцоотой
Зөвлөгөө үйлчилгээ	Ховор	Тогтмол
Дэмжих бүлэг	Байхгүй	Байна
Олон нийтийн ойлголт	Бага	Хөгжиж буй
Бодлогын дэмжлэг	Сул	Харьцангуй сайн

ДҮГНЭЛТ

Судалгааны үр дүнгээс Монгол Улсад дахин гэрлэсэн гэр бүлд чиглэсэн нийгмийн ажлын үйлчилгээ хангалтгүй, бодлогын түвшний зохицуулалт сул, мэргэжлийн дэмжлэгийн хүртээмж хязгаарлагдмал байгаа нь тогтоогдов. Ялангуяа хүүхдийн дасан зохицол, хосын харилцаа, сэтгэл зүйн дэмжлэгийн чиглэлд тусгайлсан үйлчилгээ шаардлагатай байна.

Харин Япон Улсад дахин гэрлэсэн гэр бүлд чиглэсэн үйлчилгээ нь ашгийн бус байгууллага, төрийн байгууллага, мэргэжлийн багийн хамтын ажиллагаанд тулгуурласан, илүү тогтолцоотой хөгжсөн байна. Энэхүү туршлага нь Монгол Улсад хүүхэд төвтэй, салбар хоорондын хамтын ажиллагаанд суурилсан үйлчилгээний загвар хөгжүүлэх боломжтойг харуулж байна.

Иймд Монгол Улсад дараах чиглэлээр хөгжүүлэх шаардлагатай байна. Үүнд:

1. Дахин гэрлэсэн гэр бүлд зориулсан тусгайлсан нийгмийн ажлын үйлчилгээ нэвтрүүлэх
2. Сэтгэл зүйч, нийгмийн ажилтан, хуульчдын хамтарсан багийн үйл ажиллагааг хөгжүүлэх
3. Хүүхдийн дасан зохицолд чиглэсэн хөтөлбөр хэрэгжүүлэх
4. Олон нийтийн ойлголт, хандлагыг дээшлүүлэх
5. Япон улсын туршлагад суурилсан туршилтын загвар үйлчилгээ нэвтрүүлэх

Эдгээр арга хэмжээг хэрэгжүүлснээр дахин гэрлэсэн гэр бүлийн тогтвортой байдал сайжирч, хүүхдийн сайн сайхан байдал, нийгмийн хамгааллын үр нөлөө нэмэгдэх боломжтой гэж үзэж байна.

АШИГЛАСАН МАТЕРИАЛ, НОМ ЗҮЙ

1. [1] J. Cartwright, *Stepfamilies: A Handbook for Practitioners*. New York, NY, USA: Routledge, 2012.
2. [2] E. M. Hetherington, *Coping with Family Transitions: Winners, Losers, and Survivors*.Cambridge, MA, USA: Harvard University Press, 2000.
3. [3] P. L. Papernow, *Surviving and Thriving in Stepfamily Relationships: What Works and What Doesn't*. New York, NY, USA: Routledge, 2013.
4. [4] L. Ganong and M. Coleman, *Stepfamily Relationships: Development, Dynamics, and Interventions*. New York, NY, USA: Springer, 2017.
5. [5] P. R. Amato, "Research on divorce: Continuing *Family*, vol. 72, no. 3, pp. 650–666, Jun. 2010. doi: 10.1111/j.1741-3737.2010.00723.x.
6. [6] J. B. Kelly and R. E. Emery, "Children's adjustment following divorce: Risk and resilience perspectives," *Family Relations*, vol. 52, no. 4, pp. 352–362, Oct. 2003. doi: 10.1111/j.1741-3729.2003.00352.x.
7. [7] Ministry of Health, Labour and Welfare of Japan, *Vital Statistics of Japan 2025*. Tokyo, Japan: Ministry of Health, Labour and Welfare, 2025.
8. [8] Б. Оюун-Эрдэнэ, "Монгол гэр бүлийн бүтэц, хэв маяг, харилцааны онцлог, тулгамдаж буй асуудал," *Шинжлэх Ухааны Академийн Мэдээ*, №3, х. 37–49, 2012.
9. [9] Гэр бүл, хөдөлмөр, нийгмийн хамгааллын яам, *Гэр бүл, хүүхэд, залуучуудын статистикийн тайлан 2025*. Улаанбаатар: ГБХНХЯ, 2025.
10. [10] Т. Бүрэнжаргал, "Монгол гэр бүлийн өөрчлөлт ба гэр бүл салалтын шалтгаан," *Социологи* эрдэм шинжилгээний бичиг, боть 12, №1, х. 45–58, 2014.

БАЙГАЛИЙН УХААН, ХЭРЭГЛЭЭНИЙ ШИНЖЛЭХ УХААН

UTILIZATION OF WATERMELON RIND FOR FOOD PURPOSES

Khasbaatar MUNKHZAYA[1]

[1]Mongolia, Ulaanbaatar, MUST, School of Food, Light Industry, and Design, Department of Biotechnology and Nutrition

Corresponding author: munhzaya_h@must.edu.mn[1]

Abctract: ***This study investigated the chemical composition, biologically active compounds, antioxidant activity, and microbiological safety of rind-based preparations produced from Citrullus lanatus cultivated in Khovd province, Mongolia. Drying processes, including hot-air drying and freeze-drying, reduced moisture content by 2.5–7 times, leading to a concentration effect in nutrients. Total phenolic compounds increased by 0.30–1.21%, while flavonoid content increased by 0.5–1.4 times. Antioxidant activity, determined using the DPPH radical scavenging assay and expressed as Trolox equivalent, ranged from 156.58 to 161.27 mg TE/mL. The results indicated that drying did not significantly reduce antioxidant capacity and may contribute to improved stability of bioactive compounds. Chemical composition analysis showed increased carbohydrate content due to moisture reduction. Microbiological analysis confirmed the absence of detectable contamination in all samples. These findings suggest that watermelon rind can be utilized as a functional food ingredient for the development of value-added products.***

Keywords: ***fruit-processing by-product, rind powder, functional food, antioxidant activity, microbial safety***

I. INTRODUCTION

Watermelon (*Citrullus lanatus*) is widely cultivated in many regions of the world and is recognized as a valuable source of vitamins, dietary fiber, minerals, and biologically active compounds with antioxidant properties. In addition to its nutritional value, watermelon has been associated with several health-promoting effects, including cardiovascular protection, anti-inflammatory activity, and prevention of oxidative stress–related diseases [1], [2].

During industrial processing of watermelon for juice, jam, and fresh-cut products, large quantities of by-products such as rind and seeds are generated. These secondary raw materials can account for up to 30–40% of the total fruit mass and are often discarded as waste despite containing significant amounts of functional compounds such as phenolics, flavonoids, citrulline, and dietary fiber [3], [4]. The improper disposal of such agro-industrial residues contributes to environmental pollution and represents a loss of potentially valuable food resources.

Recent studies have demonstrated that watermelon rind possesses considerable antioxidant capacity and may serve as a promising raw material for the development of functional food products, dietary supplements, and natural additives [5], [6]. Furthermore, dehydration technologies such as hot-air drying and freeze-drying have been reported to enhance the stability and concentration of bioactive compounds by reducing moisture content and improving shelf life [7].

Despite increasing international interest in the utilization of fruit-processing by-products, limited research has been conducted on the biochemical composition and microbiological safety of watermelon rind grown in Mongolia. In particular, there is insufficient information regarding the preservation of biologically active compounds after processing and drying under local conditions.

Therefore, the objective of this study was to investigate the chemical composition, biologically active compounds, antioxidant activity, vitamin C content, and microbiological contamination of preparations produced from watermelon rind cultivated in Mongolia and to evaluate their potential application as a functional food raw material.

The objectives of this study were:

- To determine the chemical composition of watermelon rind
- To evaluate biologically active compounds and antioxidant activity
- To assess the effect of drying methods on nutrient retention
- To analyze microbiological safety of the prepared products

II. RESEARCH METHODOLOGY

Analyses and experiments were conducted at the Mongolian-Chinese Joint Molecular Biology Laboratory at the School of Food, Light Industry, and Design according to the following methods:

Table 1. Experimental Research Methods

#	Indicator	Method
1	Moisture	Gravimetric method [8]
2	Ash content	Gravimetric method [8]
3	Fat	Soxhlet method [8]
4	Carbohydrates	Bertrand method [9]
5	Fiber	Gravimetric method [8]
6	Protein	Kjeldahl method [8]
7	Total phenolic compounds	Folin–Ciocalteu standard method [10]
8	Flavonoids content	Barros' aluminum chloride method [11]
9	Antioxidant activity	Trolox equivalent method [12]

10	Vitamin C content	Titrimetric method [8]
11	Microbial contamination	Mold and yeast determination [13]
12	Total microbial count	Standard count method [13]
13	Coliform titer	Standard determination method [13]
14	Hot air drying	Hot air drying method [14]
15	Freeze-drying	Freeze-drying method [14]

To ensure the consumer acceptability, taste, and quality of the watermelon rind preparations, multiple experimental trials were conducted to develop the following technological solutions.

Technological Process

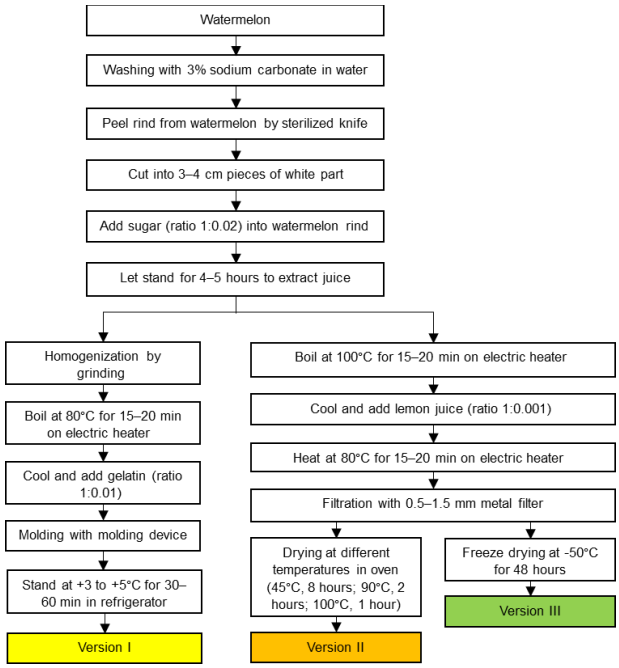


Figure 1. Process flowchart for producing watermelon rind preparations (Version I, II; III)

III. Results & Discussion

3.1 Biological Activity of Watermelon Rind

The analysis to determine the biologically active compounds was performed according to the described methodology, and the following results were obtained.

Table 2. Content of Biologically Active Compounds (n=4)

#	Sample Name	Total Phenolic Compounds, mg/ml	Total Flavonoids, µg/ml	Antioxidant Activity (mgTE/ml)	Vit C Content, mg%
1	Watermelon rind	15.35	4.94	157.04	0.54
2	Rind preparation Ver. I	15.65	5.48	156.58	0.54
3	Rind preparation Ver. II	16.57	6.36	161.27	0.62
4	Rind preparation Ver. III	16.56	6.35	160.89	0.62
5	Literature review [15]	1.11	4.18	98.81	-

The content of biologically active compounds in fresh watermelon rind and processed preparations is presented in Table 2. The results showed that total phenolic compounds ranged from 15.35 to 16.57 mg/ml, while flavonoid content varied between 4.94 and 6.36 µg/ml. Antioxidant activity was measured between 156.58 and 161.27 mgTE/ml, indicating that dehydration treatments did not significantly reduce antioxidant potential.

The slightly higher phenolic and flavonoid contents observed in preparations Version II and Version III may be associated with the addition of lemon juice during pretreatment, which can stabilize phenolic compounds and reduce oxidative degradation during processing. Similar findings have been reported in previous studies where acid pretreatment improved retention of antioxidant compounds in dried plant materials [7].

However, direct comparison with literature values should be interpreted with caution because differences in analytical methods, extraction solvents, reagent concentrations, sample-to-solvent ratios, and calibration standards can significantly influence the measured contents of phenolic compounds, flavonoids, and antioxidant activity. These results confirm that watermelon rind cultivated in Mongolia represents a promising source of natural antioxidants suitable for functional food applications.

Furthermore, the antioxidant activity remained stable after drying treatments, demonstrating that both hot-air drying and freeze-drying methods are suitable for preserving biologically active compounds in watermelon rind preparations.

3.2 Chemical Composition of Watermelon Rind

The chemical composition was determined in accordance with the specified methodology, and the results are presented below.

Table 3. Results of Chemical Composition Analysis (n=4)

	Moisture, %	Ash, %	Protein, %	Carbohydrates, %	Cellulose, %	Fat, %
Watermelon rind	46.26	1.58	17.05	33.08	0.68	1.35
Version I	18.26	1.12	12.25	43.87	24.23	0.27
Version II	7.16	0.98	8.75	75.5	5.93	1.7
Version III	6.04	0.96	8.75	74.58	6.25	1.68
Literature review [16]	-	2.55	17.11	50.5		1.05
Literature review [17]	7.3	-	16.8	50.5		-

The chemical composition analysis revealed significant differences between fresh watermelon rind and dried preparations due to moisture removal during

dehydration. Fresh rind samples contained 46.26% moisture, whereas the moisture content decreased to 6.04–18.26% in processed samples depending on the drying technique used.

As expected, the reduction in moisture content resulted in an apparent increase in carbohydrate concentration, which reached 75.5% in Version II preparations. This increase is primarily attributed to the concentration effect caused by water removal rather than actual carbohydrate synthesis. Similar trends have been reported in dehydrated fruit-processing by-products subjected to thermal drying treatments.

Protein content in fresh rind was measured at 17.05%, which is comparable to values reported in previous studies conducted on watermelon rind from Mediterranean regions [16], [17]. However, protein levels decreased in dried preparations, possibly due to structural modification or dilution effects associated with processing conditions.

The jelly-type preparation (Version I) retained higher moisture content compared with other samples, which explains its lower carbohydrate concentration and different compositional profile. In contrast, preparations produced using freeze-drying showed lower moisture levels and improved preservation of nutritional components, indicating the effectiveness of lyophilization in maintaining product quality.

Overall, the results demonstrate that dehydration significantly enhances the storage stability of watermelon rind while preserving its nutritional value, supporting its potential use as a functional ingredient in food product development.

3.3 Microbiological Contamination of Watermelon Rind

Microbiological analysis showed that total viable count, coliform bacteria, and yeast and mold contamination were not detected in either fresh watermelon rind or processed preparations. The absence of microbial contamination can be attributed to effective washing procedures, acid pretreatment, and moisture reduction during dehydration.

Low moisture content is a critical factor limiting microbial growth in dried plant materials, as most spoilage microorganisms require higher water activity for survival and proliferation. Therefore, the drying techniques applied in this study contributed significantly to improving microbiological safety and extending shelf life.

These findings indicate that watermelon rind preparations produced under controlled laboratory conditions meet essential microbiological safety requirements and can be considered suitable for further development as food-grade raw materials.

CONCLUSION

This study demonstrated that watermelon rind cultivated in Mongolia contains significant amounts of bioactive compounds and nutrients.

Drying treatments effectively reduced moisture content while preserving antioxidant properties and improving storage stability.

Microbiological safety was confirmed under laboratory conditions. Therefore, watermelon rind represents a promising raw material for the development of functional food products.

REFERENCES

[1] P. M. Tarazona-Díaz, J. Viegas and M. Moldão-Martins, "Bioactive compounds from watermelon," *Journal of Agricultural and Food Chemistry,* vol. 59, no. 15, pp. 7941-7948, 2011.

[2] A. M. Perkins-Veazie and P. M. Rimando, "Determination of citrulline in watermelon rind,," *Journal of Chromatography A,* vol. 1078, no. 1-2, pp. 196-200, 2005.

[3] FAO, "Food Loss and Waste and the Role of By-products in Sustainable Food Systems," Food and Agriculture Organization, Rome, 2019.

[4] D. S. Sogi, M. Siddiq and et al., "Antioxidant properties of watermelon rind powder extracts," *Food Chemistry,* vol. 134, no. 2, pp. 1267-1274, 2015.

[5] N. Antova and G. Petkova, "Proximate composition of watermelon rind and melon peel," *Food Science and Technology,* vol. 3, no. 3, pp. 27-32, 2015.

[6] N. Tlili and et al., "Bioactive compounds and antioxidant activity of different watermelon parts," *Food Chemistry,* vol. 125, no. 2, pp. 548-553, 2011.

[7] K. Şahin and S. Ergün, "Effects of drying methods on bioactive compounds of fruits and vegetables," *Journal of Food Processing and Preservation,* vol. 42, no. 1, 2018.

[8] AOAC, Official Methods of Analysis, 21 ed., Washington, DC: Association of Official Analytical Chemists, 2019.

[9] S. Ranganna, Handbook of Analysis and Quality Control for Fruit and Vegetable Products, 2 ed., New Delhi: Tata McGraw-Hill, 1986.

[10] V. L. Singleton , R. Orthofer and R. M. Lamuela-Raventós, "Analysis of total phenols using Folin–Ciocalteu reagent," *Methods in Enzymology,* vol. 299, pp. 152-178, 1999.

[11] L. Barros and et al., "Determination of flavonoid content by aluminum chloride method," *Food Chemistry,* vol. 110, no. 3, pp. 611-617, 2008.

[12] R. Roberta, P. Nicoletta, P. Anna and et al., "Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay," *Free Radical Biology and Medicine,* vol. 26, no. 9-10, pp. 1231-1237, 1999.

[13] S. Delgermaa, K. Munkhzaya and et al., Methods of Food Anallysis, Ulaanbaatar: Almaz PRESS, 2022.

[14] M. Ratti, "Hot air and freeze-drying of high-value foods: A review," *Journal of Food Engineering,* vol. 49, no. 4, pp. 311-319, 2001.

[15] A. Usama, El-Behairy and et al., "El-Gammal American-Eurasiam," *J.Agric, & Environ,* vol. 22, no. 3, pp. 119-125, 2022.

[16] D. A. Méndez, M. J. Fabra, L. Gómez-Mascaraque and et al., "Modelling the Extraction of Pectin towards the Valorisation of Watermelon Rind Waste," *Foods,* vol. 10, no. 4, p. 738, 2021.

[17] A. Mohan, S. Shanmugam and V. Nithyalak, "Comparison of the Nutritional, Physico-chemical and Anti-nutrient Properties

of Freeze and Hot air Dried Watermelon (Citrullus lanatus) rind," *BIOSCIENCES BIOTECHNOLOGY RESEARCH ASIA,* vol. 13, no. 2, pp. 1113-1119, 2016.

[18] J. B. Harborne, "Determination of flavonoid content by aluminum chloride method," *Food Chemistry,* vol. 110, no. 3, pp. 611-617, 2008.

STUDY OF GOLD GRAINS FROM A GOLD OCCURRENCE HOSTED IN MIDDLE DEVONIAN SEDIMENTARY ROCKS

Purevjav NARANTUYA[1]

[1]Department of Mining Technology, School of Geology & Mining Engineering, MUST, Ulaanbaatar, Mongolia

Corresponding author-email: pnarantuya@must.edu.mn

Abstract: **This study investigates the morphology, size distribution, and degree of roundness of gold grains from a gold occurrence hosted in Middle Devonian sedimentary rocks in the Sudut area, Bat-Ulziit soum, Uvurkhangai Province, Mongolia. A total of 30 samples were collected from four different locations within the study area. Gold grains were classified into size fractions of 3–2 mm, 2–1 mm, 1–0.5 mm, 0.5–0.25 mm, and <0.25 mm, and their weights and proportions were determined. Grain morphology was examined using an MBS-9 stereoscopic microscope. The results indicate that gold grains in the 0.5–2 mm size range are dominant, particularly the 1–0.5 mm and 3–2 mm fractions, whereas grains smaller than 0.25 mm are rare. Morphologically, flattened and folded grains predominate, while irregular and rough-surfaced grains also occur. The majority (70–80%) of the grains are moderately to poorly rounded, indicating limited transport distance. Quartz was identified as the only mineral associated with gold grains, suggesting that the source of the placer gold is likely related to quartz veins. These findings demonstrate that gold grain morphology is an important indicator for identifying primary sources, and further systematic investigation over a wider area is required.**

Key word: sedimentary rock, grain analysis, gold grains, grain morphology

I. INTRODUCTION

The study area is located in Bat-Ulziit soum, Uvurkhangai Province, Mongolia, approximately 4.5 km east to southeast (80–85° azimuths) of the Sudut mining site, along the northeastern bank of the Sudut River. Previous studies have indicated that the gold occurrence in this area is not well expressed at the surface but may be present at depth [1-3]. Therefore, it is necessary to investigate the geological characteristics, morphology, size, and roundness of gold grains in order to better understand the source and distribution of placer gold

II. GEOLOGICAL SETTING

The study area is underlain by the Middle Devonian (D_2er) Erdenetsogt Formation, composed mainly of dark grey sandstone and siltstone that have undergone deformation and partial schistosity due to compressional stress. Petrographic studies indicate the presence of quartz-altered and metasomatized ash tuff (peplovyi tuff) [4, 5, 6]. The sedimentary sequence formed in a deep marine environment and consists predominantly of dark green sandstone and siltstone, with interlayers of conglomerate, jasper, and tuffaceous andesite ranging from 0.5 to 10 m in thickness [5]. Geological cross-sections reveal the occurrence of greenish-grey sandstone, siltstone, and siliceous shale in the Chandagat area (*figure - 1*). The formation thickness ranges from 570 to 627m. Petrographic observations show the presence of andesite, sandstone, greywacke, tuff, microdiorite, quartzite, and quartz-sericite schist. These rocks are characterized by varying mineral compositions, including plagioclase, quartz, biotite, chlorite, epidote, and accessory minerals such as magnetite, apatite, zircon, and pyrite [7].

Quaternary ($Q_{III–IV}$) unconsolidated sediments are widely distributed in the study area, particularly along river valleys and slopes. These deposits consist of alluvial sand, clay, and gravel and host placer gold mineralization. A typical stratigraphic section includes soil, gravel layers, clay-rich horizons, and a productive gold-bearing horizon with a total thickness of approximately 8m.

III. METHODOLOGY

Gold grain analysis was conducted using an MBS-9 stereoscopic microscope, which allows 3-dimensional observation at magnifications ranging from 3× to 100× and is suitable for manual grain handling. This instrument is widely used in geological studies for analyzing grain morphology and surface characteristics [7]. Grain size distribution was determined using sieve fractions of 3–2 mm, 2–1 mm, 1–0.5 mm, 0.5–0.25 mm, and <0.25 mm. The weight and relative proportion of each fraction were calculated. Representative daily samples (3g) were collected from active mining operations. Gold grains were separated, classified by morphology, & their weights and proportions were determined and collected of 30 samples from four different locations were analyzed.

IV. RESULTS

The grain size distribution of gold is presented in *table 1.* The results show that grains in the 0.5–2 mm size range dominate, particularly the 1–0.5 mm & 3–2 mm fractions, while grains smaller than 0.25mm are present in minor amounts.

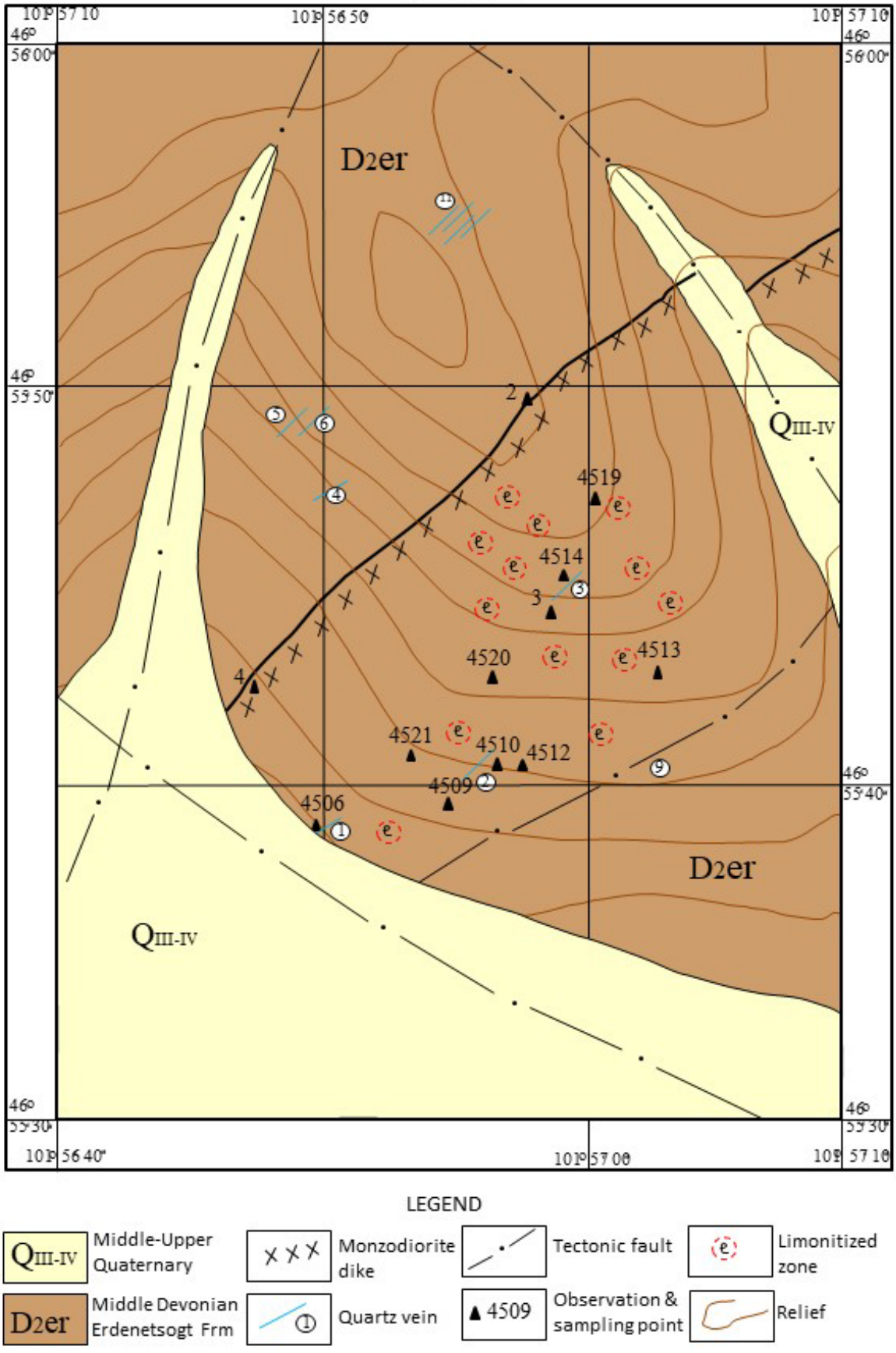


Figure - 1. Geological map of the study area, scale 1:5000, G. Ukhnaa, P.Narantuya & U.Enkhtaivan, 2007

SIZE AND WEIGHT DISTRIBUTION OF GOLD GRAINS

TABLE - 1

No	Sample ID	Total gold weigh t (mg)	Sieve size (mm)	Grain weight (mg)	(%)
Area 1	4, 5, 7, 9, 11, 13, 16, 18, 23, 27	17,95 9,417	3–2	6,438,624	35.85
			2–1	3,548,135	19.75
			1–0.5	4,943,252	25.52
			0.5–0.25	1,794,953	9.99
			<0.25	0,229,039	1.27
Area 2	3, 6, 8, 14, 15, 17, 22, 24, 30	12,11 2,045	3–2	4,514,158	7.26
			2–1	1,849,046	15.26
			1–0.5	3,542,072	29.24
			0.5–0.25	1,738,021	14.34
			<0.25	0,302,002	2.49
Area 3	21, 25, 29	4,497 ,095	3–2	1,518,004	33.75
			2–1	0,981,076	21.81
			1–0.5	1,517,037	33.73
			0.5–0.25	0,375,048	8.33
			<0.25	0,105,067	2.33
Area 4	1, 2, 10, 12, 19, 20, 26, 28	6,968 ,504	3–2	1,552,282	22.27
			2–1	1,252,096	17.96
			1–0.5	2,530,099	36.3
			0.5–0.25	1,483,009	21.28
			<0.25	0,149,013	2.13

This indicates a relatively uniform distribution with dominance of medium-sized grains. Morphological analysis (*table - 2*) indicates that flattened and folded gold grains are predominant across all sampled locations. The degree of roundness shows little variation, with approximately 70–80% of grains classified as moderately to poorly rounded, while the remainders are well rounded. Although flattened grains are dominant, the combined proportion of irregular, rough-surfaced, and poorly rounded grains is relatively high. This suggests that the placer gold has not been transported over long distances. The combined results of grain size and morphology distributions are presented in *table 3, 4*, *& figure - 3*.

GRAIN SIZE AND MORPHOLOGY OF PLACER GOLD

TABLE - 3, 4

Total gold weight (mg)	Sieve size (mm)	Grain weight (mg)	(%)
42, 124, 744	3–2	13 959 105	33.15
	2–1	07 968 011	18.9
	1–0.5	12 534 062	29.77
	0.5–0.25	04 317 075	10.25
	<0.25	0 813 014	1.95

Total gold weight (mg)	Grain morphology	Grain weight (mg)	(%)
90 000	Flattened	22.6	25.11
	Folded	19.5	21.66
	Platy	6.75	7.5
	Rough-surfaced	10.35	11.5
	Irregular	11.7	13
	Ragged-edged	9.75	10.83
	Porous	4.8	5.33
	Dendritic	1.95	2.16
	Droplet-like	0.3	0.33

MORPHOLOGY & SIZE DISTRIBUTION OF GOLD GRAINS

TABLE - 2

No	Sample ID	Total gold weight (mg)	Grain morphology	Grain weigh t (mg)	(%)
Area 1	4, 5, 7, 9, 11, 13, 16, 18, 23, 27	30 000	Flattened	9 300	31
			Folded	6 300	21
			Platy	1 800	6
			Rough-surfaced	2 700	10
			Irregular	3 300	11
			Ragged-edged	3 150	10.5
			Porous	1 650	5.5
			Dendritic	1 350	4.5
			Droplet-like	0 300	1
Area 2	3, 6, 8, 14, 15, 17, 22, 24, 30	27 000	Flattened	5 650	20.92
			Folded	5 100	18.8
			Platy	1 950	7.22
			Rough-surfaced	4 350	16.11
			Irregular	4 350	16.11
			Ragged-edged	3 450	12.77
			Porous	1 350	5
			Dendritic	1 050	3.88
			Droplet-like	0	0
Area 3	21, 25, 29	9 000	Flattened	1 500	16.66
			Folded	2 100	23.3
			Platy	0 450	5
			Rough-surfaced	1 050	11.66
			Irregular	1 500	16.66
			Ragged-edged	0 900	10
			Porous	0 450	5
			Dendritic	0 600	6.66
			Droplet-like	0	0
Area 4	1, 2, 10, 12, 19, 20, 26, 28	24 000	Flattened	6 150	25.62
			Folded	6 000	6
			Platy	2 550	10.62
			Rough-surfaced	2 550	9.37
			Irregular	2 550	9.37
			Ragged-edged	2 550	9.37
			Porous	1 350	5.62
			Dendritic	0	0
			Droplet-like	0	0

DISCUSSION

Mineral inclusions associated with gold grains are rare, and only quartz was observed, suggesting that the source of placer gold is likely related to quartz veins [4]. Gold grain morphology and roundness are widely used as indicators of transport distance and source location [7,8]. The predominance of poorly rounded and irregular grains observed in this study indicates that the gold has not been transported over long distances. The four sampled locations are closely spaced and represent only a limited portion of the deposit. As a result, no significant variation in grain morphology, size, or roundness was observed, suggesting relatively uniform characteristics across the study area.

However, these results may not fully represent the entire deposit. Further systematic investigation over a broader area is required to better constrain the origin and distribution of the placer gold.

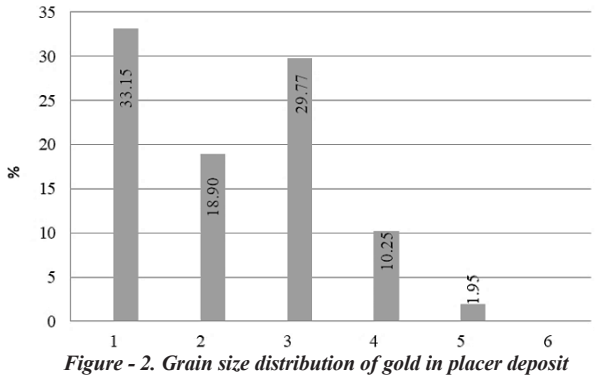


Figure - 2. Grain size distribution of gold in placer deposit

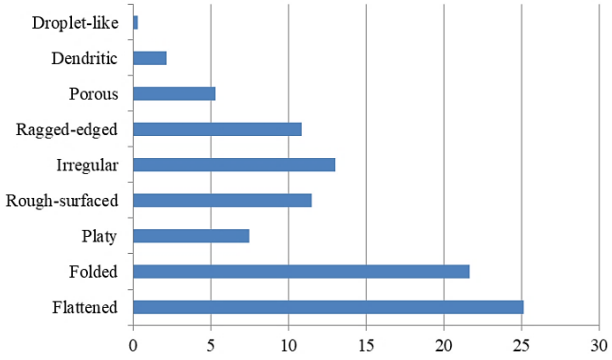


Figure - 3. Morphology distribution

CONCLUSION

1. The morphology, size, and roundness of gold grains are important indicators for identifying the primary source of placer gold deposits.

2. Systematic and detailed study of gold grains in active placer mining areas can be effectively applied to similar geological settings in Mongolia.

REREFENCES

[1] Ch. Tumurchudur, et al. Report on 1:50,000 Scale Geological Mapping and Exploration in the Upper Orkhon River Area. Ulaanbaatar, 1997.

[2] G. Ukhnaa, S. Jargalan, P. Narantuya, P. Batkhuyag,, Report on Gold Primary Deposit Exploration in the Eastern Sudut Area. Ulaanbaatar, 2005.

[3] G. Ukhnaa, S. Jargalan S. Dandar, P. Narantuya, Results of Geochemical Investigation in a Mineralized Area. Ulaanbaatar, 2005.

[4] G. Ukhnaa, S. Dandar, P. Narantuya, Report on Gold Exploration Work in the Sudut Area (2005). Ulaanbaatar, 2006.

[5] G. Ukhnaa, P. Narantuya, U. Enkhtaivan, Exploration Work in the Eastern Sudut, Suman Khad, and Taats River Areas. Ulaanbaatar, 2007.

[6] A. A. Shimaniskii, G. Ukhnaa, Application of Mathe matical Methods in Geological Research. Ulaanbaatar, 2004.

[7] R. J. Chapman, J. K. Mortensen, Styles of placer gold and interpretation of gold grain morphology.

Economic Geology, 2000.

[8] J. H. Youngson, D. Craw, Gold nugget morphology and fluvial transport. Sedimentary Geology, 1999.

МОНГОЛЫН ХӨРӨНГИЙН ЗАХ ЗЭЭЛД КЛАСТЕР ШИНЖИЛГЭЭ АШИГЛАН ХУВЬЦААНЫ АНГИЛАЛ ХИЙХ НЬ

Gao ZHIREN[1], Доржийн НЯМСҮРЭН[2], Гэрэлтбямбын БАТЦЭЦЭГ[3], Тэрбишийн ГЭРЭЛТУЯА[4]

[1,2,3,4] Монгол Улс, Улаанбаатар, ШУТИС, Хэрэглээний шинжлэх ухааны сургууль, Математикийн тэнхим

[2]Монгол Улс, Улаанбаатар

Холбоо барих зохиогчийн и-мэйл хаяг: donyam@must.edu.mn[2]

Хураангуй: **Энэхүү судалгааны ажилд Монголын хөрөнгийн зах зээлийн хувьцаануудыг өгөгдөлд суурилсан аргаар ангилах зорилго тавьсан. Судалгаанд Монголын Хөрөнгийн Биржид бүртгэлтэй топ 20 аж ахуйн нэгжийн өгөөж, хазайлт болон санхүүгийн үзүүлэлтүүдийг ашигласан. Өгөгдлийг стандартчилж, хэмжээсийг бууруулах зорилгоор Principal Component Analysis (PCA)-г хэрэглэн, дараа нь Cluster Analysis-ын K-means, Silhouette score, Elbow арга алгоритмыг ашиглан харьцуулалт хийж бүлэглэв. Судалгааны үр дүнд хувьцаануудыг эрсдэлийн түвшин, өгөөжийн онцлогоор 3 үндсэн бүлэгт ангилж болох нь тогтоогдсон. Энэхүү ангилал нь хөрөнгө оруулагчдад портфелийн оновчлол хийх, эрсдэлийг удирдах шийдвэр гаргалтад ашиглагдах бүрэн боломжтой.**

Түлхүүр үг: Хувьцааны ангилал, PCA арга, хувьцааны өгөгдөл, эрсдэл, өгөөж, K-means, Silhouette score, Elbow арга

I. УДИРТГАЛ

Сүүлийн жилүүдэд Монголын санхүүгийн зах зээл эрчимтэй хөгжиж, Монголын хөрөнгийн биржийн үйл ажиллагаа идэвхжиж, хөрөнгө оруулагчдын тоо өдрөөс өдөрт нэмэгдэж байна. Санхүү, даатгалын зах зээлд оролцогч байгууллага, хувь хүний үйл хөдлөлийг оновчтой төлөвлөхөд Монголын хөрөнгийн зах зээлийн бүтэц, хувьцаануудын хоорондын ялгаа, эрсдэлийн ангилал зэрэг асуудлуудыг судлах нь нэн чухал асуудал болж байна.

Санхүүгийн зах зээлийн уламжлалт шинжилгээний аргууд нь хувьцааг нэг бүрчлэн үнэлэхэд төвлөрдөг бол орчин үеийн олон улсад хүлээн зөвшөөрөгдсөн Machine Learning-ийн аргууд нь өгөгдлөөс нуугдмал бүтэц, хэв шинжийг илрүүлэх боломжийг олгодог. Ийм аргуудын нэг нь кластер шинжилгээ бөгөөд энэ нь ижил төстэй шинж чанар бүхий хувьцаануудыг бүлэглэх замаар зах зээлийн дотоод бүтэц, сегментүүдийг тодорхойлох боломжийг бүрдүүлдэг.

Энэхүү судалгааны зорилго нь Монголын хөрөнгийн зах зээлийн өгөгдөлд кластер шинжилгээ ашиглан хувьцаануудыг ангилж, тэдгээрийн эрсдэл ба өгөөжийн онцлогийг тодорхойлох явдал юм.

II. СУДЛАГДСАН БАЙДАЛ

Санхүүгий зах зээлийн өгөгдөлд кластер шинжилгээ ашиглах нь олон улсын судалгаанд өргөн хэрэглэгддэг. Судлаачид хувьцааны өгөөж, савлагаа, корреляц зэрэг үзүүлэлтүүд дээр үндэслэн зах зээлийг сегментчилдэг.

Хувьцааг ангилахгүйгээр оновчтой багц үүсгэх чиглэлээр олон судалгааны ажлууд хийгдсэн байдаг.

Хувьцааны ангилал хийж багц сонгох янз бүрийн аргууд байдаг ч бараг бүх аргууд хувьцааны өгөөж дээр үндэслэсэн хийдэг. (тухайлбал Паттарин нар (2004), Нанда нар. (2010), Де Лука ба Зукколотто (2015), Д'урсо нар. (2016)) Мөн Yogas Eka Putra нар (2020) хувьцааны үнийн өгөгдлөөс түүвэр авч, өгөгдлийн хэмжээсийг бууруулах аргыг санал болгосон бөгөөд тэд B-spline ашиглан интерполяцийн муруй байгуулж график дүрслэлийг илүү тодоор харуулсан байдаг.

Бид энэ ажилдаа K-means, Silhouette score, Elbow арга алгоритмыг ашиглан хувьцааны бүлэглэл хийж, PCA ашиглан өгөгдлийн хэмжээсийг бууруулж, кластерчлалын үр дүнг илүү сайжруулахыг зорьсон.

Ихэнх судлаачдын судалгаанууд нь өндөр хөгжилтэй зах зээлүүд дээр төвлөрсөн байдаг бол Монголын хөрөнгийн зах зээлийн хувьд хувьцааны ангилал хийсэн судалгаа харьцангуй цөөн байдаг. Иймд энэ чиглэлийн судалгаанд тодорхой хувь нэмэр оруулах зорилгоор энэхүү ажил хийгдсэн.

III. АРГА ЗҮЙ

Өгөгдөл-Судалгаанд Монголын хөрөнгийн биржид бүртгэлтэй топ 20 аж ахуйн нэгжийн 2020-2025 онуудын хувьцааны ханшийн санхүүгийн хөрөнгийн бүтцийн харьцаа (ROE. ROA), сарын өгөөж, стандарт хазайлт, арилжааны хэмжээ, үйл ажиллагааны орлого, ашиг зэрэг хувьсагчуудыг сонгох.

Өгөгдөл боловсруулах: Бүртгэгдээгүй өгөгдлүүдийг нөхөх, алдаатай утгуудыг цэвэрлэх, өгөгдлийг стандартчилах

Хэмжээс бууруулах: Өгөгдлийн олон хэмжээст байдлыг (үзүүлэлтүүдийг) багасгах зорилгоор Principal Component Analysis (PCA) ашиглах

Кластерчлал: K means, Silhouette score, Elbow арга алгоритм ашиглан хувьцаанууудыг ангилах

Зураг дүрслэл: K means алгоритмын кодыг Python хэлний орчинд бичиж, үр дүнг харуулах

- Дугаарласан тэмдэглэгээг монгол хэлний өгүүлбэрийн үгсийн дараалаар бичнэ. Хүснэгт-1, томьёо-5, зураг -13 гэж бичихгүй. Монгол хэлний өгүүлбэрийн дарааллын дагуу *1-Р ХҮСНЭГТ*, ***13-р зураг*** гэж бичих.

IV. PCA ШИНЖИЛГЭЭ

PCA нь нь ковариацын матриц дээр тулгуурлан шинжилгээ хийдэг арга юм. Бид Монголын хөрөнгийн биржид бүртгэлтэй топ 20 аж ахуйн нэгжийн 2020-2025 онуудын хувьцааны өдрийн хаалтын ханшийн өгөгдлийг ашиглан дараах алхамтайгаар шинжилгээ хийлээ.

Алхам 1. Бүх өгөгдлөө стандартчилах.

$$Z = \frac{x - \mu}{\sigma}$$

Үр дүнд нь өгөгдлийг 0 дундаж, 1 стандарт хазаалттай хэвийн тархалт руу шилжүүлэх

Алхам 2. Ковариацын матрицыг байгуулсан

Аль хувьсагч хоорондоо хэр хамааралтайг тодорхойлох.

Алхам 3. Матрицын хувийн утга, хувийн векторуудыг олох. Энэ нь PCA аргын хамгийн чухал хэсэг нь юм.

Алхам 4. Хувийн утгуудыг эрэмбэлэх

Хувийн утга өндөр байгаа нь ач холбогдол өндөртэй хувьсагч болно.

Алхам 5. Хувьсагчуудын хувийн утгын нийлбэрийг бодох. Ингэснээр сонгосон хувьсагчуудын тоог багасгах боломжтой.

Алхам 6. Хувьсагчуудыг сонгох. Сонгох хэд хэдэн арга байдаг. Тухайлбал хуримтлагдсан хазайлт (cumulative variance) ≥ 80%, scree plot аргууд гэх мэт.

Алхам 7. Шинэ өгөгдөл үүсгэх

$$Z_{new} = XW$$

Алхам 8. Шинэ хувьсагчуудын утгыг тайлбарлах

Тухайлбал:

PC1-Гүйцэтгэх хүчин зүйлс:

Өгөөж(+)

ROE-Return on Equity-Хөрөнгийн өөрийн өгөөж(+)

ROA-Return on Assets-Нийт хөрөнгийн өгөөж(+)

PC2- Эрсдлийн хүчин зүйл:

Савалгаа(хазайлт) (+)

Beta-зах зээлтэй харьцуулах эрсдэл (+)

(Beta=1 бол зах зээлтэй адил, >1 бол илүү савалгаатай, <1 бол тогтвортой)

PC3- Үнэлгээ ба хэмжээний хүчин зүйл:

Арилжааны хэмжээ(+)

Зах зээлийн үнэлгээ(+)

(Мөн P/E Ratio-Price-to-earnings Үнэ/Ашиг

P/B Ratio-Price-to-Book-Үнэ/Балансын үнэ

Divident-Ноогдол ашиг зэрэг хувьсагчдыг тооцож болно.)

Алхам 9. Дүрслэл (PC1 vs PC2 график) Тоон туршилтын үр дүнг боловсруулах кодыг Python хэл дээр бичих, график дүрслэлийг гарган авах.

Алхам 10. PCA+кластер хийх

1. PCA (хувьсагчийн тоо сонгох.)

2. K means арга, Silhouette score, Elbow арга гэх мэт

2. K means, Silhouette score, Elbow аргуудыг хослуулан хувьцааг ангилах

K means арга нь бүлэг бүрийн төвийг тодорхойлж, хамгийн ойр байгаа өгөгдлийг тухайн бүлэгт онооно.

C_i-i-р кластер, μ_i-кластерийн төв

$$min \sum_{i=1}^{K} \sum_{x \epsilon C_i} ||x - \mu_i||^2$$

Elbow арга нь Within-cluster sum of squares (WCSS) оноог дараах аргаар тооцож elbow буюу тохой үүсгэх утгыг олдог. K өсөх тусам WCSS утга буурах бөгөөд тохой хэлбэрийн нугаралт үүсэх утга нь тохиромжтой кламтерийн тоо болно.

$$WCSS = \sum ||x - \mu||^2$$

Silhouette score арга нь кластерийн чанарыг хэмжих дараах үзүүлэлтийг тооцдог.

$$S = \frac{b - a}{\max(a, b)}$$

a нь өөрийн кластер доторх дундаж зай, b нь хамгийн ойр байрлах өөр кластер хүртэлх зай юм. S нь 1-д ойр бол сайн кластер, 0 орчим бол давхцсан, -1-д ойр бол буруу ангилсан болохыг тодорхойлно.

Иймд бид Elbow аргаар ойролцоогоор кластерийн тоогоо олж, Silhouette score аргаар кластерийн тоог хамгийн зөв болохыг баталгаажуулж, K means аргаар кластерийн тоог эцсийн байдлаар өгч судалгааг хийсэн.

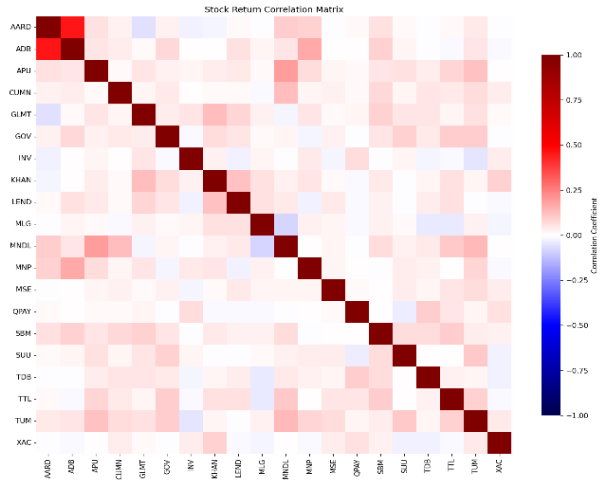
V. ТООН ТУРШИЛТ

Бид сонгосон 20 хувьцааны стандартчилсан ханшийн өдрийн өгөөжийг тооцож, корреляцийн матрицыг хүснэгт 1-д, график дүрслэлийг зураг 1-д харуулав. Эндээс аль аль компаниуд хүчтэй, сул хамааралтай байгаа нт тодорхой харагдаж байна.

КОРРЕЛЯЦИЙН МАТРИЦ

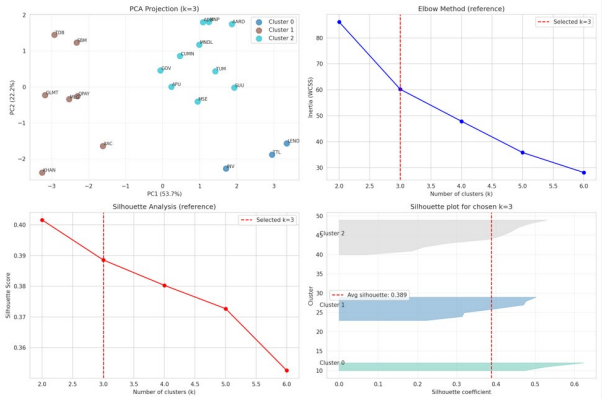
1-Р ХҮСНЭГТ

	AARD	ADB	APU	CUMN	GLMT	GOV	INV	KHAN	LEND	MLG	MNDL	MNP	MSE	QPAY	SBM	SUU	TDB	TTL	TUM	XAC
AARD	1.00	0.46	0.06	0.03	-0.06	0.03	-0.03	-0.02	0.01	0.00	0.10	0.09	0.00	0.01	0.06	0.01	-0.01	0.01	0.04	0.00
ADB	0.46	1.00	0.05	0.04	0.01	0.07	0.01	0.00	0.06	0.02	0.05	0.17	0.00	0.01	0.09	0.02	0.00	-0.01	0.05	-0.01
APU	0.06	0.05	1.00	0.01	0.05	0.03	0.02	0.04	0.04	0.01	0.19	0.06	0.02	0.01	0.05	0.06	0.03	0.09	0.12	0.00
CUMN	0.03	0.04	0.01	1.00	0.02	0.05	0.01	0.01	0.01	-0.01	0.13	0.02	0.03	0.01	0.08	0.02	0.05	0.04	0.07	0.04
GLMT	-0.06	0.01	0.05	0.02	1.00	0.03	0.05	0.13	0.08	0.03	-0.02	0.05	0.01	0.02	0.09	0.05	0.05	0.02	0.05	0.01
GOV	0.03	0.07	0.03	0.05	0.03	1.00	-0.01	0.07	0.05	0.01	0.02	-0.02	0.02	0.00	0.05	0.09	0.05	0.10	0.10	-0.01
INV	-0.03	0.01	0.02	0.01	0.05	-0.01	1.00	0.02	-0.02	0.02	0.00	0.04	-0.02	0.07	0.00	0.02	-0.02	-0.01	-0.05	0.04
KHAN	-0.02	0.00	0.04	0.01	0.13	0.07	0.02	1.00	0.12	0.06	0.03	0.05	0.01	-0.01	0.04	0.00	0.02	0.06	0.02	0.09
LEND	0.01	0.06	0.04	0.01	0.08	0.05	-0.02	0.12	1.00	0.06	0.05	-0.03	0.04	-0.01	0.03	0.00	0.04	0.06	0.00	-0.01
MLG	0.00	0.02	0.01	-0.01	0.03	0.01	0.02	0.06	0.06	1.00	-0.08	0.03	0.02	-0.01	0.03	0.01	-0.04	-0.05	0.03	-0.02
MNDL	0.10	0.05	0.19	0.13	-0.02	0.02	0.00	0.03	0.05	-0.08	1.00	0.00	0.02	0.00	0.07	0.03	0.04	0.10	0.14	0.01
MNP	0.09	0.17	0.06	0.02	0.05	-0.02	0.04	0.05	-0.03	0.03	0.00	1.00	0.02	0.01	-0.01	0.04	0.02	0.00	0.08	-0.02
MSE	0.00	0.00	0.02	0.03	0.01	0.02	-0.02	0.01	0.04	0.02	0.02	0.02	1.00	0.01	0.01	0.04	0.02	0.05	0.06	0.04
QPAY	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.00	0.07	-0.01	-0.01	-0.01	0.00	0.01	0.01	1.00	0.00	-0.03	0.09	0.05	0.02	0.06
SBM	0.06	0.09	0.05	0.08	0.09	0.05	0.00	0.04	0.03	0.03	0.07	-0.01	0.01	0.00	1.00	0.06	0.07	0.10	0.04	0.03
SUU	0.01	0.02	0.06	0.02	0.05	0.09	0.02	0.00	0.00	0.01	0.03	0.04	0.04	-0.03	0.06	1.00	0.00	0.00	0.10	-0.03
TDB	-0.01	0.00	0.03	0.05	0.05	0.05	-0.02	0.02	0.04	-0.04	0.04	0.02	0.02	0.09	0.07	0.00	1.00	0.03	0.02	-0.03
TTL	0.01	-0.01	0.09	0.04	0.02	0.10	-0.01	0.06	0.06	-0.05	0.10	0.00	0.05	0.05	0.10	0.00	0.03	1.00	0.09	-0.01
TUM	0.04	0.05	0.12	0.07	0.05	0.10	-0.05	0.02	0.00	0.03	0.14	0.08	0.06	0.02	0.04	0.10	0.02	0.09	1.00	0.05
XAC	0.00	-0.01	0.00	0.04	0.01	-0.01	0.04	0.09	-0.01	-0.02	0.01	-0.02	0.04	0.06	0.03	-0.03	-0.03	-0.01	0.05	1.00



1-р зураг. Корреляцийн тархалтын зураглал

PCA шинжилгээ хийж, кластерийн тоог Elbow, Silhouette, k means аргаар тооцов. Санхүүгийн өгөгдлийн хувьд Elbow арга нь 3-5 кластерийг санал болгодог бөгөөд бидний судалгааны өгөгдлийн хувьд ч энэ тоотой тохирч k=3 гэж гарсан. Үр дүнгээ Silhouette оноогоор баталгаажуулж, цаашид хийх судалгаандаа 3 кластер сонгон k-means аргыг ашигласан. Гарсан үр дүнг 2-р зурагт үзүүлэв.



2-р зураг. Кластерын тоо, кластер үүссэн байдал

Компани тус бүрийн хувьсагчуудын тоон үзүүлэлтийг тооцож кластеруудыг хэрхэн үүсгэснийг 2-р хүснэгтэд үзүүлэв. Үүссэн 3 кластерт 3, 7, 10 ширхэг компани тус тус багтсан байна. Мөн эдгээр хувьсагчуудын стандарт хазайлтуудыг тооцож үзсэн.

КЛАСТЕР ҮҮСГЭСЭН БАЙДАЛ

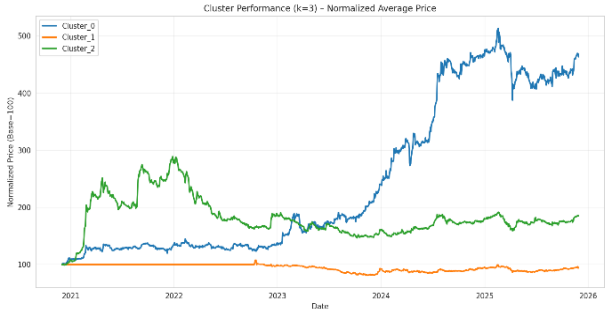
2-Р ХҮСНЭГТ

	mean_retu	volatilit	sharpe_rati	skewness	kurtosis	max_drawdown	positive_ratio	stability	cluster	PC1	PC2
AARD	0.26	0.47	0.54	2.06	9.71	0.81	0.39	0.3	2	1.9	1.8
ADB	0.16	0.43	0.37	1.81	10.1	0.75	0.45	0.2	2	1.1	1.8
APU	0.13	0.25	0.54	3.43	38.3	0.53	0.45	0.3	2	0.2	0
CUMN	0.15	0.42	0.37	1.05	7.62	0.56	0.37	0.3	2	0.5	0.9
GLMT	-0.01	0.2	-0.05	-0.37	36.7	0.38	0.25	-0	1	-3	-0.2
GOV	0.09	0.34	0.28	0.69	9.85	0.46	0.48	0.2	2	-0	0.5
INV	0.27	0.36	0.76	0.33	7.06	0.24	0.45	1.1	0	1.7	-2.3
KHAN	0.06	0.17	0.33	0.3	82.4	0.22	0.22	0.3	1	-3	-2.4
LEND	0.45	0.41	1.08	1.21	6.29	0.45	0.49	1	0	3.4	-1.6
MLG	0.02	0.28	0.06	0.03	15.4	0.24	0.18	0.1	1	-3	-0.3
MNDL	0.17	0.44	0.38	0.63	6.79	0.63	0.48	0.3	2	1	1.2
MNP	0.19	0.55	0.35	0.8	5.42	0.71	0.38	0.3	2	1.3	1.8
MSE	0.27	0.35	0.78	1.46	16.5	0.55	0.28	0.5	2	0.9	-0.4
QPAY	0.04	0.26	0.14	0.3	20	0.34	0.17	0.1	1	-2	-0.3
SBM	-0.03	0.3	-0.1	0.35	30.2	0.59	0.28	-0.1	1	-2	1.2
SUU	0.31	0.41	0.76	0.85	7.86	0.59	0.45	0.5	2	1.9	-0
TDB	-0.06	0.3	-0.22	0.23	16.7	0.54	0.16	-0.1	1	-3	1.5
TTL	0.43	0.43	1	0.37	10.6	0.41	0.48	1	0	3	-1.9
TUM	0.23	0.36	0.64	1.13	9.29	0.63	0.48	0.4	2	1.4	0.4
XAC	0.07	0.16	0.46	1.49	19.6	0.19	0.22	0.4	1	-2	-1.6

Кластер тус бүрийн стандартчилсан дундаж ханшийн ажиглалтын хугацаан дах түүхэн чиг хандлагыг 3-р зурагт, үзүүлэлтүүдийн дундажийн зураглалыг 4-р зурагт тус тус харуулав. Өдрийн дундаж ханшийн хувьд өндөр, дундаж, доогуур гэсэн 3 хэсэгт хуваагдаж байна.

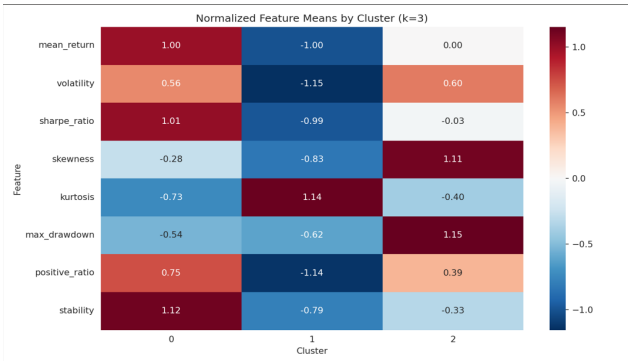
PCA, Elbow, Silhouette болон K means clustering шинжилгээний үр дүнд үүсгэсэн 3 кластерын хувьд дараах онцлогуудтай байна. Үүнд:

1. эрсдэл багатай хувьцаанууд
2. өндөр өсөлттэй хувьцаанууд
3. тогтвортой ноогдол ашигтай хувьцаанууд



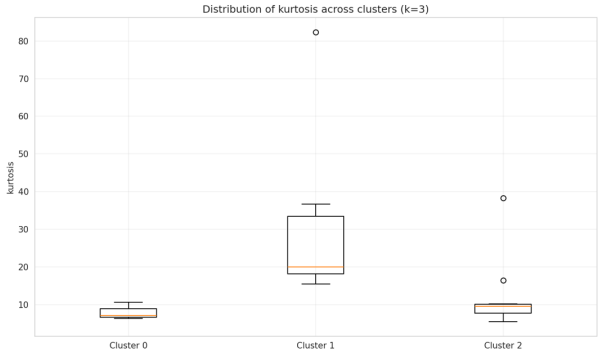
3-р зураг. Кластеруудын ханшийн чиг хандлага

Энд кластер бүрийн бүх хувьцааны үнийг 100-гаар нормчилж, арифметик дундажийг нь тооцож харуулсан.



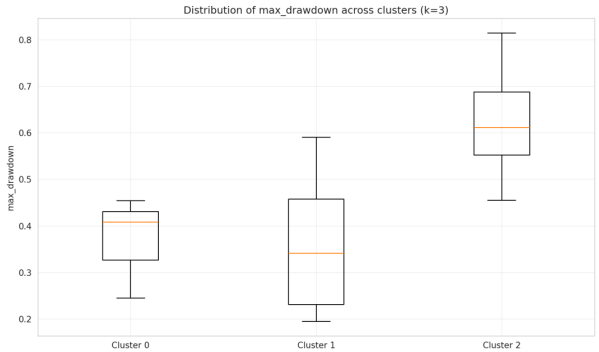
4-р зураг. Кластер тус бүрийн дундаж үзүүлэлтүүд, түүний тархалтын зураглал

Кластеруудын куртоз, хувьцааны үнийн уналт, дундаж өгөөж, positive ratio, sharpe ratio, skewness, тогтворжилт, стандарт хазайлтын тархалтыг хайрцган диаграммаар 5-12-р зурагт харуулав. (Хэвийн тархалтын үед куртоз 0 байдаг)



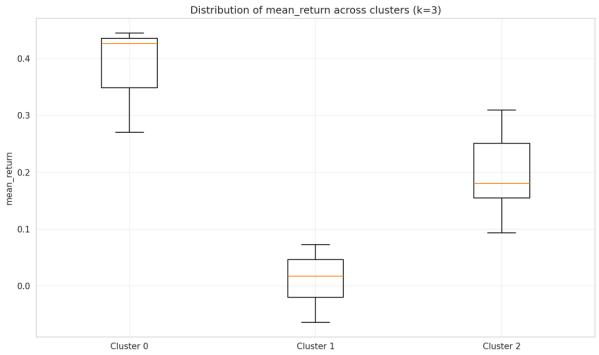
5-р зураг. Куртоз

Куртоз нь кластер бүрийн хувьд өгөөж нь хэр тархаж байгааг харуулж байна. 1-р кластерийн хувьд 1 компани, 2-р кластерийн хувьд 2 компаний өгөөж хязгаараас давсан утгатай байна.



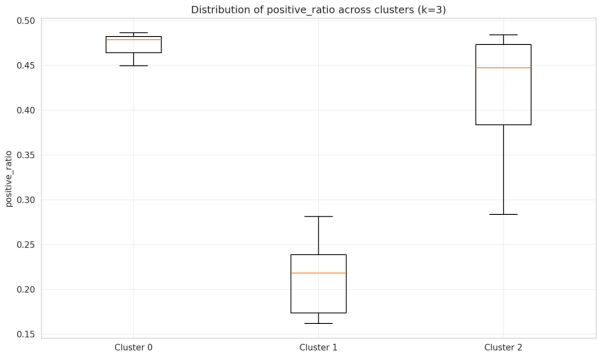
6-р зураг. Ханшийн уналт

Хамгийн их уналт нь эрсдлийг тодорхойлох бөгөөд түүний тархалтыг кластер бүрээр харуулаа. Өөрөөр хэлбэл кластер бүрийн хувьд хувьцааны үнэ түүхэн дээд түвшнээсээ дараагийн доод төвшин хүртэл хэдэн хувиар хамгийн их буурсан болохыг 6-р зурагт харуулсан.



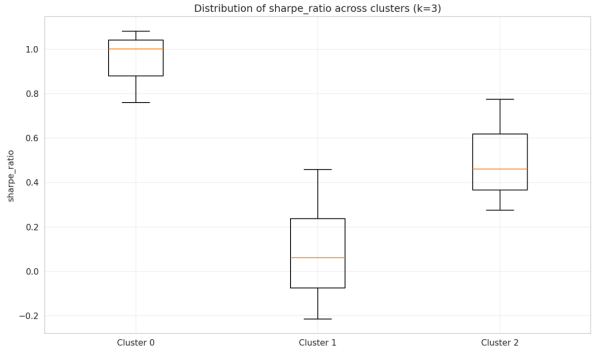
7-р зураг. Дундаж өгөөж

Өгөөжийн үндсэн үзүүлэлт болох жилийн дундаж өгөөжийн тархалтыг кластер бүрээр 7-р зурагт харууллаа. Өдөр тутмын өгөөжийн дунджийг жилд шилжүүлэн гаргасан бөгөөд хувьцааны урт хугацаан дах дундаж ашигт ажиллагааг илэрхийлнэ.



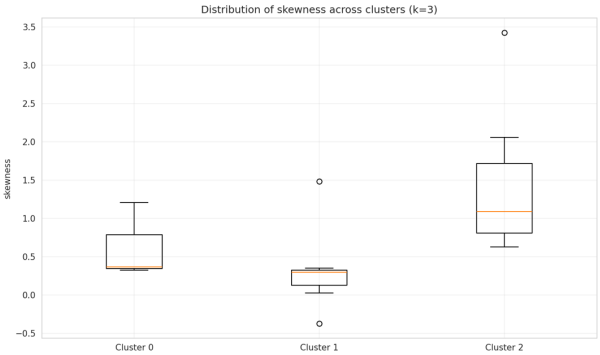
8-р зураг. Positive ratio

Ажиглалтын хугацаанд нийт арилжааны өдрүүдээс өдөр тутмын өгөөж эерэг байсан өдрүүдийн эзлэх хувийн тархалтыг 8-р зурагт кластер бүрээр харууллаа.



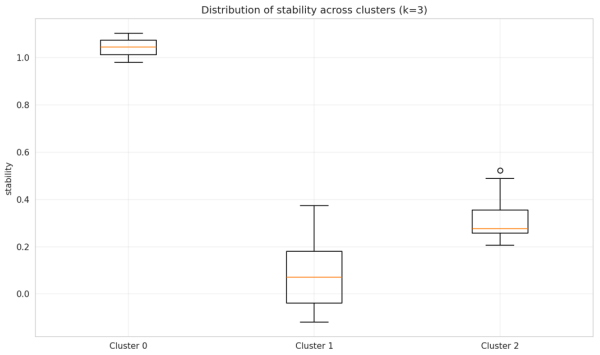
9-р зураг. Sharpe ratio

Нийт эрсдэлийн нэгж бүрт ногдох илүүдэл өгөөжийн тархалтыг 9-р зурагт кластер бүрээр харуулав.



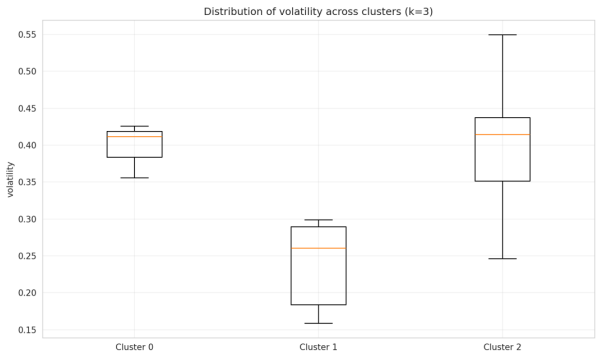
10-р зураг. Skewness

Өгөөжийн тархалтын тэгш хэм нь хэвийн тархалтаас хэр хазайж байгааг 10-р зурагт харуулав.



11-р зураг. Stability (тогтворжилт)

Жилийн дундаж өгөөжийг хамгийн их уналтын абсолют утгад харьцуулж тогтвортой байдлыг тодорхойлж тархалтыг нв кластер бүрээр 11-р зурагт харууллаа.



12-р зураг. Стандарт хазайлт

Хувьцааны өдөр тутмын өгөөжийн дундаж утгаасаа хэр хэлбэлзэж байгаа буюу эрсдлийн үзүүлэлтийн тархалтыг 12-р зурагт харуулав.

ДҮГНЭЛТ

Монгол улсын хөрөнгийн биржийн топ 20 хувьцаанд кластер шинжилгээ ашиглан хувьцааны ангилал хийхэд

Кластер 0: Өндөр өгөөж, өндөр эрсдэлтэй-Спекулятив хувьцаанууд бүхий 3 компани (INV, LEND, TTL)

Кластер 1: Бага өгөөж, бага эрсдэл бүхий-Тогтвортой хувьцаанууд бүхий 7 компани (GLMT, KHAN, MGL, QPAY, SBM, TDB, XAS)

Кластер 2: Дунд түвшний үзүүлэлтүүдтэй хувьцаанууд бүхий 10 компани (AARD, ADB, APU, CUMN, GOV, MNDL, MNP, MSE, SUU, TUM) багтаасан 3 кластерт хуваагдаж байна.

PCA 2 хэмжээст орон зайд дүрслэхэд кластерууд тодорхой ялгаралтай харагдаж байна.

Санхүүгийн хувьд олон хувьсагчуудыг багцалж багасгасан.

Зах зээлийн гол хүчин зүйлүүдийг ялгаж, илрүүлж гаргасан.

Зах зээлийн бүтэц, эрсдэл, өгөөжийг илүү тодорхой харуулж өгсөн.

Өгөгдлийн хэмжээсийг 3 хүртэл бууруулсан.

Санхүүгийн зах зээлд хөрөнгө оруулахад тухайн оролцогч эрсдэлд хэр дуртай, дургүй зэргийг харгалзан хөрөнгө оруулалтын багцаа сонгох боломжийг олгож байна. Эсвэл эрсдлээс зайлсхийхийн тулд хөрөнгөө хэрхэн тараан байршуулах боломжтой болохыг харуулж байна.

Энэхүү судалгааны ажил нь практикийн хувьд санхүүгийн зах зээлийн үйл хөдлөлд оролцогч хувь хүн байгууллагын оновчтой төлөвлөлтийг хийхэд чухал ач холбогдолтой болно.

ТАЛАРХАЛ

ШУТИСургуулийн Шинжлэх ухаан, технологийн сангийн MFund02/2025 дугаартай төслийн хүрээнд энэхүү судалгааны ажлыг гүйцэтгэлээ. Зохиогчдын зүгээс сургуулийн дэмжлэгт талархал илэрхийлье.

АШИГЛАСАН МАТЕРИАЛ, НОМ ЗҮЙ

[1] Francesco Pattarin SPTM. Clustering financial time series: an application to mutual funds style analysis. Computational Statistics & Data Analysis. 2004 September; 47(2).

[2] S.R. Nanda BMMKT. Clustering Indian stock market data for portfolio management. Expert Systems with Applications. 2010 December; 37(12).

[3] Giovanni De Luca PZ. Dynamic tail dependence clustering of financial time series. Statistical Papers. 2017; 58: p. 641 - 657.

[4] Pierpaolo D'Urso LDGRM. GARCH-based robust clustering of time series. Fuzzy Sets and Systems. 2016 December; 305(15).

[5] Yogas Eka Putra, Deni Saepudin, Annisa Aditsania. Portfolio Selection of KOMPAS-100 Stocks Index Using B-Spline Based Clustering. Procedia Computer Science. 179 (2021) 375–382.

ОЛОН ФОТОНЫ ӨДӨӨЛТ БА ИОНЧЛОЛ

Гантулгын БАЯРХҮҮ[1], Адъяадолжингийн ИШДОРЖ[2], Гомбосүрэнгийн ЗОРИГТ[3], Лочингийн ХЭНМЭДЭХ[4], Чулуунбаатарын АЛДАРМАА[5],

[1,2,3,4,5]Монгол Улс, Улаанбаатар, ШУТИС, Хэрэглээний шинжлэх ухааны сургууль, Физикийн тэнхим

Холбоо барих зохиогчийн и-мэйл хаяг: aldarmaa@must.edu.mn [5]

Хураангуй: **Энэхүү судалгааны ажлаар устөрөгчийн атомыг лазерын богино хүчтэй пульсээр үйлчлэх үеийн олон фотоны өдөөлт болон иончлолын процессыг онолын хувьд судалсан. Лазер-атомын харилцан үйлчлэлийн динамикийг тодорхойлохдоо хугацаанаас хамаарсан Шредингерийн тэгшитгэлийг Кулоны долгион функцийн дискрет хувьсагчийн аргаар шийдэв. Судалгааны үр дүнд атомын электроны шилжилтийн энерги нь фотоны энергийг бүхэл тоо дахин авсантай $n\omega$ тэнцүү байх нөхцөлд өдөөгдөх магадлал огцом өсөж, резонансын пикүүд үүсэж байгааг тогтоолоо. Лазерын пульсийн циклийн тоог нэмэгдүүлж, үргэлжлэх хугацааг уртасгахад резонансын пикийн өргөн нарийсаж, долгионы функцийн интерференцийн зураглалд олон тооны минимум, максимумууд үүсэж байгааг электроны магадлалын нягтын түгэлтээр харууллаа.**

Түлхүүр үг: Устөрөгчийн атом, Кулоны долгион функцын дискрет хувьсагчийн арга, уртын тохируулга.

I. Удиртгал

Устөрөгчийн атомыг лазерын богино хүчтэй пульсээр өдөөх болон иончлох үзэгдэл нь квант электродинамик үзэгдэл юм. Нэг фотоны энерги атомыг өдөөхөд хангалтгүй байх үед фотоныг нэгэн зэрэг шингээж дээд түвшинд шилжих үзэгдэл нь лазерын хүчтэй богино пульсийн үйлчлэлээр явагдана. Устөрөгчийн атом нь хамгийн энгийн бүтэцтэй тул онолын тооцоолол хийх үндсэн загвар болдог. Энэ чиглэлийн судалгааны ажлууд нь анх хөндөх онолоор олон фотон шингээх магадлалыг тодорхойлж хоёр фотоны шилжилтийн огтлол нь гэрлийн эрчмээс шугаман бус хамааралтай болохыг харуулсан [1]. Лазерын пульсыг анх гаргаж авснаас хойш устөрөгчийн атомын Кулоны Гриний функцийг ашиглан олон фотоны шилжилтийн магадлалыг тооцоолж устөрөгчийн атомын 2S төлөврүү хоёр фотоноор өдөөх магадлал, олон фотоны шилжилтийн огтлол тооцоолсон. Мөн лазерын хүчтэй орноор харилцан үйлчлэх үед хөндөх онолоор тооцоолоход үр дүн бага болсон тул Келдышийн хөндөх онолоор фотоны иончлолыг тооцоолж олон фотоны үзэгдэл болон туннелийн иончлох үзэгдлийг онолын хувьд баталсан [2]. Үүний дараа устөрөгчийн атомын олон фотоны иончлол ба өдөөлтийг Флокегийн аргаар тооцоолж устөрөгчийн атомын дээд өдөөгдсөн төлөвүүд дэх электроны динамикийг нарийн тодорхойлсон. Иончлолын процессыг явуулахдаа олон фотон шингээж илүү их кинетик энергитэй электрон сугарах гарах үзэгдлийг тайлбарласан. Лазерын эрчим ихсэж, пульсын хугацаа богиносох тусам Шредингерийн тэгшитгэлийг хугацаанаас хамааруулан тооцоолж, үүнтэй зэрэгцээд устөрөгч болон бусад атомыг хүчтэй орны ойролцоолоор иончлох судалгаа хийгдэж дээд эрэмбийн гармоник үүсэх онолын суурийг тавигдсан [3]. Устөрөгчийн атомыг олон фотоноор харилцан үйлчилж сугаран гарсан электроны долгион функцийн фазыг аттосекундын нарийвчлалтай тооцоолж ирсэн [4]. Сүүлийн жилүүдэд устөрөгчийн атомыг олон фотоноор өдөөх судалгааг хугацаанаас хамаарсан Шредингерийн тэгшитгэлийг хиймэл оюун ухаан ашиглан маш хурдтай бодож Ридбергийн төлөвүүдийн амьдрах хугацааг нарийн тогтоох судалгаанууд хийгдсээр ирсэн байна [5]. Ердийн нөхцөлд гэрэл атомтай харилцан үйлчлэхэд фотоны энерги шилжилтийн энергиэс бага тохиолдолд өдөөлт явагддаггүй. Гэвч хүчтэй лазерын пульсийн нөлөөгөөр атом нь хэд хэдэн фотоныг зэрэг шингээх боломжтой болдог бөгөөд ингэснээр тухайн фотоны энерги өдөөлтийн энергид хүрэхгүй байсан ч системийг өдөөлтөд хүргэдэг. Энэхүү өгүүлэлд олон фотоны шингээлтээр электроныг өдөөх ба иончлох процессыг Кулоны долгион функцын дискрет хувьсагчийн арга (CWDVR) ашиглан хугацаанаас хамаарсан Шредингерийн тэгшитгэлийг тоон аргаар шийдлээ. Кулоны долгион функцын дискрет хувьсагчийн аргыг лазер атомын харилцан үйлчлэлийн тооцоололд ашиглан фотоэлектроны түгэлт болон долгион функцэд үүсэх хуйралын шинжилгээг өмнө нь хийсэн [6,7]. Энэхүү өгүүлэлд атом нэгжийн системийг ($e = m = \hbar = 1$)ашигласан болно.

II. Онол

Богино хүчтэй лазерын оронд байгаа устөрөгчийн атомын электроны хувьд Шредингерийн тэгшитгэлийг бичвэл [8]

$$i\frac{\partial\Psi(\vec{r},t)}{\partial t} = \left(\hat{H}_0 + \hat{V}(\vec{r},t)\right)\Psi(\vec{r},t) \qquad (1)$$

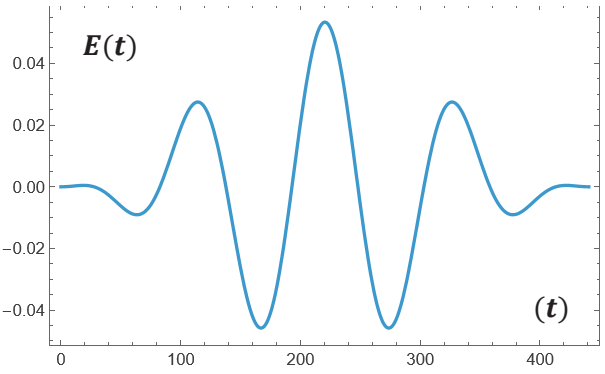
Энд: $\Psi(\vec{r},t)$ - электроны долгион функц, $\hat{H}_0$- устөрөгчийн атомын гамильтанионы оператор, $\hat{V}(\vec{r},t)$ –лазер атомын харилцан үйлчлэлийн оператор.

$$\hat{V}(\vec{r},t) = \vec{r}\cdot\vec{E}(t) \qquad (2)$$

Лазерын богино хүчтэй пульсын үүсгэх цахилгаан орон:

$$E(t) = E_0\, Sin(\omega t + \phi_0) Sin\left(\frac{\pi t}{\tau}\right)^2 \qquad (3)$$

E_0 −лазерын цахилгаан орны далайц, τ −пульсийн үргэлжлэх хугацаа, ω-пульсийн төвийн давтамж,



Зураг 1. Лазерын цахилгаан орны хугацааны хамаарал (циклийн тоо $N = 4$, $I = 3.51 \cdot 10^{16}$Вм/см^2)

Лазер атомын харилцан үйлчлэлийг уртын тохируулгатай авснаар лазерын орон нь хугацаанаас хамаарсан орон болж тооцоолол хялбар болдог.

Шредингерийн тэгшитгэлээс хугацааны t эгшинээс $t + \Delta t$ эгшин дэх долгион функцийг олбол [9]:

$$\psi(r, t + \Delta t) = e^{-i(\hat{H}_0 + \hat{V}(\vec{r},t))\Delta t}\, \psi(\vec{r}, t) \qquad (4)$$

Итерацийн алхамуудаар долгион функцийн хугацааны хамаарал тодорхойлогдоно. Долгион функцийг бөмбөлөг координатын системд сфер гармоник функцээр задлан бичвэл:

$$\psi(r_i, \theta_j, \varphi_k, t) = \sum_{l=0}^{lmax} \sum_{m=-l}^{l} R_{l,m}(r_i, t) Y_{l,m}(\varphi_k, \theta_j) \qquad (5)$$

$Y_{l,m}(\varphi_k, \theta_j)$ сфер гармоник, $R(r_i, t)$ радиал функц.

Кулоны функцыг $F(r)$ түүний уламжлалыг $F'(r)$, $\frac{R_{l,m}(r_i,t)}{F'(r)} = \phi_{k,j}$ гэвэл атомын гамильтаниантай стационар тэгшитгэлээс дараах шугаман тэгшитгэлийн системийг гаргаж болно [10].

$$\sum_{j=1}^{N} \left[-\frac{1}{2} D_{i,j} + V_l(r_j)\delta_{i,j}\right] \phi_{k,j} = \varepsilon_k \phi_{k,i} \quad i = 1 \ldots N \qquad (6)$$

Энд $\phi_{k,i}$хувийн функцийн (k-р спектрийн j-р) утга, ε_k хувийн утга (k-р спектрийн энерги) $D_{i,j}$ координатын II эрэмбийн уламжлалыг тодорхойлох матриц

$$D_{i,j} = \frac{1}{3}\left(E + \frac{Z1}{r_i}\right)\delta_{i,j} + (1 - \delta_{i,j})\frac{1}{(r_i - r_i)^2} \qquad (7)$$

E электроны энерги, $Z1$ кулоны функцийн цэнэг, $V_l(r_j)$координатаас хамаарсан потенциал.

$$V_l(r_j) = \frac{l(l+1)}{2r_j^2} - \frac{1}{r_j} \qquad (8)$$

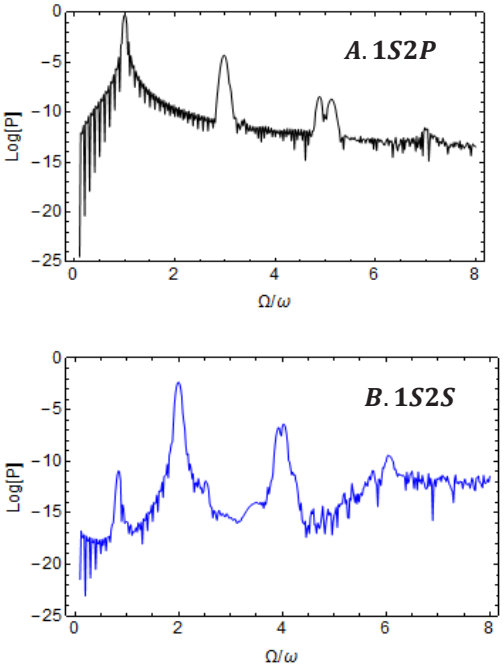
l - орбитын квант тоо. (6) тэгшитгэл нь шугаман тэгшитгэлийн систем үүсгэнэ. Орбитын квант тооны утга бүрд харгалзах тэгшитгэлийн системийг бодно. Радиал зангилааны тоотой тэнцүү тооны хувийн утга ба хувийн векторуудыг олж, псевдоспектрүүд болох ба бүрэн бааз үүсгэнэ. Долгион функцын 2S ба 2P төлөвт өдөөгдөх амплитудын утгаар өдөөлтийн магадлалыг тооцоолсон.

$$P\,(1S \to 2S) = |\langle \Psi(t) | \Psi_{2S} \rangle|^2 \qquad (9)$$

t хугацааг лазерын пульсийн урт буюу $t = \tau$ байхаар тооцоололыг хийсэн.

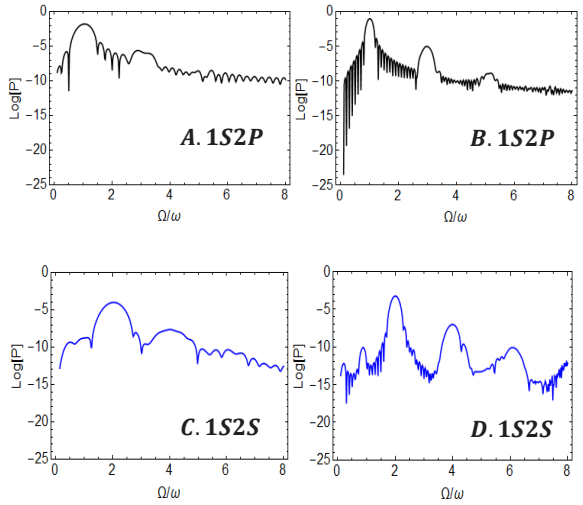
III. Үр дүн

Устөрөгчийн атомыг янз бүрийн циклийн тоо бүхий лазерын пульсээр үйлчлэхэд 2S болон 2P төлөвт өдөөгдөх магадлалыг тооцоолсон. Устөрөгчийн атомын үндсэн төлөвөөс 1S→2S,2P шилжилт хийхэд шаардагдах өдөөлтийн энерги Ω=0.375а.н. байдаг.



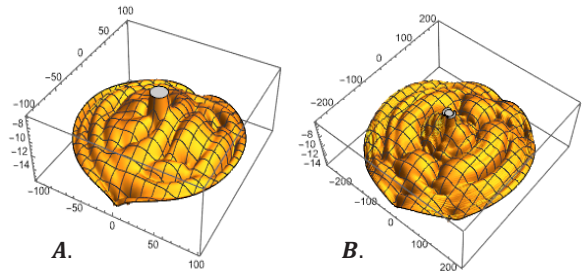
Зураг 2 Өдөөлтийн магадлал давтамжийн харьцаанаас хамаарах хамаарал (циклийн тоо $N = 30$)

Атом нэгжийн системд лазерын давтамж ω нь нэг фотоны энергитэй тоон утгаараа тэнцүү тул өдөөлтийн энергид фотоны энерги хэд дахин багтаж байгааг Ω/ω харьцаагаар тодорхойлсон. Зураг 2-т үзүүлсэн өдөөлтийн магадлалын хамаарлаас харахад 1S2P шилжилт нь Ω/ω харьцаа сондгой тоотой (1, 3, 5,..) тэнцүү байх үед магадлалын утга огцом өсөж, резонансын пикүүд үүсэж байна. Энэ нь сондгой тооны фотон шингээх замаар өдөөгдөж байгааг харуулна. 1S2S шилжилт нь Ω/ω харьцаа тэгш тоотой (2, 4, 6,..) тэнцүү байх үед резонансын пикүүд ажиглагдаж байгаа нь уг шилжилт тэгш тооны фотон шингээлтээр явагдаж буйг баталж байна. Энэхүү үр дүн нь квант механикийн сонгох дүрэм биелж байгааг нотлохоос олон сувгийн хүчтэй холбоосын аргаар хийгдсэн өмнөх судалгаануудтай нийцэж байна[11]. Лазерын пульсийн циклийн тоог $N = 4$ болон $N = 10$ байх тохиолдлуудад харьцуулан шинжлэхэд дараах зүй тогтол илэрсэн. Зураг 3



Зураг 3 Өдөөлтийн магадлал давтамжийн харьцаанаас хамаарах хамаарал (циклийн тоо A. $N = 4$, B. $N = 10$, C. $N = 4$, D. $N = 10$)

Лазерын пульсийн циклийн тоо нэмэгдэж N=10, үргэлжлэх хугацаа уртсахад резонансын пикүүд улам нарийсаж, магадлалын утга илүү тодорхой болж байна. Циклийн тоо цөөн N=4 үед лазерын пульс богино хугацаанд үйлчлэх тул Хайзенбергийн тодорхойгүйн зарчмын дагуу энергийн түвшин өргөсөж, резонансын пикүүд сарнисан (өргөн) хэлбэртэй байна.



Зураг 4. Электроны магадлалын нягтын түгэлт
(A. $N = 4$, B. $N = 10$)

Лазерын пульсийн урт нэмэгдэхэд олон фотоныг зэрэг шингээх шингээлтийн максимум нэмэгдэж байна. Олон фотоны шингээлтээр иончлогдох процессын харуулахын тулд $\omega = \Omega/4$ байх 4 ба 10 циклтэй лазерын пульсээр үйлчлэхэд атомаас иончлогдон сугарч гарсан электроны магадлалын нягтын түгэлтийг Зураг 4 д гурван хэмжээстээр үзүүлсэн нь орбитийн квант тоог 57 хүртэл утгатай авч тооцоололыг хийснээр долгион функцэд үүсэх олон минимум ба максимумууд сайн илэрч байсан.

Дүгнэлт

Энэхүү судалгааны ажлаар устөрөгчийн атомыг хүчтэй лазерын богино пульсээр үйлчлэх үеийн олон фотоны өдөөлт болон иончлолын процессыг Кулоны долгион функцийн дискрет хувьсагчийн аргаар (CWDVR) хугацаанаас хамаарсан Шредингерийн тэгшитгэлийг шийдэх замаар судалж, дараах үр дүнд хүрлээ. Атомын электроны шилжилтийн энерги нь фотоны энергийг бүхэл тоо дахин авсантай $n\omega$ тэнцүү байх нөхцөлд өдөөгдөх магадлал огцом өсөж, резонансын пикүүд үүсэж байгааг тогтоов. Тухайлбал, $1S2P$ шилжилтэд сондгой тооны фотон, $1S2S$ шилжилтэд тэгш тооны фотон шингээгдэх магадлал давамгайлж байна.Бид өмнө нь энэхүү тооцооллыг олон сувгийн хүчтэй холбоосын аргаар буюу тодорхой тооны бааз дээр гүйцэтгэж байсан [11] , энэ удаад Кулоны дискрет хувьсагчийн аргаар буюу бүрэн бааз ашиглан тооцсон нь тооцоололын нарийвчлал нэмэгдэхийн зэрэгцээ өдөөлт ба иончлолын процессыг нэгэн зэрэг тооцоолж байгаа нь давуу тал юм. Лазерын пульсийн циклийн тоо N=4 болон N=10 тохиолдлуудыг харьцуулан судлахад,пульсийн үргэлжлэх хугацаа нэмэгдэхийн хэрээр спектрийн өргөн багасч, резонансын пикийн өргөн нарийсаж, шилжилтийн магадлал илүү тодорхой (өндөр нарийвчлалтай) болж байгааг тооцоогоор тогтоов. Энэ нь Хайзенбергийн тодорхойгүйн зарчимтай нийцэж байна.

Циклийн тоо N=10 болоход пульсийн хугацаа уртассаны нөлөөгөөр долгионы функцийн интерференцийн зураглалд олон тооны минимум, максимумууд үүсэж байгаа нь электроны магадлалын нягтын түгэлтээс тод ажиглагдаж байна. Иончлолын процессыг тооцоолохдоо бааз функцийг орбитын квант тоог $l = 57$, өдөөлтийн үеийн орбитын квант тоог $l = 7$ байхаар сонгосон нь тооцооллын нарийвчлалыг алдагдуулахгүйгээр хугацааг ихээхэн хэмнэх боломжийг олгож байна.

Ашигласан материал, ном зүй

[1] Goeppert-Mayer, M. (1931). "Über Elementarakte mit zwei Quantensprüngen". *Annalen der Physik*, 401(3), 273–294.

[2] Keldysh, L. V. (1965). "Ionization in the field of a strong electromagnetic wave". *Soviet Physics JETP*, 20(5), 1307–1314.

[3] Corkum, P. B. (1993). "Plasma perspective on strong field multiphoton ionization". *Physical Review Letters*, 71(13), 1994.

[4] Bray, A. W., et al. (2018). "Wigner time delay in multiphoton ionization". *Physical Review A*, 97(6), 063404.

[5] Zhang, J., et al. (2024). "Machine learning approach to strong-field multiphoton ionization of atomic hydrogen". *Journal of Physics Communications*.

[6] Ishdorj Adiyadoljin; Zorigt Gombosuren; Khenmedekh Lochin; Altangoo Ochirbat; Aldarmaa Chuluunbaatar, Direct Determination of the Photoelectron Momentum Distribution from the Wave Function, Key Engineering Materials, DOI: 10.4028/p-TRhE06, 2025

[7] Ч.Алдармаа, Л.Хэнмэдэх, Г.Зоригт, Лазерын пульсээр атомыг өдөөх магадлалыг дискрет хувьсагч ба псевдоспектриал аргаар тооцоолох, Физик сэтгүүл, 2002, DOI: 10.22353/physics.v25i478.198

[8] Landau LD, Lifshitz EM 1977 Quantum mechanics. Oxford, UK, Pergamon Press

[9] D. A. Telnov and S. I. Chu, "Theoretical study of the energy spectra of multiphoton above-threshold dissociation of H_2^+ in intense laser fields", *Chem. Phys. Lett.* **255**, 223–231 (1996)

[10] Peng, Liang-You and Starace, Anthony F., " of Coulomb wave function DVR: Application to atomic systems in strong laser fields, 2008. arXiv:physics/0604181v1/

[11] Aldarmaa.ch, Khenmedekh.L, Lkhagva.O, Time-dependent close-coupling method for excitation of hydrogen, 10.1109/IFOST.2013.6616991, 2019

УЛААНБУУДАЙН СҮРЭЛ БА ЦЕЛЛЮЛОЗ СУУРЬТАЙ НЭГ УДААГИЙН САВ БАГЛАА БООДОЛ: МАТЕРИАЛ БА БҮРХҮҮЛИЙН СИСТЕМИЙН СУДАЛГААНЫ ТОЙМ

Эрдэнэдэлгэрийн ГАНСҮХ[1]

[1]Монгол Улс, Улаанбаатар, ШУТИС, Геологи уул, уурхайн сургууль, Газрын тос, өрөмдлөгийн инженерчлэлийн тэнхим

Холбоо барих зохиогчийн и-мэйл хаяг: gansukh.e@must.edu.mn[1]

Хураангуй: **Нэг удаагийн хуванцар сав баглаа боодол нь микропластик болон химийн нэгдлийн шилжилт (migration)-ын эрсдэлээр дамжин байгаль орчин, хүний эрүүл мэндэд сөрөг нөлөө үзүүлж байна. Энэхүү судалгаанд нэг удаагийн сав баглаа боодол (takeaway)-д лигноцеллюлоз суурьтай материал, ялангуяа улаан буудайн сүрлийг ашиглах боломжийг инженерийн шаардлага ба эрүүл ахуйн үүднээс үнэлэв. Үр дүнгээс улаан буудайн сүрэл нь сэргээгдэх, нөөц арвин боловч дангаараа ус, тосны хамгаалалтын шаардлагыг хангахгүй нь тогтоогдсон. Иймд PLA болон байгалийн лавт суурилсан холимог бүрхүүлийн системийг санал болгож, диффузийн процессыг температур, хүнсний төрөл, контакт хугацаатай уялдуулан тайлбарлав. Судалгааны дүн нь олон давхаргат бүрхүүл нь шингэн нэвчилт ба migration-ийг бууруулж, 20–60 минутын хэрэглээний нөхцөлд тохирсон гүйцэтгэлийг хангах боломжтойг харуулж байна. Иймээс бүрхүүлтэй лигноцеллюлоз сав нь байгальд ээлтэй, эрүүл ахуйн хувьд боломжит хувилбар юм.**

Түлхүүр үг: лигноцеллюлоз материал; улаан буудайн сүрэл; нэг удаагийн сав баглаа боодол; хэлбэржүүлсэн ислэг (molded fiber); био задралтай бүрхүүл; PLA; диффуз

I. УДИРТГАЛ

Нэг удаагийн хуванцар сав баглаа боодол нь хүнсний үйлчилгээний салбарт өргөн хэрэглэгддэг боловч түүний хаягдал, микропластикийн хуримтлал, хүнстэй харьцах үеийн химийн нэгдлийн шилжилт (migration) зэрэг асуудлууд нь байгаль орчин болон хүний эрүүл мэндийн эрсдэлийг нэмэгдүүлж байна [1,2]. Дэлхийн хэмжээнд жил бүр 300 сая тонноос дээш хуванцар хаягдал үүсэж, үүний дотор сав баглаа боодлын хаягдал ойролцоогоор 141 сая тоннд хүрдэг нь энэ салбарын ачаалал өндөр байгааг харуулж байна [1,2]. Европын Холбоонд 2023 онд нэг хүнд 177.8 кг сав баглаа боодлын хаягдал ногдсон нь хэрэглээ өсөж буйг нотолж байна [3].

Хүнсний сав баглаа боодлын эрүүл ахуйн үнэлгээнд микропластикийн нэвтрэлт болон полимер материалын дулааны тогтвортой байдал онцгой ач холбогдолтой. Сүүлийн үеийн судалгаагаар микропластик хүний цус [4], уушги [5], эхэст [6] илэрсэн бөгөөд хүн жилд олон мянган ширхэг микропластик залгих боломжтой гэж тооцоолсон байна [7,8]. Нөгөө талаас полиэтилен, полипропилен зэрэг нийлэг материалууд халуун, тослог орчинд бага молекулт нэгдлүүдийг хүнсэнд шилжүүлэх эрсдэлтэй гэж үздэг [11,12]. Иймээс халуун хүнстэй шууд харьцах сав баглаа боодлын материалын химийн тогтвортой байдал ба migration үзүүлэлтийг бууруулах нь хүнсний аюулгүй байдлын чухал шаардлага юм.

Энэхүү нөхцөлд сэргээгдэх, био задралд ордог лигноцеллюлоз суурьтай материалууд нь хуванцар савлагааны боломжит альтернатив болж байна [17,18]. Ялангуяа хэлбэржүүлсэн ислэг (molded fiber) технологид суурилсан сав баглаа боодол нь чихрийн нишингийн үлдэгдэл, хулс, улаан буудайн сүрэл зэрэг хөдөө аж ахуйн гаралтай түүхий эдийг ашиглан үйлдвэрлэлийн түвшинд нэвтэрч эхэлсэн бөгөөд зах зээлийн хэмжээ тогтвортой өсөж байна [13–16]. Монгол Улсын нөхцөлд улаан буудайн сүрэл нь элбэг нөөцтэй, бага өртөгтэй, лигноцеллюлозын агууламж өндөртэй түүхий эд учир сав баглаа боодлын материал болгон ашиглах боломжтой [19].

Гэвч лигноцеллюлоз материал нь байгалиасаа гидрофиль, сүвэрхэг бүтэцтэй тул дангаараа ус, тосны хамгаалалт болон механик тогтвортой байдлын шаардлагыг бүрэн хангахгүй [17,18]. Иймээс түүний практик хэрэглээ нь гадаргуугийн бүрхүүлийн системтэй шууд холбоотой. Иймд энэхүү судалгааны ажилд савласан бэлэн хоолны сав баглаа боодолд лигноцеллюлоз материал, ялангуяа улаан буудайн сүрлийг ашиглах боломж, түүний эрүүл ахуйн үндэслэл, мөн бүрхүүлийн системийн гүйцэтгэлд үзүүлэх нөлөөг судалгааны тойм хэлбэрээр авч үзэв..

II. НЭГ УДААГИЙН САВ (TAKEAWAY)-НЫ ШААРДЛАГА

Савласан бэлэн хоолны сав баглаа боодол нь урт хугацааны хадгалалтанд зориулагдаагүй бөгөөд тодорхой хугацаанд хүнсний чанар, аюулгүй байдлыг хадгалах инженерийн шаардлагуудыг хангах ёстой. Хэрэглээний нөхцлийг Хүснэгт 1-д, харин үндсэн инженерийн шаардлагуудыг Хүснэгт 2-т нэгтгэн үзүүлэв. Иймээс эдгээр савнуудын гүйцэтгэлийг "ашиглалтын нөхцөлд тохирсон хангалттай үзүүлэлт" (fit-for-purpose performance) гэсэн зарчмаар үнэлдэг.

НЭГ УДААГИЙН САВНЫ ХЭРЭГЛЭЭНИЙ ҮНДСЭН НӨХЦӨЛ

1-Р ХҮСНЭГТ

Үзүүлэлт	Муж / Нөхцөл
Температур	60–90°C
Хүнсний төрөл	Шөлтэй, тослог, хуурай
Хадгалах хугацаа	20–60 минут
Орчин	Тээвэрлэлт, хүргэлт

НЭГ УДААГИЙН САВНЫ ИНЖЕНЕРИЙН ҮНДСЭН ШААРДЛАГУУД

2-Р ХҮСНЭГТ

Шаардлага	Тайлбар	Чухал нөхцөл
Шингэн нэвчилтийн эсэргүүцэл	Шингэн нэвчихгүй байх	Шөл, тослог орчин
Дулааны тогтвортой байдал	60–90°C-д хэлбэр хадгалах	Халуун хоол
Механик бат бэх	Даралт, овоололт даах	Тээвэрлэлт
Чийгийн эсэргүүцэл	Ус шингээлт багатай	Чийгтэй орчин
Хүнсний аюулгүй байдал	Химийн нэгдлийн шилжилт бага, хоргүй	Хүнсний контакт
Ашиглалтын хугацаа	20–60 мин гүйцэтгэл	Богино хэрэглээ

Иймээс сав баглаа боодлын материалыг зөвхөн лабораторийн үзүүлэлтээр бус, бодит хэрэглээний нөхцөлд үнэлэх нь зайлшгүй шаардлагатай бөгөөд зөрчлийн үед үүсэх сөрөг нөлөөллийг Хүснэгт 3-д үзүүлэв.

АШИГЛАЛТЫН НӨХЦӨЛ ЗӨРЧИГДӨХ ҮЕД ҮҮСЭХ СӨРӨГ НӨЛӨӨЛӨЛ

3-Р ХҮСНЭГТ

Зөрчил	Үр дагавар
Хэт удаан ашиглах	Нэвчилт нэмэгдэх
Өндөр температур	Деформаци, migration ↑
Тослог орчин	Полимер сорбц ↑
Чийг их	Бат бэх буурах
Бүрхүүл муу	Амт, үнэр өөрчлөгдөх

2. Сав баглаа боодолд ашиглах лигноцеллюлоз түүхий эдийн төрөл ба сонголтын үндэслэл

Сав баглаа боодлын зориулалтаар ашиглагдаж буй лигноцеллюлоз материалууд нь олон төрлийн хөдөө аж ахуйн болон байгалийн гаралтай түүхий эдээс бүрддэг. Эдгээр материалыг түүхий эдийн эх үүсвэр, бүтэц, механик шинж чанараас хамааран дараах байдлаар ангилж болно:

- Хөдөө аж ахуйн үлдэгдэл: улаан буудайн сүрэл, будааны хальс, эрдэнэ шишийн иш
- Үйлдвэрлэлийн дайвар бүтээгдэхүүн: чихрийн нишингийн шахмал үлдэгдэл (bagasse)
- Байгалийн ургамлын ислэг: хулс, маалинга, олс

Эдгээр түүхий эдүүд нь целлюлоз, гемицеллюлоз, лигниний агууламжаараа ижил төстэй боловч ширхэгийн бүтэц, бат бэх, боловсруулалтын шинж чанараараа ялгаатай байдаг. Тухайлбал, bagasse болон хулс нь илүү өндөр механик бат бэхтэй байдаг бол зарим үр тарианы үлдэгдэл нь боловсруулалт хийхэд илүү хялбар байдаг..

2.1 Улаан буудайн ишийг сонгох үндэслэл

Дээрх боломжит түүхий эдүүдээс улаан буудайн сүрэл нь дараах онцлог давуу талуудтай:

- Монгол Улсад элбэг, тогтвортой нөөцтэй
- Хөдөө аж ахуйн хаягдал тул нэмэлт өртөг багатай
- Боловсруулалт хийхэд харьцангуй хялбар
- Нэгэн жигд ширхэгийн бүтэцтэй тул molded бүтээгдэхүүнд тохиромжтой

Монгол Улсын хувьд улаан буудайн тариалан нь газар тариалангийн гол салбарын нэг бөгөөд жил бүр их хэмжээний ишний хаягдал үүсдэг. Статистикийн дундаж үзүүлэлтээр Монгол Улсад жилд ойролцоогоор 300–350 мянган тонн улаан буудайн үр тариа хураан авдаг [19] гэж үзвэл, улаан буудайн сүрэлний гарц нь үр тариатай ойролцоо буюу түүнээс их хэмжээтэй байдаг (straw-to-grain ratio ≈ 1.0–1.5).

Иймд жил бүр Монгол Улсад ойролцоогоор:

- 300,000 – 525,000 тонн улаан буудайн сүрэлний үлдэгдэл [19] үүсэх боломжтой гэж тооцоолж болно.

Үүнээс зөвхөн тодорхой хувийг (жишээ нь 20–30%) аж үйлдвэрийн зориулалтаар ашиглахад:

- 60,000 – 157,500 тонн/жил хэмжээний түүхий эдийг сав баглаа боодлын үйлдвэрлэлд ашиглах боломжтой гэсэн дүгнэлтэд хүрч болно.

Гэвч энэхүү хэмжээ нь эцсийн бүтээгдэхүүний жинтэй шууд тэнцэхгүй бөгөөд пульпжуулалт, ширхэг ялгалт, хатаалт, хэвжүүлэлт зэрэг боловсруулалтын шатанд нийт жингийн тодорхой хэсэг алдагддаг. Үйлдвэрлэлийн практикт улаан буудайн сүрэлнээс хэлбэржүүлсэн ислэг (molded fiber) бүтээгдэхүүн гаргах нийт гарцыг ойролцоогоор 10–20% гэж үзэх боломжтой. Иймд дээрх түүхий эдийн хэмжээнээс эцсийн сав баглаа боодлын материалын гарц нь ойролцоогоор:

- 6,000 – 31,500 тонн/жил

байх боломжтой гэж урьдчилсан байдлаар үнэлж болно. Энэхүү хэмжээ нь дотоодын зах зээлийн хэрэгцээг хангах төдийгүй цаашид экспортын боломжийг бүрдүүлэх хангалттай нөөц гэж үзэж болно. Энэхүү хаягдлыг үр ашигтай ашиглах нь байгаль орчны ачааллыг бууруулах, хөдөө аж ахуйн хаягдлын менежментийг сайжруулах, мөн дотоодын түүхий эдэд суурилсан үйлдвэрлэлийг хөгжүүлэх чухал ач холбогдолтой.

Улаан буудайн иш нь химийн найрлагын хувьд дараах үндсэн бүрэлдэхүүн хэсгүүдээс тогтоно:

- Целлюлоз (ойролцоогоор 35–45%)
- Гемицеллюлоз (ойролцоогоор 20–30%)
- Лигнин (ойролцоогоор 15–20%)

Эдгээр бүрэлдэхүүн хэсгүүд нь механик бат бэх, бүтэц тогтвортой байдал, биологийн задрал зэрэг

шинж чанарыг тодорхойлдог бөгөөд сав баглаа боодлын материал болгон ашиглахад чухал үүрэгтэй.

2.2 Давуу тал, хязгаарлалт ба эрүүл ахуйн үнэлгээ

Улаан буудайн сүрлийг сав баглаа боодлын материал болгон ашиглах давуу талууд нь сэргээгдэх, элбэг нөөцтэй, хөдөө аж ахуйн хаягдлыг дахин ашиглах боломжтой, био задралд орох шинж чанартай зэрэгт оршино. Гэвч лигноцеллюлоз материал нь байгалиасаа ус шингээлт өндөртэй, тосны хамгаалалт сул, мөн норсон үед механик бат бэх нь буурах хандлагатай. Иймээс улаан буудайн сүрлийг шууд хэвлэн сав баглаа боодол үйлдвэрлэхээс илүүтэйгээр ширхэглэлийн хэмжээ, пульпжуулалт, нягтруулалт, холбогч бодис болон бүрхүүлийн технологитой хослуулан ашиглах шаардлагатай.

Анхны туршилтын түвшинд ажиглагдсан нэг чухал асуудал нь сүрлийн ширхэг хоорондын барьцалдалт хангалтгүй байх явдал юм. Энэ нь ширхэглэлийн хэмжээ том байх, целлюлозон ширхэгийн гадаргуу бүрэн задраагүй байх, мөн байгалийн лигнин наалдуулагч үүргээ хангалттай гүйцэтгэхгүй байгаатай холбоотой байж болно. Ийм нөхцөлд хүнсний аюулгүй байдалд нийцэх байгалийн гаралтай холбогч бодис ашиглах нь хэлбэржүүлсэн ислэг (molded fiber) бүтээгдэхүүний механик бат бэх, хэлбэр тогтвортой байдал болон бүрхүүл тогтох чадварыг сайжруулах боломжтой.

Боломжит байгалийн холбогчид нь цардуул, желатин, пектин, альгинат, хитозан, казеин, улаан буудайн цавуулаг зэрэг хүнсний болон био гаралтай полимерүүд байж болно. Эдгээр холбогч нь ширхэг хоорондын наалдацыг нэмэгдүүлэх, нүх сүвийг багасгах, гадаргууг илүү жигд болгох, улмаар дараагийн бүрхүүлийн давхарга илүү сайн тогтох нөхцөлийг бүрдүүлнэ. Гэхдээ байгалийн холбогчийг сонгохдоо усанд уусах чанар, дулааны тогтвортой байдал, хүнсний контакт аюулгүй байдал, амт үнэрт нөлөөлөх эсэхийг заавал үнэлэх шаардлагатай.

Иймээс лигноцеллюлоз суурьтай савны гүйцэтгэлийг сайжруулахад гурван шатлалт материалын дизайн шаардлагатай гэж үзэж болно: (i) ширхэглэлийн хэмжээг багасгах, (ii) байгалийн холбогчоор механик барьцалдалтыг нэмэгдүүлэх, (iii) гадаргуугийн бүрхүүлээр ус, тосны хамгаалалтыг сайжруулах.

2.3 Материалын аюулгүй байдал, молекулын тогтвортой байдал ба эрүүл ахуйн үндэслэл

Хүнсний контакт материалын хувьд зөвхөн механик бат бэх, шингэн нэвчилтийн эсэргүүцлийг бус, мөн молекулын бүтцийн тогтвортой байдал, химийн нэгдлийн шилжилт (migration), дулааны нөлөөн дор үүсэх өөрчлөлтийг авч үзэх шаардлагатай. Энэ талаас нь авч үзвэл нийлэг полимер сав баглаа боодол болон ургамлын гаралтай лигноцеллюлоз материалын хооронд суурь ялгаа бий.

Нийлэг полимер сав баглаа боодол, тухайлбал полиэтилен (PE), полипропилен (PP) зэрэг материалууд нь үндсэн полимер гинжин бүтэцтэй боловч үйлдвэрлэлийн явцад пластификатор, антиоксидант, тогтворжуулагч, тосолгооны бодис зэрэг бага молекулт нэмэлтүүд агуулсан байдаг. Эдгээр материалууд халуун, тослог орчинд ашиглагдах үед полимер матрицын хөдөлгөөнт байдал нэмэгдэж, нэмэлт бодисууд хүнсэнд шилжих (migration) магадлал өсдөг. Мөн дулааны нөлөөн дор полимерийн гадаргуу дээр исэлдэлт, гинжин тасралт (chain scission), бага молекулт задралын бүтээгдэхүүн үүсэх зэрэг физик-химийн өөрчлөлт явагдаж болно. Ийм өөрчлөлтүүд нь материалын химийн тогтвортой байдлыг бууруулахаас гадна хүнсний аюулгүй байдалд эрсдэл дагуулж болзошгүй [11,12].

Харин лигноцеллюлоз материалууд нь целлюлоз, гемицеллюлоз, лигнин гэсэн байгалийн өндөр молекулт бүтцүүдээс тогтдог. Целлюлозын макромолекул нь β-(1→4)-гликозидын холбоогоор холбогдсон глюкозын давтагдах нэгжүүдээс бүрдэх бөгөөд олон тооны устөрөгчийн холбоосоор тогтворжсон талстлаг ба хагас талстлаг бүс үүсгэдэг. Лигнин нь ароматик бүтэцтэй, харин гемицеллюлоз нь аморф шинж давамгай бүтэцтэй тул нийтдээ лигноцеллюлоз матриц нь дулааны тодорхой хязгаарт тогтвортой, харьцангуй химийн идэвх багатай систем болдог.

Энэ бүтэц нь хүнстэй харьцах үед дараах эрүүл ахуйн давуу талыг бий болгодог:

- Матриц дотор нийлэг нэмэлт бодисын агууламж бага тул migration эрсдэл харьцангуй буурна
- Полимер задралын синтетик дайвар бүтээгдэхүүн үүсэх магадлал бага
- Микропластик үүсгэх урт хугацааны эрсдэл буурна
- Хүнсний амт, үнэрт сөрөг нөлөө үзүүлэх органик ууршимтгай нэгдлүүдийг зөв боловсруулалтын дараа багасгах боломжтой

Гэсэн хэдий ч байгалийн гаралтай материал нь өөрөө эрсдэлгүй гэсэн үг биш юм. Хэрэв түүхий эдийг хангалттай цэвэрлээгүй, пульпжуулалт дутуу, эсвэл гадаргуугийн ариун цэвэр хангалтгүй бол ургамлын үлдэгдэл органик нэгдэл, үнэр, өнгөний өөрчлөлт, бичил биетний бохирдлын эрсдэл үүсч болзошгүй. Тиймээс байгалийн гаралтай материалын эрүүл ахуйн давуу тал нь зөвхөн түүний гарал үүслээс бус, харин боловсруулалтын чанар, гадаргуугийн тогтвортой байдал, бүрхүүлийн системтэй шууд холбоотой.

Иймээс улаан буудайн сүрэлэн суурьтай сав баглаа боодлыг сонгохдоо “байгалийн гаралтай” гэдэг шалтгаанаар бус, харин молекулын бүтцийн хувьд химийн нэмэлт бодисын хамаарал бага, микропластик үүсэх эрсдэл багатай, дулааны тодорхой нөхцөлд хүнсэнд хортой нэгдэл шилжүүлэх магадлал багатай гэсэн эрүүл ахуйн үндэслэлээр авч үзэх нь илүү шинжлэх ухааны хандлага болно.

III. БҮРХҮҮЛИЙН ТЕХНОЛОГИЙН ОНОЛ БА ШААРДЛАГА

Лигноцеллюлоз суурьтай материалууд нь байгалиасаа сүвэрхэг бүтэцтэй, гидрофиль шинж чанартай тул ус болон тослог орчинд шууд хэрэглэгдэхэд тохиромжгүй байдаг. Энэ нь целлюлозын молекул дахь олон тооны гидроксил (-OH) бүлгүүдтэй холбоотой бөгөөд эдгээр нь усны молекултай устөрөгчийн холбоо үүсгэн чийг шингээлтийг нэмэгдүүлдэг.

Иймээс сав баглаа боодлын хэрэглээнд эдгээр материалуудыг ашиглахад гадаргуугийн бүрхүүл (coating) нь гүйцэтгэлийг сайжруулах үндсэн арга болдог.

3.1. Бүрхүүл хэрэглэх үндсэн зорилго

Бүрхүүлийн систем нь дараах үндсэн үүргийг гүйцэтгэнэ:

- Ус, тосны хамгаалалт (Barrier property): Шингэн нэвчилтийг бууруулах
- Механик тогтвортой байдал: Норсон үед бат бэхийг хадгалах
- Химийн тогтвортой байдал: Migration-ийг бууруулах
- Гадаргуугийн шинж чанар: Гөлгөр байдал, хэрэглэгчийн мэдрэмжийг сайжруулах

Эдгээр үзүүлэлтүүд нь takeaway савны инженерийн шаардлагуудтай шууд уялдаатай..

БҮРХҮҮЛИЙН МАТЕРИАЛЫН ТӨРӨЛ БА ГҮЙЦЭТГЭЛИЙН НЭГДСЭН ХАРЬЦУУЛАЛТ

4-Р ХҮСНЭГТ

Нийлэг полимер	PE, PP	Ус, тосны хамгаалалт маш сайн, механик бат бэх өндөр	Био задралгүй, migration эрсдэлтэй	Маш сайн	Маш сайн	Сайн	Дунд–эрсдэлтэй	Сөрөг
Био суурьтай полимер	PLA	Био задралтай, харьцангуй сайн barrier, хүнсний контакт боломжтой	Дулааны тогтвортой байдал хязгаарлагдмал, өртөг өндөр	Сайн	Дунд	Хязгаарлагдмал	Сайн	Эерэг
Байгалийн лав	Зөгийн лав, ургамлын лав	Усны хамгаалалт сайн, байгалийн гаралтай, хүнсний аюулгүй	Тосны хамгаалалт сул, дулаанд зөөлөрдөг	Сайн	Сул–дунд	Сул	Маш сайн	Маш эерэг
Холимог бүрхүүл	PLA + wax, олон давхаргат	Ус, тосны хамгаалалт сайжирсан, дулааны тогтвортой байдал нэмэгдсэн	Үйлдвэрлэл төвөгтэй, давхаргын наалдац асуудалтай байж болно	Маш сайн	Сайн	Сайн	Сайн	Эерэг
Бүрхүүлийн төрөл	**Жишээ материал**	**Давуу тал**	**Сул тал**	**Усны хамгаалалт**	**Тосны хамгаалалт**	**Дулааны тогтвортой байдал**	**Эрүүл ахуй (migration)**	**Байгаль орчин**

3.2. Бүрхүүлийн молекулын түвшний нөлөө

Бүрхүүл нь зөвхөн гадаргууг хаах биш, харин:

- Сүвэрхэг бүтцийг бөглөх
- Гадаргуугийн энерги багасгах
- Усны молекулын нэвтрэлтийг саатуулах

зэрэг молекулын түвшний өөрчлөлтийг үүсгэдэг.

Жишээлбэл:

- Hydrophobic бүрхүүл → усны нэвчилт буурна
- Нягт полимер давхарга → diffusion багасна

Иймээс бүрхүүлийн бүтэц, зузаан, наалдац нь гүйцэтгэлд шийдвэрлэх нөлөөтэй.

Лигноцеллюлоз материал нь дангаараа takeaway савны шаардлагыг хангах боломж хязгаарлагдмал боловч зөв бүрхүүлийн системтэй хослуулснаар шаардлагатай barrier, механик болон эрүүл ахуйн үзүүлэлтүүдийг хангах боломжтой.

Иймээс дараагийн хэсэгт бүрхүүлийн системийн оновчлол, материалын сонголтыг илүү нарийвчлан авч үзэх шаардлагатай.

3.3. Олон улсын хэрэглээ ба үйлдвэрлэлийн жишээ

Сүүлийн жилүүдэд хэлбэржүүлсэн ислэг (molded fiber) технологид суурилсан сав баглаа боодол нь дэлхийн хэмжээнд үйлдвэрлэлийн түвшинд өргөн нэвтэрсэн. Хөдөө аж ахуйн үлдэгдэл (чихрийн нишингийн үлдэгдэл, улаан буудайн сүрэл, хулс)-ийг пульп болгон боловсруулж, даралт ба температурын нөлөөгөөр хэлбэржүүлэх аргаар takeaway сав, таваг, аяга, clamshell төрлийн савнуудыг үйлдвэрлэж байна.

Практик жишээнүүд:

- Ургамлын гаралтай ислэг ашиглан хуванцарыг орлох сав баглаа боодол үйлдвэрлэдэг олон улсын компаниуд (жишээ нь хэлбэржүүлсэн ислэг (molded fiber) сав үйлдвэрлэгчид) нь ресторан, хүргэлтийн сүлжээнд өргөн нийлүүлэлт хийж байна.
- Чихрийн нишингийн үлдэгдэлд суурилсан takeaway сав үйлдвэрлэл нь Азийн орнуудад өндөр хүчин чадлаар (өдөрт сая ширхэгийн түвшинд) ажиллаж байна.
- Европын зах зээлд цаасан/ислэгэн суурьтай, био задралтай савнууд нь хүнсний контакт бүтээгдэхүүнд стандарт шийдэл болж тогтсон.

Эдгээр жишээнүүд нь:

- Лигноцеллюлоз материал нь үйлдвэрлэлийн бодит шийдэл болсон
- Бүрхүүлтэй molded бүтээгдэхүүн нь takeaway сегментэд өргөн хэрэглэгдэж буйг
- Сав баглаа боодол нь зөвхөн экологийн биш, зах зээлийн өрсөлдөх чадвартай болохыг харуулж байна

3.4. Оновчтой бүрхүүлийн системийн санал

Нэг төрлийн бүрхүүл нь нэг удаагийн савны бүх шаардлагыг зэрэг хангах боломж хязгаарлагдмал тул олон давхаргат (олон давхаргат) буюу холимог (холимог) бүрхүүлийн систем илүү оновчтой шийдэл болно. Энэ судалгаанд дотоод талд PLA, гадна талд байгалийн лав (wax) байрлуулсан хоёр давхаргат системийг санал болгож байна.

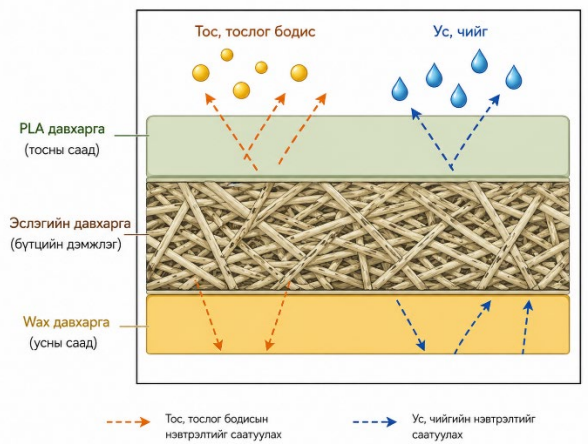
PLA давхарга нь нягт полимер матриц үүсгэж тослог фаз болон бага молекулт нэгдлүүдийн диффузийг бууруулахад гол үүрэг гүйцэтгэнэ. Харин гаднах wax давхарга нь ус үл нэвтрүүлэх шинж үүсгэж усны нэвчилтийг саатуулах үндсэн хамгаалалт болдог. Иймээс байдлаар хоёр давхарга нь ижил үүрэг гүйцэтгэхгүй, харин бие биеэ нөхсөн бүтэц үүсгэнэ.

Диффузийн процесс нь температур, контакт хугацаа болон материалын бүтцээс хамаардаг. Температур өсөхөд молекулын хөдөлгөөн нэмэгдэж, тослог фазын хувьд полимер дотор шингэх хандлага өсдөг бол усны хувьд лигноцеллюлоз матрицтай харилцан үйлчлэл давамгайлдаг. Иймээс ус ихтэй болон тослог хүнсэнд нэвчилтийн механизм ялгаатай илэрнэ.

Хэрэглээний нөхцөлөөс хамааран бүрхүүлийн шаардлага өөрчлөгдөнө. Ус ихтэй шөлтэй хоолонд ус үл нэвтрүүлэх гадаргуу чухал бол тослог хоолонд PLA давхаргын нягт бүтэц илүү ач холбогдолтой. Иймээс холимог систем нь төрөл бүрийн хүнсэнд дасан зохицох боломжтой.

Нэг удаагийн сав нь ихэвчлэн 20–60 минутын хугацаанд хэрэглэгддэг тул бүрхүүлийн системийг урт хугацааны хадгалалтад биш, харин энэ хугацаанд нэвчилтийг хамгийн бага байлгах зарчмаар оновчлох нь зөв инженерийн хандлага юм.

Дүгнэж үзвэл PLA + wax хосолсон бүрхүүл нь ус, тосны хамгаалалтыг зэрэг сайжруулах боломжтой боловч давхаргын наалдац, жигд тархалт, дулааны нөлөөн дэх тогтвортой байдлыг цаашид туршилтаар нарийвчлан үнэлэх шаардлагатай.



1-р зураг. Олон давхаргат бүрхүүлийн системийн схем.

ДҮГНЭЛТ

Энэхүү судалгаагаар нэг удаагийн сав баглаа боодолд лигноцеллюлоз, ялангуяа улаан буудайн сүрлийг ашиглах боломжийг инженерийн болон эрүүл ахуйн үүднээс нэгтгэн үнэлэв. Хуванцар сав баглаа боодол нь микропластик ба химийн нэгдлийн шилжилтийн эрсдэл дагуулдаг тул альтернатив материалын хэрэгцээ өндөр байна.

Улаан буудайн сүрэл нь Монголын нөхцөлд элбэг, сэргээгдэх түүхий эд бөгөөд үйлдвэрлэлийн нөөц боломж хангалттай. Гэвч дангаараа ус, тосны хамгаалалтыг бүрэн хангахгүй тул бүрхүүлийн систем шаардлагатай.

PLA + байгалийн лавт суурилсан холимог бүрхүүл нь ус, тосны нэвчилтийг бууруулах хосолсон механизм үүсгэж, 20–60 минутын хэрэглээний нөхцөлд тохирох шийдэл болохыг дүгнэв (зураг 1).

Цаашид бүрхүүлийн системийн гүйцэтгэлийг туршилтаар баталгаажуулах, diffusion-ийн тоон үнэлгээ хийх, үйлдвэрлэлийн процессыг оновчлох нь дараагийн шатны чухал зорилт болно.Эрдэм шинжилгээний, судалгааны ажлыг ерөнхий дүгнэлтийг оруулж өгнө.

АШИГЛАСАН МАТЕРИАЛ, НОМ ЗҮЙ

[1] UNEP. (2023). Turning off the tap: How the world can end plastic pollution.

[2] OECD. (2022). Global plastics outlook.

[3] Eurostat. (2024). Packaging waste statistics in the EU.

[4] Leslie, H. A., et al. (2022). Discovery and quantification of plastic particle pollution in human blood. Environment International, 163, 107199.

[5] Jenner, L. C., et al. (2022). Detection of microplastics in human lung tissue. Science of the Total Environment, 831, 154907.

[6] Ragusa, A., et al. (2021). Plasticenta: First evidence of microplastics in human placenta. Environment International, 146, 106274.

[7] Senathirajah, K., et al. (2021). Estimation of the mass of microplastics ingested by humans. Environmental Science & Technology, 55(8), 5084–5096.

[8] Cox, K. D., et al. (2019). Human consumption of microplastics. Environmental Science & Technology, 53(12), 7068–7074.

[9] Prata, J. C., et al. (2020). Environmental exposure to microplastics. Science of the Total Environment, 702, 134455.

[10] WHO. (2022). Microplastics in drinking water.

[11] Muncke, J. (2021). Exposure to endocrine disrupting chemicals. Environmental Health, 20(1), 1–18.

[12] Groh, K. J., et al. (2021). Plastic packaging-associated chemicals. Science of the Total Environment, 651, 3253–3268.

[13] Grand View Research. (2024). Molded fiber packaging market report.

[14] Precedence Research. (2025). Bioplastics market report.

[15] Market.us. (2024). Agricultural waste-based packaging market.

[16] Dataintelo. (2025). Wheat straw pulp market report.

[17] Siracusa, V., et al. (2020). Biodegradable polymers for food packaging. Trends in Food Science & Technology, 32(1), 1–12.

[18] Ncube, L. K., et al. (2021). Biodegradable packaging materials. International Journal of Environmental Research and Public Health, 18(8), 1–17.

[19] Хүнс, хөдөө аж ахуй, хөнгөн үйлдвэрийн яам. Газар тариалангийн салбар. https://mofa.gov.mn/branch/gazar_tarialan/616f9d5773bc4a5fc70f2207

ХӨДӨЛМӨРИЙН ГАВЬЯАНЫ УЛААН ТУГИЙН ОДОНТ
ШИНЖЛЭХ УХААН, ТЕХНОЛОГИЙН ИХ СУРГУУЛЬ

"ГОВЬ -УС- ХӨГЖИЛ" сэдэвт
эрдэм шинжилгээний хурал

ЭРДЭМ ШИНЖИЛГЭЭНИЙ БҮТЭЭЛИЙН ЭМХЭТГЭЛ

№ 26(02)368

УЛААНБААТАР ХОТ
2026 ОН

ГАРЧИГ

1. Өмнөговь аймагт саарал усыг дахин ашиглах боломж, ус хэмнэлтийн үр ашиг ба технологийн шийдлийн дүгнэлт
магистр Б.Нямсүрэн *262*

2. Гадаргуугийн нөхөн сэргээгддэг усаар говийн бүс нутгийг усжуулах О3 цогц төлөвлөлт
доктор (Ph.D) дэд профессор Н.Насанбаяр *267*

3. Устөрөгчит цахилгаан тээврийн хэрэгслийг Монгол улсад ашиглах боломжийн талаарх судалгаа
доктор (Ph.D), дэд профессор Ж.Азжаргал *273*

4. Өмнөговь, Дорноговь аймгуудын геологи-гидрогеологийн нөхцөл ба газрын доорх усны нөөцийн ашиглалтын өнөөгийн байдал, хэтийн төлөв
Д.Жаргалсайхан, магистрант Б.Хишигсүрэн, доктор (Ph.D) З.Цэрэндорж *278*

5. Барилгын дотор ус хангамжийн системд зэв үүсэх шалтгаан, түүний хүчин зүйлсийн судалгаа
доктор (Ph.D) Н.Болдбаатар *285*

6. Актив хэрэглэгчийн нэвтрэлтийн нөхцөлд түгээх сүлжээний хүчдэлийн горим ба нэвтрүүлэх даацын шинжилгээ
доктор (Ph.D), дэд профессор Б.Бат-Ундрал, докторант С.Бямбабаяр *289*

7. Монгол орны говийн бүс нутгуудад саарал усыг эргүүлэн ашиглах боломж, үр ашиг
Т.Пүрэвсүрэн, доктор (Ph.D), дэд профессор М.Оюун-Эрдэнэ *295*

8. Говь-хуурай бүсийн усны нөөцийн менежмент: Монгол орны болон олон улсын харьцуулсан судалгаа
доктор (Ph.D) Ө.Наранчимэг, магистр Д.Болормаа, магистр Б.Арвинзаяа *300*

9. Малын гаралтай түүхий эд боловсруулах үйлдвэрийн бохир ус цэвэрлэгээнд байгалийн эрдэст коагулянтын үзүүлэх нөлөө
доктор (Ph.D) Г.Ариунаа, доктор (Ph.D), дэд профессор Б.Уганбаяр *306*

10. Говийн бүсийн усны нөөцийн зохистой ашиглалт ба хөгжлийн тогтвортой шийдэл
О.Баярмаа *312*

11. Өндөр эрдэсжилттэй усны талст морфологид үзүүлэх цахилгаан импульсийн технологийн нөлөөллийн судалгаа
доктор (Ph.D) Ө.Энхсайхан, Б.Оюунсувд *320*

12. Говийн бүсийн нууруудын ашиглалт, хамгаалалтын асуудалд
докторант С.Баасансүрэн *327*

13. Нарны цахилгаан станцын самбар цэвэрлэсэн усыг ургамал ургуулахад дахин ашиглах боломжийн судалгаа
магистр Ө.Энх-амар, докторант Л.Батмэнд *333*

14. Даланзадгад хотын хэрэглээний усны ерөнхий хатуулгийн харьцуулсан шинжилгээ
докторант Н.Саранчимэг, докторант Б.Хулан *337*

15. Ноолуур угаах үйлдвэрийн хаягдал усыг цэвэршүүлэн дахин ашиглах боломжийн туршилт, судалгаа
П.Цэнд-Аюуш, доктор (Ph.D) дэд профессор Д.Батбаяр *342*

16. Ханбогд сумын бэлчээр усжуулалтын судалгаа
доктор (Ph.D), дэд профессор Н.Буянхишиг, доктор (Ph.D), профессор М.Алей, доктор (Ph.D) Д.Энхбаяр, Б.Уганхүү *347*

17. Онги голын экологийн урсацыг тодорхойлох ус зүйн аргуудын харьцуулсан үнэлгээ
докторант М.Энхтуяа, доктор (Ph.D) Б.Даваажаргал, Т.Эгиймаа , докторант Х.Сэвжидмаа *353*

18. Салхины бага хурдны үед салхин хөдөлгүүрт ус татах төхөөрөмжийн сэнсний хийцийн судалгаа
доктор (Ph.D), дэд профессор П.Баасансүрэн *359*

19. Уул уурхайн ус хангамжийн тулгамдсан асуудал, эрсдэл
магистр Р.Пүрэвсүрэн, доктор (Ph.D) Ч.Сугаррагчаа *363*

20. Говийн бүсийг усжуулах мега төслүүд: Эдийн засаг, эрсдэл ба хүний нөөц
докторант Р.Сэддорж, доктор (Ph.D) Б.Баяржавхлан, ... *367*

21. Говийн бүсийн ус ба эдийн засгийн хөгжлийг системийн динамик загварчлалын аргаар судлах нь
магистр А.Элбэгжаргал, доктор (Ph.D) Н.Болдбаатар, Б.Нандин-Эрдэнэ, доктор (Ph.D) дэд профессор М.Банзрагч *374*

22. Агаарын чийгийг ашиглан хуурай сайрын боомт бүхий зохиомол баян бүрд үүсгэх боломжийн судалгаа
Г.Соджавхлан, доктор (Ph.D) дэд профессор Н.Насанбаяр..... *382*

23. Говийн бүсийн ундны усны хүнцэл, фторын агууламжийн хүний эрүүл мэндэд үзүүлэх нөлөө: Био-мониторингийн судалгаа
Ч.Өнөрцэцэг, Б.Мөнгөнцэцэг, Э.Бүдээ, Г.Хандсүрэн, А.Анударь, Б.Амгалан, Ц.Жавзандулам, Л.Буджав, М.Еркебулан, Н.Буянхишиг, Чимидмаа, Д.Намуун, Л.Оюунтогос, Э.Эрдэнэчимэг, Л.Ундрам..... *386*

ӨМНӨГОВЬ АЙМАГТ СААРАЛ УСЫГ ДАХИН АШИГЛАХ БОЛОМЖ, УС ХЭМНЭЛТИЙН ҮР АШИГ БА ТЕХНОЛОГИЙН ШИЙДЛИЙН ДҮГНЭЛТ

Барс НЯМСҮРЭН[1]

[1]Монгол Улс, Улаанбаатар, ШУТИС, Өмнөговь аймаг дахь Технологийн дээд сургууль

Холбоо барих зохиогчийн и-мэйл хаяг: nyamsurenbars@must.edu.mn[2]

Хураангуй: **Өмнөговь аймаг нь гүний усны нөөц хязгаарлагдмал, ган, цөлжилтөд өртөмтгий бүс нутаг бөгөөд уул уурхайн эрчимжилттэй холбоотойгоор усны хэрэглээ жилээс жилд нэмэгдэж байна. Харин сүүлийн жилүүдэд дэлхийн олон улсад нэвтэрч байгаа саарал усны дахин ашиглалт нь хомсдолын нэг боломжит шийдэл болж байна. Энэхүү өгүүлэлд олон улсын бодит судалгааны мэдээлэлд тулгуурлан саарал усны тухай ойлголт, хэмжээ, чанар, шүүлтийн технологи болон ус хэмнэлтийн үр ашгийг дүгнэн шинжилж, Өмнөговийн нөхцөлд нэвтрүүлэх боломжийг үнэллээ. Олон улсын судалгаанд тулгуурлан нэг өрхийн нийт бохир усны 50–80%-ийг эзэлдэг саарал усыг жорлон болон машин угаалгад ашиглавал цэвэр усны хэрэглээг 29–35%-иар бууруулах боломжтойг тодорхойллоо. Элс болон идэвхжүүлсэн нүүрстөрөгчийн шүүлтүүр нь хамгийн хямд, практик шийдэл болохыг судалгаанууд нотолж байна.**

Түлхүүр үгс: Саарал ус, дахин ашиглалт, Өмнөговь, ус хэмнэлт, элсний шүүлтүүр, GAC, тогтвортой хэрэглээ

I. УДИРТГАЛ

Өмнөговь аймаг нь жилийн дундаж хур тунадас 50–100 мм-тэй Монголын хамгийн хуурай бүс нутгийн нэг бөгөөд гүний ус нь нутгийн нийт усан хэрэглээний 80 гаруй хувийг хангадаг [1]. Оюу Толгой, Таван Толгойн томоохон уурхайнуудын бүрэн хүчин чадлаар ажиллаж эхэлснээр усны хэрэглээ эрс нэмэгдэж, орон нутгийн малчид, суурин хүн амд хүрэлцэх ус хомсдолын эрсдэл нэмэгдэж байна [2].

Монгол Улсын ус хэрэглээний судалгааны мэдээллээс үзвэл орон сууцны хүн ам өдөрт 140–160, гэр дүүргийн хүн ам зөвхөн 7–10 литр ус хэрэглэдэг ба энэ ялгаа нь ус хэрэглээний тэгш бус байдлыг тусгаж байна [3]. Харин өдөр тутмын хэрэглэгдэж буй энэ усны нэлээд хэсэг нь жорлонгийн бохир ус биш — харьцангуй цэвэр саарал ус (greywater) хэлбэрээр ялгарч, шалтгаангүйгээр зайлуулагдаж байдаг.

Саарал усны дахин ашиглалт нь дэлхийн ус хомсдолтой бүс нутгуудад — Израиль, Австрали, Сири, Тайланд, Энэтхэг зэрэг улсад — практикт нотлогдсон, боломжит шийдэл болж байна [4, 5, 6]. Энэхүүг дотооддоо нэвтрүүлэх судалгаа, бодлогын шийдвэр Монголд одоог хүртэл хангалттай боловсруулагдаагүй байна.

Энэхүү өгүүлэлийн зорилго нь: (1) саарал усны тухай ойлголт, эх үүсвэр, хэмжээг олон улсын бодит судалгааны мэдээлэлд тулгуурлан тодорхойлох, (2) саарал усыг машин угаалга болон 00-д ашигласнаар хэдий хэмжээний цэвэр ус хэмнэх боломжтойг тооцоолох, (3) Өмнөговийн нөхцөлд тохиромжтой технологийн шийдлийг дүгнэх явдал юм.

II. СУДАЛГААНЫ АРГА ЗҮЙ

Энэхүү өгүүлэл нь нотолгоонд суурилсан дүн шинжилгээ (evidence-based review) аргачлалыг баримталсан. Мэдээллийн эх сурвалж болгон PubMed, ScienceDirect, Google Scholar мэдээллийн санд 2000–2024 оны хооронд нийтлэгдсэн, peer-reviewed судалгааны өгүүлэл, олон улсын байгууллагын тайлан, Монгол Улсын усны статистикийн мэдээллийг ашигласан. "Greywater", "greywater reuse", "water saving", "sand filtration", "GAC", "toilet flushing" зэрэг түлхүүр үгээр хайлт хийж, нийт 42 эх сурвалжийг сонгон шалгаруулласа. Монголын нөхцөлд хамаарах тоон мэдээллийг (усны хэрэглээ, хүн амын байдал) Монгол Улсын Засгийн газрын болон НҮБ-ын холбогдох баримт бичгээс ашиглав.

III. ҮР ДҮН БА ХЭЛЭЛЦҮҮЛЭГ

A. Саарал ус гэж юу вэ, ямар эх үүсвэртэй вэ?

Саарал ус (greywater) гэдэг нь шүршүүр, угаалтуур, угаалгын машин, гар нүүр угаах угаалтуураас гарах, харьцангуй бага бохирдолтой ахуйн хаягдал усыг хэлнэ. Жорлонгийн бохир ус (“хар ус”, blackwater)-аас ялгаатай нь аммиак, нитроген нэгдэл бага, эмгэг төрүүлэгч бичил биетний агууламж харьцангуй бага байдаг [7].

WHO болон ДЭМБ-ын тайланд дурдсанаар гэр ахуйн нийт бохир усны 50–80% нь саарал ус бөгөөд жорлонг вакуумаар угаадаг системтэй тохиолдолд энэ хувь 90 хүрт өснө [8]. Үүнийг эх үүсвэрээр нь задалбал: шүршүүр хамгийн их хувийг эзэлдэг бөгөөд нийт саарал усны 58%-ийг бүрдүүлдэг ба угаалтуур 23%, гал тогоо 19% хувийг эзэлдэг [9].

САААРАЛ УСНЫ ЭХ ҮҮСВЭР БА НИЙТ САААРАЛ УСАНД ЭЗЛЭХ ХУВЬ

1-Р ХҮСНЭГТ.

Эх үүсвэр	Эзлэх хувь (%)	Эх сурвалж
Шүршүүр / ванн	58%	Asante-Yeboah et al., 2026 [9]
Хувцас угаалтуур	23%	Asante-Yeboah et al., 2026 [9]
Гал тогооны угаалтуур	19%	Asante-Yeboah et al., 2026 [9]
Нийт саарал ус (өрхийн бохир усны)	50–80%	WHO, 2006 [7]; Springer, 2024 [8]

Эх сурвалж: Asante-Yeboah et al. (2026), PLOS Water [9]; WHO (2006) [7]; Hernández Leal et al. (2011) [8] судалгааны мэдээлэлд тулгуурлав.

Б. Өдөрт хэдий хэмжээний саарал ус гардаг вэ?

Саарал усны өдрийн хэмжээ нь амьдралын хэв маяг, байгалийн нөхцөл, ашигладаг тоног төхөөрөмжийн төрлөөс хамааран маш ихээр ялгаатай байдаг [10]. Хөгжиж буй орнуудын ядуу хэсгийн хүн амд нэг хүнд ногдох саарал ус өдөрт 15 литр хүрэхгүй байхад хөгжилтэй улсуудад хэдэн зуун литр хүрч байна [10].

Гана, Кумасигийн хэд хэдэн өрхийн 10 долоо хоногийн хэмжилтэд тулгуурласан 2026 оны судалгааны мэдээллээс үзвэл нэг өрхийн дундаж өдрийн саарал усны хэмжээ 110 ± 64.2 литр байна [9]. ScienceDirect-т нийтлэгдсэн Европ, Азийн өрхийг хамарсан судалгааны ерөнхий дүгнэлтэд нэг хүнд өдөрт дунджаар 98 литр саарал ус ялгардаг бөгөөд энэ нь нийт ахуйн хаягдал усны 70–75%-ийг эзэлдэг болохыг тогтоосон [11].

Монголын нөхцөлд харьцуулахад Монгол Улсын Засгийн газрын мэдээллээр орон сууцны хүн ам өдөрт 140–160 литр ус хэрэглэдэг [3]. Энэ тоонд олон улсын дундажтай нийцүүлэн 50–75%-ийн саарал усны хувийг тооцвол нэг хүнд өдөрт 70–120 литр саарал ус гарах боломжтой гэж үзэж болно — гэхдээ Монголд тусгайлсан, нутгийн нөхцөлд хийгдсэн хэмжилт одоог хүртэл хийгдээгүй байна.

В. Саарал усны чанар ямар байдаг вэ?

Саарал усны чанар нь дахин ашиглалтын тохиромжтой байдлыг тодорхойлох гол хүчин зүйл юм. Судалгаанд COD 254–618 мг/л хооронд хэлбэлздэг болохыг тогтоосон [12]. BOD_5 болон COD-ийн харьцаа дунджаар 0.31–0.71 байдаг нь саарал усны органик бодисын нэлээд хэсэг нь биологийн аргаар задардаг гэдгийг харуулдаг [10].

Шүршүүр болон гар нүүр угаалтын усны BOD_5 50–250 мг/л, угаалтуурын ус харьцангуй өндөр — BOD_5 хэдэн мянган мг/л хүрч байна [13]. Нянгийн хувьд E. coli болон нийт колиформ бактери илэрч байдаг ч жорлонгийн бохир устай харьцуулахад мэдэгдэхүйц бага агуулгажтай байдаг [7].

САААРАЛ УСНЫ ЧАНАРЫН ДЭЛХИЙН СУДАЛГААНЫ ҮЗҮҮЛЭЛТҮҮДИЙН ХҮРЭЭ

2-Р ХҮСНЭГТ.

Үзүүлэлт	Хэмжих нэгж	Хэрээ (судалгааны дундаж)	Эх сурвалж
COD	мг/л	254–618	Waterlyst (2025) [12]
BOD_5	мг/л	59–300	Friedler et al. (2006) [13]
BOD_5/COD харьцаа	—	0.31–0.71	Li et al. (2009) [10]
Нийт нян (TC)	cfu/100мл	$1–10^5$	WHO (2006) [7]
pH	—	5.0–8.4	Ghaitidak & Yadav (2013) [10]

Эх сурвалж: олон улсын peer-reviewed судалгааны мэдээллийг нэгтгэв.

Г. Дахин ашиглавал хэдий хэмжээний цэвэр ус хэмнэх вэ?

Г.1. Жорлонгийн устай холбоотой судалгаанууд

Саарал усыг жорлон татахад ашиглавал цэвэр усны хэрэглээ хэдий хэмжээгээр буурах талаар хэд хэдэн гол судалгаа хийгдсэн байна:

- Бразилийн гурван орон сууцны байрны блокийг хамарсан судалгаанд саарал усыг дахин ашигласнаар цэвэр усны 28.7–34.8%-ийн хэмнэлт бий болж, борооны устай хослуулбал 39.2–42.7% хүрдэг болохыг Ghisi & Ferreira (2007) тодорхойлсон [14].
- Сирийн Sweida хотын судалгаанд саарал усыг жорлон татахад ашиглавал ундны усны хэрэглээ 35%-иар буурдаг болохыг Mourad et al. (2011) нотолсон [5].
- Schoen et al. (2018)-ын дүгнэлтэд гурвалсан тоон шинжилгээний үндсэн дээр 29–35%-ийн хэмнэлт тооцогдсон [15].
- Тайландын судалгаанд угаалтуурын саарал усыг жорлон татахад ашигласан системийн тохиолдолд TSS, BOD_5, Turbidity нь тус тус 93%, 75%, 91%-иар буурч, 55 хэрэглэгчийн 69% нь боловсруулсан ус нь тосгоны ус шиг санагдсан гэж мэдэгдсэн [6].

ОЛОН УЛСЫН СУДАЛГААНЫ ҮР ДҮН: ЦЭВЭР УСНЫ ХЭМНЭЛТИЙН ХУВЬ

3-Р ХҮСНЭГТ.

Судалгааны улс	Дахин ашиглалтын зориулалт	Цэвэр усны хэмнэлт	Эх сурвалж
Бразил	Жорлон татах	28.7–34.8%	Ghisi & Ferreira (2007) [14]
Бразил (борооны устай)	Жорлон + усалгаа	39.2–42.7%	Ghisi & Ferreira (2007) [14]

Сири	Жорлон татах	~35%	Mourad et al. (2011) [5]
Олон улсын дүгнэлт	Жорлон татах	29–35%	Schoen et al. (2018) [15]
Тайланд	Жорлон татах	Тохиромжтой чанар	Taemthong (2018) [6]
Энэтхэг	Жорлон + усалгаа	80 л/хүн/өдөр	Shaikh & Ahammed (2020) [4]

Судалгааны тоон утгууд нь тухайн судалгааны тайлангаас шууд авсан болно

Г.2. Монголын нөхцөлд тооцооллын үнэлгээ

Монгол Улсад орон сууцны хүн ам өдөрт 140–160 литр ус хэрэглэдэг бөгөөд 4 гишүүнтэй нэг өрхийн хувьд энэ нь өдөрт 560–640 литр болно [3]. Дэлхийн судалгааны мэдээллийг ашиглан (саарал усны хувь 50–75%) нэг өрхийн саарал усны хэмжээ өдөрт 280–480 литр хүрч болзошгүй байна.

Эдгээр саарал усыг олон улсын судалгааны дүгнэсэн хэмнэлтийн хувь (29–35%)-д тулгуурлан Даланзадгадын нөхцөлд тооцоолбол дараах үр дүн гарна:

ОЛОН УЛСЫН СУДАЛГААНЫ ХУВЬ ТООЦООГООР ТООЦСОН НӨӨЦИЙН ТООЦОО (ДАЛАНЗАДГАД)

4-Р ХҮСНЭГТ.

Хамрах хүрээ	Хэрэглээний нийт ус (л/өдөр)	Олон улс. дундаж хэмнэлт 30%	Жилийн хэмнэлт (м³)
1 өрх (4 хүн)	600	180 л/өдөр	65.7
100 өрх	60,000	18,000 л/өдөр	6,570
12,600 өрх (Даланзадгад хот)	7,560,000	2,268,000 л/өдөр	827,820

** Монгол Улсын засгийн газрын 140–160 л/хүн/өдрийн тариф [3]-д 4 гишүүнтэй өрхийг тооцов. Даланзадгадын өрхийн тоо нь тооцооллын зорилгоор ашигласан таамаглал бөгөөд нарийн тоо баталгаажуулахыг шаардана.*

Дээрх тоонуудыг урьдчилсан тооцоо гэж ойлгох хэрэгтэй — Монгол, ялангуяа Өмнөговийн нөхцөлд тусгайлан хэмжилт хийгдэх хүртэл баталгаажуулах боломжгүй. Гэсэн ч дэлхийн судалгааны дүгнэлтүүд нь уг боломж бодитой гэдгийг тодорхой харуулж байна.

Д. Машин угаалгад саарал ус ашиглах боломж

Машин угаалгын газар нь ус ихээр хэрэглэдэг бизнесийн газар бөгөөд олон улсын судалгааны тайлангуудад угаалгын усыг тунааж, шүүж дахин эргэлтэд оруулах систем нь зардал хэмнэлттэй, практик шийдэл болохыг нотолж байна [16]. Автомашины нэг удаагийн угаалга 100–150 литр ус хэрэглэдэг бөгөөд угаалгын ус нь тоос шороо, мастиктай болохоос бусад тохиолдолд органик бохирдол бага байдаг тул дахин боловсруулахад харьцангуй хялбар [16].

Ус хомсдолтой Израилийн жишлэлд машин угаалгын дахин эргэлтийн системийг нэвтрүүлснээр усны хэрэглээ 60–75%-иар буурсан байна [17]. Говийн нөхцөлд ус нь туйлын үнэтэй нөөц учраас энэ загварыг нэвтрүүлэх нь эдийн засгийн үндэслэлтэй.

Өмнөговь аймгийн "Гүний ус" ХХК-ийн албан ёсны тарифаар аж ахуйн нэгжийн цэвэр усны үнэ нь 3.50 төг/л (НӨАТ-гүй), бохир усны шугамд холбогдсон бол нэмж 2.40 төг/л буюу нийт 5.90 төг/л болдог [17-ын эх сурвалж]. Дахин эргэлтийн системийн анхны суурилуулалтын зардал нь багтаамжаас хамааран 8–20 сая төгрөг байдаг бол үйл ажиллагааны зардал харьцангуй бага байдаг. Өдөрт 50 машин угаадаг дунд зэргийн машин угаалгын газрын тооцоог доор харуулав:

Үзүүлэлт	Тооцоо
Өдрийн усны хэрэглээ (систем суурилуулахаас өмнө)	**50 × 125 л = 6,250 л**
Дахин эргэлтийн дараах хэрэглээ (70% бууралт)	**~1,875 л**
Өдрийн хэмнэлт	**~4,375 л**
Жилийн хэмнэлт (300 ажлын өдөр)	**~1,312,500 л**
Мөнгөн илэрхийлэл (5.90 төг/л, цэвэр+бохир)	**~7.7 сая төгрөг/жил**

Дээрх тооцооноос харахад 10–15 сая төгрөгийн анхны хөрөнгө оруулалтыг ердөө 1.5–2 жилийн дотор нөхөх боломжтой бөгөөд дараагийн жилүүдэд цэвэр хэмнэлт тасралтгүй үүснэ.

Е. Ямар технологи хамгийн тохиромжтой вэ?

Е.1. Элсний шүүлтүүр (Sand filtration)

Удаан элсний шүүлтүүр нь хамгийн эртнээс хэрэглэгдэж ирсэн, тоос болон биологийн бохирдолтыг хоёуланг нь арилгах боломжтой, засвар үйлчилгээ бага шаарддаг технологи юм [18]. Судалгаанд TSS-ийг 82% хүртэл, Turbidity-г 66%, BOD-г 22% хүртэл бууруулж байгааг тогтоосон [6]. Дэлхийн хөгжиж буй орнуудад хамгийн өргөн хэрэглэгддэг нь энгийн байдал, хямд зардал нь тохиромжтой болгодог.

Е.2. Идэвхжүүлсэн нүүрстөрөгчийн шүүлтүүр (GAC — Granular Activated Carbon)

Элсний шүүлтүүрийн дараа GAC нэмж ашиглах нь органик бодис болон арилжааны бодисуудын (surfactants) агууламжийг мэдэгдэхүйц бууруулдаг [18, 19]. Хаварсал + элс + GAC-ийн гурван шаттай системд хийсэн туршилтын үр дүнд pH, BOD, COD, нян бүгд 60.8–100%-ийн хасагдалтай болохыг Энэтхэгийн судалгаа харуулсан [4].

Е.3. Хлоржуулалт (дезинфекц)

Шүүлтийн дараа хлоржуулалт хийх нь нянгийн агууламжийг жорлонгийн зориулалтад ашиглахад шаардлагатай стандартад хүргэдэг. March et al. (2004)-ын судалгаанд хадгалалтын хугацаа 48 цагаас хэтрэхгүй, хлорын үлдэгдэл 1 мг/л-ээс дээш байвал нийт колиформ бактери илрэхгүй байв [5].

САААРАЛ УСНЫ ШҮҮЛТИЙН ТЕХНОЛОГИЙН ХАРЬЦУУЛАЛТ (ОЛОН УЛСЫН СУДАЛГААНЫ МЭДЭЭЛЭЛД ТУЛГУУРЛАСАН)

5-Р ХҮСНЭГТ.

Технологи	BOD зайлуулалт	Нян зайлуулалт	Харьцангуй зардал	Эх сурвалж
Элсний шүүлтүүр	22–30%	Дундаж	Маш бага	Coulet et al. (2010) [19]
Элс + GAC	60–100%	Дундаж	Бага	Kaur et al. (2021) [4]
Элс + GAC + хлор	60–100%	Маш өндөр	Бага-дунд	March et al. (2004) [5]
Мембран биореактор (MBR)	90–98%	Маш өндөр	Өндөр	Hernández Leal et al. (2010) [8]
Хиймэл намгархаг газар (AW)	Өндөр	Өндөр	Дунд	Mourad et al. (2011) [5]

Өмнөговийн алслагдсан, дэд бүтэц сул орчинд элс + GAC + хлоржуулалтын гурван шат хамгийн практик хослол болно.

Ж. Нийгмийн хүлээн авалт

Саарал усны системийн амжилт нь техникийн шийдлээс гадна хэрэглэгчдийн хүлээн зөвшөөрлөөс шалтгаалдаг. Тайландын судалгаанд оролцогчдын 69%-ийн нь боловсруулсан ус нь хоолойн устай адилхан санагдсан гэж мэдэгдсэн [6]. Харин Израилийн судалгаанд хэрэглэгчдийн 77%-ийн нь боловсруулсан саарал усыг ногоон гадна талбай усалгаанд ашиглахад зөвшөөрч байжээ [17]. Хэрэглэгчдийн хүлээн авалтыг дэмжихэд боловсрол, мэдлэгт суурилсан сурталчилгаа чухал үүрэг гүйцэтгэдэг болохыг Li et al. (2009)-ын тойм судалгаа онцолсон байна [10].

ДҮГНЭЛТ

Энэхүү тойм судалгааны үндсэн дүгнэлтүүд:

- Олон улсын бодит судалгааны мэдээллээр гэр ахуйн нийт бохир усны 50–80% нь саарал ус байдаг бөгөөд нэг хүнд өдөрт 60–200 литр гардаг [7, 8, 9].
- Саарал усыг жорлон татахад ашигласнаар цэвэр усны хэрэглээг 29–35%-иар бууруулж болно гэдгийг Бразил, Сири, Тайланд, Скандинавын орнуудын судалгаа нотолсон байна [5, 6, 14, 15].
- Элс болон идэвхжүүлсэн нүүрстөрөгчийн шүүлтүүрийн хослол нь хөгжиж буй орнуудын алслагдсан дэд бүтэцтэй бүс нутагт хамгийн практик, зардал багатай шийдэл болохыг судалгаанууд харуулсан [4, 18, 19].
- Монголын орон сууцны хүн амд ногдох 140–160 л/хүн/өдрийн хэрэглээнд олон улсын хэмнэлтийн хувийг (30%) хэрэглэвэл онолын хувьд их хэмжээний хэмнэлт боломжтой боловч нутгийн нөхцөлд тусгайлан хийгдсэн хэмжилт байхгүй байна — энэ нь судалгааны гол цоорхой юм.
- Өмнөговьд саарал усны дахин ашиглалтыг нэвтрүүлэхэд техникийн шийдлээс гадна хэрэглэгчдийн хүлээн авалт, бодлогын орчин, усны стандартын шинэчлэл шаардагдана.

V. БОДЛОГЫН ЗӨВЛӨМЖ

- Өмнөговь аймагт саарал усны хэмжээ, чанарыг тодорхойлох нутгийн судалгаа (pilot study) хийх шаардлагатай — дэлхийн жишгийг нутгийн нөхцөлд тохируулахын тулд энэ нь нэн тэргүүний алхам юм.
- Даланзадгадын сургуулиуд болон байгууллагад элс + GAC + хлоржуулалтын жижиг туршилтын систем суурилуулах замаар практик дүн шинжилгээ хийх.
- Машин угаалгын газруудад усны дахин эргэлтийн системд шилжих тохиолдолд татварын хөнгөлөлт олгох эрх зүйн орчин бүрдүүлэх.
- Ус хэрэглэгчдийн мэдлэг, хандлагыг дэмжих боловсролын хөтөлбөр боловсруулж, нийгмийн хүлээн авалтыг нэмэгдүүлэх.
- Монгол Улсын ундны усны стандартад саарал усны дахин ашиглалтын зохицуулалтын тогтолцоог нэвтрүүлэх.

АШИГЛАСАН МЕТРИАЛ, НОМ ЗҮЙ

[1] WHO. Country Programme on Water Safety: Mongolia. Geneva: WHO, 2018.

[2] Оюу Толгой ХХК. Байгаль орчны болон нийгмийн нөлөөллийн үнэлгээний тайлан. Улаанбаатар, 2023. 340 х.

[3] Xinhua. One Mongolian uses 7–160 liters of water per day: government. Beijing, 2018.

[4] Shaikh I.N., Ahammed M.M. Quantity and quality characteristics of greywater from an Indian household. Environmental Technology. 2020. Vol. 41. P. 1870–1878.

[5] Mourad K.A., Berndtsson J.C., Berndtsson R. Potential fresh water saving using greywater in toilet flushing in Syria. Journal of Environmental Management. 2011. Vol. 92. P. 2447–2453.

[6] Taemthong W. Grey water recycling for reuse in toilet flushing: A case study in Thailand. International Journal of GEOMATE. 2018. Vol. 14, No. 46. P. 55–61.

[7] WHO. WHO Guidelines for the Safe Use of Wastewater, Excreta and Greywater. Vol. 4. Geneva: WHO, 2006. 204 p.

[8] Hernández Leal L., Temmink H., Zeeman G., Buisman C.J.N. Characterization and anaerobic biodegradability of Dutch household black water and grey water. Water. 2011. Vol. 3. P. 56–67.

[9] Asante-Yeboah E. et al. Greywater quantities and qualities in low-income Kumasi, Ghana. PLOS Water. 2026. Vol. 5, No. 1. e0000398.

[10] Li F., Wichmann K., Otterpohl R. Review of the technological approaches for grey water treatment and reuses. Science of the Total Environment. 2009. Vol. 407. P. 3439–3449.

[11] Eriksson E. et al. The implications of household greywater treatment and reuse for municipal wastewater flows. Water Research. 2010. Vol. 44. P. 825–834.

[12] Drechsel P. et al. (eds.). Waterlyst Review: Greywater Characteristics. 2025.

[13] Friedler E., Kovalio R., Galil N.I. On-site greywater treatment and reuse in multi-storey buildings. Water Science and Technology. 2006. Vol. 51, No. 10. P. 187–194.

[14] Ghisi E., Ferreira D.F. Potential for potable water savings by using rainwater and greywater in a multi-storey residential building in southern Brazil. Building and Environment. 2007. Vol. 42. P. 2512–2522.

[15] Schoen M. et al. Stochastic simulation of biologically contaminated greywater. Water Research. 2018. Vol. 130. P. 261–271.

[16] Al-Jayyousi O. Greywater reuse: towards sustainable water management. Desalination. 2003. Vol. 156. P. 181–192.

[17] Friedler E., Gilboa Y. Performance of UV disinfection and the microbial quality of greywater effluent. Science of the Total Environment. 2010. Vol. 408. P. 2109–2117.

[18] Ghaitidak D.M., Yadav K.D. Characteristics and treatment of greywater — a review. Environmental Science and Pollution Research. 2013. Vol. 20. P. 2795–2809.

[19] COULET C. ET AL. BATHROOM GREYWATER CHARACTERIZATION AND POTENTIAL TREATMENTS FOR REUSE. WATER, AIR, & SOIL POLLUTION. 2010. VOL. 215. P. 31–42.

ГАДАРГУУГИЙН НӨХӨН СЭРГЭЭГДДЭГ УСААР ГОВИЙН БҮС НУТГИЙГ УСЖУУЛАХ O^3 ЦОГЦ ТӨЛӨВЛӨЛТ

Наранцогт **НАСАНБАЯР**[1]

[1]Монгол Улс, Улаанбаатар, ШУТИС, Барилга архитектурын сургууль, Инженерийн байгууламжийн тэнхим

Холбоо барих зохиогчийн и-мэйл хаяг: nasanbayar.narantsogt@must.edu.mn[1]

Хураангуй: **Онгийн голын дагуу нэгдсэн байдлаар цогц төлөвлөлт хийж говийн бүс нутгийг усжуулах шаардлагатай усны нөөцийг бүрдүүлэх боломжтой. Хангайн нурууны урд хэсгээс эх авсан Байдаргийн гол Бөөн цагаан нуурт, Нарийны гол Адгийн цагаан нуурт, Түйн гол Орог нуурт, Таацын гол Таацын цагаан нуурт, Онги гол Улаан нуурт тус тус цутгаж нууруудын хөндийг үүсгэдэг. Эдгээр таван нуураас ширгэсэн Улаан нуур нь нүүдлийн шувуудын буудладаг нуур намгархаг газрыг хамгаалах Рамсарын конвенцид 1998 онд ороогүй болно. Онгийн голын дагуу сав газрын нэгдсэн менежментээр эхнээс адаг Улааннуур хүртэл усны нөөцийг нэмэгдүүлэх арга хэмжээнүүдийг дэс дараалан авч говийг усжуулах цогц төлөвлөлтийг хийнэ. Онгийн голыг урсцыг нэмэгдүүлж Улааннуурыг сэргээж цаашид Даланзадгад хотын ус хангамж, Тавантолгойн нүүрс угаах үйлдвэр, Оюутолгойн зэс боловсруулах үйлдвэр, уурхайн ус хангамж зэргийг хангах бүрэн боломжтой байна. Үүний тулд Орхон голын хөндийд газрын доорх усны нөөцийг нэмэгдүүлж, нэмэгдсэн усны нөөцийг суваг болон ус хангамжийн худгуудаар татан авч, Хангайн нуруугаар Дөтийн даваагаар давуулж Өвтийн голтой нийлүүлэн Онгийн голын урсцыг нэмэгдүүлнэ. Онгийн голын эхэн дээд хэсэгт Өвөрхангай аймгийн Уянга сумын ойр Цэцэн голын усан сан, Зүүнбаян сумын нутагт Цагаан бургасын усан сан, Дундговь аймгийн Цагаан-Овоо сумын нутагт Онгийн хийдийн дээд доод хоёр хиймэл нуур байгуулна. Ингэснээр Улааннуурыг сэргээн нуур, намгархаг газруудыг хамгаалах Рамсарын конвенцид оруулна. Улаан нуураас гадаргуугийн нөхөн сэргээгддэг усыг авч говийн бүс нутгийг усжуулах бүрэн боломжтой болно. Улаан нуурыг сэргээн усны нөөцийг нэмэгдүүлсэнээр Өмнөговь аймгийн Булган Даланзадгад, Тавантолгой, Оюутолгой чиглэлд гадаргуугийн нөхөн сэргээгддэг усыг дамжуулан хүргэж говийн бүс нутгийг усжуулах бүрэн боломжтой цогц шийдэл болох юм.**

Түлхүүр үг: Уст орд, зохиомлоор нэмэгдүүлэх, ус дамжуулах, хиймэл нуур , баянбүрд

I. УДИРТГАЛ

Хангай нуруунаас эх аван урсах Шурангийн гол нь Онгийн голын эх боолох ба 435 км байгалийн гурван бүсийг дамнан урсаж Улаан нуурт цутгадаг. Онги голын урсцыг нэмэгдүүлж Улаан нуурыг сэргээх төсөлд Орхон гол дээр урсац тохируулгын Орхон-Хужирт усан санг барьж байгуулахаар төсөллөсөн. ОХУ-тай хилийн усны хэлэлцээрээр Байгал нуурт цутгах Сэлэнгэ мөрний сав газарт урсац тохируулгын усан сан УЦС байгуулахад ОХУ-ын талаас хориг тавьж байна. Ийм учир Орхон Цагаан голын хоорондох хэсгээс газрын доорх усыг зохиомлоор нэмэгдүүлэх аргаар Улаан нуурыг сэргээхэд шаардлагатай хэмжээний газрыгн доорх усыг авч насос станцаар өргөж эрчим хадгалагч усан санд хуримтлуулж оргил ачааллын үед цахилгаан үйлдвэрлэх боломжтой байна. Орхоны хөндийн газрын доорх усыг авч Хангайн нурууг Дөтийн даваагаар давуулан Өвт голруу цутгаснаар Онги голын урсгалыг нэмэгдүүлж Улаан нуурыг сэргээнэ. Ус судлалын Онги Сайхан-Овоо харуулын урсацын 1973 оноос хойших олон жилийн ажиглалтаар Онги-Уянга, Онги-Арвайхээрийн ажиглалтыг уртасгаж, урсацын хэлбэлзлийн интеграл муруй байгуулан үзэхэд Онги голд энэ хугацаанд услагын байдлын хоёр бүтэн мөчлөг хамрагдсан байна. Үүнд: 1975-1987 онуудад буюу 12 жил үргэлжилсэн татруу үе, 1988-1999 онд 11 жил орчим үргэлжилсэн элбэг услагтай үе ажиглагдаж 2000-2012 онд татруу устай үе эхэлж байсан. Онги гол Өвөрхангай аймгийн Уянга сумын нутагт эх авч урсан замдаа цутгал голуудыг нэгтгэн урссаар Арвайхээр харуулд 1,59 м3/с дундаж урсацтай болж Дундговь аймгийн Сайхан-Овоо суманд урсцын

[1] Наранцогт Насанбаяр, Инженерийн байгууламжийн салбар дэд профессор, уст ордын зохиомол нэмэгдүүлэлт, гидравлик усны барилга байгууламж

хэмжээ буурч очно. Онгийн гол Хангайн бүсээс тал хээрийн бүсээр урсан Онгийн хийдийг өнгөрч говь хээрийн бүсээр урсахдаа урсац нь байнга буурч хаврын шар усны үеэр болон зуны хур борооны улиралд үерлэх үедээ л Улаан нууранд хүрч цутгадаг онцлогтой [1]. Харин хавар 4,5-р саруудад ургамал ургах эхэн үед шар усны үерийн дараа Онги гол усгүй болж Улаан нуур хүрэхгүй шургадаг. Иймд Хангайн нурууны хойд хэсгээс нэмэлтээр ус авч Онгийн голын усны нөөцийг нэмэгдүүлэх шаардлагатай. Орхон гол дээр Майхан уулын хөндлүүрт баригдах урсац тохируулгын боомт нь Хужиртын халуун рашааны хагарал болон ОХУ-тай хилийн усны хэлэлцээр зэргээс болж саатахад хүрч байна.

1-р зураг. Орхон Майхан уулын усан сан, Хужиртын хагарал

Иймд Орхон Цагаан голын хоорондох хөндийд газрын доорхи усны нөөцийг зохиомлоор нэмэгдүүлэх арга хэмжээг хэрэгжүүлэн газар доор ус хаших боомт бусад байгууламжийг төлөвлөн нөөцөлсөн усыг цооног өргөлтийн насос станцуудаар авч Бат-Өлзий сумын төвөөр дайруулан Өвтийн даваг давуулж, Өвтийн гол руу нийлүүлж Онгийн голын урсацыг нэмэгдүүлнэ. Үүний тулд Бат-Өлзий сумын хойд хэсэг Цагаан гол, Орхон голын хоорондох хөндийд судалгаа хийх шаардлагатай.

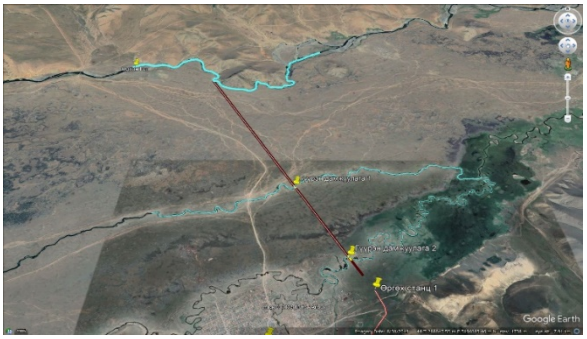
II. САВ ГАЗРУУДЫН ХООРОНД УС ДАМЖУУЛАХ

1. Онгийн голын урсацыг сайжруулах Улаан нуурыг сэргээх

Говийн аймгуудын нийт ус хэрэглээг тооцож Онги голын урсацын нэмэгдүүлэхийн усны хэмжээг Q=1,34 м^3/с гэж үзэж Орхон голоос нийт Q=4м^3/с ус татахаар тооцов. Орхон голын өнгөрөлт Q_n = 13.3 м^3/с байна. Манай улсын хувьд Усны тухай хууль ба бусад норм норматив бичигт зааснаар ууршилт ихтэй эх газрын хувьд голын гачиг үеийн буюу 75% - н хангамжтай урсацын 21хүртлэх хувийг ашиглаж болно гэж заасан байдаг. Тэгвэл Орхон голоос шууд авч ашиглах усны боломжит хэмжээ нь 3.51 м^3/с байна. Иймд зөвхөн ус ихтэй улиралд буюу 4-р сараас 11 сар хүртэл Улаан нуурыг сэргээх Q=4м^3/с усыг авах боломжтой болох юм.

Орхон, Цагаан голын хөндийгөөс нэгдүгээр өргөлтийн цооногт гүний насосоор усыг авч усан санд хуримтлуулан өргөх эсвэл Орхон голоос шууд сувгаар усыг татаж насос станцын байгууламжаар 4 м^3/с зарцуулгатай ус авахаар төлөвлөх хоёр хувилбартай тооцоолов. Ус хуримтлуулах голын усны түвшинг өргөх зориултаар голын голдиролыг нийтэд нь хааж ус халиах бетон хольцтой чулуун өрлөгөн боомт барьж өгнө. Ийм ус халиах чулуун өрлөгөн боомт түүнд перпендиклуяр юмуу хурц өнцгөөр байрлах хажуугийн ус авах барилгаас бүрдэнэ. Хажуугийн ус татамжийн барилга нь хамгийн өргөн тархсан энгийн хийцтэй найдвартай ажилгаатай хийц болно. Бетон хольцтой чулуун өрлөгөн боомт дээд хяр хэсгээрээ ус чөлөөтэй нэвтрүүлэх ба ашиглалт засвар хийхэд хялбар юм.

Голын голдиролын хэв шинж мөсний үзэгдэл үерийн шинж геологийн нөхцөл зэргээс хамааруулан хажуугийн дөхүүлэх сувгаар хэрэгцээт усыг толгойн барилга руу өгөхөөр техникийн шийдэл гаргасан. Голын усны гүн нь 0,5-2м хүртэл байх тул урсгал салаалах түвшин өргөх боомттой байгууламж төслөнө.



2-р зураг. Орхон Онги ус дамжуулах суваг трасс

Голоос усан сан, насос станц хүртэл 5,2км урттай дөхүүлэх суваг төслөж өгнө. Дөхүүлэх сувгийн өмнө хагшаас хуримтлагдах магадлалтай тул голын ёроолоос дээш 20 см сувгийн ёроолыг байрлуулж өглөө. Голоос 4 м^3/с зарцуулга авах ба сонгож авсан хөндлүүрт зуны ус ихтэй саруудад дундаж урсац 31-85 м^3/с өнгөрөлттэй байна.

Оюутолгой, Тавантолгойн ус хангамжийг нөхөн сэргээгддэг гадаргуугийн усаар хангахад Онгийн голын урсац дангаараа хүрэлцэхгүй юм. Иймд Орхон голын хөндийгөөс газрын доорх усны нөөцийг зохиомлоор нэмэгдүүлэх аргаар нэмэлтээр 2 м^3/с хүртэлх усыг газрын дооросс авч говийн бүс нутгийн усны хэрэгцээг хангана.

Өөр нэг хувилбар нь Орхон голоос ус ихтэй саруудад 4м^3/с усыг авч Онги голын цутгал Өвтийн гол руу Хангайн нурууг давуулж нийлүүлсэнээр хэрэгцээт усны нөөцийг нэмэгдүүлж болно [2].

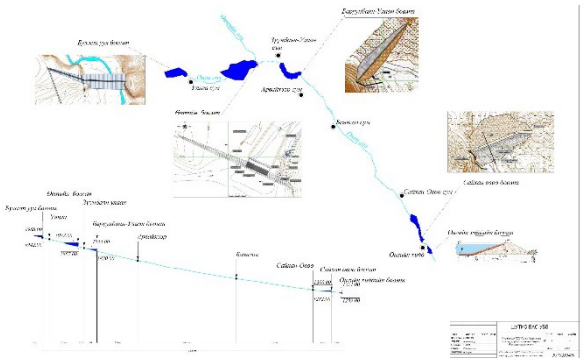
Онгийн голын урсцыг нэмэгдүүлэх үүднээс Орхон Цагаан голын хөндийд газрын доорх усны нөөцийг зохиомлоор нэмэгдүүлэх арга хэмжээ авч 2-4м3/с зарцуулалттай усыг Өвтийн гол руу Хангайн нуруунд давуулан нийлүүлж Онги гол руу нийлүүлнэ.
Онги Өвтийн усан сан нь Улаанбаатар хотоос 442 км зайд, Өвөрхангай аймгийн төвөөс баруун хойд зүгт 31 км, Зүүнбаян-Улаан сумын төвөөс баруун талд ойролцоогоор 2.4 км орчим зайд Цөөвөрт уулын ард талд оршино.

Үүний тулд ашигтай эзлэхүүн нь 63 сая.м^3/жилээс дээш байх Цагаан бургасын усан сан хиймэл нуурыг боомттой байгуулж усны нөөцийг нэмэгдүүлэн урсац тохируулгыг хийнэ [2].

3-р зураг. Орхон голын хөндийгөөс газрын доорх усны нөөцийг нэмэгдүүлэн Хангайн нуруу давуулах хувилбар

Онгийн голын эхэнд Уянга сумын нутагт Булагт уулын усан сан Цэцэн нуур байгуулахад 19сая.м^3 усны нөөцийг бүрдүүлж болно [3].

Өвөрхангай аймгийн Уянга сумын нутаг Онгийн голын хөндийд Уянга сумаас доош 9 км-т орших Цэцэнгийн голын цутгал хэсэгт Булагт уул, Холбоо хүрэн уулын нарийссан хавцал хэсэгт Булагт уулын бага оврын УЦС барих газрыг сонгон авсан [3].



4-р зураг. Онгийн голын усан сан, хиймэл нуурууд

Онгийн голын урсцанд тохируулга хийх нийт дөрвөн хиймэл нуур усан санг байгуулах шаардлагатай. Үүнд: Уянга суманд Цэцэнгийн, Цагаан бургас, Онгийн хийдийн дээд, доод усан сангууд байна.

Онгийн хийдээс доош Аман ундны ус гэдэг газарт ойролцоогоор 12сая.м3 ус хураан авах боломжтой боомттой усан сан баригдана. Энэ усан сангийн ус нь Тавантолгойн нүүрс угаах үйлдвэрийн ус хангамжийг хангаж хүч хүрэх боловч Оюутолгой ус хангамж Гүний хоолойн усны нөөцийг нөхөн сэргээхэд хүрэлцэхгүй болно. Иймд Онгийн хийдийн дээд талд усан сан хиймэл нуур байгуулж шаардагдах усны нөөцийг бүрдүүлнэ. 1976 онд анхны судалгаа төсөл хийгдсэн хөндлүүрт Онгийн голын урсцыг нэмэгдүүлж Улаан нуурыг сэргээх төслөөр 2019 онд ТЭЗҮ шинэчлэлт хийгдсэн.

Энэ хөндлүүрт 14 өндөртэй, 235м урттай шороон боомтоор 23.56сая.м^3 усны нөөцийг бүрдүүлэх боломжтой юм [4].

5-р зураг. Онгийн хийдийн дээд ба доод хиймэл нуурууд

III. III. ОНГИ, ӨТГӨН ХӨӨВРИЙН ТАЛЫН УСЖУУЛАЛТ

Хур бороо багатай бүс нутгуудад баригдсан хөв цөөрөмүүд нь цаг уурын өөрчлөлтөөс хамааран байнгын урсацтай байх нь ховор байна. Үүнд тулгуурласан “атмосфер ватер генератор” буюу агаарын чийгшилээс ус гарган авах технологийг түр зуурын урсацтай хуурай сайр бүхий газар элсэн грунттэй боомтуудад нэмэлтээр байрлуулан нөхөн сэргээгдэх нөөц бүхий уст цэгийг бий болгох боломжтой.

Элсэн цөлд "усны конденсаци" гэдэг нь хуурай орчинд ч агаарт агуулагдах усны уур хөргөж шингэн усны дусал болон өтгөрөх үйл явцыг хэлнэ. Энэ нь ихэвчлэн шөнийн цагаар гадаргын температур шүүдэр цэгээс доош бууж, заримдаа "цөлийн манан" гэж нэрлэгддэг үзэгдлийг үүсгэж, цөлийн ургамал, амьтдын чийгийн амин чухал эх үүсвэр болдог; Энэхүү конденсац нь элсний ширхэгүүд дээр үүсч, цөлд агаараас гарч буй усны ууранд "амьсгалах" боломжийг олгодог [8].

6-р зураг. Мухартын гол

Үүний улмаас хөрсөн агаар элсэнд татагдан орж элсний гүнд хүйтэн орчинд конденсацлагдан агаарын чийг нь нягтарч ус болон булаг шанд хэлбэрээр гарч ирдэг зүй тогтолтой байна.

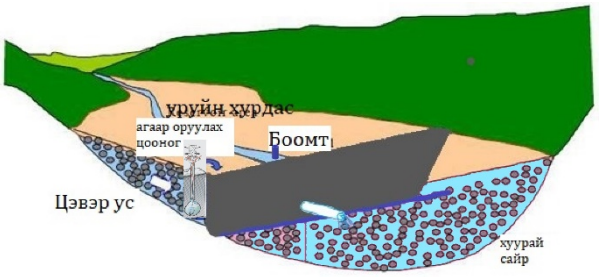
Үүнд тулгуурлан элсэн грунтээр дүүрсэн хашиц боомтой хуурай сайрын элсэн санд агаар сорж татах цооног төхөөрөмж байрлуулна. Энэ төхөөрөмж нь агаар сорж татан элсэн сангийн ёроолд агаарын чийгийг конденсацид оруулан ус гаргаж авах технологи юм [8].

Агаар сорох төхөөрөмж бүхий цооног, элсээр дүүрсэн (sand dam) бетон шороон боомттой хуурай сайрын далан боомт нь агаарыг цооног руу сорж оруулан элсний ёроолд байх хүйтэн орчинд конденсацид оруулан нягтруулж агаарын чийгийг ус болон хувиргах технологи юм. Иймд түүний нэгэн хувилбар болох (Water seer) “ватер сеер” буюу салхины эрчимийг ашиглан механик хөдөлгөөнөөр агаарийг татан оруулж байгалийн конденсацаар усыг ялган үлдээж, хөрсөн агаараа голд байрлах хоолойгоор дээш түрэн гаргах шийдэл юм. Энэ хосолмол хуурай сайрын элсэн боомт, агаар сорох төхөөрөмжийг Өтгөн хөөврийн талд Онги голын голдирол, хуурай сайрын дагуу цуврал маягаар байршуулан ус гарган авах болно.

7- зураг. Агаар сорж агаарын чийгийг нь нягтруулан ус болгох төхөөрөмж

Тус технологийн хэрэглээ болон чадамжийг авч үзвэл өвлийн улирал , салхины эрч сулрах, агаарын чийгшилийн хэмжээ буурах гэх гурван үндсэн шалтгаанаар гарцын хэмжээ хэлбэлзэх буюу багасдаг байна. Монгол орны эрс тэрс уур амьсгал эдгээр асуудлуудийг үүсэхгүй байнгын хэрэглээний доголдол үүсгэхээс сэргийлж байхаар жилийн турш усны гарцын хэмжээг нэгэн жигд байлгах арга замыг эрэлхийлэв. Гэнэтийн их урсац, үер, хур тунадасыг хуурай сайрын далан өөртөө шингээн авч шүүрүүлийн хоолойгоороо дамжуулан хэрэглэгчдэд хүргэх хуурай сайрын боолт бүхий элсэн давхаргатай боомт нь усыг ууршх бохирдохоос хамгаалах ус хуримтлуулах байгууламж юм [8]. Эдгээр хуурай сайрын ус агуулсан шороон давхаргат боолт нь усыг агуулан ус гаргах хоолойгоор тоноглогдсон байна. Ийм байгууламж нь Африкын орнуудад түр зуурын устай хуурай сайруудад байгуулагдан хүн малын ундны усны хэрэгцээг хангаж байна. Элсэн боомтонд агаарын чийгшилээс ус гарган авах төхөөрөмжийг тус байгууламжид нэмэлтээр тусгаж өгсөнөөр говийн бүс нутагт бэлчээрийг усжуулах хүн малыг усаар хангах боломжтой юм. (Atmosphere water generator) “атмосфере ватер генератор” нь агаар дахь чийгшилээс халуун хүйтний зөрүү конденсацийг ашиглан ус гарган авах цахилгаан тэжээл бүхий конденсацийн машин юм. Үүнийг шууд болон шууд бусаар ашиглах боломжтой хөв цөөрөмүүдтэй хослуулан ашиглах нь тохирсон шийдэл болно. Салхины хурд, агаарын чийгшил, гадаргын болоод агаарын температураас хамааран гарцын хэмжээ хэлбэлзэх боловч агаарын чийгшилийн хэмжээ 40 хувь аас дээш, салхины хурд сардаа 3м/с-ээс дээш аль ч бүс нутагт тооцоо судалгааны үндсэн дээр байгуулж болно [8].

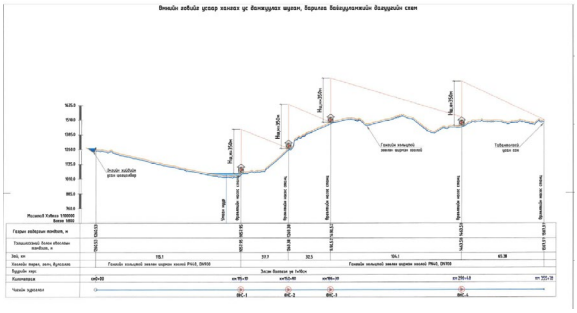
Мөн усыг шүүрүүлж цэвэршүүлэн ус хуримтлуулах цэгт хүргэх зориулалттай нарийн ширхэг бүхий хайрга дайрга элсэнцэрээр шороон боомтийг дүүргэх нь зуны хур бороог мөн адил шингээж ууршилтыг багасган шүүрэлтээр цэвэршүүлэх боломжийг олгох юм. Засвар үйлчилгээ ариутгал цэвэрлэгээг хийх, өнгөн хөрсний дулаан дамжуулалтийг багасгах, оролтийн хоолойг зэврээхгүй үүднээс оролтийн хоолой, ус хадгалах савийг тойруулан 1 ээс 1.5 метр зайтай нүхтэй төмөр хайрга дайрга зэргээр хашиж буух шат тусгаарлах тасалгаа зэргийг нэмэлтээр хийх шаардлагатай. Салхин турбин бүтэц бүхий конденсацийн танк доторх үлээлтийн сэнсийг механик энергээр эргүүлэх үүрэгтэй оройн хэсэгт байрлах төхөөрөмжнөөс гарах ус нь ундны усны стандартыг бүрэн хангана [8].



8-р зураг. Хуурай сайрын хурдаст ус хуримтлуурын 3D дүрслэл

IV. IV. УЛААН НУУР ДАЛАНЗАДГАД ТАВАНТОЛГОЙ УС ДАМЖУУЛАХ ШУГАМ ХООЛОЙ

Онгийн гол уулархаг тал хээрийн бүсээс гарч говь хээрийн бүс рүү орох хэсэг Аман ундны ус гэдэг газарт боомт бүхий усан сан байгуулж эндээс Улаануур хүртэл өөрийн урсгалаар ус дамжуулна. Улааннуурыг сэргээж усны нөөцийг нэмэгдүүлсэний дараа Даланзадгад Цогтцэций чиглэлд 250км ус дамжуулах шугам хоолой дөрвөн ус өргөх насос станцын байгууламж төлөвлөөд байна. Нийт ус дамжуулах байгууламжийн трассын урт 358 км болно [9].



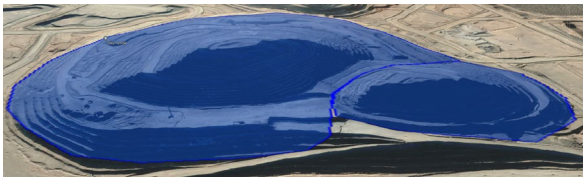
9-р зураг. Онгийн хийдийн хиймэл нуураас Тавантолгой нүүрс угаах үйлдвэр ус дамжуулах шугам хоолойн пьезометр трас

V. ТАВАНТОЛГОЙ ОЮУТОЛГОЙ УС ДАМЖУУЛАХ ШУГАМ ХООЛОЙ

Алтайн нурууны зүүн урд зах говийн бүсэд хур тунадас болон гадаргын усны тэжээгдэл байхгүй газрын доорхи усны түвшинг байнга бууруулан уул уурхайд ашиглаж байна. Говийн бүс нутагт ашигт малтмал олборлох уул уурхайнууд нь байгалийн баялагийг олборлохоос гадна нөхөн сэргээж болох газрын доорх усны нөөцийг шавхаж байна. Оюутолгойн уурхайн ус хангамжинд ашиглаж буй Гүний хоолойн усыг нөхөн сэргээх, Ханбогд хот байгуулах, Тавантолгойн нүүрсний уурхайн нүүрс угаах үйлдвэр зэргийг байгуулах шаардагдах усны хэрэгцээ, жилд нийт 67 сая.м^3/жил ус шаардлагатай байна [4].

Оюутолгой жилд 15сая.м^3 ус ашиглаж байгаа бөгөөд бүлэг ордыг 40 жил ашиглана гэвэл 600сая.м^3 усыг Гүний хоолойгоос авч ашиглана. Цогтцэций сум Тавантолгойн уурхайгаас Ханбогд сум Оюутолгой чиглэлд ус дамжуулан Оюутолгойн ус хангамжийг гадаргуугийн нөхөн сэргээгддэг усаар хангах, гүний хоолойн газрын доорх усыг зохиомлоор нэмэгдүүлэх сэлбэх боломжийг бүрдүүлнэ [5].

Оюутолгойн ил уурхай нь нийт 4,05 км^2 талбайг хамрах ба 650 м гүн ухмал нүх үлдээнэ. Ил уурхайн ухмал нүхний эзлэхүүн 272сая.м3. Үүнийг усаар дүүргэхэд 272+23=300сая.м^3



10-р зураг. Оюутолгойн ил уурхайн хаалтын нөхөн сэргээлт хиймэл нуур

ДҮГНЭЛТ

Эндээс дүгнэхэд Онги Цагаан бургастай усан сангийн нийт эзлэхүүн 65сая.м^3 болно. Энэ нь дангаараа говийн бүсийг усжуулахад хангалтгүй юм. Иймд Орхон голоос нэмэлтээр 4,0м^3/с хүртэл зарцуулагатай усыг Хангайн нуруугаар давуулан Өвтийн голоор дамжуулан Цагаан бургастай усан сан хиймэл нуурыг усаар дүүргэнэ [6].

Онгийн голын эхэн хэсэгт Уянга сумын Цэцэнгийн усан сан, Цагаан бургастай усан сангуул нийлээд 84 сая.м^3 усны нөөцийг бүрдүүлнэ. Харин Онгийн хийдийн хоёр хиймэл нуур нь нийт 35 сая.м^3 усны нөөцийг бий болгоно. Онгийн хийдийн хоёр усан сангаас Онги голын олон жилийн урсацыг байнга урсгаж Улааннуурыг жилийн турш байнга устай байлгаж сэргээх болно Онгийн талаар усыг урсган Улааннуурыг сэргээж Рамсарын конвенцид оруулна.

Улааннуураас Даланзадгад Тавантолгой Оюутолгой чиглэлд нэмэгдсэн усны нөөцийг дамжуулан говийн бүс нутгийг усжуулах төслийг хэрэгжүүлэх болно. Оюутолгойн баяжуулах үйлдвэрийн ус хангамжийг гадаргуугийн нөхөн сэргээгддэг усаар хангана.

Оюутолгой уурхайн 500л/с, Тавантолгойн 670л/с нийт 1170л/с усыг одоо олборлож буй 2500₮ үнээр зарахад 92,242,800,000 төгрөг болох ба энэ нь Улааннуур Тавантолгойн ус дамжуулах өртөг 1,2 их наяд төгрөгийг 14 жилийн дотор нөхөх боломжтой [10]. Мөн ил уурхайн ухмал нүхийг усаар дүүргэн хур тунадасны эх үүсвэрийг бий болгож говийн Баянбүрдийг уул уурхайг түшиглэн бий болгодог жишиг төслийг хэрэгжүүлнэ.

АШИГЛАСАН МАТЕРИАЛ, НОМ ЗҮЙ

[1] Н.Насанбаяр. Говийн бүсийн ус хангамж, төвийн эрчим хүчний системийн дутагдлыг хосолмол байдлаар шийдэх ЭХУС арга. Эрчим хүчний эдийн засгийн хүрээлэн. ЭШ хурал 2019 он

[2] Н.Насанбаяр, Газрын доорхи усны нөөцийг зохиомлоор нэмэгдүүлж говийн бүсийн ус хангамж, ТЭХС-ийн оргил ачааллыг хангах эрчим хадгалах усан сангуудын судалгаа. Сэргээгдэх эрчим хүч ба дэвшилтэт технологи. э/ш хурал 2021

[3] Н.Насанбаяр, Говийн бүс нутгийг усжуулах, сав газруудын хооронд ус дамжуулах, нууруудыг сэргээх судалгаа, Уул уурхайн бүс нутгийн усны чанарын асуудал ба технологийн шийдэл. Хүрэлтогоо2022

[4] Н.Насанбаяр, Говийн бүсийн уул уурхайн ус хангамжийг сэргээгддэг гадаргуугийн усаар хангах, нуур байгуулах боломжийн судалгаа. Барилга байгууламжийн геотехникийн асуудлууд О/у эш XVI бага хурал, 2023

[5] Н.Насанбаяр, Говийн бүс нутгийн усжуулалт, нууруудыг сэргээх, уул уурхайн нөхөн сэргээлтэнд хиймэл нуур байгуулах судалгаа, Уур амьсгалын өөрчлөлт, дасан зохицох, цөлжилтийг сааруулах-2023

[6] Н.Насанбаяр, Говийн түйрэн түүнийг багасгах боломжийн судалгаа, Усны шинжлэх ухаан ба инженерчлэл-2024,

[7] Н.Насанбаяр, Цөлжилтийн эсрэг инженерийн шийдлүүд, 2025

[8] Н.Насанбаяр, Уулархаг говь хээрийн бүсэд агаарын чийгээс ус гаргах хуурай сайрын хурдаст боомт байгуулах боломжийн судалгаа, Journal of Water research and Engineering. 2025

[9] Улааннуур-Даланзадгад-Тавантолгой чиглэлийн ус дамжуулах байгууламжийн ТЭЗҮ, 2022

[10] N. Narantsogt, Engineering solutions for irrigation in the Gobi region against desertification, 2025

УСТӨРӨГЧИТ ЦАХИЛГААН ТЭЭВРИЙН ХЭРЭГСЛИЙГ МОНГОЛ УЛСАД АШИГЛАХ БОЛОМЖИЙН ТАЛААРХ СУДАЛГАА

Жанчивын **АЗЖАРГАЛ**[1]

[1]Монгол Улс, Улаанбаатар хот, ШУТИС, Механик инженер тээврийн сургууль, Тээвэр логистикийн тэнхим

Холбогдох зохиогчийн и-мэйл хаяг: azjargal@must.edu.mn[1]

Хураангуй: 2015 оноос БНСУ, Япон, БНХАУ, АНУ, Европын холбооны улсад устөрөгчийн түлшний элементтэй тээврийн хэрэгсэл (суудлын автомашин, автобус, галт тэрэг) үйлдвэрлэл эрчимжиж, 2025 оны байдлаар устөрөгчит тээврийн хэрэгслийн борлуулалт 100 мянга давсан амжилттай байна. Устөрөгчит тээврийн хэрэгсэл хорт утаа огт ялгаруулахгүй, богино хугацаанд цэнэглэж, илүү хол зам туулах боломжтой бөгөөд хүйтэн нөхцөлд ажиллах чадвар сайн тул цахилгаан тээврийн хэрэгсэлтэй хүчтэй өрсөлдөх чадвартай болсон. Монгол Улсад 2010 оноос устөрөгчийн судалгаа, шинжилгээний ажил эхэлж, 2022 онд Монгол улсын төр, хувийн хэвшлийн талууд хамтарч "Устөрөгчийн зөвлөл" байгуулж, хэд хэдэн томоохон төсөл, хөтөлбөр хэрэгжиж байна. Энэхүү судалгааны ажлаар тээврийн салбарт устөрөгчит технологи хэрэглэж буй байдал, хөгжлийн чиг хандлага, зах зээлийн төлөв байдлын талаар судалж, Монгол Улсад устөрөгчит тээврийн хэрэгслийг ашиглах боломжийг тодорхойлсон.

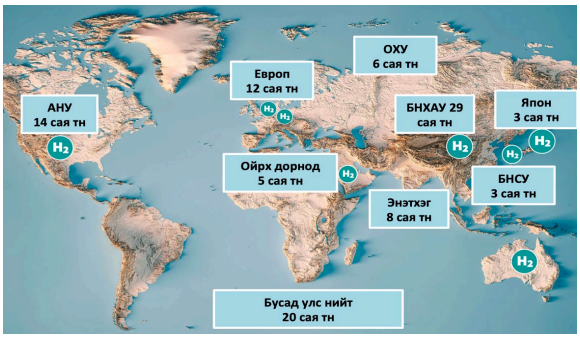
Түлхүүр үг: Устөрөгч, түлшний элемент, цахилгаан автомашин, түгээх станц, электролиз

I. УДИРТГАЛ

1970 онд дэлхийн хэмжээнд нийт 246 сая тээврийн хэрэгсэл хэрэглэж байсан бол 55 жилийн дараа 1.65 тэрбум болж 7 дахин нэмэгдсэн. Жилд дунджаар 60 сая тээврийн хэрэгсэл зах зээлд шинээр борлуулагдаж байна [1]. Энэ нь хотын агаарын бохирдолыг эрс нэмэгдүүлж, шатахууны хомсдолд хүргэж байна. Тээврийн хэрэгслийн тоо нэмэгдэхтэй зэрэгцэн хөдөлгүүрээс ялгарах хорт утаа байгаль, орчин, хүний эрүүл мэндэд сөрөг нөлөө үзүүлэх болсон. Улмаар хүлэмжийн хийн ялгарал ихсэж, дэлхийн дулаарал, цөлжилт эрчимтэй явагдаж, хойд мөсөн далай хайлж, гамшигт үзэгдлийн давтамж ойртож байна. Дэлхийн эрүүл мэндийн байгууллагын судалгаагаар арван нас баралт тутмын нэг нь агаарын бохирдлоос үүдэлтэй байгаа бөгөөд жилд дунджаар гурван сая хүн агаарын бохирдлоос болж нас барж байна [2]. Манай Улсад хийсэн судалгааны үр дүнгээс харахад 10000 хүнд ноогдох амьсгалын замын системийн өвчлөл 2.7 дахин нэмэгдсэн [3].

Сүүлийн жилүүдэд устөрөгчийн хэрэглээ дэлхий нийтийн хэмжээнд ихээхэн сонирхол татаж байна. Учир нь устөрөгчийн шаталтаас зөвхөн ус үүсэх тул агаарыг бохирдуулахгүй бөгөөд цахилгаан эрчим хүчний эко шийдэл болж байна. Манай дэлхийн нийт гадаргын 71%-ийг ус эзэлдэг бөгөөд устөрөгч хамгийн түгээмэл элемент байдаг [4]. Тиймээс устөрөгч дэлхийн эрчим хүч, аж үйлдвэр, тээврийн салбарт чухал түүхий эд болон хэрэглэж эхэлсэн. Олон улсын хэмжээнд жилд 100 сая орчим тонн устөрөгч үйлдвэрлэж байна. Нийт хэрэглээний 29%-ийг БНХАУ, 14%-ийг АНУ, 12%-ийг Европ, 8%-ийг Энэтхэг, 6%-ийг Япон болон БНСУ хэрэглэдэг (Зураг 1). Устөрөгчийг аммиак, бордоо, метанол, нефть, химийн бүтээгдэхүүн боловсруулах, бензин, дизель түлшийг хүхэргүйжүүлэх, чанарыг сайжруулах, Евро стандартын шатахуун үйлдвэрлэхэд түгээмэл хэрэглэж байна [5].

Устөрөгчийг байгалийн хий, газрын тосны метаныг ууршуулан боловсруулах, нүүрсийг ууруар боловсруулах, электролиз болон химийн бусад урвалын аргаар гарган авч байна. Нийт хэрэглээний устөрөгчийн 78%-ийг байгалийн хийг ангижруулах аргаар, 18%-ийг нүүрснээс гарган авч байна [5]. Устөрөгчийг байгальд ээлтэй бусад аргууд тухайлбал, усыг задлах электролизын арга эсвэл сэргээгдэх түүхий эд, материал ашиглах термохими, пиролитикийн аргаар үйлдвэрлэж байгаа боловч эцсийн бүтээгдэхүүн өндөр үнэтэй гарч байна [6].



1-р зураг. Устөрөгчийн нийт хэрэглээ, 2025 он [5]

Судалгааны ажлын зорилго: Устөрөгчийн түлшний элементийг тээврийн салбарт хэрэглэж буй дэвшилтэт технологи, цаашдын хөгжлийн чиг хандлага, зах зээлийн төлөв байдлын талаар судалж,

Монгол Улсад энэ төрлийн цахилгаан тээврийн хэрэгслийг ашиглах боломжийг тодорхойлсон.

Судалгааны ажлын зорилтууд:

- Устөрөгчийг үйлдвэрлэх арга, технологи, зах зээлийн үнэ, өртөг, давуу талуудыг тодорхойлох
- Устөрөгчит тээврийн хэрэгсэлийн техник үзүүлэлт, борлуулалт, устөрөгч түгээх станцын талаар судлах
- Монгол улсын устөрөгчийн хэрэглээний талаар баримталж буй бодлого, стратеги, хэрэгжүүлж буй төсөл, хөтөлбөр, судалгааны ажил, Монгол улсад устөрөгчийн түлшний элементтэй цахилгаан тээврийн хэрэгсэл ашиглах боломжийг тодорхойлох

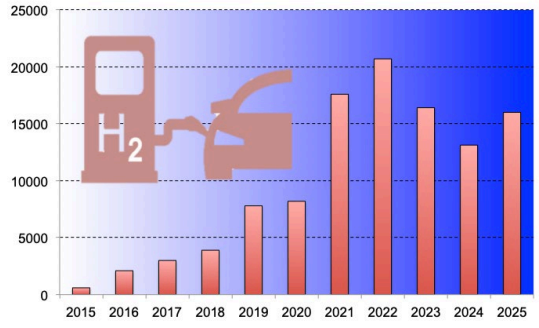
Судалгааны арга зүй:

- Судалгааны ажилд эмпирик аргууд, баримт материал цуглуулах, харьцуулан судлах арга зүй
- Судалгаа, шинжилгээний задлан шинжлэх, синтезийн аргачлал хэрэглэсэн

II. УСТӨРӨГЧИЙН ТҮЛШНИЙ ЭЛЕМЕНТТЭЙ ТЭЭВРИЙН ХЭРЭГСЛИЙН ПРАКТИК ХЭРЭГЛЭЭ, ДАВУУ ТАЛУУД

1966 онд АНУ-н Женерал Моторс компани Электрован хэмээх анхны устөрөгчийн түлшний элементтэй (HFC-Hydrogen Fuel Cell цаашид Устөрөгчит гэж товчлох) суудлын автомашин зохион бүтээсэн. Япон Улс 1992 оноос эхэлж устөрөгчит автомашины судалгааг эрчимтэй хийж эхэлсэн бөгөөд анхны автомашины загварыг 1.6 сая км замд удаан хугацаанд туршилтыг олон дахин давтан хийсэн. Улмаар 2005 онд Япон Улсад устөрөгчит автомашины шинэ төрөлд гэрчилгээ олгож албан ёсоор баталгаажуулсан. Устөрөгчит суудлын автомашин үйлдвэрлэлийн салбарт БНСУ-ын Hyundai Nexo, Япон Улсын Toyota Mirai, Honda CR-V зэрэг суудлын автомашин өрсөлдөж байна.

Олон улсын эрчим хүчний агентлагийн (IEA-International Energy Agency) мэдээлснээр 2025 онд устөрөгчит тээврийн хэрэгслийн тоо 100 мянга давж байна [6]. 2015 оноос эхлэн устөрөгчит автомашин дэлхийн зах зээлд хүчтэй түрэн орж ирсэн.



2-р зураг. Устөрөгчит автомашины борлуулалт, 2015-2025 оны хооронд

Устөрөгчит автомашин 2022 он хүртэл олон улсын зах зээл дээрх борлуулалт өмнөх жилээс 20-30%-ийн өсөлттэй байсан. Гэвч сүүлийн жилүүдэд шингэрүүлсэн цэвэр устөрөгчийн үнэ нэмэгдэж, устөрөгч түгээх станц хүрэлцээгүй байдгаас болж борлуулалт буурах хандлагатай байна (Зураг 2).

2015 оноос Япон болон АНУ-ын зах зээлд JPD10 (Toyota Mirai) загварын анхны устөрөгчит суудлын автомашин худалдаалж эхэлсэн (Зураг 3). Toyota Mirai 2015 онд 507, 2016 онд 2046 ширхэг борлуулагдаж байсан бол 2021 онд 5918 ширхэг зарагдаж устөрөгчит автомашин олон нийтийн сонирхолыг ихээхэн татаж эхэлсэн [10].

3-р зураг. Устөрөгчит Toyota Mirai суудлын автомашин

АНУ-ын Байгаль орчныг хамгаалах агентлагийн (EPA) мэдээлснээр 2016 онд Toyota Mirai автомашины цахилгаан хөдөлгүүр 182 морины хүчтэй бөгөөд нэг цэнэглэлтээр 502 км зам туулж, 100 км-д хамгийн бага (3.6 л) түлш зарцуулалттай автомашинаар шалгарсан. 2021 онд Toyota Mirai 5.65 кг устөрөгчийн багтаамжтай түлшний савaa бүрэн дүүргэж, нэг цэнэглэлтээр 1360 км замыг туулж дэлхийн дээд амжилтыг тогтоосон [11].

БНСУ-ын Hyundai Nexo 2018 оноос эхлэн худалдаанд гарсан. Hyundai Nexo 2018 онд 949, 2019 онд 4987, 2020 онд 6781, 2021 онд 9602 ширхэг олон улсын зах зээлд борлуулагдсан бол 2020 онд 10 мянга давсан өндөр амжилт үзүүлсэн байна. 2018 оноос АНУ, Европд, 2021 оны 3-р сараас Австралийн зах зээлд нэвтэрч дэлхий нийтэд танигдаж эхэлсэн. Hyundai Nexo-ийн цахилгаан хөдөлгүүр 161 морины хүчтэй, нэг цэнэглэлтээр 560-611 км зай туулах чадвартай (Зураг 4).

4-р зураг. Устөрөгчит Hyundai Nexo суудлын автомашин

Устөрөгчит суудлын автомашины үндсэн үзүүлэлтийг харьцуулж судлахад Toyota Mirai хүчтэй хөдөлгүүртэй тул өндөр хурд авах, огцом хурдлах үед илүү чадвартай байна. Харин Hyundai Nexo-ийн хөдөлгүүрийн мушгих момент их учраас өгсүүр, бартаат замд зорчих, гэр бүлээрээ аялал хийх зэрэг хэрэгцээнд илүү тохиромжтой. Honda Clarity нэг цэнэглэлтээр туулах чадвар ихтэй, зөөлөн явдалтай, тав тухтай байдаг онцлогтой. Автомашины үнийн хувьд Toyota Mirai арай хямд байгаа боловч ижил төрлийн цахилгаан автомашинтай (дунджаар 40000 ам. дол) харьцуулахад өндөр үнэтэй болж байна (Хүснэгт 1).

УСТӨРӨГЧИТ СУУДЛЫН АВТОМАШИНЫ ХАРЬЦУУЛСАН ҮЗҮҮЛЭЛТ

1-Р ХҮСНЭГТ

Үзүүлэлт	Toyota Mirai	Honda Clarity	Hyundai Nexo
Хөдөлгүүрийн чадал, м.х	181	174	161
Батарей, кВт ц	1.24	1.7	1.56
Мушгих момет, Нм	300	300	395
Туулах зай, км	647	670	640
Хурдны хайрцаг	CVT	автомат	автомат
Хурд, км/ц	182	180	177
Үнэ, ам доллар	51800	59500	60000

2015–2022 оны хооронд устөрөгчит автомашины борлуулалт зах зээлд өсч 2022 онд оргил үедээ хүрсэн (Хүснэгт 2). Дэлхийн хэмжээнд устөрөгчит автомашины зах зээлийг Япон Улсын Toyota Mirai болон БНСУ-ын Hyundai Nexo загварууд удирдаж байна. Япон, БНСУ болон АНУ-ын засгийн газар устөрөгчийн технологийг стратегийн ирээдүйтэй салбар гэж үзэж, татварын хөнгөлөлт үзүүлэх, татаас өгөх байдлаар дэмжлэг үзүүлж байна. Устөрөгч түгээх станцын хүрэлцээ хангамж муу байх, устөрөгчийн нийлүүлэлт тасалдах, автомашины устөрөгч хадгалах савны битүүмж алдагдах, даралт унах зэрэг техникийн эвдрэл, гэмтэл гарах, устөрөгчийн үнэ нэмэгдэх зэрэг шалтгаанаар 2023 оноос эхлэн устөрөгчит автомашины борлуулалт буурч байна.

УСТӨРӨГЧИТ СУУДЛЫН АВТОМАШИНЫ НИЙТ БОРЛУУЛАЛТЫН ТОО, ТӨРЛӨӨР

2-Р ХҮСНЭГТ

Он	Toyota Mirai	Honda Clarity	Hyundai Nexo
2015	507		
2016	2046		
2017	2741	100	
2018	2457	500	949
2019	2494	1000	4987
2020	1770	300	6781
2021	5918		9602
2022	3924		10527
2023	4023		4552
2024	1702		2774
2025	500		1000

2025 оны байдлаар дэлхийн хэмжээнд 8700 гаруй устөрөгчит автобус ашиглаж байгаагийн дийлэнх буюу 6960 (80%)-ийг БНХАУ-д, 1185 (14%)-ийг БНСУ-д хэрэглэж байна [7]. БНХАУ-д Фотон, Зонгтонг, Хайгер, Анкай зэрэг үндэсний компаниуд устөрөгчит автобус үйлдвэрлэлээр тэргүүлж байна (Зураг 5). 2014 оноос эхлэн БНХАУ-д устөрөгчит автобусны үйлдвэрлэл бодитоор хэрэгжиж эхэлсэн. Зонгтонг компани 150 ажилтантай устөрөгчит автобусны судалгаа, шинжилгээний төв байгуулж устөрөгчит түлшний элементийн аюулгүй ажиллагаа, удирдлага, хяналт, хүйтэн асалтыг идэвхижүүлэх чиглэлд 50 гаруй шинэ бүтээл, патентыг эзэмшиж байна. БНХАУ-ын устөрөгчит автобус нэг цэнэглэлтээр (15 кг устөрөгч) 400 км зам туулах чадвартай тул хот доторх автобусны шугамд 2 өдрийн турш тасралтгүй үйлчилгээ үзүүлэх бүрэн боломжтой болсон байна.

5-р зураг. БНХАУ-ын устөрөгчит автобус үйлдвэрлэгч компаниуд

2018 онд Франц Улсын Alstom төмөр замын компани устөрөгчит анхны галт тэрэг зохион бүтээж зорчигч тээвэрт ашиглаж эхэлсэн (Зураг 6). Coradia iLint нэг бүтэн цэнэглэлтээр цагт 140 км хүртэл хурдалж, 800 км зам туулах чадвартай. Одоогийн байдлаар зөвхөн зөөврийн устөрөгчийн шатахуун түгээх станц галт тэрэгнүүдийг цэнэглэж байгаа боловч удахгүй суурин станц барихаар төлөвлөж байна [12].

6-р зураг. Франц Улсын Coradia iLint устөрөгчит галт тэрэг

Зарим Улсад сүүлийн жилүүдэд устөрөгчит галт тэрэг туршилтын байдлаар ашиглаж эхлээд байна. Тухайлбал, 2022 оноос Япон Улсын FV-E991 устөрөгчит галт тэрэг Йокохама болон Кавасаки

хотын хооронд, 2025 оноос АНУ-ийн Сан Бернардино болон Редландс хотын хооронд туршилтын галт тэрэг ажиллаж байна. 2024 онд БНСУ-ын Hyundai Rotem компани устөрөгчит трамвай үйлдвэрлэж Тэжон хотын метроны 2-р шугамд туршилтаар ажиллуулж байгаа бөгөөд 2028 оноос тус шугамыг бүрэн ашиглалтад оруулахаар төлөвлөж байна.

Устөрөгчит тээврийн хэрэгсэл дараах давуу талуудтай:

- Байгальд ээлтэй
- Цэнэглэх хугацаа бага
- Нэг цэнэглэлтээр туулах зам урт
- Хүйтэнд ажиллах чадвар сайн
- Дунд болон хүнд даацын тээвэрт илүү тохиромжтой

Устөрөгчит тээврийн хэрэгслийн хамгийн том давуу тал нь түлшний урвалаар хорт утаа ялгарахгүй, яндангаас зөвхөн ус гардаг тул хотын агаарын бохирдлыг бууруулах хамгийн зөв шийдэл болж байна. Цахилгаан автомашиныг бүрэн цэнэглэхэд хамгийн багадаа 30-120 минут хүлээх шаардлагатай бол устөрөгчит автомашин ердөө 3-5 минутад бүрэн цэнэглэх боломжтой. Энэ нь автомашин хэрэглэгчдийн сонирхолыг ихээр татаж байна. Түүнчлэн нэг цэнэглэлтээр цахилгаан автомашинаас 2-3 дахин их буюу 500-700 км зам туулах чадвартай бөгөөд хүйтний улиралд ажиллах чадвар илүү сайн байдаг. Уламжлалт бензин болон дизель хөдөлгүүртэй автомашинтай харьцуулахад устөрөгчит тээврийн хэрэгсэл нь дуу чимээний бохирдол бага, ашигт үйлийн коэффициент өндөр, ачааны автомашин, автобус, галт тэрэг зэрэг дунд болон хүнд даацын тээврийн хэрэгсэлд ашиглахад илүү тохиромжтой байдаг онцлогтой. Устөрөгчийг үйлдвэрлэхдээ нар, ус, салхины энергийг ашиглах боломжтой тул байгальд ээлтэй, ирээдүйд стратегийн чухал ач холбогдолтой технологи болон хөгжиж байна (Зураг 7).

7-р зураг. Устөрөгчит тээврийн хэрэгслийн гол давуу талууд

2025 оны байдлаар олон улсын хэмжээнд 1160 устөрөгчийн цэнэглэх станц ажиллаж байна. БНХАУ, БНСУ, Япон зэрэг нийт 45 улсад устөрөгчийн станц байгуулж, устөрөгч түгээх дэд бүтэцтэй болсон. Азид 748, Европд 294, АНУ-д 89 устөрөгчийн станц ажиллаж байна. Европын холбооны улсаас Герман 113, Франц 65, Нидерланд 25 станцтай устөрөгчийн хэрэглээгээр тэргүүлж байна. АНУ-н устөрөгчийн станцын дийлэнх буюу 74 нь Калифорнид байрладаг онцлогтой. Устөрөгчийн автомашины хэрэглээ сүүлийн жилүүдэд буурч байгаа томоохон шалтгааны нэг нь устөрөгч түгээх станцын хүрэлцээ хангамж муу байгаа тул энэ тал дээр анхаарч станцын тоог эрчимтэй нэмэгдүүлэх арга хэмжээ авч байна [13].

III. МОНГОЛ УЛСЫН УСТӨРӨГЧИЙН ТАЛААР БАРИМТАЛЖ БУЙ БОДЛОГО, ТӨСӨЛ, ХӨТӨЛБӨР

Монгол улсад устөрөгчийг үйлдвэрлэх, ашиглах талаар хэд хэдэн томоохон төсөл, хөтөлбөр хэрэгжиж, төр засгийн зүгээс тодорхой хэмжээнд стратегийн бодлого боловсруулан ажиллаж байна. 2010 оноос Шинжлэх ухааны академи, Шинжлэх ухаан технологийн их сургууль, Монгол улсын их сургуулийн (МУИС) эрдэмтэн, судлаачид устөрөгч болон түлшний элемент, цахилгаан автомашины батарейг дахин боловсруулах талаар судалгаа хийж эхэлсэн. Тухайлбал, МУИС-ийн судлаач Н.Норов нар 2020 онд хийсэн судалгааны ажлаар Монгол улсад GT-HMR, PBMR зэрэг реакторууд ашиглан хүрэн нүүр, уснаас устөрөгч үйлдвэрлэх санал боловсруулсан [9]. 2022 онд Эрчим хүчний яам, Аж үйлдвэржилтийн бодлогын байнгын хороо, Эдийн засаг хөгжлийн яам, Уул уурхай хүнд үйлдвэрийн яам зэрэг төрийн байгууллагууд болон хувийн хэвшлийн талууд хамтарч Монгол Улсын устөрөгчийн зөвлөл байгуулсан. Ингэснээр Монгол Улсад устөрөгчийн үйлдвэрлэлийг хөгжүүлэх, хэрэглээ бий болгох чиглэлд бодит ажлууд хийгдэж байна. 2021 онд Герман Улсын засгийн газрын санхүүжилтээр Төв Азийн орнуудын уур амьсгалын бодлогын чадавхыг хөгжүүлэх төсөл хэрэгжиж “Ногоон устөрөгчийн хэрэглээ Монголд” тайлан хэвлэгдсэн [15]. Тус тайланд Улаанбаатар хотын нийтийн тээврийн үйлчилгээнд устөрөгчит автобусыг нэвтрүүлэх, хол замын ачаа тээвэрт устөрөгчит ачааны автомашин ашиглах нь илүү зохимжтойг дурьдсан байна.

2022 онд Япон Улсын Токио хотод Монгол-Японы төр, хувийн хэвшлийн зөвлөлдөх уулзалт болж устөрөгчийн үйлдвэрлэлд хоёр улс нягт хамтран ажиллахаар болсон. 2023 онд Монголын Алт ХХК болон Япон Улсын Мицүй Стийл ХХК хамтран “Устөрөгчийн үйлдвэрлэл ба түүний дагалдах бүтээгдэхүүний боловсруулалт” төслийн ТЭЗҮ боловсруулах гэрээ байгуулсан. Тус төслийн хүрээнд нарны станцын бүтээн байгуулалтын ажил эрчимжиж байна. 2025 оноос Монгол Улсын Эдийн засаг хөгжлийн яам, олон улсын Эдийн Засгийн Хамтын Ажиллагаа Хөгжлийн Байгууллага хамтарч Монгол Улсад сэргээгдэх устөрөгчийн стратеги

боловсруулах төсөл хэрэгжиж байна [14]. Тус төслөөр Монгол Улс устөрөгчийн хэрэглээг дэмжих стратеги боловсруулах, удирдах, тэдгээрийг хэрэгжүүлэх албан ёсны байгууллага бий болгох, Монгол Улсын устөрөгч хэрэглээний алсын хараг боловсруулах, гадаадын хөрөнгө оруулалтыг татах зэрэг зөвлөмж боловсруулсан байна.

Ногоон устөрөгч үйлдвэрлэх өртөг олон улсын түвшинд 1 кг тутамд 4.8 ам.доллар байгаа бол Монгол Улсад аль аймагт үйлдвэрлэж байгаагаас хамаарч 1 кг ногоон устөрөгчийг дунджаар 4 ам.долларoop үйлдвэрлэх боломжтой. Цаашид 2030 онд өртгийг бууруулж 2.8 ам.доллар болно [15]. БНСУ болон Япон Улсын засгийн газраас зах зээлд борлуулж буй устөрөгчийн кг тутамд 3-7 ам.долларын татаас өгч дэмжлэг үзүүлдэг бөгөөд устөрөгчийн түгээлт, нийлүүлэлт сайн байдаг учраас эдгээр улсад дунджаар 1 кг устөрөгч 5-9 ам.доллар байна. Харин АНУ-д устөрөгч түгээх станцын тоо цөөн, тээвэр ложистикийн асуудал их гардаг тул устөрөгчийн үнэ өндөр (дунджаар 32 ам. доллар) байна. Европын холбооны улсад хүлэмжийн хийн ялгарлыг ихэд анхаарч ногоон устөрөгч үйлдвэрлэлийг хөгжүүлж байгаа тул Азийн зах зээлээс 3 дахин өндөр үнэтэй устөрөгч үйлдвэрлэж байна. Саудын Араб зэрэг нефть, байгалийн хийн нөөц ихтэй улсад саарал устөрөгч хамгийн хямдаар үйлдвэрлэж байгаа боловч устөрөгчийг шингэрүүлэх, хадгалах, тээвэрлэх зардал нэмэгдэж хэрэглэгчдийн гар дээр өндөр үнэтэй очиж байна (Хүснэгт 3).

НЭГ КГ УСТӨРӨГЧИЙН ЗАХ ЗЭЭЛИЙН ҮНЭ, АМ.ДОЛЛАР

3-Р ХҮСНЭГТ

Улс орон	Үнэ, ам. долллар	Тайлбар
Япон	6-12	Төрөөс кг тутамд 3-7 ам. доллар татаас өгдөг
БНСУ	4-6	Төрөөс татаас өгдөг
АНУ	29-36	Калифорнид хамгийн өндөр үнэтэй
Европ	10-20	Ногоон устөрөгч түлхүү ашигладаг
БНХАУ	3-6	Саарал устөрөгчийн хэрэглээ их
Саудын Араб	5-6	Байгалийн хийнээс устөрөгч гаргаж авдаг

Эх сурвалж: Олон улсын эрчим хүчний агентлаг (IEA), European Hydrogen Market Report

Эдгээр зах зээлийн үнийн судалгааг нэгтгэж үзвэл 1 кг устөрөгчийг олон улсын зах зээлд дунджаар 12 ам.долларaар борлуулж байна. Хэрэв устөрөгчит суудлын автомашин нэг бүтэн цэнэглэлтээр 6 кг устөрөгч ашиглаж 650 км зам туулдаг гэж тооцвол 100 км тутамд 0.92 кг устөрөгч буюу 11.04 ам.доллар түлшинд зарцуулж байна. Энэ нь Монгол улсын автомашин хэрэглэгчдийн хувьд 100 км тутамд шатахууны зардалд 43200 төгрөг буюу АИ92 автобензинээр тооцвол 17 литр зарцуулах тооцоо гарч байгаа нь одоогийн хэрэглээний түвшингээс даруй 3 дахин өндөр үзүүлэлт болж байна.

ДҮГНЭЛТ

1). 2015 оноос эхлэн устөрөгчит суудлын автомашин, автобусны хэрэглээ нэмэгдэж, цаашид улам хурдацтай өсөх хандлагатай байна.

2). Устөрөгчит автомашиныг богино хугацаанд (5 минут) цэнэглэж, илүү хол зам туулах чадвартай тул цахилгаан автомашинтай харьцуулахад томоохон давуу талууд болж, өрсөлдөх чадвар нэмэгдэж байна.

3). Монгол улсын засгийн газар устөрөгчийн талаар баримтлах стратеги боловсруулж, албан ёсны Үндэсний устөрөгчийн зөвлөл байгуулан ажиллаж, судалгаа, шинжилгээний ажил хийж эхэлсэн байна. Гэвч устөрөгчийн хэрэглээ, дэд бүтэц манай улсад байхгүй тул ойрын хугацаанд устөрөгчит тээврийн хэрэгсэл, автомашин ашиглах боломжгүй байна.

АШИГЛАСАН МАТЕРИАЛ, НОМ ЗҮЙ

[1] M.Delmotte, P.Zhai, H.O.Pörtner, Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report, In Press. IPCC, 2018

[2] S.Allen et al., An assessment of air pollution and its attributable mortality in Ulaanbaatar, Mongolia, Air Quality, Atmosphere & Health 6.1, 137-150, 2013

[3] Эрүүл мэндийн үндэсний төв, Улаанбаатар, Монгол Улс, НҮБ-ын Хүүхдийн Сангийн дүн шинжилгээ, 2017

[4] US Geological Survey, How much water is there on, in, and above the Earth, 2019

[5] Realising the hydrogen economy, Wayback Machine, Power Technology, USA, 2019

[6] R.Joseph, Tesla trumps Toyota, why hydrogen cars can't compete with pure electric cars, 2014

[7] Z.Wang et.al., Worldwide review of hydrogen fuel cell buses: Status, opportunities, and challenges, Transportation Research Part D: Transport and Environment, Vol. 154, 2026

[8] T.Grube, M.Sander, Deployment of Fuel Cell Vehicles in Road Transport and the Expansion of the Hydrogen Refueling Station Network, Vol. 678, ISBN 978-3-95806-859-9, 2025

[9] Н.Норов нар, Цөм устөрөгчийн эрчим хүчнийг Монголд хөгжүүлэх үзэл баримтлалыг боловсруулах асуудалд, МУИС-ийн эрдэм шинжилгээний бичиг, ФИЗИК сэтгүүл, 31 (536), 2020

[10] M.K.Eisner et.al, Improving the air supply and hydrogen dilution control of a fuel cell electric vehicle with explicit model predictive control. Int J Hydrogen, Energy, 2024

[11] Longest distance by a hydrogen fuel cell electric vehicle without refueling, Guinness World Records, 2025

[12] Germany launches world's first hydrogen-powered train, Agence France-Presse, 2018

[13] FCW-Fuel Cell Works, Hydrogen infrastructure, Milestone Reached: Over 1,000 Hydrogen Refuelling Stations in Oper-Ation Worldwide in 2024, 2025

[14] OECD, Монгол Улсад сэргээгдэх устөрөгчийн стратеги боловсруулах ажилд, OECD Publishing, Paris, 2025, https://doi.org/10.1787/6b64f963-mn

[15] А.Нилсон, Д.Баясгалан нар, Ногоон устөрөгчийн хэрэглээ Монголд, 2021

ӨМНӨГОВЬ, ДОРНОГОВЬ АЙМГУУДЫН ГЕОЛОГИ-ГИДРОГЕОЛОГИЙН НӨХЦӨЛ БА ГАЗРЫН ДООРХ УСНЫ НӨӨЦИЙН АШИГЛАЛТЫН ӨНӨӨГИЙН БАЙДАЛ, ХЭТИЙН ТӨЛӨВ

Доржбаргын ЖАРГАЛСАЙХАН[1], Баттөрийн ХИШИГСҮРЭН[1], Зурмангийн ЦЭРЭНДОРЖ[1]

Монгол Улс, Улаанбаатар хот, Баянгол дүүрэг, Дунар-Од ХХК

Холбоо барих зохиогчийн и-мэйл хаяг: dunarod@gmail.com

Хураангуй: **Өмнийн говийн бүс нутаг нь хуурай, халуун уур амьсгалтай, гадаргын усны нөөц хомс тул усан хангамж нь үндсэндээ газрын доорх усны нөөцөд тулгуурладаг онцлогтой. Сүүлийн жилүүдэд уул уурхай, аж үйлдвэр, хотжилтын хөгжил эрчимжихийн хэрээр усны хэрэглээ эрс нэмэгдэж, газрын доорх усны нөөцөд үзүүлэх ачаалал өсөх хандлага ажиглагдаж байна. Энэхүү судалгаанд Өмнөговь болон Дорноговь аймгийн нутаг дэвсгэрт өмнө нь хийгдсэн гидрогеологийн судалгаа, эрэл-хайгуулын ажлын үр дүн, усны ордын мэдээлэл, ус хэрэглээний судалгааны материалуудад нэгтгэл, боловсруулалт хийж, бүс нутгийн усан хангамжийн өнөөгийн байдал болон хэтийн төлөвийг үнэлэв. Судалгааны үр дүнд тус бүс нутагт нийт 62 газрын доорх усны орд илрүүлж, 5607.47 л/с хэмжээний ашиглалтын нөөц тогтоогдсон нь өнөөгийн усны хэрэгцээг хангаж байгаа боловч 2030-2035 он гэхэд уул уурхайн томоохон төслүүд, аж үйлдвэрийн өсөлт, хотжилтын нөлөөгөөр усны хэрэглээ огцом нэмэгдэж, зарим бүсэд ус хангамжийн тэнцвэр алдагдах эрсдэл үүсэх төлөвтэй байна. Иймд газрын доорх усны нөөцийн ашиглалт, хамгаалалтын менежментийг боловсронгуй болгох, ус ашиглалтын үр ашгийг нэмэгдүүлэх, шинэ эх үүсвэр бий болгох, мөн “Орхон-Говь”, “Хэрлэн-Говь” зэрэг гадаргын ус шилжүүлэх төслүүдийг үе шаттай хэрэгжүүлэх шаардлагатай гэж үзэв.**

Түлхүүр үг: Гидрогеологи, Усан хангамж, Уул уурхай, Усны менежмент.

УДИРТГАЛ

Монгол орны говийн бүсэд оршдог Өмнөговь, Дорноговь аймгуудын нийт нутгийг хамрагдсан талбайд (Зураг-1) хийгдсэн гидрогеологийн судалгааны материалд боловсруулалт хийж, тухайн бүс нутгийн усан хангамжийн өнөөгийн байдалд үнэлэлт өгч, цаашид авч хэрэгжүүлэх ажлуудын талаар санал, бодлоо нэмэрлэхийг хичээлээ.

Манай улсын өмнөд хилийн хаалга болсон энэ бүс нутаг нь хур тунадас маш бага ордог, хуурай халуун уур амьсгал бүхий говь, цөлийн бүсэд оршдог ба тэнд байдаг цөөн тооны булаг шанд, уруйн үерийн нөлөөгөөр түр хугацаагаар үүсдэг жижиг гол, нууруудыг эс тооцвол, гадаргын ус буюу байнгын урсацтай гол, горхи байдаггүй тул зөвхөн газрын доорх усны нөөцийг олж илрүүлэн унд ахуйн болон үйлдвэрийн усны хэрэгцээг хангадаг юм. Газрын доорх усны нөөц нь нутаг дэвсгэрийн хэмжээнд харилцан адилгүй тархсан байдаг ба агаарын хур тундаснаас маш бага хэмжээгээр тэжээгддэг гэж судлаачид үздэг (1,7, 8).

Сүүлийн жилүүдэд энэ бүс нутагт Тавантолгой, Ухаахудаг, Оюутолгой, Нарийн сухайт, Цагаансуварга, Дулаан хар уул, Зөөвч-Овоо, Өргөн, Айраг, Зүүнбаян, болон Цагаан элс зэрэг уул уурхайн томоохон төслүүд хэрэгжиж, түүнийг дагалдан эдийн засгийн өсөлтийн хурдац нэмэгдэж, хотжилт эрчимжиж усны хэрэглээ-ашиглалт огцом өсөх хандлагатай болж байгаатай холбоотойгоор гидрогеологийн хайгуул, судалгааны ажлууд ч хувийн болон орон нутаг, улсын хөрөнгөөр нэлээд хийгддэг боллоо.

Судалгааны зорилго: Өмнөговь, Дорноговь аймгуудын геологи-гидрогеологийн нөхцөл, газрын доорх усны нөөцийн ашиглалтын өнөөгийн байдал болон цаашдын хэтийн төлөвт үнэлгээ өгөхөд оршино.

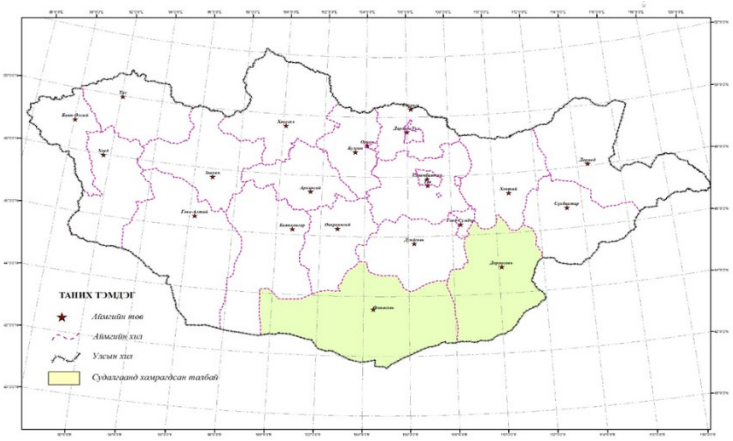
Судалгааны зорилтууд: Өмнөд говийн бүсэд хийгдсэн гидрогеологийн судалгааны материалуудыг нэгтгэн боловсруулах;

Газрын доорх усны ордуудын тархалт, нөөцийн өнөөгийн байдлыг үнэлэх;

Томоохон ус хэрэглэгчдийн усны хэрэгцээ, хэрэглээний өсөлтийн хандлагыг тодорхойлох;

Усны нөөц ашиглалтын ирээдүйн эрсдэл, хэтийн төлөвт дүгнэлт өгөх;

Усны нөөцийн тогтвортой менежментийн талаар санал боловсруулах.



1-р зураг. Судалгаанд хамрагдсан талбайн байршил

Арга, аргачлал

Тухайн бүс нутагт одоог (2026 он) хүртэл хийгдсэн газрын доорх устай холбоотой судалгааны ажлуудыг статистик мэдээлэлд нэгтгэл, харьцуулсан дүн шинжилгээ хийж, судалгааны мэдээллийг Grapher-23 болон Microsoft excel программ хангамжийг ашиглан нэгтгэж, үзэхэд дараах 3 үе шатад ангилж болохоор байна. Үүнд:

Нэгдүгээр үе: 1940-өөд оноос эхлэн 1960 он хүртэл үргэлжилсэн ба ЗХУ(хуучнаар) болон бусад социалист орны гидрогеологийн экспедицүүд энэ бүс нутагт ажиллаж, бэлчээр усжуулалтын болон Сайншанд, Даланзадгад хот, Зүүнбаян тосгон, Замын-Үүд, Эрдэнэ, Айраг зэрэг сумын төвүүдэд усан хангамжийн эх үүсвэрүүдийн ганцаарчилсан худгуудыг гаргаж байжээ.

Хоёрдугаар үе: 1960 оноос 1990 он хүртэл үндэсний гидрогеологийн алба байгуулагдаж, нутаг дэвсгэрийн гидрогеологийн цогцолбор судалгааг системтэй хийж, тухайн бүс нутгийн газрын доорх усны эрэл хайгуулын ажлын үсрэнгүй хөгжлийн үе байсан юм. Тэр үед бэлчээр усжуулалт, аймаг, сумын төв, цэрэг армийн объектуудын усан хангамж болон коксжих нүүрс, зэс, газрын тос, газрын ховор элемент, хар тугалга зэрэг ашигт малтмалын томоохон ордуудыг ашиглахад шаардагдах усны эх үүсвэрийг нээн олох зорилгоор ихээхэн хэмжээний гидрогеологи, геофизикийн судалгааны ажлууд хийгдсэн.

Энэ ажилд тухайн үеийн Геологи, уул уурхайн үйлдвэрийн яамны харъяа гидрогеологийн экспедицүүдээс гадна Зөвлөлт Холбоот Улс (хуучнаар), Унгар, Болгар улсын гидрогеологичид болон бие даасан гидрогеологийн судалгааны анги, экспедицүүд оролцож байжээ.

Тэр үед бүс нутагт оршдог томоохон хот суурин газрууд болох Даланзадгад, Сайншанд хот, сумын төвүүд болон уулын үйлдвэр барьж байгуулахад ирээдүйтэй гэсэн газрууд болох Тавантолгойн нүүрс, Харморитын цагаан тугалга, Цагаансуврагын зэс, молибден, Лугийн голын газрын ховор элементийн орд газруудын ойролцоо төвлөрсөн усан хангамжийн эх үүсвэрийг тогтоох зорилгоор ихээхэн хэмжээний гидрогеологийн эрэл, хайгуулын ажил хийгдэж, Цагаанцав, Балгасын-Улааннуур, Мандах, Борзонгийн говь, Зээгийн хөтөл, Бор хөөвөрийн говь, Даланзадгад, Таван-Алд болон Их-Улааннуур зэрэг газрын доорх усны хэд хэдэн томоохон ордыг нээн илрүүлж, усны ашиглалтын нөөцийг нь тогтоожээ. Гидрогеологийн судалгаан хоёрдугаар үе шатанд өмнө дурдсан гидрогеологийн үйлдвэрлэлийн чиглэлтэй ажлуудаас гадна багагүй хэмжээний суурь судалгааны ажлууд бас хийгдсэн байдаг юм [1], [2].

Гуравдугаар үе: 1991 оноос хойш одоог хүртэл зах зээлийн эдийн засгийн харилцааны шатанд улсын болон хувийн хөрөнгийн эх үүсвэрүүдээр газрын доорх усыг эрж, хайж, ашиглах ажил эрчимтэй хийгдэж байна. Энэ үед гидрогеологийн судалгааны ажлыг урьдын адил улсын төлөвлөгөөт эдийн засгийн зарчимд тулгуурлан явуулахаа больж, зах зээлийн эдийн засгийн нөхцөл байдалд тохируулан хийх болсон онцлогтой үе юм.

Сүүлийн жилүүдэд тэр тусмаа 2000 оноос хойш энэхүү бүс нутагт гадаад, дотоодын хөрөнгө оруулалттай томоохон уулын үйлдвэрүүд өөрийнхөө хөрөнгөөр газрын доорх усны эрэл, хайгуулын ажлуудыг ихээхэн хэмжээний талбайд хийж, Гүний хоолой, Галбын говь, Наймант, Наймдай, Нарангийн хоолой, Дулаан-Уул, Зөөвч-Овоо гэсэн хэд хэдэн газарт газрын доорх усны томоохон ордуудыг олж тогтоогоод, ашиглаж эхлээд байна.

Гидрогеологийн судалгааны түвшин, үр дүн

Өмнөговь, Дорноговь аймгуудын нутаг дэвсгэрт гидрогеологийн эрэл, хайгуулын судалгааны ажил хийгдсэн талбайнуудыг болон түүний үр дүнд олж илрүүлсэн газрын доорх усны орд газруудын байршлыг газрын зураг дээр буулгаж харуулбал (Зураг-2) нийт нутаг дэвсгэрийн 40 орчим хувь нь гидрогеологийн нарийвчилсан хайгуулын ажилд хамрагдсан байгаа ба улсын хэмжээнд ч гэсэн хамгийн сайн судлагдсан нутаг дэвсгэр гэж үзэж болно.

Талбайн хайгуулын үр дүнд олж илрүүлэн нөөцийг нь тогтоосон газрын доорх усны ордуудын байршил, усны нөөц болон чанарын мэдээллийг Хүснэгт 1-д харууллаа

.

ӨМНӨГОВЬ, ДОРНОГОВЬ АЙМГУУДАД ОЛЖ ИЛРҮҮЛСЭН ГАЗРЫН ДООРХ УСНЫ ОРДУУД, ТЭДГЭЭРИЙН ҮНДСЭН ҮЗҮҮЛЭЛТҮҮД

1-Р ХҮСНЭГТ

Ордын дугаар	Газрын доорх усны ордын нэр ба байршил	Ордын нийт нөөц (л/с)	Ашиглалтын хугацаа, жилээр	Усны эрдэсжилт, г/л
1	*Ноён сумын төв*, Өмнөговь	4.87	27	1.1-2.2
2	*Ханбогд сумын төв*, Өмнөговь	5.05	25	0.2-0.3
3	*Гурвантэс*, Өмнөговь, Гурвантэс	6.44	25	0.4-0.6
4	*Гурвантэс сумын төвийн хэсэг*, Өмнөговь	3.00		0.3-0.4
5	*Нарийн уул*, Өмнөговь, Гурвантэс	7.00		0.3-0.9
6	*Баян-Овоо*, Өмнөговь, Баян-Овоо	1.00	25	0.6-0.8
7	*Үйзэнгийн орд,* Өмнөговь, Цогтцэций	3.31	25	0.5-0.6
8	*Дух толгой орд*, Өмнөговь, Цогтцэций	0.30	25	0.3-0.6
9	*Хүрэн толгой орд,* Өмнөговь, Цогтцэций	2.00	25	0.4-1.0
10	*Номгон,* Өмнөговь, Номгон	9.50	25	0.3-0.5
11	*Гурамсангийн хоолой*, Өмнөговь, Номгон			
12	*Баянмод,* Дорноговь, Хатанбулаг	10.00	25	0.3-0.5
13	*Цагаан тойром*, Дорноговь, Улаанбадрах	1.00	20	
14	*Тавантолгой,* Дорноговь, Хөвсгөл	1.69	25	0.4-1.0
15	*Бургасын гол,* Дорноговь, Мандах	1.50	25	0.5
16	*Дэрст хоолой*, Дорноговь, Сайхан дулаан	1.50	25	0.4
17	*Замын-Үүд ЭЗ төлөөт бус*, Дорноговь, Замын-Үүд	6.90	27	1.5-2.4
18	*Цагаан хад,* Дорноговь, Дэлгэрэх	10.00	25	0.6-1.4
19	*Мандах сумын төв*, Дорноговь, Мандах	3.44	25	0.56
20	*Иххэт сумын төв*, Дорноговь, Иххэт	5.30	25	0.28
21	*Сайхандулаан сумын төв*, Дорноговь, Сайхандулаан	2.40	25	.
22	*Олон овоо,* Дорноговь, Даланжаргалан	4.30	25	2.2-4.5
23	*Дугуй улаан,* Өмнөговь, Номгон	14.20		.
24	*Зайрмагтай*, Өмнөговь, Баян-Овоо	29.30	27	0.96-1.3
25	*Баянзаг*, Өмнөговь, Булган	31.20	27	.
26	*Нарийн* сухайт, Өмнөговь, Гурвантэс	29.63	25	0.3-0.4
27	*Хөхөлдөгийн говь,* Өмнөговь, Гурвантэс	12.00	25	1.3.-1.5
28	*Даланзадгад*, Өмнөговь, Даланзадгад	47.00	27	0,3-0,4
29	*Мандах*, Өмнөговь аймаг, Ханхонгор	40.80	27	
30	*Таван заг*, Өмнөговь, Гурвантэс Сэрвэй	28.00	25	0.4-0.9
31	*Хонгорын гол,* Өмнөговь, Гурвантэс Сэрвэй	46.00	25	0.35-0.92
32	*Баянхошуу,* Өмнөговь, Мандал-Овоо	15.00	25	0.4-0.9
33	*Таван сухайн хоолой*, Өмнөговь, Хүрмэн	21.00	25	.
34	*Бургасны гол*, Өмнөговь, Ханбогд	37.00	25	0.6-0.8
35	*Шанаган могойт*, Дорноговь, Өргөн	20.40	27	1.8
36	*Сэвхүүл,* Дорноговь, Хөвсгөл	31.00	25	1.5-2.9
37	*Цагаан чулуут*, Дорноговь, Айраг	39.85	25	0.6-1.0
38	*Сэвхүүлийн тойром*, Дорноговь, Эрдэнэ	30.50	27	1.09-4.6
39	*Хөх цав*, Дорноговь, Даланжаргалан	15.00	25	0.47-0.5
40	*Баруун гол,* Өмнөговь, Гурвантэс	88.40		0.3-0.9
41	*Нарийн заг* Өмнөговь, Баян-Овоо	75.20	25	1.5
42	*Зээг сухайн хонхор*, Өмнөговь, Мандал-Овоо	54.90	27	0.4-0.8
43	*Хүрмэн сумын төв*, Өмнөговь, Хүрмэн	67.50	25	
44	*Хармагтай,* Өмнөговь, Цогтцэций	69.10	6	0.8-2.48
45	*Зээгийн хөтөл*, Дорноговь, Сайхандулаан	57.50	25	0.6-1.0
46	*Улаан шанд-1*, Дорноговь, Иххэт	87.00	27	0.4-1
47	*Тэсгэний хоолой,* Өмнөговь аймаг, Баяндалай	79.50		.
48	*Байшинтын хоолой*, Өмнөговь, Баяндалай	89.30		.
49	*Их улаан нуур* /онгийн гол/, Өмнөговь, Мандал-Овоо	102.00	27	0.2-0.7
50	*Наймдайн хөндий*, Өмнөговь, Цогтцэций	112.50	20	0.2-4
51	*Бүгтийн хоолой*, Өмнөговь аймаг, Хүрмэн	137.00	25	0.7-2.4
52	*Баянтөхөмийн хоолой*, Өмнөговь, Баяндалай	134.70		.
53	*Таван алд, Өмнөговь,* Баян-Овоо	131.70	25	0.8
54	*Борзонгийн говь*, Өмнөговь, Баян-Овоо	385.90	25	0.8
55	*Наймантын хөндий*, Өмнөговь, Цогтцэций	117.00	23	1.7
56	*Загийн усны хоолой*, Өмнөговь, Цогтцэций	63.60	25	1.35-2.3
57	*Нарангийн хоолой*, Дорноговь, Мандах	300.00	20	1.0-2.7
58	*Галбын говь*, Өмнөговь, Ханбогд	427.60	25	2.5
59	*Балгасын улаан нуур*, Өмнөговь, Ханхонгор	404.19	25	1.04
60	*Гүний хоолой*, Өмнөговь, Ханбогд	921.30	25	2.8
61	*Цагаан цав*, Дорноговь, Мандах	800.00	27	0.3

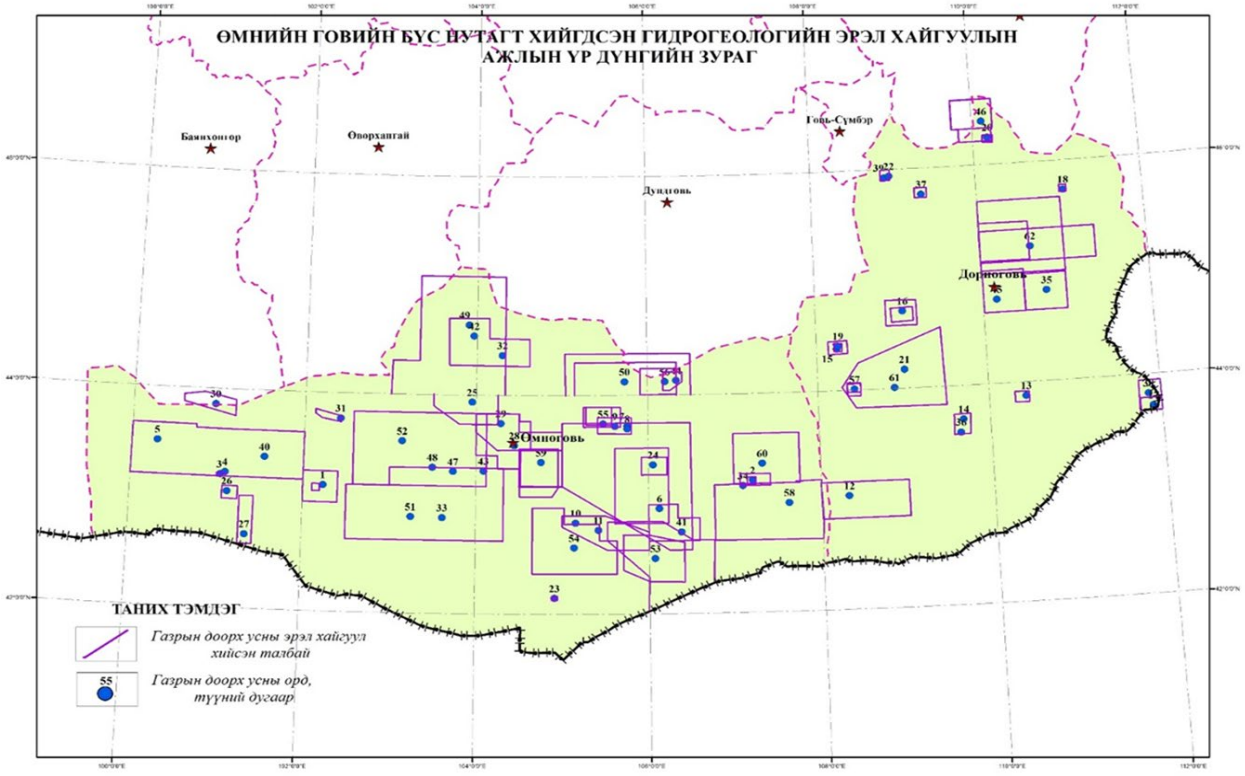
Ордын дугаар	Газрын доорх усны ордын нэр ба байршил	Ордын нийт нөөц (л/с)	Ашиглалтын хугацаа, жилээр	Усны эрдэсжилт, г/л
62	*Бор хөөврийн говь*, Дорноговь, Алтанширээ	323.20	27	.
Нийт нөөц, л/с		**5607.47**		

Судалгааны дүнгээс харахад 5,607.47 л/с орчим газрын доорх усны багагүй хэмжээний нөөц илрүүлэн тогтоогдсон бөгөөд одоогоор төрөл бүрийн ус хэрэглэгчдийн хэрэгцээнд ашиглаж байна.

Тухайн бүс нутагт хийгдсэн гидрогеологийн судалгааны материалд боловсруулалт хийж үзэхэд Монгол орны Говийн бүсэд газрын доорх усны томоохон хэмжээний хуримтлалууд бий болох геологи-гидрогеологийн таатай нөхцөл эртний геологийн зарим цаг, үеүүдэд байсан байна. Тийм ч учраас дээр дурдсан хоёр аймгийн нутаг дэвсгэр дээр нийт 62 газарт газрын доорх усны хуримтлал буюу ордуудыг олж илрүүлэн, эдийн засгийн эргэлтэнд оруулж байна. Цаашид ч гэсэн гидрогеологийн эрэл, хайгуулын ажил үргэлжилж, шинэ орд газруудыг нээнэ гэдэгт итгэлтэй байна.

Дээр дурдсан судалгааны материалуудад үндэслэн дараах арга хэмжээнүүдийг авч хэрэгжүүлэхийг санал болгож байна Үүнд:

- Газрын доорх усны эрэл, хайгуулын ажлыг Өмнөговь, Дорноговь аймгийн судлагдаагүй үлдсэн талбайнуудад гүйцэтгэж, усны ашиглалтын нөөц баялагийг нэмэгдүүлэх,
- Монгол орны хойд хэсэгт байгаа, нөхөн сэргээгдэж байдаг гадаргын усны нөөцөөс тодорхой хэсгийг Говийн бүсрүү шилжүүлж, ус хангамжийн хоёр дахь эх үүсвэртэй болж, газрын доорх усны нөөц нь шавхагдсан ордуудад зохиомол нөхөн дүүргэлт хийж, түүнийг ахин дахин ашиглах боломжийг бүрдүүлэх.
- Одоо үйл ажиллагаагаа явуулж байгаа болон цаашид шинээр үйл ажиллагаагаа эхлүүлэх уул уурхайн компаниуд Усны бүтээн байгуулалтын нэгдсэн сан байгуулах замаар Говь нутаг зуу, зуун жил тогтвортой цэцэглэн хөгжихөд хувь нэмэрээ оруулах,
- Ингэснээр Монгол орны Говийн бүс нутагт усны нөөцийг нэмэгдүүлж, усыг ариг гамтай ашигладаг арга, технологийг нэвтрүүлж; хүн ам, хөдөө аж ахуй, үйлдвэр, хүрээлэн буй орчинд шаардагдах усны хэрэгцээг он удаан жил найдвартай, тогтвортой хангах боломжийг одооноос бүрдүүлж эхлэх зэрэг болно.



2-р зураг. Өмнийн говийн бүс нутагт хийгдсэн гидрогеологийн эрэл хайгуулын ажлын үр дүнгийн зураг

Хэлэлцүүлэг

Бүс нутгийн усан хангамжийн өнөөгийн байдал ба хэтийн төлөв. Усны хэрэглээ ба хэрэгцээ: Өмнөговь, Дорноговь аймгийн нутагт хамаарагдах Усны сав газруудын Усны нөөцийн нэгдсэн менежментийн төлөвлөгөөний материалаас харахад сүүлийн жилүүдэд уул уурхайн үсрэнгүй хөгжлийг дагаад уулын үйлдвэрүүд болон зарим төв суурин газрын усны хэрэгцээ цаашид огцом өсөх хандлагатай байна.

Судалгааны талбайн бүс нутагт орших Тавантолгой, Ухаахудаг, Нарийн сухайт, Овоот толгой болон Баруун наран гэх мэт томоохон нүүрсний уурхай, Оюутолгойн зэс, алт, Цагаансуврагын зэс, молибден, Зүүнбаянгийн газрын тос, Дулаан хар уулын уран, Бор хөвөрийн говийн газрын тос боловсруулах үйлдвэр, Өргөний цементийн үйлдвэр зэрэг уул уурхайн томоохон төслүүд болон Даланзадгад, Сайншанд, Замын-Үүд, Зүүнбаян, Цогтцэций, Ханбогд зэрэг томоохон хот суурин, газруудын усан хангамжийн өнөөгийн байдал болон тэдгээрийн усны одоогийн хэрэглээ, хэрэгцээ 2030 оны түвшинд хэд болж өсөх талаар баримт материалуудыг цуглуулж, хүснэгт зургаар харууллаа [3]. (Хүснэгт-2, Зураг-2).

ӨМНӨГОВЬ, ДОРНОГОВЬ АЙМГИЙН НУТАГ ДЭВСГЭР ДЭЭР ОДОО БАЙГАА БОЛОН БАРИХААР ТӨЛӨВЛӨЖ БАЙГАА ТОМООХОН ОБЪЕКТУУДЫН УСНЫ ХЭРЭГЛЭЭ БА ХЭРЭГЦЭЭ

2-Р ХҮСНЭГТ

№	Объектын нэр, байршил	Усны хэрэглээ, хэрэгцээ л/с	
		2017 он	2030 он
1	***Тавантолгойн нүүрсний уурхай.*** Улаанбаатар хотоос баруун урагшаа 550 км, Даланзадгад хотоос зүүн зүгт 100 км-т оршино.	9.0	227.0
2	***Ухаа худагийн нүүрсний уурхай.*** Даланзадгад хотоос зүүн хойш 100 км, Тавантолгойгоос зүүн хойш 15 км-т оршино.	138.8	138.8
3	***Тавантолгойн цахилгаан станц.*** Ухаахудагийн уурхайн хэсэгт барихаар төлөвлөсөн.	0.0	38.0
4	**Оюутолгойн алт зэсийн уурхай.** Улаанбаатар хотоос урагшаа 660 км, Тавантолгойн уурхайгаас зүүн урагшаа 130 км-т оршино.	507.5	900.0
5	***Нарийн сухайт нүүрсний булэг орд*** Даланзадгад хотоос баруун урагш 296 км, Улаанбаатараас 850 км, Гурвантэс сумаас 24 км-т, "Шивээ хүрэн" хилийн боомтоос 40 км оршино.	8.4	
6	***Овоот толгой нүүрсний уурхай*** Гурван тэс сумын төвөөс зүүн урд зүгт 40 км, аймгийн төв Даланзадгадаас баруун урагш 300 км, Монгол-Хятадын хил дээрх Шивээ Хүрэн-Цехегийн боомтоос 40 км-т алслагдан оршино.	5.5	
7	***Бор хөвөрийн газрын тос боловсруулах үйлдвэр*** Дорноговь аймгийн Сайншанд сумаас зүүн хойд зүгт 18 км-т Алтанширээ сумын нутаг дэвсгэрт 150 га талбайд эзлэн баригдаж байна.		80
8	***Зүүнбаянгийн Цагаан элсний газрын тосны орд*** Зүүнбаян нь Сайншанд хотоос урагш 46 км зайд оршино.	4.6	5.9
9	***Сэнж сант цементний үйлдвэр*** Дорноговь аймгийн Өргөн сумын нутагт оршино.	1.3	
10	***Дулаан үүл ураны орд*** Дорноговь аймгийн Улаанбадрах, Сайншанд сумын нутагт байрлах ба Улаанбадрах сумаас баруун хойш 45км, Зүүнбаян багаас баруун ургаш 25км оршдог	0.2	13.1
11	***Хар морьтын холимог металлын уурхай*** Өмнөговь аймгийн Номгон сумын Дэрсэнэ-Ус багийн нутагт үйл ажиллагаа явуулдаг.	39.3	
12	***Баруун ноён үүл нүүрсний уурхай*** Өмнөговь аймгийн Ноён сумын нутагт оршдог.	12.3	
13	***Цагаан сувраагын зэс молибдений орд*** Дорноговь аймгийн нутагт, Сайншандаас баруун урагш 220 км-т, Мандах сумаас 75 км-т оршдог.	240.0	
14	***Сайншандын аж үйлдвэрийн парк*** Улаанбаатар хотоос 450км-т оршдог.	0.0	221.9
15	***Даланзадгад хот.*** Улаанбаатар хотоос баруун урагшаа 570 км, Тавантолгойн уурхайгаас баруун зүгт 90 км-т оршино.	12.0	70.0
16	***Сайншанд хот.*** Улаанбаатар хотоос 450км-т оршдог.	57.8	66.5
17	***Ханбогд сумын төв.*** Даланзадгад хотоос зүүн урагшаа 260 км, Оюутолгойн уурхайгаас зүүн зүгт 40 км-т оршино.	0.3	34.9
18	***Цогтцэций сумын төв*** . Даланзадгад хотоос зүүн зүгт 100 км, Тавантолгойн уурхайгаас зүүн хойш 15 км-т оршино.	0.2	15.0
Нийт:		**1037.0**	**1731.1**

Усан хангамжийн өнөөгийн байдал ба хэтийн төлөв: Өмнөговь, Дорноговь аймгийн нутагт оршдог Тавантолгой, Ухаахудаг, Оюутолгойн, Цагаансуварга, Алтанширээ, Өргөн, Элстэй, Хар морьт, Нарийн сухайт зэрэг уул уурхайн томоохон үйлдвэрүүд болон Сайншанд, Даланзадгад, Замын-Үүд, Цогтцэций, Ханбогд зэрэг томоохон хот суурин газрууд, бусад сумын төвүүдийн усны хэрэгцээг 2035 он хүртэл хангах эх үүсвэрүүдийг олж тогтоочихоод байгаа [4]. Харин Дорноговь аймгийн Алтанширээ, Даланжаргалан; Өмнөговь аймгийн Булган зэрэг сумдад төвлөрсөн усан хангамжийн эх үүсвэрийн хайгуулын ажил хийгдээгүй байна.

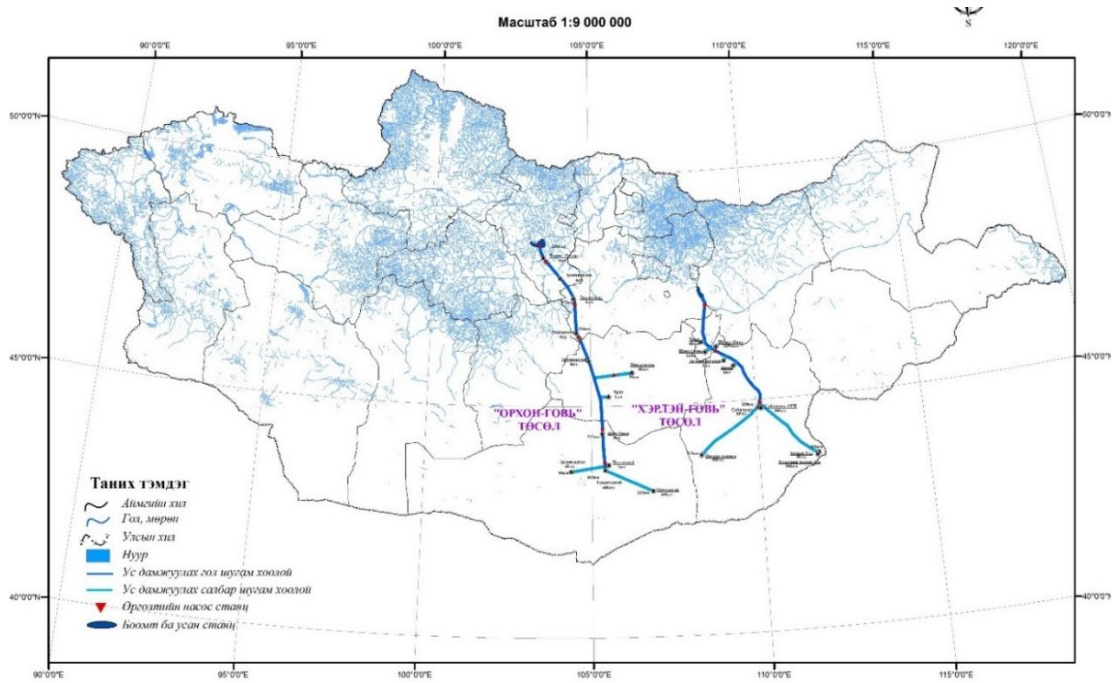
Дээр дурдсан томоохон ус хэрэглэгчид нь нөхөн сэргээгдэх нөхцөл маш бага буюу бараг байхгүй газрын доорх усны нөөцөөс хэрэглээгээ хангаж байгаа нь Өмнийн говийн бүс нутгийн зарим хэсэгт газрын доорх усны ордуудын нөөц шавхагдах нөхцөл байдал үүсэхийг үгүйсгэх аргагүй юм.

Усны нөөц болон ашиглалтын балансад дүгнэлт хийж үзэхэд 2035 он гэхэд хамгийн их ус хэрэглэгч уул уурхайн объёктууд болох Тавантолгой, Ухаахудаг, Нарийн сухайт, Оюутолгой, Цагаансуврага, Зүүнбаян, Хар морьт, Алтанширээ, Өргөн мөн Сайншанд, Замын-үүд, Зүүнбаян, Цогтцэций, Ханбогд зэрэг томоохон хот суурин, газруудын орчимд усны хэрэглээ нөөцөөсөө давж, ус хангамжийн тэнцвэр алдагдах эрсдэл үүсэхээр байна.

Тийм болохоор газрын доорх усны нөхөн сэргээгдэх нөөц маш багатай Өмнөговь, Дорноговь аймгуудад он удаан жилийн туршид тогтвортой хөгжих нөхцөлийг бүрдүүлэхийн тулд байнга нөхөн сэргээгдэж байдаг усны шинэ эх үүсвэртэй болох арга хэмжээг цаг алдалгүй авах хэрэгтэй байна. Үүний тулд Өмнийн говийн бүс нутгийн ирээдүйд өсөн нэмэгдэх усны хэрэгцээг Орхон-Говь болон Хэрлэн-Говь мегатөслүүдийг хэрэгжүүлэх замаар урт удаан хугацаанд хангах ганц л арга зам бидэнд байна. Тэдгээр мегатөслүүдийг хэрэгжүүлэхийн чухлыг бүр 1975 онд Монгол-Унгарын судлаачдын хамтарсан баг “Монгол улсын усны нөөц ашиглалтын ерөнхий схем” гэсэн том бүтээлдээ тусгаж өгсөн байсан.

Дээрх мегатөслүүд хэрэгжсэнээр Монгол орны хойд хэсэгт хур тундаснаас байнга нөхөн сэргээгдэж байдаг гадаргын усны нөөцийн зарим хэсгээр Өмнийн говьд одоо байгаа болон ирээдүйд шинээр буй болох томоохон ус хэрэглэгчдийн усны хэрэгцээг найдвартай, тогтвортой байдлыг хангаад зогсохгүй ашиглалтын нөөц нь шавхагдсан газрын доорх усны ордуудыг зохиомлоор нөхөн дүүргэж, дахин ашиглах боломжийг ч бүрдүүлэх юм. Учир нь гэвэл Говийн бүсийн газрын доорх усны нөөц тэжээгдэх чадамж маш багатай байдаг. Судлаачдын үзэж байгаагаар Говийн бүсэд унаж буй хур тундасны дөнгөж 1-2 % нь газрын доорх усыг тэжээдэг юм байна [3] [1] [4] [5]. Харин томоохон ус хэрэглэчдийн усны хэрэгцээ тэрхүү тэжээмжээс их болох үед ордын усны түвшин буурч, зөвшөөрөгдөх хэмжээнд хүрч шавхагдвал тухайн усны ордыг ашиглалтаас гаргаж, байгалийн болон зохиомол дүүргэлтийн горимд шилжүүлэх хэрэгтэй болно.

Судалгааны талбайд одоогоор байгаа томоохон ус хэрэглэгчид ба Орхон-Говь болон Хэрлэн-Говь төслийн ус дамжуулах шугам хоолойн байршилыг Зураг 4-д тоймлон харууллаа.



3-р зураг. Орхон говь ба Хэрлэн говь төслүүдийн тойм зураг

АШИГЛАСАН МАТЕРИАЛ, НОМ ЗҮЙ

[1] Монгол-Унгарын гидрогеологийн хамтарсан экспедиц , "Монгол Улсын Усны нөөц ашиглах ерөнхий схем," Улаанбаатар хот, 1975.

[2] З.Цэрэндорж, П.Энххишиг, "Монгол орны говийн бүсийн газрын доорхи усны томоохон хуримтлалуудын гарал үүсэл, тархалтын зүй тогтол" сэдэвт эрдэм шинжилгээний ажлын тайлан," Улаанбаатар хот, 1985.

[3] Дунар-Од ХХК, "Дорноговь аймгийн Өргөн, Эрдэнэ, Замын-Үүд, Улаанбадрах, Хөвсгөл, Хатанбулаг, Мандах, Сайхандулаан, Сайншанд сумдын бүтэн болон зарим нутгийг хамарсан Өмнөд говийн талбайд гидрогеологи-геоэкологийн 1:200000-ны масштабын зураг," Улаанбаатар хот, 2010-2012.

[4] Дунар-Од ХХК , "Өмнөговь аймгийн Манлай, Ханбогд, Баян-Овоо, Номгон, Хүрмэн, Цогтцэций, Ханхонгор, Даланзадгад сум болон Дорноговь аймгийн Мандах сумын зарим нутгийг хамарсан Өмнийн говийн талбайд гүйцэтгэсэн Гидрогеологи-Геоэкологийн 1:200000-ны масштабтай зураг," Улаанбаатар хот, 2012-2014.

[5] З.Цэрэндорж, " Говийн бүсийн ус хангамжийг нэмэгдүүлэх төсөл, ТЭЗҮ-ийн урьдчилсан судалгаа," Улаанбаатар хот, 2011.

[6] З. У.Борчулуун, "Монгол орны Гидрогеологийн судалгааны ажлын хэтийн төлөвлөгөөний чиглэл," БОНХАЖЯам-ны мэдээллийн сан., Улаанбаатар хот, 2015.

[7] Дунар-Од ХХК, Acacia Water, Deltares, ""Өмнөд говийн бүс нутгийн газрын доорхи усны изотоп, чанарын судалгаа" гэсэн төслийн тайлан," Дэлхийн Банкны Монгол дахь Суурин Төлөөлөгчийн Газрын фонд, Улаанбаатар хот, 2012.

[8] Дунар-Од ХХК , "Монгол орны нутаг дэвсгэр дээр нөөц нь тогтоогдон баталгаажсан газрын доорх усны ордуудын талбайг 1:200 000-ны зурагт оруулан Arc GIS программ хангамж ашиглан геодиз зураг зүйн ажил гүйцэтгэсэн үр дүнгийн тайлан.," БОНХЯ-ны мэдээллийн сан, Улаанбаатар хот, 2013.

[9] Дунар-Од ХХК, "Тавантолгойн нүүрсний уурхайн усан хангамжийн эх үүсвэрүүдийг ашиглах, нэмэгдүүлэх зорилгоор цаашид авч хэрэгжүүлэх арга хэмжээнүүдийн талаар өгөх санал , зөвлөмж. Эрдэнэс МГЛ" ХХК," Улаанбаатар хот, 2013.

[10]

[11] Маринов Н.А, Попов В.Н. , Гидрогеология Монгольской Народной Республики, Москва , 1963г.

[12] А.А. Анисимов, З.Цэрэндорж, Состояние и перспективы развития гидрогеологических исследований В 1986-90 гг. и на период 2000 г. Советско-Монгольское сотрудничество в области геологий, Москва : 77-80 стр. , 1986 г .

[13] З.Цэрэндорж, "Монгол орны Говийн бүсийн газрын доорх усны томоохон хуримтлалуудын гарал үүсэл, тархалтын зүй тогтол.," vol. Будапешт, no. /Докторын /Ph.D/ зэрэг горилсон бүтээл, 1992.

[14] Z.Tserendorj, "A Mongoliai Gobi sivatag vizfoldtani sajatossagai es a vizkutatas eredmenyei.," *HIDROLOGIAI KOZLONY ,* no. Budapest, pp. 368-373 old, 1992.

[15] Н.Жадамбаа, Монголын Геологи ба Ашигт Малтмал. Боть VIII. ГИДРОГЕОЛОГИ, Улаанбаатар хот, , 2012 он.

[16] З.Цэрэндорж, " Өмнөд говийн бүсийн гидрогеологийн судалгааны үр дүн болон томоохон хэрэглэгчдийн усан хангамжийн өнөөгийн байдал ба хэтийн төлөв.," *ХАЙГУУЛЧИН,* vol. Улаанбаатар хот, no. 52, 2014.

[17] З.Цэрэндорж, Ш.Мягмар, "Монгол орны Өмнийн говийн геологийн тогтоц ба газрын доорх усны тархалт. "Нийгэм, эдийн засгийн хөгжилд байгалийн нөхцөл, нутаг дэвсгэрийн онцлогийг харгалзан үзэх нь" сэдэвт олон улсын 3-р бага хурлын илтгэлүүдийн эмхэтгэл".

[18] С.Адъяа, П.Энххишиг. , "Өмнөд, Зүүн-өмнөд Монголын гандуу бүсийн хөрсний усны нөхөгдөх нөхцөл, химийн найрлагын тухай эрдэм шинжилгээний ажлын тайлан," Улаанбаатар , 1990.

БАРИЛГЫН ДОТОР УС ХАНГАМЖИЙН СИСТЕМД ЗЭВ ҮҮСЭХ ШАЛТГААН, ТҮҮНИЙ ХҮЧИН ЗҮЙЛСИЙН СУДАЛГАА

Нямжавын БОЛДБААТАР[1]

[1]Монгол Улс, Улаанбаатар, ШУТИС, Барилга, архитектурын сургууль, Инженерийн байгууламжийн тэнхим

и-мэйл хаяг: n_boldbaatar@must.edu.mn[1]

Хураангуй: **Энэхүү судалгаа нь орон сууцны барилгын дотор ус хангамжийн системд үүсэж буй зэврэлт болон ундны усны чанарын доройтлын шалтгаан, түүнд нөлөөлөх хүчин зүйлсийг тодорхойлоход чиглэв. Судалгаанд Улаанбаатар хотод үүсээд буй ундны усан дахь зэв Өмнөговь аймгийн Даланзадгад хотын ус хангамжийн системд үүсэх боломжтой эсэх, үүнд усны чанар, шугам хоолойн материал хэрхэв нөлөөлөх зэргийг судалсан. Даланзадгад хотын ус хангамжийн системийн ус нь өндөр идэмхий чанартай болох нь судалгаагаар тогтоогдсон. Түүнчлэн ундны ус дамжуулах зориулалтын бус, олон улсын стандартын шаардлага хангаагүй шугам хоолой болон алчуур хатаагч зэрэг тоноглолын хэрэглээ нь усны чанар доройтоход нөлөөлөх боломжтойг судалгаагаар тогтоов. Иймд орон сууцны дотор ус хангамжийн системд ашиглагдах материал, тоног төхөөрөмжийн чанар, стандартын хяналтыг сайжруулах, усны идэмхий чанарыг тогтмол үнэлэх, зэврэлтээс хамгаалах инженерийн шийдлүүдийг хэрэгжүүлэх шаардлагатай байна. Уг судалгаа нь ундны усны чанар, барилгын дотор ус ханагамжийн системийн аюулгүй байдлыг хангах чиглэлээр бодлого боловсруулахад шинжлэх ухааны үндэслэлтэй санал, зөвлөмжийг дэвшүүлж байна.**

Түлхүүр үг: барилгын дотор ус хангамж, зэв, цайрдсан ган хоолой, стандарт

I. УДИРТГАЛ

Монгол Улсын нийт өрхийн 32.1 хувь нь инженерийн дэд бүтэц бүхий төвлөрсөн ус хангамжийн системд холбогдсон орон сууцанд амьдарч байна 2024 оны статистикийн мэдээнд дурджээ [1].

Нэгдсэн үндэсний байгууллага НҮБ зарласан Тогтвортой хөгжлийн зорилго /Sustainable Development Goals SDG/ VI д хүн ам баталгаатай ундны ус, ариун цэврийн байгууламжаар хангагдах [2], Монгол улсын засгийн газрын Алсын хараа 2050 Монгол улсын урт хугацааны хөгжлийн бодлогын 6.3.4. Хүн амыг баталгаат ундны усаар хангах, усны нөөцийн эрэл, хайгуул, зураглалын ажлыг эрчимжүүлж нөөц баялгийн мэдээллийн бааз суурийг өргөжүүлэх, төлөвлөлт, менежмент хийх нөхцөлийг бүрдүүлнэ [3] гэж тус тус заасан байна.

Монгол Улсад ундны усны чанар, аюулгүй байдал нь хүн амын эрүүл мэнд, хот байгуулалт, нийгэм-эдийн засгийн тогтвортой хөгжилд шууд нөлөөлөх стратегийн чухал асуудал юм. Улаанбаатар хот болон томоохон суурин газруудад төвлөрсөн ус хангамжийн системээр дамжин хүрч буй усыг “Ундны ус. Эрүүл ахуйн шаардлага, чанар, аюулгүй байдлын үнэлгээ” MNS 0900:2018 стандартаар зохицуулж, эрүүл ахуйн 100 гаруй үзүүлэлтээр хянаж үздэг [4].

Улаанбаатар хот болон бусад төв суурин газруудын төвлөрсөн системд холбогдсон орон сууцны хороолол, хотхонуудын хэрэгцээний халуун хүйтэн усанд зэв гарах болсон учир шалтгааныг судалж үзье. Зэв үүсэх үйл явцыг авч үзвэл ус дамжуулах шугам дахь төмөр исэлдэж, Fe_2O_3 буюу төмрийн исэл (зэв) үүссэж улмаар дамжуулж буй усны чанарт нөлөөлдөг байна. Зэв үүсэх боломжтой учир шалтгааныг авч үзэхэд шугам сүлжээний засвар, үйлчилгээний үед усыг түр хугацаанд хаасны дараа шугамын ёроолд тунасан хурдас буюу зэв даралтын нөлөөгөөр хөдөлгөөнд орж, богино хугацаанд зэвтэй ус гарах, мөн ус дамжуулах шугам хоолойн насжилт ихэссэн, зориулалтын бус материалаар хийсэн хоолой, алчуур хатаагч, болон холбох хэрэгслүүдээс үүдэн ундны усанд зэв орох боломжтой гэж тус тус үздэг [5].

II. СУДАЛГААНЫ АРГА ЗҮЙ

Ундны усанд зэв үүсэх гадаад болон дотоод хүчин зүйлс хамааралтай бөгөөд үүнийг шинжлэх ухааны үндэслэлтэйгээр судалж авч үзье. Үүнд: 1. Барилгын дотор ус хангамжийн системийн ундны устай шууд харьцаж буй шугам хоолой, түүний тоноглол /алчуур хатаагч/. А. Барилга доторх ус хангамж, ариутгах татуурга БНбД 40-05-16-ийн 6.1.18. Барилгын дотор ус хангамжийн системд сүлжээний гидравлик тооцооны үр дүнг үндэслэн хоолойн голчийг сонгох ба БНбД 40-05-16 -ийн 4 хүснэгтэд 15-250 мм голчтой хэсгүүд хамаарч байна [6]. Энэхүү өгүүлэлд Монгол улсын хэмжээнд барилгын дотор ус хангамжийн системд голчлон ашиглагддаг БНХАУ-д үйлдвэрлэсэн ASTM International, ASTM A53 American Society of Mechanical Engineers A53 Galvanized Pipe [7] GB/T 3091-2015 Welded Steel Pipes for Low Pressure Liquid Delivery [8] стандартуудын 20-65 мм хүртэлх голчтой цайрдсан ган хоолойг шинээр нь авч шинжилгээнд хамруулсан. ASTM A53 Galvanized Pipe стандартад хоолойн ханан дахь цайрын зузааны хэмжээг тусгасан байдгаас гадна хоолой материалын химийн найрлагын хүртэл дэлгэрэнгүй тусгасан байдаг. ШУТИС, Геологи, уул уурхайн сургуулийн Эрдэс баялгийн судалгаа, хөгжлийн төвийн лабораторид бүтэц болон гадаргуун элементийн шинжилгээ, мөн

ШУТИС, МИТС-ийн Магадлан итгэмжлэгдсэн Металл сорил, туршилт эрдэм шинжилгээний төвийн лабораторид гангийн орц найрлага болон цайрын зузааныг тус тус тодорхойлуулах шаардлагатай гэж үзлээ.

Барилгын дотор ус хангамжийн системийн бүрэлдэхүүн хэсэгт багтдаг алчуур хатаагч нь ариун цэврийн өрөөний дулаан, эрүүл ахуйг сайжруулах зорилготой төхөөрөмж юм. Алчуур хатаагч нь барилгын дотор ус хангамжийн системийн хэрэгцээний халуун усны түгээлтийн болон эргэлтийн шугамаас салаалан ариун цэврийн өрөөнд ихэвчлэн байрлуулдаг бөгөөд алчуур хатаагчаар дамжсан халуун ус шууд унд ахуйд хэрэглэгддэг тул усны чанарт сөрөг нөлөө үзүүлэх эрсдэлтэй, улмаар зэвэрдэггүй гангаар хийхийг MNS болон AISI, EN стандартууд тусгажээ.

Монгол улсад стандарт MNS 6743:2019 Алчуур хатаагч Техникийн ерөнхий шаардлага [9] баталсан ба энэхүү стандартын 7.1 “Алчуур хатаагчийг ашигт үйлийн дулаан дамжуулалтын илтгэлцүүр өндөр, механик үйлчлэлээс хамгаалагдсан, бат бөх, гөлгөр доторлогоотой, зэс, гууль зэрэг зэвэрдэггүй болон зэврэлтээс бүрэн хамгаалагдсан материалаар хийж, туршилт хийж баталгаажсан байна” гэж тусгасан байна. Улмаар зах зээл дээр борлуулагдаж буй болон айл өрхөд ашиглагдаж буй алчуур хатаагчийг цуглуулан ШУТИС, МИТС-ийн Магадлан итгэмжлэгдсэн Металл сорил, туршилт эрдэм шинжилгээний төвийн лабораторид шинжлүүлэв.

2. Ундны усанд зэв үүсэх дотоод шалтгаан, нөхцөлийг тодорхойлох, усны химийн найрлага ба хоолойн материалын зэврэлтийн хамаарлыг тогтоох, мөн усны идэмхий чанарын индексүүдийг тооцоолох замаар зэврэлтийн эрсдэлийг үнэлэх боломжтой [5]. Өмнөговь аймгийн Даланзадгад хотын ус хангамжийн системд зэв үүсэх нөхцөл бий болж буй эсэхийг тодруулах зорилгоор Гүний ус ХХК -аас ирүүлсэн ус хангамжийн эх үүсвэрийн усны шинжилгээний үр дүнд доорх аргачлалаар усны идэмхий чанарын индексүүдийг тодорхойлж үзье.

Усны идэмхийн чанарын индекс.

Langelier Index (LI) болон Ryznar Stability Index (RSI) нь усны зэврэлт (corrosion) ба тунадас үүсэх (scaling) хандлагыг тодорхойлох, үнэлэхэд ашигладаг усны химийн индексүүд юм. Эдгээрийг ундны ус, үйлдвэрийн болон халаалтын системийн усны чанарын үнэлгээнд өргөн хэрэглэдэг [5].

ЛАНГЛИЕР ИНДЕКС

1-Р ХҮСНЭГТ

LSI утга	***Үнэлгээ / Тайлбар***
-2.0 < LSI < -0.5	Хүчтэй зэврэлт (Serious corrosion)
-0.5 < LSI < 0.0	Бага зэргийн зэврэлттэй, гэхдээ тунадас (scale) үүсгэхгүй
LSI = 0.0	Тэнцвэртэй нөхцөл, гэхдээ нүхжилттэй зэврэлт (pitting corrosion) үүсэх боломжтой
0.0 < LSI < 0.5	Бага зэрэг тунадас үүсгэх хандлагатай, мөн зэврэлттэй

РАЙЗНЕР ИНДЕКС

2-Р ХҮСНЭГТ

Хэмжээний муж	***Үнэлгээ / Тайлбар***
RI < 5.5	Идэмхий чанар байхгүй, ус нь чулуулаг үүсгэх өндөр хандлагатай
5.5 ≤ RI < 6.2	Тэнцвэртэй
6.2 ≤ RI < 6.8	Идэмхий чанар үүсэх магадлалтай
6.8 ≤ RI < 8.5	Идэмхий
RI ≥ 8.5	Өндөр идэмхий

[a.] Хүснэгтийн зүүлтийн жишээ. (*Хүснэгтийн зүүлт*)

III. ҮР ДҮН

Барилгын дотор ус хангамжийн системд хэрэглэж хоолой болон алчуур хатаагчийн шинжилгээний үр дүнг холбогдох стандартай харьцуулан харуулъя. Үүнд: Цайрдсан ган хоолойн шинжилгээг эхлээд авч үзье. ШУТИС, МИТС-ийн Магадлан итгэмжлэгдсэн Металл сорил, туршилт эрдэм шинжилгээний төвийн лабораторид гангийн орц найрлага болон цайрын зузааныг тус тус тодорхойлуулсан.

ХООЛОЙН ХАНАНЫ ЦАЙРЫН ЗУЗААН СТАНДАРТАД НИЙЦЭЖ БАЙГАА ЭСЭХ

3-Р ХҮСНЭГТ.

Хоолойн хэмжээ (мм)	*Дотор ханын цайрын зузаан (мм)*	*ASTM A53 GB/T 3091-2015 шаардлага*	*Нийцлэл*
20	0.022–0.046	≥0.04–0.070 мм	Хагас нийцсэн
25	0.010–0.016	≥0.04–0.070 мм	Нийцээгүй
32	0.022–0.028	≥0.04–0.070 мм	Нийцээгүй
40	0.066–0.084	≥0.04–0.070 мм	Нийцсэн
50	0.032–0.036	≥0.04–0.070 мм	Нийцээгүй
65	0.021–0.028	≥0.04–0.070 мм	Нийцээгүй

1-р зураг. Цайрдсан ган хоолойн шинэилгээнд бэлтгэсэн дээжүүд

Лабораторийн шинжилгээгээр 2 дээж буюу 20, 40 мм голчтой хоолойнууд гадаргууд хэсэгчилсэн байдлаар цайрын зузаан стандарт хэмжээнд байсан бол бусад 4 дээж буюу 25,32,50, 65 мм голчтой хоолойнуудын ханан дахь цайрын зузаан нь стандартын шаардлагыг хангаагүй байна.

БАРИЛГЫН ДОТОР УС ХАНГАМЖИЙН СИСТЕМД ЗӨВШӨӨРӨГДӨГ ЭСЭХ

4-Р ХҮСНЭГТ.

Дээж №	*Хоолойн хэмжээ (мм)*	*Химийн найрлага, %*	*ISO, ASTM химийн найрлагад*
17	20	Хөнгөнцагаан (Al) 35.3 Цайр (Zn) 64.7	зөвшөөрөгдөөгүй
17-2	25	Цайр (Zn) 89.1 Төмөр (Fe) 8.3 Хлор (Cl) 2.5	зөвшөөрөгдсөн
18	32	Цайр (Zn) 100.0	зөвшөөрөгдсөн

18-2	40	Цайр (Zn) 72.4 Хөнгөнцагаан (Al) 27.6	зөвшөөрөгдөөгүй
19	50	Цайр (Zn) 80.0 Хөнгөнцагаан (Al) 20.0	зөвшөөрөгдөөгүй
19-2	65	Цайр (Zn) 84.9 Хөнгөнцагаан (Al) 15.1	зөвшөөрөгдөөгүй

Хоолойн материалд хийсэн химийн элемент тодорхойлох шинжилгээнд хөнгөн цагаан илэрч байгаа нь хүчиллэг, зөөлөн усанд амархан идэгдэж, усанд уусдаг тул олон улсад ундны ус хангамжийн системийн зориулалтаар ашиглахыг хориглодог байна.

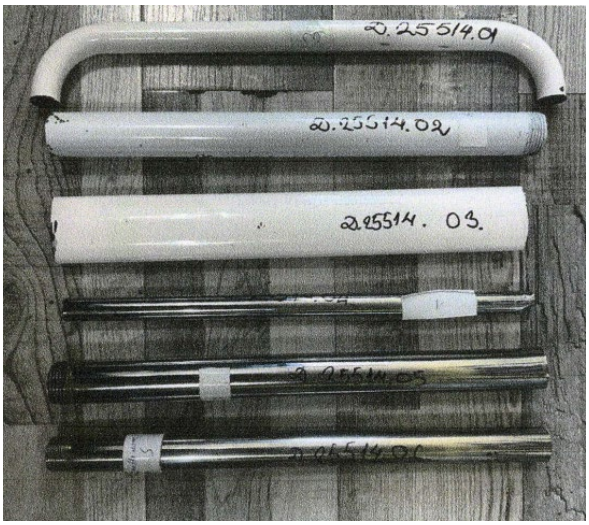
Алчуур хатаагчын материалд хийсэн шинжилгээ

Манай улсын зах зээл дээр түгээмэл худалдаалагддаг, мөн барилга угсралтын байгууллагуудын голчлон худалдан авч суурилуулдаг 5 төрлийн алуур хатаагчуудаас дээж авсан №1-5 мөн нэмэлтээр хэрэглэгч ашиглаж байсан хуучин 1 ш нийт 6 алчуур хатаагчийг дээжид материалын химийн шинжилгээг ШУТИС-ийн Металлын сорилт, туршилт, эрдэм шинжилгээний төвийн лабораторид шинжлүүлэв.

АЛЧУУР ХАТААГЧЫН МАТЕРИАЛЫН ХИМИЙН НАЙРЛАГА

5-Р ХҮСНЭГТ.

Химийн элемент	*Дээж, %*					
	1	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*
Нүүрстөрөгч C	0.1	0.087	0.084	0.023	0.111	0.076
Цахиур Si	0.073	0.139	0.03	0.024	0.226	0.255
Манган Mn	0.262	0.321	0.22	0.186	8.54	11.27
Фосфор P	0.021	0.023	0.018	0.018	0.01	0.011
Хүхэр S	0.015	0.017	0.014	0.009	0.007	0.006
Хром Cr	0.084	0.029	0.02	0.041	16.91	14.28
Никель Ni	0.036	0.011	0.009	0.04	1.173	1.227
Зэс Cu	0.013	0.014	0.007	0.319	1.227	0.804
Азот N	0.029	0.021	0.02	0.027	0.187	0.129
Төмөр Fe	99.28	99.18	99.42	99.16	71.02	71.2
	Хангаагүй				Хангасан	



2-р зураг. Алчуур хатаагчын шинжилгээнд бэлтгэсэн дээжүүд

Шинжилгээгээр 4 төрлийн алчуур хатаагч стандартын шаардлага хангаагүй бол бусад 2 буюу энэ нь нэг төрлийн шинэ болон хэрэглэгчээс авсан дээжүүд шаардлагыг хангасан байна.

Өмнөговь аймгийн Даланзадгад хотын ус хангамжийн системийн ашиглалтын үйлчилгээг хариуцагч Гүний ус ХХК-ны ус хангамжийн эх үүсвэрүүдээс 2024 оны 05 сарын 21, 2025 оны 05 сарын 12 өдрүүдэд авсан усны дээжид хийсэн шинжилгээ [10]. Энэхүү дээжүүд нь хоёр өдрийн 14 дээж бөгөөд шинжилгээний үр дүнд усны идэмхий чанарын индексийг тодорхойлоход Langelier индекс (LI) = -1.4 ÷ -1.8 байгаа нь ус “идэмхий шинжтэй” байна. Ryznar индекс (RI) = 10.2 ÷ 10.9 байгаа нь зэврэлт өндөр түвшинд үүсэх хандлагатай гэсэн үг

3-р зураг. Даланзадгад хотын ундны усны эх үүсвэрийн усны шинжилгээний дүн

Импортын ган хоолой

Манай улс нь ус хангамжийн болон бусад зориулалтаар ашиглах металл, ган хоолойн өөрийн гэсэн стандартгүй бөгөөд ISO, EN, ГОСТ болон бусад олон улсын стандартуудыг зураг төсөлдөө тусган ашигладаг. Улмаар импортоор дараах стандарттай бусад улсад үйлдвэрлэсэн хоолойнууд ихэвчлэн орж ирдэг. Үүнд: Бүгд Найрамдах Хятад Ард Улс /БНХАУ/-д үйлдвэрлэсэн ASTM A53, GB/T3091:2015. GB 50974-2014 Technical code for fire protection water supply and hydrant systems [7,8]. Мөн Оросын Холбооны Улс /ОХУ/-д үйлдвэрлэсэн ГОСТ 10704-91 Трубы стальные электросварные прямошовные [11], ГОСТ 10705-80 Трубы стальные электросварные [12], ГОСТ 3262-75 Трубы стальные водогазопроводные [13], ГОСТ 8731-74 Трубы стальные бесшовные горячедеформированные [14], ГОСТ 8732-78 Трубы стальные бесшовные горячедеформированные [15]. Гэхдээ энэхүү хоолойнууд нь бүгд ус хангамжийн системийн зориулалттай биш бөгөөд уур, хий дамжуулах, газрын тосны бүтээгдэхүүн болон барилгын гадна угсралтын шатаар ашиглаж байна. Зураг төслийн байгууллагуудаас ГОСТ 10704-91 Трубы стальные электросварные прямошовные [11], гадна ус хангамжийн системийн төлөвлөлтөд, ГОСТ 3262-75 Трубы стальные водогазопроводные [13] барилгын дотор ус хангамжийн системийн төлөвлөлтөд одоо ч хэрэглэсээр байгаа. Монгол улсын Гаалийн ерөнхий газрын онлайн эх сурвалжаас авч үзэхэд 2024, 2025 онуудын импортын мэдээний дүнгээс зөвхөн ган хоолой гэсэн ангиллаар шүүж үзэхэд худалдан авалтын хэмжээ 2024 онд 76 тэрбум төгрөг, 2025 оны

эхний есөн сарын байдлаар 75 тэрбум төгрөгт хүрсэн байна. Үүнээс 2024 онд 69 тэрбум төгрөгийн, 2025 онд 49 тэрбум төгрөгийн ган хоолойг БНХАУ-аас импортолсон байна [16]. Энэ нь зах зээл дээрх нийт ган хоолойн 70–90 хувийг эзэлж байна.

ДҮГНЭЛТ

Энэхүү судалгаагаар орон сууцны дотор ус хангамжийн системд үүсэж буй зэврэлт болон хэрэглэгчдэд хүрч буй зэвтэй усны шалтгаан, түүнд нөлөөлөх хүчин зүйлсийг судалж, дараах үндсэн дүгнэлтүүдэд хүрэв. Судалгааны үр дүнгээс үзэхэд улсын хэмжээнд ундны усны чанар, аюулгүй байдал алдагдах тохиолдол түгээмэл байгаа нь барилгын инженерийн шугам сүлжээний чанарын хяналт хангалтгүй байгаатай шууд холбоотой байна. Ялангуяа захиалагч, зураг төсөл зохиогч, гүйцэтгэгч байгууллага болон барилга байгууламжийг ашиглалтад хүлээн авах шатны төрийн хяналтын тогтолцоо сул байгаагаас үүдэн ус хангамжийн системд стандартын шаардлага хангаагүй хоолой, холбох хэрэгсэл, тоног төхөөрөмж ашиглагдах нөхцөл бүрдэж, улмаар ундны усны чанар доройтох, бохирдол үүсэх эрсдэлийг нэмэгдүүлж байна.

Даланзадгад хотын усны эх үүсвэрийн усны чанарт хийсэн шинжилгээ, мөн Langelier Saturation Index (LSI) болон Ryznar Index (RI)-ийн үнэлгээний үр дүнгээс харахад тухайн ус нь идэмхий шинж чанартай бөгөөд зэврэлт үүсэх нөхцөл бүрдэх боломжтой нь тогтоогдов. Гэсэн хэдий ч Өмнөговь аймгийн Даланзадгад хотын Гүний ус ХХК нь ус хангамжийн төвийн шугам сүлжээг бүрэн шинэчилж, HDPE хоолойгоор сольсон нь Улаанбаатар хотод түгээмэл тохиолдож буй төвийн шугамын зэврэлтийн эрсдэлийг бууруулах давуу нөхцөлийг бүрдүүлсэн байна. Харин зэвтэй ус үүсэх асуудал нь ихэвчлэн ус, дулаан дамжуулах төвөөс хойших дотоод шугам сүлжээ, хэрэглэгчийн түвшний тоног төхөөрөмжөөс шалтгаалж байгаа тул цаашдын ашиглалт, засвар үйлчилгээ, хяналтын үйл ажиллагаанд онцгойлон анхаарах шаардлагатай байна.

Судалгаагаар стандартын шаардлага хангаагүй материалаар үйлдвэрлэсэн хоолой, алчуур хатаагч болон холболтын эд ангиуд нь усанд зэв үүсэхэд нөлөөлж буй гол хүчин зүйлсийн нэг болохыг тогтоосон. Иймд ундны ус дамжуулах зориулалттай материал, тоног төхөөрөмжид тавигдах чанарын хяналтыг сайжруулах шаардлагатай гэж үзэв. Ялангуяа гаалийн хяналтын бүсэд итгэмжлэгдсэн лаборатори байгуулж, импортын шугам хоолой, холбох хэрэгсэл болон сантехникийн тоноглолын чанар, аюулгүй байдлыг баталгаажуулах тогтолцоог бүрдүүлэх нь зүйтэй байна. Ундны ус дамжуулах зориулалтын хоолой, тоног төхөөрөмж нь усны чанарт сөрөг нөлөө үзүүлэхгүй байх бөгөөд MNS болон ISO олон улсын стандартын шаардлагыг бүрэн хангасан, үйлдвэрийн чанарын баталгаатай материалаар үйлдвэрлэгдсэн байх шаардлагатай юм.

Түүнчлэн хоолойн угсралт, суурилуулалтын ажлыг эхлүүлэхээс өмнө барилгын материал, тоног төхөөрөмжийг эрх бүхий сорилт, баталгаажуулалтын лабораторид шинжлүүлж, чанарын дүгнэлт гаргуулдаг тогтолцоог мөрдүүлэх шаардлагатай байна. Энэ нь барилгын дотор ус хангамжийн системийн найдвартай ажиллагааг хангах, ундны усны чанарыг хамгаалах, улмаар хэрэглэгчдийн эрүүл, аюулгүй амьдрах орчныг бүрдүүлэхэд чухал ач холбогдолтой юм.

АШИГЛАСАН МАТЕРИАЛ, НОМ ЗҮЙ

[1] https://www.nso.mn/mn Статискийн ерөнхий хороо

[2] https://sdgs.un.org/goals НҮБ-ийн тогтвортой хөгжлийн зорилго

[3] https://legalinfo.mn/mn/detail/15406 Алсын хараа 2050 Монгол улсын урт хугацааны хөгжлийн бодлого

[4] MNS 0900:2018 “Ундны ус. Эрүүл ахуйн шаардлага, чанар, аюулгүй байдлын үнэлгээ” стандарт

[5] https://doi.org/10.5281/zenodo.17538122 Н.Болдбаатар “Ус дамжуулах хоолойд үүсэж буй усны идэмхий чанарын судалгаа” Hydroscience and Engineering (HSE-2025)

[6] БНбД 40-05-16 Барилга доторх ус хангамж, ариутгах татуурга https://legalinfo.mn/mn/detail?lawId=16530472814031

[7] ASTM International ASTM A53 https://www.ilongma.com/astm-a53-chemical-composition-and-mechanical-properties-explained/

[8] GB/T 3091-2015 Welded Steel Pipes for Low Pressure Liquid Delivery https://www.codeofchina.com/standard/GBT3091-2015.html

[9] MNS 6743:2019 Алчуур хатаагч Техникийн ерөнхий шаардлага https://estandard.gov.mn/

[10] Гүний ус ХХК ус хангамжийн эх үүсвэрээс авсан усны шинжилгээ 2024.05.21, 2025.05.12

[11] ГОСТ 10704-91 Трубы стальные электросварные прямошовные. https://www.gost.ru/portal/gost/home/standarts/catalognational

[12] ГОСТ 10705-80 Трубы стальные электросварные. https://www.gost.ru/portal/gost/home/standarts/catalognational

[13] ГОСТ 3262-75 Трубы стальные водогазопроводные. https://www.gost.ru/portal/gost/home/standarts/catalognational

[14] ГОСТ 8731-74 Трубы стальные бесшовные горячедеформированные. https://www.gost.ru/portal/gost/home/standarts/catalognational

[15] ГОСТ 8732-78 Трубы стальные бесшовные горячедеформированные https://www.gost.ru/portal/gost/home/standarts/catalognational

[16] https://gaali.mn/statistic/detail/05 Гаалийн ерөнхий газар

АКТИВ ХЭРЭГЛЭГЧИЙН НЭВТРЭЛТИЙН НӨХЦӨЛД ТҮГЭЭХ СҮЛЖЭЭНИЙ ХҮЧДЭЛИЙН ГОРИМ БА НЭВТРҮҮЛЭХ ДААЦЫН ШИНЖИЛГЭЭ

Сайханчимэг БЯМБАБАЯР[1], Баасан БАТ-УНДРАЛ[2]
Монгол Улс, Улаанбаатар, ШУТИС, Эрчим хүчний сургууль, Цахилгааны хангамжийн тэнхим
Холбоо барих зохиогчийн и-мэйл хаяг: byambabayar@must.edu.mn[1] , bat-undral@must.edu.mn[2]

***Хураангуй*: Дээврийн нарны эх үүсгүүр (rooftop PV) бүхий актив хэрэглэгчийн нэвтрэлт нэмэгдэх нь түгээх сүлжээний уламжлалт нэг чиглэлтэй ажиллагаанд өөрчлөлт оруулж, хүчдэлийн өсөлт болон урвуу чадлын урсгал зэрэг техникийн хүндрэлийг бий болгож байна. Эдгээр асуудал нь өндөр R/X харьцаатай радиаль түгээх сүлжээнд илүү хурц илэрч, сүлжээний нэвтрүүлэх даацыг (hosting capacity) хүчдэлийн хязгаараар хязгаарладаг. Энэхүү судалгаанд IEEE 33-bus стандарт тестын схемийг ашиглан актив хэрэглэгчийн байршлыг шоргоолжны колонийн алгоритм (Ant Colony Optimization, ACO)-аар оновчлох, мөн инвертерийн хүчдэл-реактив чадлын удирдлага (Volt–VAR control)-ын үр нөлөөг хосолж шинжилсэн. Нийт 2.4 МВт чадалтай PV-г санамсаргүй байршил, ACO-оор оновчилсон байршил, болон ACO-той хослуулсан Volt-VAR удирдлагатай гэсэн гурван хувилбараар тооцоолж, хүчдэлийн тархалт, шугамын алдагдал болон урвуу чадлын урсгалд үзүүлэх нөлөөг харьцуулав. Үр дүнгээс үзэхэд ACO-оор байршлыг оновчилсноор шугамын идэвхит алдагдал 94.53 кВт-аас 28.98 кВт хүртэл (69%-иар) буурч, хамгийн их хүчдэл 1.0355 p.u.-аас 1.0282 p.u. болж тогтворжсон. Гэвч дэд станц руу чиглэх урвуу чадлын урсгал 76.47 кВт-аас 142.02 кВт хүртэл өссөн. Volt–VAR удирдлагыг нэмэлтээр хэрэгжүүлснээр урвуу чадлын урсгал 135.41 кВт хүртэл буурсан боловч шугамын алдагдал бага зэрэг (35.59 кВт) нэмэгдсэн. Эндээс актив хэрэглэгчийн нэвтрэлтийг тогтвортой нэмэгдүүлэхийн тулд байршлын оновчлол ба инвертерийн реактив чадлын удирдлагыг хослуулсан арга үр дүнтэй болохыг харуулж байна. Цаашид Монгол Улсын реаль фидерийн параметрт тулгуурлан судалгааг гүнзгийрүүлэх шаардлагатай.**

Түлхүүр үг: нэвтрүүлэх даац, актив хэрэглэгч, шоргоолжны колонийн алгоритм, реактив чадлын удирдлага, IEEE 33-bus

I. УДИРТГАЛ

Дэлхий нийтэд эрчим хүчний шилжилт эрчимжиж буй өнөө үед сэргээгдэх эрчим хүч, ялангуяа фотоволтайк (PV) систем огцом өсөж байна. Энэхүү өсөлтийн нэг чухал шинж тэмдэг нь хэрэглэгчдийн талд байрлах **тархмал эх үүсгүүр (Distributed Generation, DG)**, тухайлбал дээврийн нарны эх үүсгүүр (rooftop PV) өргөн тархаж буй явдал юм. Ийнхүү цахилгаан үйлдвэрлэлд оролцож, мөн хэрэглэдэг хэрэглэгчийг **актив хэрэглэгч (prosumer)** гэж нэрлэх болсон.

Уламжлалт түгээх сүлжээ нь дэд станцаас хэрэглэгч рүү чиглэсэн нэг чиглэлт чадлын урсгалын зарчмаар төлөвлөгдсөн боловч актив хэрэглэгчийн нэвтрэлт нэмэгдэх тусам энэ зарчим зөрчигдөж, **хүчдэлийн өсөлт** болон **урвуу чадлын урсгал (reverse power flow)** үүсэх нөхцөл бүрэлдэнэ [1]. Ялангуяа өндөр R/X харьцаатай радиаль фидерт идэвхит чадлын нэвтрэлт нэмэгдэхэд хүчдэлийн өсөлт хурдтай явагдаж, сүлжээний зөвшөөрөгдөх хязгаар ($0.9 \le V \le 1.1$ p.u.)-ыг зөрчих хандлагатай байдаг. Энэ үзэгдэл нь сүлжээний **нэвтрүүлэх даац (hosting capacity)** буюу хүчдэл, дулааны болон хамгаалалтын хязгаарыг зөрчихгүйгээр сүлжээнд холбож болох тархмал эх үүсгүүрийн дээд хэмжээг тодорхойлох гол хязгаарлагч хүчин зүйл болдог [2], [3]. Судалгаагаар PV нэвтрэлт 15–30%-д хүрэхэд хүчдэлийн асуудал үүсэх хандлагатай [3], мөн урвуу чадлын урсгал нь хамгаалалтын системийн ажиллагаанд нөлөөлдөг болохыг тогтоосон [4].

Эдгээр асуудлыг шийдвэрлэхэд **байршлын оновчлол** болон **инвертерийн түвшний удирдлага** гэсэн хоёр үндсэн хандлага хэрэглэгддэг. Эхнийх нь Genetic Algorithm, Particle Swarm Optimization, шоргоолжны колонийн алгоритм (ACO) зэрэг metaheuristic аргуудыг ашиглан DG-ийн байршил, чадлыг оновчтой тодорхойлох явдал бол хоёр дахь нь хүчдэл-реактив чадлын удирдлага (Volt–VAR control)-аар хүчдэлийн өсөлтийг бууруулах арга юм [5]. IEEE 1547-2018 стандарт нь тархмал эх үүсгүүрийн инвертерт реактив чадлын зохицуулалтын чадварыг шаардлагатай болгосон [6]. Сүүлийн үед магадлалын мэдрэмжийн шинжилгээ [7], Bayesian оновчлол [8], ухаалаг тоолуурын өгөгдөлд суурилсан model-free хандлага [9] зэрэг дэвшилтэт аргууд хөгжиж байгаа ч нэвтрүүлэх даац нь шилжилтийн нөхцөлийг хамарсан цогц ойлголт гэдэг талаас нь авч үзэх шаардлагатай болж байна [10].

Гэвч одоогоор хийгдсэн судалгаанууд нь **байршлын оновчлол** болон **инвертерийн удирдлагийг** тус тусад нь авч үзсэн бөгөөд эдгээр хоёр аргын хосолсон үр нөлөө, ялангуяа байршлын оновчлолын дараа нэмж хэрэгжүүлсэн реактив чадлын удирдлага нь хүчдэлийн тархалт, шугамын алдагдал болон урвуу чадлын урсгалд хэрхэн нөлөөлөх асуудал нь нарийвчлан судлах нь зүйтэй юм.

Иймд энэхүү судалгааны зорилго нь IEEE 33-bus стандарт тестын схемийг ашиглан актив хэрэглэгчийн байршлыг ACO алгоритмаар оновчлох,

мөн Volt–VAR удирдлагын нөлөөг хосолж судлахад оршино. Тодорхойлбол: (i) санамсаргүй байршуулсан, ACO-оор оновчилсон, болон ACO + Volt–VAR хосолсон гурван хувилбарын **хүчдэлийн тархалтыг** харьцуулах; (ii) **шугамын идэвхит алдагдал** ба **урвуу чадлын урсгалд** үзүүлэх нөлөөг тоон байдлаар тогтоох; (iii) хосолсон аргын **нэвтрүүлэх даацад үзүүлэх давуу, сул талыг** тодорхойлох. Судалгааны үр дүн нь тархмал эх үүсгүүрийн нэвтрэлтийг үр ашигтай нэмэгдүүлэх инженерийн шийдлийг боловсруулахад арга зүйн үндэс болохын зэрэгцээ цаашид Монгол Улсын радиаль 10 кВ фидерт хэрэглэх судалгааны эхлэлийг тавьж өгнө.

II. СУДАЛГААНЫ АРГА ЗҮЙ

Энэхүү судалгаанд олон улсад өргөн хэрэглэгддэг IEEE 33-bus радиаль түгээх сүлжээний тестын схемийг ашиглаж, актив хэрэглэгчийн байршлын оновчлол ба инвертерийн реактив чадлын удирдлагын нөлөөг үнэлэв. Тооцооллыг AC чадлын урсгалын онолын аргад тулгуурлан гүйцэтгэж, оновчлолыг шоргоолжны колонийн алгоритм (ACO)-аар хэрэгжүүлсэн.

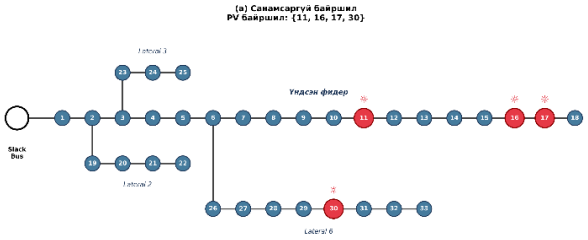
1. Тестын систем

Судалгаанд ашигласан IEEE 33-bus систем нь 12.66 кВ нэрлэсэн хүчдэлтэй, нийт 33 зангилаа, 32 шугамтай радиаль фидер юм. Системийн үндсэн параметрийг 1-р хүснэгт-д үзүүлэв.

IEEE 33-BUS СИСТЕМИЙН ҮНДСЭН ҮЗҮҮЛЭЛТ

1-Р ХҮСНЭГТ.

Үзүүлэлт	Утга
Системийн төрөл	IEEE 33-bus radial distribution
Нэрлэсэн хүчдэл	12.66 кВ
Нийт зангилаа / шугам	33 / 32
Суурь нийт ачаалал	3.715 МВт + 2.300 МВАр
Өдрийн ачааллын түвшин	Суурь ачаллын 60%
Нийт PV чадал	2.4 МВт
Нэг зангилаа дахь PV чадал	600 кВт
Хүчдэлийн зөвшөөрөгдөх хязгаар	0.9 ≤ V ≤ 1.1 p.u.



1-р зураг. Санамсаргүй байршил, PV байршил: {11,16,17,30}

2. Чадлын урсгалын математик загвар

Зангилаа i дээрх идэвхит (P_i) ба реактив (Q_i) чадал нь хүчдэл, шугамын admittance матрицаар дараах байдлаар тодорхойлогдоно:

$$P_i = V_i \sum_{j=1}^{n} V_j \left(G_{ij} \cos\theta_{ij} + B_{ij} \sin\theta_{ij}\right) \quad (1)$$

$$Q_i = V_i \sum_{j=1}^{n} V_j \left(G_{ij} \sin\theta_{ij} - B_{ij} \cos\theta_{ij}\right) \quad (2)$$

Энд V_i, V_j — зангилааны хүчдэлийн модуль; θ_{ij} — зангилаа i ба j-ийн хүчдэлийн фазын зөрүү; G_{ij}, B_{ij} — admittance матрицын идэвхит ба реактив элементүүд. Тэгшитгэл (1), (2)-ыг Newton–Raphson итерацийн аргаар бодож зангилаа бүрийн хүчдэл ба фазыг тодорхойлно.

Радиаль фидерт хүчдэлийн өөрчлөлтийг ойролцоогоор:

$$\Delta V \approx \frac{(R \cdot P + X \cdot Q)}{V} \quad (3)$$

гэж илэрхийлж болох ба R/X харьцаа өндөр сүлжээнд идэвхит чадал P нь хүчдэлд илүү хүчтэй нөлөөлдөг.

3. Шугамын алдагдал ба урвуу чадлын урсгал

Сүлжээний нийт идэвхит алдагдал нь шугам бүрийн алдагдлын нийлбэрээр:

$$P_{loss} = \sum_{k=1}^{32} I_k^2 R_k \quad (4)$$

Зангилаа i дээрх урвуу чадлын урсгал нь PV-ийн үйлдвэрлэл болон тухайн зангилааны ачааллын зөрүүгээр тодорхойлогдоно:

$$P_{rev,i} = P_{PV,i} - P_{load,i} \quad (5)$$

$P_{rev,i} > 0$ нөхцөлд илүүдэл чадал дэд станц руу буцан урсаж, урвуу чадлын урсгал үүснэ. Сүлжээний нэвтрүүлэх даацыг хүчдэлийн хязгаараар тодорхойлсон:

$$HC = \max P_{PV,total}, \quad (6а)$$

$$s.t.\ 0.9 \le V_i \le 1.1, \forall i \quad (6б)$$

4. Шоргоолжны колонийн алгоритм (ACO)

ACO нь шоргоолжны колони хоол хайх явцдаа феромоны мөрөөр зам сонгох зарчимд тулгуурласан metaheuristic арга юм [11]. Тухайн шоргоолж k нь зангилаа i-ээс j руу шилжих магадлал:

$$P_{ij}^{k} = \frac{(\tau_{ij})^{\alpha} \cdot (\eta_{ij})^{\beta}}{\sum_{l \in N_i^k} (\tau_{ij})^{\alpha} \cdot (\eta_{ij})^{\beta}} \quad (7)$$

Энд τ_{ij} — феромоны хэмжээ; η_{ij} — heuristic мэдээлэл; α, β — феромон ба heuristic-ийн харьцангуй жин. Heuristic функцийг тухайн зангилаанд DG байрлуулсан үеийн алдагдлын урвуу хэмжээгээр:

$$\eta_j = \frac{1}{P_{loss,j}} \quad (8)$$

гэж тодорхойлсон. Феромоныг итераци бүрийн төгсгөлд:

$$\tau_{ij}(t+1) = (1-\rho) \cdot \tau_{ij}(t) + \Delta\tau_{ij} \quad (9)$$

гэж шинэчилнэ. Энд ρ — феромоны ууршилтын коэффициент.

Зорилтын функцийг хүчдэлийн хазайлт, шугамын алдагдал болон урвуу чадлын урсгалыг хамтад нь минимизаци хийх зорилгоор гурван гишүүний нормчилсон нийлбэрээр илэрхийлэв:

$$F = \omega_1 \cdot \frac{\sum_{i=1}^{n} |V_i - Vref|}{(n \cdot Vref)} + \omega_2 \cdot \frac{P_{loss}}{P_{loss,base}} + \omega_3 \cdot \frac{|P_{rev}|}{P_{PV,total}} \quad (10)$$

Энд Vref = 1.0 p.u.; P_{loss} - анхдагч горимын алдагдал; жингүүдийг хүчдэл ба алдагдалд илүү ач холбогдол өгөх зорилгоор $\omega_1 = \omega_2 = 0.4$, $\omega_3 = 0.2$ гэж сонгосон.

ACO-гийн параметрүүдийг Dorigo, Stützle [11]-ийн зөвлөмж болон түгээх сүлжээний DG байршлын оновчлолын ердийн судалгаанд [12] тулгуурлан сонгосон (Хүснэгт 2). Феромоны жин α = 1, heuristic жин β = 2 нь heuristic мэдээлэлд илүү ач холбогдол өгч хайлтын эхэн шатанд explore-г дэмжинэ. Феромоны ууршилтын коэффициент ρ = 0.1 нь локал оптимумд гацахаас сэргийлэх стандарт утга юм. Шоргоолжны тоо m = 20 ба итерацийн тоо T = 100 нь IEEE 33-bus схемийн хайлтын талбайн хэмжээнд (C(32,4) ≈ 36,000 боломжит хослол) тохирно.

ACO АЛГОРИТМЫН ТОХИРГООНЫ ПАРАМЕТР

2-Р ХҮСНЭГТ.

Параметр	Тэмдэглэгээ	Утга
Шоргоолжны тоо	m	20
Итерацийн тоо	T	100
Феромоны жин	α	1.0
Heuristic жин	β	2.0
Ууршилтын коэффициент	ρ	0.1
Феромоны эхлэлийн утга	τ_0	1.0

5. Volt–VAR удирдлагын стратеги

Инвертерийн реактив чадлын удирдлагыг IEEE 1547-2018 стандартын Volt–VAR droop curve-ийн дагуу хэрэгжүүлсэн. Удирдлагын логик нь дараах байдалтай:

- V < 0.92 p.u.: инвертер реактив чадал нийлүүлнэ (Q > 0, capacitive)
- 0.92 ≤ V ≤ 1.08 p.u.: реактив чадал тэг (deadband)
- V > 1.08 p.u.: реактив чадал шингээнэ (Q < 0, inductive)

6. Судалгааны хувилбарууд

Сүлжээний ажиллагааг таван өөр хувилбарт тооцоолж харьцуулав (Хүснэгт 3). Хувилбар 3 ба 4-ийн харьцуулалт нь байршлын оновчлолын үр нөлөөг, хувилбар 4 ба 5-ийн харьцуулалт нь реактив чадлын удирдлагын нэмэлт нөлөөг үнэлнэ.

СУДАЛГААНЫ ХУВИЛБАРУУД

3-Р ХҮСНЭГТ.

№	Хувилбар	Ачаалал	PV байршил	Volt–VAR
1	Анхдагч горим	100%	—	—
2	Өдрийн горим	60%	—	—
3	Санамсаргүй PV	60%	11, 16, 17, 30	Q = 0
4	ACO PV	60%	7, 10, 25, 30	Q = 0
5	ACO + Volt–VAR	60%	7, 10, 25, 30	Идэвхтэй

III. СУДАЛГААНЫ ҮР ДҮН

Энэ хэсэгт III-А-д үндсэн тооцооны ерөнхий үр дүнг, III-Б-д байршлын оновчлолын нөлөөг, III-С-д Volt–VAR удирдлагын нэмэлт нөлөөг, III-D-д PV нэвтрэлтийн түвшин ба урвуу чадлын хамаарлыг тус тус харуулна.

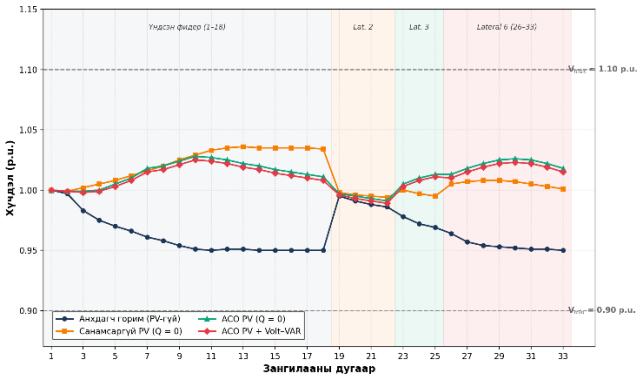
А. Үндсэн тооцооны үр дүн

IEEE33-BUS ТООЦООНЫ НЭГДСЭН ҮР ДҮН

4-Р ХҮСНЭГТ.

Хувилбар	V_min (p.u.)	V_max (p.u.)	P_loss (кВт)	P_sub (кВт)
1. Анхдагч горим	0.9131	1.0000	202.68	3917.68
2. Өдрийн горим	0.9495	1.0000	68.74	2297.74
3. Санамсаргүй PV	0.9907	1.0355	94.53	−76.47
4. ACO PV	0.9893	1.0282	28.98	−142.02
5. ACO + Volt–VAR	0.9891	1.0271	35.59	−135.41

Үр дүнгээс үзэхэд анхдагч горимд (Хувилбар 1) хамгийн бага хүчдэл 0.9131 p.u. болж зөвшөөрөгдөх 0.9 p.u. хязгаараас гарсан байна. Энэ нь PV-гүй уламжлалт горимд урт радиаль фидерт хүчдэлийн уналт их байгаа нь харагдаж байна. Өдрийн ачаалал буурсан үед (Хувилбар 2) хүчдэлийн уналт буурч, V_{min} = 0.9495 p.u. болсон. PV нэмэгдсэн гурван хувилбарт (3, 4, 5) хамгийн их хүчдэл V_{max} 1.0271–1.0355 p.u. хооронд хэлбэлзэж, зөвшөөрөгдөх 1.1 p.u. хязгаараас 6-7%-ийн нөөцтэй байгаа нь нэмэлт идэвхит хэрэглэгчийн нэвтрэлтийг хүлээн хүлээн авах боломжтой гэдгийг харуулж байна. Дэд станцын идэвхит чадлын утга сөрөг болсон нь сүлжээнд урвуу чадлын урсгал үүссэнийг харуулна.



2-р зураг. IEEE 33-bus сүлжээний зангилаа дагуух хүчдэлийн тархалт (гурван хувилбарын харьцуулалт)

Хүчдэлийн тархалтыг IEEE 33-bus сүлжээний 33 зангилаа дагуу зурахад (Зураг 2.) санамсаргүй байршлын үед фидерийн дунд хэсэгт хүчдэл оргил утгадаа 1.0355 p.u. хүрсэн бол ACO-оор оновчилсон байршилд хүчдэл илүү тэгш тархаж, оргилын утга 1.0282 p.u. болж буурсан байна. Volt–VAR удирдлага нэмсэн үед оргил утга 1.0271 p.u. болж дахин бага зэрэг буурсан.

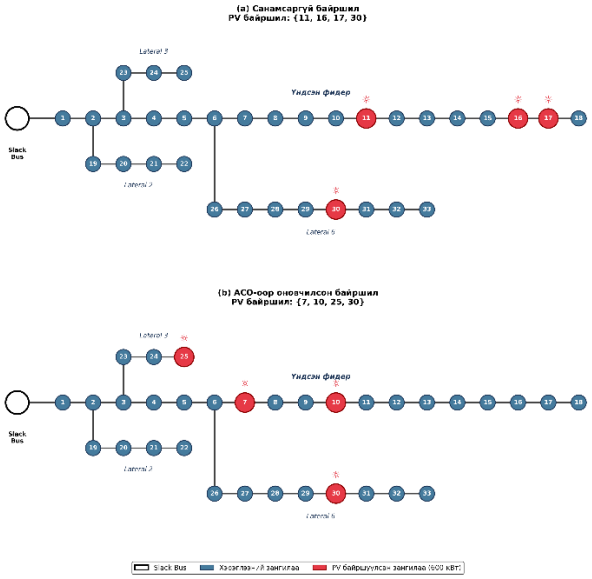
Б. Байршлын оновчлолын нөлөө

Хувилбар 3 ба 4-ийн харьцуулалт (Хүснэгт 5) нь байршлын оновчлолын цэвэр нөлөөг харуулна, учир нь нийт PV чадал болон Q = 0 нөхцөл ижил үлдэв.

САНАМСАРГҮЙ БА ACO БАЙРШЛЫН ХАРЬЦУУЛАЛТ

5-Р ХҮСНЭГТ.

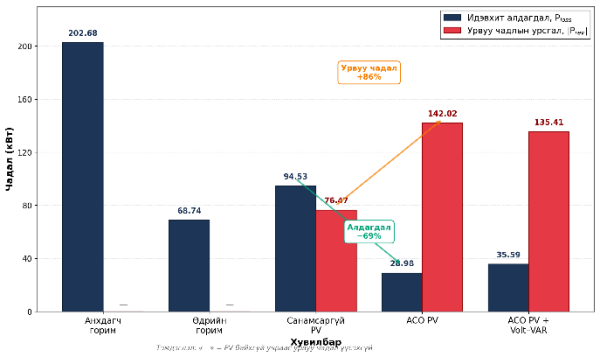
Үзүүлэлт	Санамсаргүй	ACO	Өөрчлөлт
V_min (p.u.)	0.9907	0.9893	−0.0014
V_max (p.u.)	1.0355	1.0282	−0.0073 (−0.7%)
P_loss (кВт)	94.53	28.98	−65.55 (−69.3%)
P_rev (кВт)	76.47	142.02	+65.55 (+85.7%)



3-р зураг. Байршлын харьцуулалт.

ACO алгоритм нь PV-г 11, 16, 17, 30-р зангилаанаас 7, 10, 25, 30-р зангилаа руу шилжүүлснээр шугамын идэвхит алдагдлыг 69.3%-иар бууруулсан нь сүлжээний ажиллагааны үр ашгийг мэдэгдэхүйц нэмэгдүүлсэн үндсэн үзүүлэлт юм. Алдагдлын ийнхүү буурсан физик шалтгаан нь оновчтой байршил дээр PV-ийн үйлдвэрлэл нь локал ачаалалд илүү ойр зайд хэрэглэгдэж, шугамаар дамжих гүйдэл буурсантай холбоотой.

Гэвч энэ үр дүнгийн сөрөг тал нь дэд станц руу чиглэх урвуу чадлын урсгал 76.47 кВт-аас 142.02 кВт хүртэл 85.7%-иар өссөн явдал юм. Энэ нь ACO-гийн оновчилсон байршлууд (тухайлбал 25, 30 зангилаа) фидерийн алсын талд байгаа учраас тэдгээрийн үйлдвэрлэл нь локал ачаалалд бүрэн ашиглагдалгүй дэд станц руу буцан урсаж байгааг харуулна. Хамгийн их хүчдэл 1.0355-аас 1.0282 p.u. болж буурсан (−0.0073) нь хүчдэлийн тархалт тэгширсэн боловч хамгийн бага хүчдэл бага зэрэг (−0.0014) буурсан. V_min нь 0.9893 p.u. буюу зөвшөөрөгдөх 0.9 p.u. хязгаараас 9 хувиар өндөр учраас энэхүү бага зэргийн уналт нь практик ач холбогдолгүй.



4-р зураг. Гурван хувилбарын идэвхит алдагдал ба урвуу чадлын харьцуулсан баганан график

B. Volt–VAR удирдлагын нэмэлт нөлөө

Хувилбар 4 ба 5-ийн харьцуулалт (Хүснэгт 6) нь оновчтой байршилд нэмэгдсэн реактив чадлын удирдлагын цэвэр нөлөөг харуулна.

ACO+VOLT-VAR УДИРДЛАГЫН НӨЛӨӨ

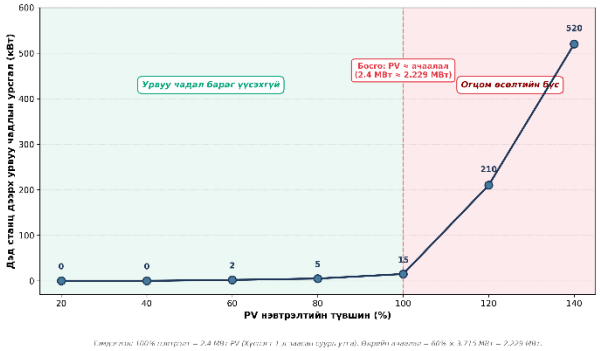
6-Р ХҮСНЭГТ

Үзүүлэлт	ACO (Q=0)	ACO + Volt–VAR	Өөрчлөлт
V_min (p.u.)	0.9893	0.9891	−0.0002
V_max (p.u.)	1.0282	1.0271	−0.0011
P_loss (кВт)	28.98	35.59	+6.61 (+22.8%)
P_rev (кВт)	142.02	135.41	−6.61 (−4.7%)

Volt–VAR удирдлагыг идэвхжүүлсний дараа сүлжээний **хамгийн их хүчдэлтэй зангилаан дахь утга** 1.0282 p.u.-аас 1.0271 p.u. хүртэл (ΔV = 0.0011 p.u.) буурав. Энэхүү бууралт нь **хүчдэлийн дээд хязгаарт ойртсон зангилаануудад** (V > 1.05 p.u.) инвертерүүд реактив чадлын компенсаци (under-excited горим) хийж, хүчдэлийн тархалтыг тэгшитгэсэнтэй холбоотой. Тэгшитгэл (3)-ын дагуу, реактив чадлын урсгал Q-ийн сөрөг чиглэлд нэмэгдэх нь шугамын реактанс X-ийн нөлөөгөөр хүчдэлийн уналт ΔV-г үүсгэдэг бөгөөд энэ нь ажиглагдсан хүчдэлийн бууралтын онолын суурь болж байна.

Дэд станц руу чиглэх идэвхит чадлын урвуу урсгал 142.02 кВт-аас 135.41 кВт (ΔP_rev = −4.7%) хүртэл буурсан боловч сүлжээний идэвхит чадлын алдагдал 28.98 кВт-аас 35.59 кВт (ΔP_loss = +22.8%) хүртэл өсөв. Энэхүү өсөлт нь инвертерийн реактив компенсацийн улмаас шугамаар дамжих бүрэн чадал $|S| = \sqrt{(P^2 + Q^2)}$ нэмэгдэж, Жоулийн алдагдал ($I^2 \cdot R$) пропорциональ өссөнтэй холбоотой. Иймд Volt–VAR удирдлага нь хүчдэлийн чанар болон шугамын алдагдлын хооронд олон зорилтот оновчлолын тэнцвэрийн асуудал (multi-objective optimization trade-off) үүсгэдэг.

Г. PV нэвтрэлтийн түвшин ба урвуу чадлын хамаарал



5-р зураг. PV нэвтрэлтийн түвшин ба дэд станц дээрх урвуу чадлын урсгалын хамаарал

Зураг 5-т PV нэвтрэлтийн түвшинг 0%-аас үе шаттайгаар нэмэгдүүлж, дэд станц дээрх урвуу чадлын урсгалын өөрчлөлтийг тооцоолсон үр дүнг харуулав. Графикаас харахад нэвтрэлт ойролцоогоор 30–40%-д хүртэл урвуу чадал бараг үүсэхгүй боловч энэ босгыг даваад огцом өсч эхэлдэг.

Энэхүү шилжилтийн босго нь сүлжээний нийт ачаалал ба PV-ийн үйлдвэрлэлийн харьцаагаар тодорхойлогдоно: тухайн агшинд нийт үйлдвэрлэл нь нийт ачаалал давсан үед илүүдэл чадал зайлшгүй сүлжээнээс гарч дэд станц руу буцан урсана. IEEE 33-bus схемийн өдрийн ачаллын (60% × 3.715 = 2.229 МВт) нөхцөлд 2.4 МВт PV нэвтрэлт нь үндсэндээ үйлдвэрлэл-ачааллын тэнцэлийн босго болж байгааг тоон тооцоо баталж байна.

Дээрх гурван харьцуулалтын үндсэн дээр гурван чухал дүгнэлт гарч ирж байна.

Нэгдүгээрт, байршлын оновчлол нь алдагдлыг эрс бууруулдаг боловч урвуу чадлыг нэмэгдүүлдэг trade-off шинж чанартай. Энэ нь сүлжээний дотоод үр ашиг (алдагдал) ба гадаад нөлөө (дэд станцын урсгал) гэсэн хоёр зорилтыг зэрэг хангахад нэг алгоритм хангалтгүй болохыг харуулж байна.

Хоёрдугаарт, Volt–VAR удирдлага нь хүчдэлийн тогтворшилт болон урвуу чадлын аль алинд эерэг нөлөөтэй боловч алдагдлыг бага зэрэг нэмэгдүүлдэг учраас зөвхөн тусдаа арга бус байршлын оновчлолтой хослуулан хэрэглэх нь үр дүнтэй.

Гуравдугаарт, PV нэвтрэлтийн босгот шинж чанар нь сүлжээний нэвтрүүлэх даацыг үнэлэхдээ зөвхөн дундаж утга биш, нэвтрэлт-урвуу чадлын зэрэгцээ муруйг харах ёстойг харуулна.

Эдгээр үр дүн нь IEEE 33-bus стандарт схемийн нөхцөлд хүчинтэй бөгөөд цаашид Монгол Улсын редель 10 кВ фидерийн параметрт (R/X харьцаа, шугамын урт, ачааллын тархалт) тулгуурлан үргэлжлүүлэх судалгааны үндэс болж байна.

IV. Дүгнэлт

IEEE 33-bus тестын схем дээр актив хэрэглэгчийн байршлын оновчлол ба Volt–VAR удирдлагын хосолсон аргыг судалсны үндсэн дээр дараах дүгнэлтүүдийг гаргав:

1. Санамсаргүй PV байршлын үед хамгийн их хүчдэл 1.0355 p.u. хүртэл нэмэгдэж, 76.47 кВт-ийн урвуу чадлын урсгал үүссэн нь актив хэрэглэгчийн нэвтрэлт сүлжээний нэвтрүүлэх даацыг хүчдэлийн хязгаараар хязгаарладаг болохыг харуулж байна.

2. ACO алгоритмаар PV байршлыг оновчилсноор шугамын идэвхит алдагдал 94.53 кВт-аас 28.98 кВт хүртэл буюу **69.3%-иар** буурч, хамгийн их хүчдэл 1.0282 p.u. болж тогтворжсон. Гэвч дэд станц руу чиглэх урвуу чадлын урсгал 142.02 кВт хүртэл **85.7%-иар** нэмэгдэх trade-off шинж чанартай болж байна.

3. Volt–VAR удирдлагыг нэмж хэрэгжүүлснээр хүчдэлийн оргил 1.0271 p.u. болж буурч, урвуу чадлын урсгал 4.7%-иар буурсан боловч шугамын алдагдал 22.8%-иар нэмэгдсэн нь Volt–VAR удирдлага нь алдагдлыг бага зэрэг нэмэгдүүлэх зардлаар хүчдэлийн тогтворшилт олж авдаг арга болохыг харуулна.

4. PV нэвтрэлтийн түвшин нь өдрийн ачааллын хэмжээнд (≈100%) хүртэл урвуу чадлын урсгал бараг үүсэхгүй, харин энэ босгыг даваад огцом өсдөг **босгот шинж чанартай** болохыг тооцоо илрүүлэв.

5. Актив хэрэглэгчийн нэвтрэлтийг тогтвортой нэмэгдүүлэхийн тулд зөвхөн чадлын хязгаарлалт бус, **байршлын оновчлол ба инвертерийн реактив чадлын удирдлагыг хослуулсан цогц арга** үр дүнтэй болохыг энэхүү судалгаа баталж байна.

АШИГЛАСАН МАТЕРИАЛ,НОМ ЗҮЙ

[1] R. Tonkoski, D. Turcotte, and T. H. M. El-Fouly, "Impact of high PV penetration on voltage profiles in residential distribution systems," *IEEE Trans. Sustain. Energy*, vol. 3, no. 3, pp. 518–527, Jul. 2012.

[2] National Renewable Energy Laboratory, "Methods for determining hosting capacity of distributed generation," NREL Tech. Rep., 2014.

[3] Electric Power Research Institute, "Distribution feeder hosting capacity: What matters when planning for DER?" EPRI Rep., 2015.

[4] A. Dubey and S. Santoso, "Understanding photovoltaic hosting capacity of distribution circuits," in *Proc. IEEE Power Energy Soc. Gen. Meeting*, 2015, pp. 1–5.

[5] M. Farivar, L. Chen, and S. H. Low, "Optimal inverter VAR control in distribution systems with high PV penetration," in *Proc. IEEE Power Energy Soc. Gen. Meeting*, 2011, pp. 1–7.

[6] *IEEE Standard for Interconnection and Interoperability of Distributed Energy Resources with Associated Electric Power Systems Interfaces*, IEEE Std 1547-2018, 2018.

[7] S. Munikoti, K. Lai, and B. Natarajan, "Probabilistic voltage sensitivity analysis for distribution systems with high DER penetration," *IEEE Trans. Power Syst.*, vol. 35, no. 4, pp. 3196–3207, Jul. 2020.

[8] G. Geng, Q. Jiang, and Y. Sun, "Hosting capacity analysis via Bayesian optimization," *IEEE Trans. Power Syst.*, vol. 35, no. 6, pp. 4756–4767, Nov. 2020.

[9] A. Andagoya-Alba, J. Martinez, and P. Andersson, "Data-driven model-free hosting capacity estimation using smart meter data," *Electr. Power Syst. Res.*, vol. 226, p. 109876, Jan. 2024.

[10] A. Karmaker, S. Hossain, and N. Rahman, "Challenges and applications of hosting capacity analysis: A comprehensive review," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 187, p. 113740, 2024.

[11] M. Dorigo and T. Stützle, *Ant Colony Optimization*. Cambridge, MA: MIT Press, 2004.

[12] T. M. Khalil and A. V. Gorpinich, "Optimal placement and sizing of distributed generation in distribution systems using ant colony optimization," *Int. J. Electr. Eng. Inform.*, vol. 4, no. 4, pp. 588–601, 2012.

МОНГОЛ ОРНЫ ГОВИЙН БҮС НУТГУУДАД СААРАЛ УСЫГ ЭРГҮҮЛЭН АШИГЛАХ БОЛОМЖ, ҮР АШИГ

Тунгалагтамирын ПҮРЭВСҮРЭН[1], Мягмарсүрэн ОЮУН-ЭРДЭНЭ[2]

[1]Монгол Улс, Улаанбаатар хот, Улаанбаатар дулааны сүлжээ ТӨХК,

[2]Монгол Улс, Улаанбаатар хот, ШУТИС, Эрчим хүчний инженерчлэлийн сургууль

Холбоо барих зохиогчийн и-мэйл хаяг: purevsuren1218@gmail.com[1]

***Хураангуй*: Өмнөговь аймаг зэрэг говийн бүс нутгуудад усны нөөцийн хомсдол, хүн амын төвлөрөл, уул уурхайн үйлдвэрлэлийн өсөлтөөс шалтгаалан усны хэрэглээний үр ашиг болон дахин ашиглалтын асуудал чухлаар тавигдаж байна. Энэхүү судалгаагаар говийн бүсийн айл өрх, хот суурин газрын саарал усны нөөцийг тодорхойлж, дахин ашиглах инженерийн боломжийг үнэлэв. Судалгааны үр дүнд Өмнөговь аймагт жилд 1.8–1.9 сая м³, үүнээс Даланзадгад хотод ойролцоогоор 0.8 сая м³ саарал ус үүсэх боломжтой нь тогтоогдов. Уг нөөцийг ногоон байгууламжийн усалгаа, авто угаалга, техникийн усан хангамж болон усны дахин эргэлтийн системд ашиглах боломжтой. Мөн саарал устай хамт алдагдаж буй бага потенциал бүхий дулааны энергийг сэргээн ашиглах боломжийг судалж, дулааны насосын технологид суурилсан схемийг боловсруулав. Саарал усны дундаж температурыг 25–35°C гэж үзэн, дулааны насос ашиглаж барилгын халаалт болон хэрэгцээний халуун ус бэлтгэх техникийн боломжийг тооцоолов. Саарал устай хаягдаж буй дулаан нь барилгын дулааны ачааллын тодорхой хэсгийг хангах боломжтой бөгөөд эрчим хүчний хэрэглээ болон цэвэр усны зарцуулалтыг зэрэг бууруулах давхар үр ашигтай болох нь тогтоогдсон. Энэхүү судалгаа нь Монгол улсын говийн бүсийн ус-эрчим хүчний хосолсон менежментийн шинэ хандлагыг дэвшүүлж, саарал усны нөөцийг тогтвортой ашиглах инженерийн үндэслэлийг боловсруулахад чиглэгдсэн болно.**

***Түлхүүр үг:* Говийн бүс, хаягдал дулааны энерги, энерги хувиргалтын коффициент.**

I. ОРШИЛ

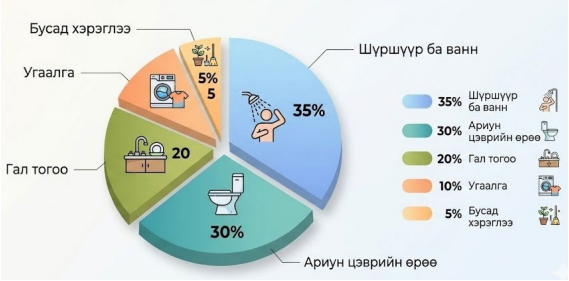
Энэхүү судалгааны зорилго нь говийн бүсийн саарал усны нөөцийг тодорхойлж, түүнийг дахин ашиглах болон бага потенциалт дулааны энергийг сэргээн ашиглах инженерийн боломжийг үнэлэхэд оршино. Монгол улсын өмнөд хэсэгт орших говийн бүс нь хуурай, гандуу уур амьсгалтай, хур тунадас багатай, ууршилт ихтэй онцлог бүс нутаг юм. Энэхүү бүсэд Өмнөговь аймаг, Дорноговь аймаг, Дундговь аймаг, Говьсүмбэр зэрэг аймгууд хамрагддаг бөгөөд байгаль, цаг уурын нөхцөлөөс шалтгаалан усны нөөц хомс, эмзэг тогтолцоотойд тооцогддог. Говийн бүсийн аймгуудын хүн ам болон айл өрхийн тоог Хүснэгт 1-т харуулав.[5]

ГОВИЙН БҮСИЙН АЙМГУУДЫН АЙЛ ӨРХИЙН ТОО

1-Р ХҮСНЭГТ

Аймаг	Хүний тоо	Өрхийн тоо	Орон сууцанд амьдардаг өрхийн тоо /аймгийн төв/
Говьсүмбэр	18,758	5,446	1,316
Дорноговь	72,515	21,861	3,421
Дундговь	46,577	14,904	1,039
Өмнөговь	79,055	27,105	1,643
Нийт	529,919	158,704	7,419

**Монгол улсын 2024 оны үндэсний статик үзүүлэлт*



1-р зураг. Орон сууцанд амьдардаг айл өрхийн усны хэрэглээний ангилал

Хаягдал ус нь физик, химийн шинж чанараараа ялгагдах бохирдлуудыг агуулсан байна. Саарал ус гэдэг нь усанд орсон, гар нүүр, хувцас, гал тогооны сав суулга, угаахад ашигласан усыг хэлнэ [10]. Үүнээс зөвхөн усанд орсон усыг ашиглаж үзье.

Ам бүлийн тооноос хамаарсан саарал усны хэмжээг Хүснэг-2-т харуулав.

Өмнөговь зэрэг говийн бүсийн айл өрхийн саарал усны хэмжээг тооцоход хамгийн түрүүнд өрхийн дундаж ам бүлийн тоо болон нэг хүний хоногийн ус хэрэглээг үндэслэдэг.

2024 оны Монгол Улсын статистикийн эмхэтгэлээр улсын дунджаар нэг өрхөд 3.5 хүн ногдож байна.

Судалгааны практикт, говийн бүсийн төвлөрсөн ус хангамжид холбогдсон айл өрхийн нэг хүний хоногийн усний хэрэглээг 80–120 литр/хоног гэж авч үздэг. Үүний ойролцоогоор (50–70)% нь саарал ус болдог.

АЙЛ ӨРХИЙН ТООНООС ХАМААРСАН ХАЯГДАЛ УСНЫ ДУНДАЖ ХЭМЖЭЭ

2-Р ХҮСНЭГТ

Үзүүлэлт	Тооцоолол
Өрхийн дундаж ам бүлийн тоо	3.5 хүн
Нэг хүний усны хэрэглээ	100л/хоног
Өрхийн нийт усны хэрэглээ	350л/хоног
Саарал усны эзлэх хувь	65%
Нэг өрхийн саарал усны хэмжээ	227.5л/хоног

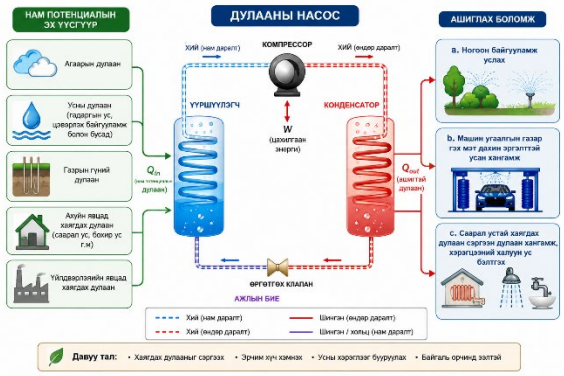
Өмнөговь аймгийн 2024 оны хүн амын статистикт үндэслэн тооцоход тус аймгийн хэмжээнд хоногт дунджаар 5.120 м³, жилд 1.87 сая м³ орчим саарал ус үүсэхээр байна.

Аймгийн төв Даланзадгад хотод нийт хүн амын 43% төвлөрч байгаа бөгөөд тус хот дангаараа хоногт 2,200 м³ орчим саарал усны нөөц бүрдүүлэх боломжтой гэж тооцогдов. Энэхүү нөөцийг:

a. Ногоон байгууламж услах
b. Машин угаалгын газар гэх мэт дахин эргэлттэй усан хангамжид
c. Саарал устай хаягдах дулаан сэргээн дулаан хангамж, хэрэгцээний халуун усыг бэлтгэхэд ашиглах боломжтой.

II. ДУЛААНЫ НАСОСНЫ ТӨХӨӨРӨМЖ

Дулааны насос нь бага температуртай эх үүсвэрээс дулааны энергийг авч, илүү өндөр температуртай орчинд дамжуулах зориулалттай, хаалттай цикл бүхий термодинамик төхөөрөмж юм. Уг систем нь гадны орчны энергийг ашиглан дулааныг нэг орчноос нөгөөд үр ашигтайгаар шилжүүлэх нөхцөлийг бүрдүүлдэг. Дулааны насосны зарчмын схемийг Зураг-2-т үзүүлэв.



2-р зураг. Дулааны насосны зарчмын схем

Дулааны насос нь үндсэн 4 төхөөрөмжөөс бүрдэх бөгөөд үүнд ууршуулагч, компрессор, конденсатор, дросселийн вентиль зэрэг орно. Дулааны насосны ажлын биед нам температурт буцлах шинж чанар бүхий ажлын биеийг ашиглана.

III. ТЕМПЕРАТУРЫН СУДАЛГАА

Энэхүү судалгаагаар бид бүхэн орон сууцанд амьдардаг 13 айлын саарал усны температурт хэмжилт хийсэн бөгөөд хэмжилтийн дүнг Хүснэгт-3-т харуулав. Температурын хэмжилтийг iButton хэмжих төхөөрөмж ашиглан хийсэн. iButton төхөөрөмж нь 16 мм диаметртэй, зэвэрдэггүй гангаар хийгдсэн бөгөөд 0 °C–125 °C температурын мужид ажиллах чадвартай, хэмжилтийн нарийвчлал нь ±0.5 °C байна. Энэхүү өгөгдөл бүртгэгч нь тогтоосон температурын хязгаарт ямар ч орчинд найдвартай хэмжилт хийх боломжтой бөгөөд ашиглалтын хувьд давуу талтай.

3-р зураг. IBUTTON температур хэмжих хэрэгсэл

Туршилтын явцад халуун усны температурын утгыг 1 минут тутамд хэмжиж авахаар чипыг тохируулсан.

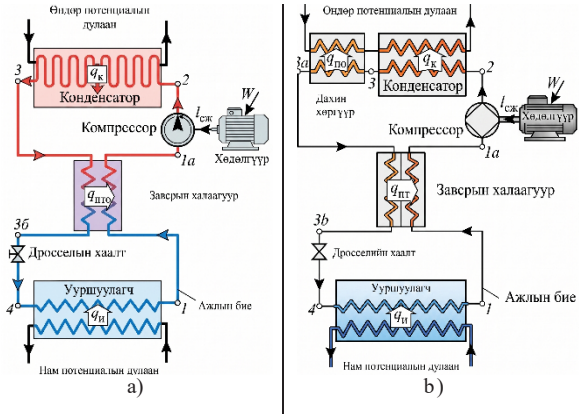
2024.04.14-НИЙ ӨДРИЙН ТЕМПЕРАТУРЫН ХЭМЖИЛТ

3-Р ХҮСНЭГТ

№	Усанд орох үеийн (°C)	Хаягдал усны (°C)	t °C-ын зөрүү
1	33.4	31.9	1.5
2	36.1	33.8	2.3
3	38.5	36.4	2.1
4	32.7	31.7	1
5	42	33.8	8.2
6	44.1	29.6	14.5
7	32.9	23.1	9.8
8	38.9	28.8	10.1
9	29.3	23.65	5.65
10	39	34	5
11	40	35	5
12	41	35	6
13	38	32	6
Дүн	**37.37**	**31.44**	**5.93**

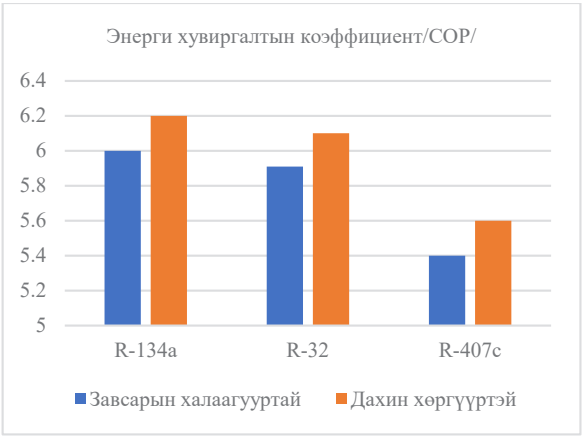
IV. АРГА ЗҮЙ

Дулааны насосны энерги хувиргалтын коэффициентыг COP-г тооцохдоо дулааны насосд өргөн хэрэглэгддэг R-134a, R-32 болон R407C фреонуудыг сонгон авч, дахин хөргүүртэй болон завсрын халаагуурtай дулааны насосны схемүүдэд тооцоолол хийж, үр дүнг харьцуулсан. Схем тус бүрийн тооцооллын үр дүнд саарал уснаас авах дулааны хэмжээг нэмэгдүүлэх болон системийн үр ашгийг дээшлүүлэх боломжтой дулааны насосын оновчтой төрлийг сонгох үндэслэл бүрдсэн..



4-р зураг. а) завсрын дулаан солилцууртай дулааны насос b) дахин хөргүүр болон завсрын дулаан солилцууртай дулааны насос

Сонгосон дулааны насосны ажлын биеүүд дээр хийсэн тооцооны дүнг график 1-д харуулав. Тооцооны дүнгээс энерги хувиргалтын коэффициент (COP) хамгийн өндөр гарсан R-134a ажлын бие бүхий, дахин хөргүүртэй дулааны насосын схемийг сонгон авсан.



5-р зураг. Дулааны насосны COP харьцуулалт

Дулааны насосны ажлын бие болон схем сонголтын дүнд гарсан утгаар компрессорын цахилгааны чадлыг тооцож үзвэл.

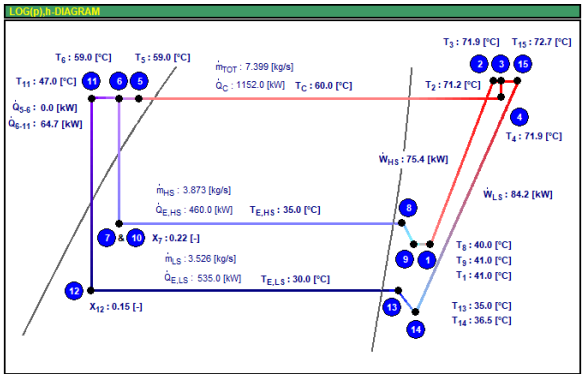
Ууршуулагчид саарал уснаас өгөх дулаан:

$Q=Gc(t_1.t_2)=91.6\cdot4.19\cdot(31.4-26.4)=532.5$кВт

COP= 6.2

Компрессорын цахилгаан чадал:

$$W=\frac{Q_e}{COP-1}=\frac{532.5}{6.2-1}=102.4\text{кВт}$$



6-р зураг. R134a ажлын биеийн lgP-I диаграммын дүрслэл

Дулааны насосны схем болон ажлын биеүүдийн харьцуулсан тооцооны дүнд R-134a ажлын биеийн хувьд энерги хувиргалтын коэффициент өндөр гарсан тул тус ажлын биеийн дулааны насосны дахин хөргүүртэй схемтэй сонгон авч эдийн засгийн үзүүлэлтийг тооцож гаргав.

V. ЭДИЙН ЗАСГИЙН ТООЦОО

Саарал уснаас дулааны насосны ууршуулагчид өгөх дулаантай тэнцүү хэмжээний дулааны ачаалал бүхий барилгыг дулаанаар хангана гэж үзвэл.

Барилгын дулааны ачаалал=саарал уснаас дулааны насосны ууршуулагчид өгөх дулааны хэмжээ.

$Q_0=530$кВт

Дулааны насосны анхдагч өртөг = 927,500.0 мян.төгрөг байна. /Дулааны насосны анхдагч өртгийг зах зээлийн жишиг үнэ (500–1,500 €/kW)-д үндэслэн 927,500.0 мян. төгрөгөөр тооцсон./

Хүснэгт 4-д төвлөрсөн дулаан хангамжаас хангагдах систем болон дулааны насосонд суурилсан шийдлийн сард гарах дулааны өртгийн харьцуулалтыг үзүүлэв.

САРД ТӨЛӨХ ДУЛААНЫ ӨРТӨГИЙН ХАРЬЦУУЛАЛТ

4-Р ХҮСНЭГТ

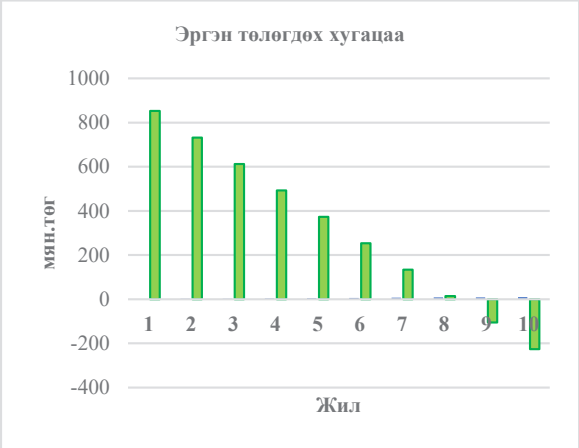
Барилгын дулааны өртөг (мян.төг)	Дулааны насосны сард хэрэглэх цахилгааны өртөг (мян.төг)
36,650.5	19,537.0

**1Гдж=26,679төгрөг авсан[3].*
**1кВт.ц=265 авсан [4].*

Хэмнэлт/сард/

N=36,650.5-19,537.0=17,113.5мян.төг

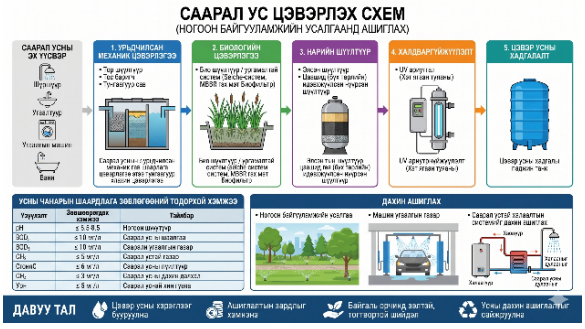
Саарал усны дулааныг дулааны насосны эх үүсвэр болгон ашиглах нь 530 кВт дулааны ачаалалтай барилгын дулааныг төвлөрсөн дулаан хангамжийн системээс хангах хувилбартай харьцуулахад 17.1 сая төгрөгийн зардлыг хэмнэх боломжтой байна.



7-р зураг. Эргэн төлөгдөх хугацаа

VI.СААРАЛ УСНЫ БОЛОВСРУУЛАЛТ

Дулааны насосоор дулаан солилцоонд орсон саарал усыг (Зураг 8-д үзүүлснээр) цэвэршүүлэн боловсруулж, нөөцлөн ногоон байгууламжийн усалгаанд ашиглах боломжтой. Мөн усны хэрэглээ өндөртэй машин угаалгын үйл ажиллагаанд (нэг автомашин угаахад дунджаар 150–250 литр ус зарцуулдаг) ашиглах боломжтой бөгөөд энэ нь усны дахин ашиглалтыг нэмэгдүүлэх ач холбогдолтой юм [9].



8-р зураг. Саарал усыг боловсруулах дахин ашиглах схем

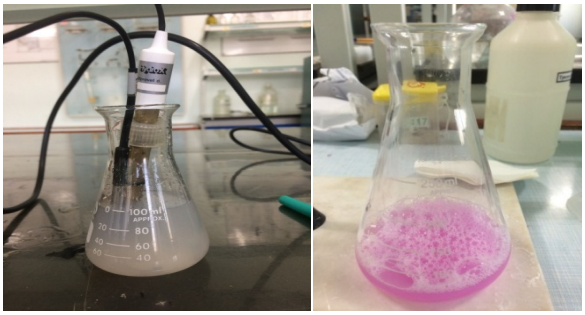
Саарал усыг дулааны насосны эх үүсвэр болгон ашиглахад түүний шинж чанарыг тодорхойлж, тохирох боловсруулалтын төхөөрөмжийг сонгох нь чухал юм. Саарал усны шинжилгээнд 6 өөр төрлийн угаалгын бодисоор бохирдсон усны дээжүүдэд туршилт хийсэн. Туршилтад ашигласан 6 төрлийн усны дээжийг Зураг 9-д харуулав.

9-р зураг. Саарал усны дээж

Үүнд:

1. Усанд ороходоо 1 удаа саван ашигласан
2. Усанд ороходоо 2 удаа саван ашигласан
3. Усанд ороходоо 3 удаа саван ашигласан
4. Шампунь болон саван 1 удаа ашигласан
5. Шампунь болон саван 2 удаа ашигласан
6. Ванны бөмбөлөг болон шампунь ашигласан зэрэг

Саарал усны сорьцуудад шинжилгээ хийх үеийн зургийг зураг 10-т харуулав.



10-р зураг. Усны шинжилгээ хийж буй явц

Саарал усны дээжүүдэд хийсэн шинжилгээний дүнг Хүснэгт 5-д харуулав.

СААРАЛ УСНЫ ШИНЖ ЧАНАР

5-Р ХҮСНЭГТ

№	Үзүүлэлт	1	2	3	4	5	6
1	Ерөнхий шүлтлэг(мг-экв/дм^3)	4.0	2.6	3.4	2.4	1.6	1.0
2	Гидратын шүлт(мг-экв/дм^3)	0	0	0	0	0	0
3	pH	5.7	5.7	5.7	5.8	5.3	5.8
4	Цахилгаан дамжуулах чадвар	132	170	312	194	143	153
5	Ерөнхий хатуулага(мг-экв/дм^3)	0.8	1.2	1.2	0.5	0.8	1.6

Хүснэгт 5-аас харахад саарал усны ерөнхий шүлтлэг нь ерөнхий хатуулгаас өндөр гарсан байна. Энэ нь саарал ус шүлтлэг шинж чанартай бөгөөд шугам хоолойд хаг, хусам үүсэх эрсдэлтэйг илтгэнэ. Иймээс саарал усны шүлтлэгийг бууруулах зорилгоор ус цэвэрлэгээний соронзон аргыг сонгосон. Соронзон аргаар ус цэвэршүүлэх төхөөрөмж нь зай талбай бага эзэлдэг тул орон сууцны узельд суурилуулах боломжтой гэдгээрээ давуу талтай. Ус боловсруулах соронзон төхөөрөмжийг Зураг 11-д үзүүлэв.

11-р зураг. Ус боловсруулах соронзон төхөөрөмж

ДҮГНЭЛТ

Дулааны насосонд өргөн хэрэглэдэг гурван төрлийн хөргөлтийн ажлын биеүдээс R134a ажлын биеийг ашиглах нь R32 болон R407c ажлуудыг ашигласнаас энерги хувиргалтын коэффициент 0.52-оор буюу 10.7% илүү байна.

Харин дулааны насосны схем сонголтын хувьд дулааны насосны дахин хөргүүртэй схем нь завсрын халаагууртай схемээс энерги хувиргалтын коэффициент нь 0.68-аар буюу 14% илүү байна.

Бидний өдөр тутмын хэрэглээнээс хаягдаж буй саарал ус нь дулааны насосны хувьд өндөр потенциалын тогтвортой эх үүсвэр болох бөгөөд Даланзадгад сумын хувьд саарал устай хаягдах дулааныг сэргээн ашигласнаар 530кВт дулааны ачаалал бүхий барилгын халаалтыг шийдэх боломжтой байна.

Зөвхөн Даланзадгад сумын хувьд хоногт үүсэх боломжтой 2200 м³ саарал усыг цэвэршүүлж дахин ашигласнаар өдөрт ойролцоогоор 4...6 сая төгрөгийн цэвэр усны хэрэглээг орлуулахаар байна.

Хөргөлтийн ажлын биеүдийн харьцуулсан тооцооноос үзэхэд дахин хөргүүртэй дулааны насосны схем дээр R134a ажлын биеийг ашиглах нь энерги хувиргалтын коэффициент хамгийн их буюу COP=6.2 байна.

АШИГЛАСАН МАТЕРИАЛ, НОМ ЗҮЙ

[1] Б.Намхайням “Дулаан хангамжийн систем” УБ.2015 он
[2] П.А.Трубаев, Б.М.Гришко”Тепловые насосы” Булгород.2010
[3] http://ubds.energy.mn
[4] http://obtsts.mn
[5] https://www.1212.mn/mn
[6] Friedler E, Hadari M (2006). Economic feasibility of on-site greywater reuse in multi-storey buildings. Desalination 190 (2006) 221–234.
[7] Ramon G., Green M., Semiat R. Dosoretz C. (2004). Low strength greywater characterization and treatment by direct membrane filtration. Desalination 170 (2004) pp.241-250
[8] Wong L. T., Mui K. W., Guan Y. (2010). Shower water heat recovery in high-rise residential buildings of Hong Kong. Applied Energy 87 (2010) 703–709
[9] Water consumption and environmental impacts of car washing activities. Journal of Cleaner Production, Elsevier. Available at: https://www.sciencedirect.com/
[10] U.S. Environmental Protection Agency (EPA), *Graywater reuse definition and guidelines*, Washington, DC, USA.

ГОВЬ-ХУУРАЙ БҮСИЙН УСНЫ НӨӨЦИЙН МЕНЕЖМЕНТ: МОНГОЛ ОРНЫ БОЛОН ОЛОН УЛСЫН ХАРЬЦУУЛСАН СУДАЛГАА

Өсөхбаяр НАРАНЧИМЭГ[1], Дамдинсүрэн БОЛОРМАА[1], Бямбацогт АРВИНЗАЯА[1]

[1]Монгол Улс, Улаанбаатар, ШУТИС, Барилга архитектурын сургууль, Архитектурын тэнхим

Холбоо барих зохиогчийн и-мэйл хаяг: bolor_db@must.edu.mn[1]

Хураангуй: **Энэхүү судалгаа нь хуурай уур амьсгалтай бүс нутгуудад, ялангуяа Монголын говийн бүсэд усны нөөцийг тогтвортой удирдах, нөхөн сэргээх аргачлалуудын үр нөлөөг үнэлэхэд чиглэв. Судалгаанд "ус цуглуулах" талаарх сүүлийн таван жил буюу 2021–2026 онд хэвлэгдсэн эх сурвалжийг шүүн шинжилж, түгээмэл хэрэглэгдэж буй аргачлалуудыг тодорхойлсон. Мөн Монгол оронд хэрэгжсэн усны нөөцийн ашиглалт, хуримтлал, нөхөн сэргээлтийн төслүүдийг олон хэмжигдэхүүнт үзүүлэлтээр ангилан дүн шинжилгээ хийж, олон улсын кейсүүдтэй харьцуулан үнэлэв. Судалгааны үр дүнгээс харахад гүний усанд тулгуурласан "олборлох" хандлага нь богино хугацаанд үр ашигтай боловч урт хугацаанд усны нөөцийн хомсдол, экосистемийн доройтлыг үүсгэх өндөр эрсдэлтэй байна. Харин байгальд суурилсан, бага өртөгтэй, орон нутгийн нөхцөлд нийцсэн аргачлалууд нь илүү тогтвортой, үр ашигтай болох нь тогтоогдсон. Олон улсын туршлагаас харахад томоохон инженерийн шийдлүүд нь зохистой засаглалын нөхцөлд үр дүнтэй боловч буруу төлөвлөлт нь экологийн ноцтой сөрөг үр дагаварт хүргэх боломжтойг харуулсан. Иймд усны нөөцийн менежмент нь зөвхөн ашиглалт бус, нөхөн сэргээх, хамгаалах, экосистемд суурилсан цогц хандлагад шилжих шаардлагатай байна. Уг судалгаа нь хуурай бүс нутгийн усны менежментийн бодлого боловсруулахад шинжлэх ухааны үндэслэлтэй зөвлөмжүүдийг санал болгож байна.**

Түлхүүр үг: Ус цуглуулах, Усны нөөцийн ашиглалт, Усны нөөцийн хомсдол, Экосистемийн доройтол

I. УДИРТГАЛ

Дэлхийн уур амьсгалын өөрчлөлт болон хүний үйл ажиллагааны нөлөөгөөр Говь болон Сахарын цөл зэрэг хуурай бүс нутгуудын экосистемүүд хурдацтай доройтож байна. Ялангуяа Монгол болон Хятадын хойд бүс нутгийн нийт нутаг дэвсгэрийн ойролцоогоор 85% нь салхины элэгдэлд өртсөн [1] нь хөрсний чийг, усны нөөцийг эрс бууруулж, улмаар шар шороон шуурганы давтамж, эрчимшлийг нэмэгдүүлэх гол хүчин зүйл болж байна. Энэ үзэгдэл нь зөвхөн бүс нутгийн асуудал төдийгүй Сахарын цөлжилттэй дүйцэхүйц, олон улсын хэмжээний экологийн сорилт болон өргөжиж байна.

Хуурай уур амьсгалтай бүс нутагт орших улс орнуудын тогтвортой байдал нь түүний гол хүчин зүйлийн нэг болох усны нөөцийг түүхэн цаг хугацаанд хэрхэн оновчтой удирдаж, хамгаалж, нөхөн сэргээж ирсэнтэй шууд хамааруулан авч үзэж болно. Орчин үед хүний үйл ажиллагаанаас үүдэлтэй уур амьсгалын өөрчлөлт эрчимжин, амьдралын үндэс болсон экосистем алдагдан, байгаль цаг уурын хувьд улам хуурайшиж байгаа нь усны менежментийг зөвхөн "олборлоод" (extractive) байх биш "нөхөн сэргээх" (restorative) цогц бодлогоор хөгжүүлэхийг улам шаардаж байна [2]. Энэ нь зөвхөн байгаль орчны тогтвортой байдлыг хангахаас гадна нийгэм, эдийн засгийн уян хатан байдлыг бэхжүүлэх стратегийн үндэс юм.

Судалгааны арга зүй нь гурван үндсэн бүрэлдэхүүн хэсгээс бүрдэнэ. Нэгдүгээрт, Google Scholar мэдээллийн сангаас "water harvesting" буюу "ус цуглуулах" түлхүүр үг бүхий судалгааны өгүүллүүдийг системтэйгээр шүүн авч, хамгийн өргөн хэрэглэгдэж буй болон үр нөлөөтэй аргуудыг тодорхойлно. Хоёрдугаарт, Монгол Улсын Говийн бүсэд хэрэгжсэн ус олборлох, хуримтлуулах, нөөцлөх төслүүдийг байршил, дэд бүтцийн төрөл, оролцогч талууд, усны эх үүсвэр, байгаль орчны нөлөөлөл, хэрэгжилтийн төлөв, засаглалын бүтэц зэрэг шалгуур үзүүлэлтүүдээр ангилан дүн шинжилгээ хийж, бүс нутгийн боломж, хязгаарлалтыг тодорхойлно. Гуравдугаарт, олон улсын хэмжээнд хэрэгжсэн амжилттай болон бүтэлгүйтсэн кейсүүдийг харьцуулан судалж, тэдгээрийн ялгаа, ижил төстэй шинж чанарыг тодруулснаар үр дүнд суурилсан бодлогын зөвлөмж боловсруулахад чиглэнэ.

Энэхүү судалгаа нь хуурай уур амьсгалтай бүс нутагт усны нөөцийг тогтвортой удирдах, нөхөн сэргээхэд чиглэсэн шинжлэх ухааны үндэслэлтэй, бодит туршлагад тулгуурласан дүгнэлт, шийдлүүдийг санал болгох зорилготой.

II. СУДАЛГААНЫ АРГА ЗҮЙ

1. Ус цуглуулах аргачлалууд

Уг судалгаанд Google Scholar мэдээллийн сангаас "ус цуглуулах" гэсэн түлхүүр үгийг ашиглан 2021-2026 он буюу сүүлийн таван жилийн хугацаанд нийтлэгдсэн төрөл бүрийн нийт 94 нийтлэлийг хайж олсон. Үүнээс ус цуглуулах аргачлалын талаар бичигдсэн долоон өгүүлэл байсан ба бусад нь ном, сэтгүүл, диссертаци зэрэг байв.

Эдгээр өгүүллүүдэд:

(1) Fog water collection [3], [4] буюу манан ихтэй бүсэд агаарт буй маш жижиг усны дуслуудыг торон хөшиг (mesh) ашиглан барьж авч ус болгон цуглуулах арга юм. Манан салхитай үед торонд

наалдсан дуслууд доош урсаж саванд хуримтлагдана (1-р зургийг харна уу).

1-р зураг. Манангийн ус цуглуулах зориулалттай тор

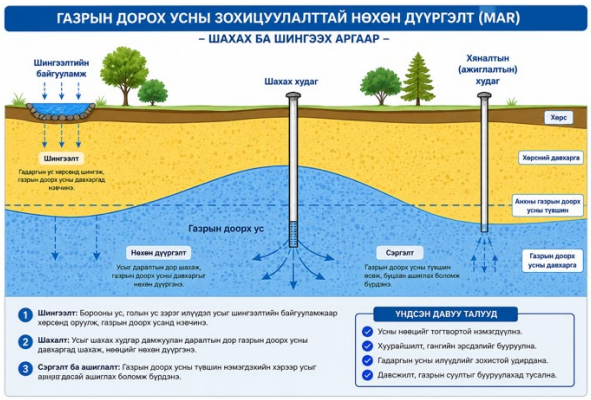
(2) Sorption-based atmospheric water harvesting [5] 2-р зураг дээрх агаарын чийг шингээн ус гарган авах технологи [6] нь агаар дахь чийгийг тусгай шингээгч материал (жишээ нь давс, гель, MOF материал) ашиглан шингээж, дараа нь халаах эсвэл даралт өөрчлөх замаар цэвэр ус ялгаруулах арга.

2-р зураг. Агаарын чийгээс ус авах технологи

(3) Chal khal system [7], Энэтхэгийн хуурай бүсэд хэрэглэгддэг уламжлалт ус хадгалах систем. Chal (3-р зураг дээр харагдах борооны ус хуримтлуулах жижиг нүх, хонхор [8]) Khal (илүү том усны нөөцлүүр). Энэ аргачлалыг борооны усыг хөрсөнд шингээж, газрын доорх усны түвшинг нэмэгдүүлэхэд ашигладаг.

3-р зураг. Chal khal аргачлал

(4) Managed Aquifer Recharge [9] гүний усны зохицуулалттай нөхөн дүүргэлт нь илүүдэл ус (бороо, голын ус, цэвэршүүлсэн бохир ус гэх мэт)-ыг зориудаар 4-р зураг [10] дээр үзүүлсэн газрын доорх усны давхаргад шингээж хадгалах арга юм.



4-р зураг. Гүний усны зохицуулалттай нөхөн дүүргэлт

(5) Rainwaters harvesting [11] борооны ус хуримтлуулах арга нь дээвэр, талбай, эсвэл 5-р зураг дээрх [12] зам талбай дээр буусан борооны усыг цуглуулж хадгалан хэрэглэх систем .

5-р зураг. Борооны ус хуримтлуулсан талбай

(6) Nutrition-sensitive practices шим тэжээлд чиглэсэн практик [13] хүнсний үйлдвэрлэл, ус, хөдөө аж ахуйг зөвхөн гарц бус хүн амын эрүүл мэнд, шим тэжээлийг сайжруулахад чиглүүлэх арга юм.

Эдгээр аргачлалууд нь сүүлийн таван жилд ус цуглуулах аргачлалуудын талаар хийгдсэн судалгаанууд дээр дурдагдсан байна.

2. Монголд хэрэгжсэн төслүүд

Хоёрдугаар хэсгийн зорилго нь Монгол Улсын говийн болон хуурай бүс нутгуудад хэрэгжиж буй усны нөөцийн ашиглалт, хуримтлал, нөхөн сэргээлтийн төрөл бүрийн арга хэмжээг системтэйгээр нэгтгэн харьцуулахад оршино. Тодруулбал, байршил, дэд бүтцийн төрөл, усны эх үүсвэр, байгаль орчны нөлөөлөл, хэрэгжилтийн төлөв зэрэг олон хэмжигдэхүүнт үзүүлэлтүүдийн дагуу ангилан 1-р хүснэгтийн дагуу шинжилснээр усны менежментийн өнөөгийн практик, түүний үр нөлөө болон тулгамдаж буй асуудлуудыг илрүүлэхэд чиглэж байна.

МОНГОЛ УЛСАД ХЭРЭГЖҮҮЛСЭН ТӨСЛҮҮД

1-Р ХҮСНЭГТ

Байршил	Дэд бүтцийн төрөл	Гол оролцогч талууд	Усны эх үүсвэр	Байгаль орчны нөлөөлөл	Төлөв / Чанар
Өмнөговь, Ханбогд сум	Хоолой, гүний худгууд, ус шахах станц	Оюу Толгой (Rio Tinto/Ivanhoe), Монгол Улсын Засгийн газар, малчид	Гүний хоолойн усан сан	Малчид худгийн усны түвшин буурч байгааг мэдээлсэн; Говь ширгэх, соёлын ач холбогдолтой нөөц устах эрсдэл	Ашиглалтад байгаа; стратегийн орд гэж ангилагдсан
Өмнөговь, Ханбогд сум	Голын урсгал өөрчлөх	Оюу Толгой, малчид, Gobi Soil ТББ, OT Watch ТББ	Ундай гол (түр урсгалтай), Бор-Овоогийн булаг	Ариун булаг ширгэсэн (2011–2012); хайлаас ой устсан; доод урсгалын худгууд ширгэсэн; ~20 өрхийн амьжиргаанд сөрөг нөлөө	2015 онд дууссан ч маргаантай; 2014 онд булаг дахин ширгэсэн
Өмнөговь, Ханбогд сум	Гүний худгууд	Оюу Толгой, малчид, “Монх Ногоон Галба” ТББ	Газар доорх ус	Усны нөөцийн өрсөлдөөн; малчдын санаа зовнил	Ашиглалтад; ~20 жилийн хамтарсан мониторинг
Өмнөговь	Гүний ус	Уул уурхайн компаниуд, малчид, суурин, ан амьтан	Сэргээгдэхгүй гүний ус	Усны түвшин буурах, булаг шанд ширгэх, нөөц хэт ашиглагдах	Хязгаарлагдмал нөөц шавхагдаж байна
Галба-Өөш Долоодын говийн сав	Уул уурхайн ус дамжуулах шугам	Уул уурхайн компаниуд, сав газрын захиргаа	Газар доорх ус (~20 сая м³/жил зөвшөөрөл)	Усны нөөцөд их дарамт; олон нийтийн итгэл буурах	Ашиглалтад; гол хэрэгслэгч
Өмнөговь, Цогтцэций сум	Нүүрс боловсруулах үйлдвэр (Ухаа худаг)	Энержи Ресурс ХХК, малчид	Дахин ашигласан ус, зарим худгууд	Усны эрдэжилт стандарт давсан (сульфат, магни)	Ашиглалтад; хуурай хөрөлтийн технологи ашигладаг
Говийн бүс (улсын хэмжээнд)	Гар худаг, хагас механик, гүний худгууд	Социализмын үеийн нэгдэл, малчид	Гүний ба өнгөц ус	Зарим булаг шанд устсан	40,000+ худгийн 40% нь устсан/орхигдсон
Баруун бүс (Өвөрханг ай, Говь-Алтай, Завхан, Увс)	Гадаргын ус хуримтлуулах байгууламж (SWHS)	НҮБХХ, ХХААБ, яам, малчид	Цас, борооны урсац	Газрын доройтол бууруулна; үерийн хамгаалалт	2024 онд 304 байгууламж
Завхан, Шилүүстэй сум	Ус хуримтлуулах цөөрөм	Орон нутаг, малчид, SCALA төсөл	Хаврын шар ус, бороо	Мал аж ахуйд дэмжлэг; усны хомсдол бууруулна	2022 онд баригдсан
Говийн бүс	Ус хуримтлуулах байгууламж	Малчид, НҮБХХ	Үер, борооны ус	Ургамал хамгаалах; усны чанар сайжруулах	ENSURE төсөл хэрэгжиж байна
Өмнөговь	Заг (Saxaul) ой нөхөн сэргээх	Малчид, яам, НҮБХХ, GEF	Хөрсний чийг	Элсний нүүдэл сааруулах; нүүрстөрөгч шингээх	2020 оноос 400 га
Багануур, Хэрлэн сав	Газрын доорх ус нөхөн цэнэглэх (MAR)	АХБ, сав газрын захиргаа	Нарийн гол	Үерийн усыг хуримтлуулж гүний ус нэмэгдүүлнэ	Туршилт амжилттай
Улаанбаатар	Амгалан ДЦС-ийн ус дахин ашиглалт	Амгалан ДЦС, MCS Coca-Cola	Цэвэрлэсэн үйлдвэрийн ус	Гүний усны хэрэглээ буурна	Ашиглалтад; 12,000 айлыг хангана
Хэрлэн сав (Зүүн Монгол)	Бороо, цасны ус хуримтлуулах систем	Иргэд, орон нутаг	Хур тунадас	Жилд 51 сая м³ ус хуримтлуулах боломж	ТЭЗҮ / санал

Мөн амжилттай болон сөрөг үр дагавартай туршлагуудыг зэрэгцүүлэн харьцуулах замаар усны нөөцийн тогтвортой менежментийн бодлого боловсруулах, цаашдын судалгаа болон шийдвэр гаргахад эмпирик суурь мэдээлэл болох юм.

Өнөөгийн байдлаар Монгол оронд “олборлох чиглэлтэй” (гүний ус ашиглах, уул уурхайн хэрэглээ) болон “нөхөн сэргээх чиглэлтэй” (ус хуримтлуулах, ойжуулалт, MAR зэрэг) хоёр өөр хандлага ихээхэн хэрэглэгдэж байна.

Олборлох хандлагын үр дүн: Говийн бүсэд гүний усанд тулгуурласан дэд бүтэц (хоолой [14], гүний худаг, уурхайн ус ашиглалт) өргөн тархсан байна. Гүний ус (газар доорх ус) нь сэргээгдэхгүй нөөц тул урт хугацаанд шавхагдах эрсдэлтэй.

Гэвч:

- Малчдын худгийн усны түвшин буурч, булаг шанд ширгэж байгаа нь экологийн доройтолд хүргэсэн;
- Ундай голын урсгалыг өөрчилсөн жишээ нь экосистемийн тэнцвэр алдагдаж, ой мод устах, өрхийн амьжиргаа доройтоход хүрсэн;
- Уул уурхайн ус ашиглалт нь усны чанар (эрдэсжилт) болон нийгмийн итгэлд сөргөөр нөлөөлсөн;

Эдгээр аргууд нь богино хугацаанд усны хэрэгцээг хангаж байгаа ч экологийн хувьд тогтворгүй, урт хугацаанд өндөр эрсдэлтэй байна.

Хяналт ба дасан зохицлын туршлага: Ханбогд сумын хяналтын сүлжээ (20 жилийн мониторинг) [15] нь нөөцийн өөрчлөлтийг ойлгох боломж олгож байна.

Дахин ашиглалтын технологи (жишээ нь үйлдвэрийн ус [16]) нь гүний усны дарамтыг [17] бууруулах эерэг үр дүн гарсан. Эдгээр нь шууд нөхөн сэргээх арга биш ч тогтвортой менежментийг дэмжих чухал механизм.

Нөхөн сэргээх ба тогтвортой аргууд: 1-р хүснэгтээс харахад дараах аргууд хамгийн үр дүнтэй харагдаж байна.

- Гадаргын ус хуримтлуулах [18]
- Ус хуримтлуулах жижиг байгууламжууд [19], [20]
- Заг ойжуулалт [21]
- Газрын доорх ус нөхөн цэнэглэх [22]

Эдгээр үр дүнгээс харахад Монгол улсын Говийн бүсэд том хэмжээний олборлох дэд бүтэц биш жижиг, тархмал, байгальд суурилсан, орон нутгийн иргэдийн оролцоотой аргууд хамгийн өндөр үр ашигтай, тогтвортой байна. Тиймээс усны менежментийн ирээдүйн бодлого нь “ус ашиглах” биш “ус бий болгох ба хадгалах” чиглэлд шилжих шаардлагатай байна.

3. Олон улсад хэрэгжсэн төслүүд

Энэхүү хэсэг нь хуурай уур амьсгалтай бүс нутгуудад хэрэгжсэн олон улсын усны нөөцийн нөхөн сэргээлт, ашиглалтын аргачлалуудыг харьцуулсан кейс судалгааны суурь мэдээлэл болгон ашиглах зорилготой. Мөн ус нөхөн сэргээх аргачлал бүрийг бүс нутгийн онцлог, хэрэгжилтийн үр дүн, амжилт болон бүтэлгүйтэлд нөлөөлсөн хүчин зүйлсийн хамт системтэйгээр нэгтгэснээр усны менежментийн үр ашигт нөлөөлөх гол нөхцөлүүдийг илрүүлэхэд чиглэнэ. 2-р хүснэгтэнд олон улсын туршлагыг нэгтгэн дүгнэж, тэдгээрийн амжилтын хэв

шинж, давтагдах алдаа, нөхцөл хамаарлыг тодорхойлов.

Судалгаанд сонгогдсон кейсүүдийг “амжилттай”, “бүтэлгүйтсэн”, “холимог үр дүнтэй” гэсэн ангиллаар ялган, тэдгээрийн үр дүнг тодорхойлохдоо экологийн (усны түвшин, давсжилт, ургамлын бүрхэвч), эдийн засгийн (зардал, үр ашиг) болон засаглал-нийгмийн (бодлого, оролцоо, технологийн нийцтэй байдал) хүчин зүйлсийг харгалзан үзсэн. Ийнхүү олон хэмжигдэхүүнт үнэлгээ хийснээр тухайн аргачлалын үр нөлөө нь зөвхөн технологийн шийдлээс бус, харин орон нутгийн байгаль-экологийн нөхцөл, институцийн зохицуулалт, нийгмийн оролцоо зэрэг нийлмэл хүчин зүйлсээс хамаардаг болохыг илрүүлэхэд чиглэж байна.

ОЛОН УЛСАД ХЭРЭГЖҮҮЛСЭН ТӨСЛҮҮДИЙН ҮР ДҮНГИЙН ХАРЬЦУУЛАЛТ

2-Р ХҮСНЭГТ

Аргачлал	Бүс нутаг	Үр дүн	Амжилттай болсон эсвэл бүтэлгүйтсэн шалтгаан, нөхцөл
Бичил гадаргуу өөрчлөх (Micro-terrain reshaping)	Монголын Говь, Говь-Сүмбэр	Амжилттай	Суваг шуудуу татаж цас, чийг хуримтлуулсан. "Ул нэвтрэх элс" зэрэг материалын инновац ашиглаж уршилтаас сэргийлсэн. Бэлчээрийн ургац 50-208% нэмэгдсэн.
Көк-Арал далан (Kok-Aral Dam)	Казахстан, Хойд Арал тэнгис	Амжилттай	Далан барьж тэнгисийн хойд хэсгийг тусгаарласнаар усны түвшин хурдтай нэмэгдэж, давсжилт буурч, загас агнуур сэргэсэн.
Бохир ус цэвэршүүлж дахин ашиглах (Shafdan Facility)	Израиль, Негевийн цөл	Амжилттай	Хөрс-Акуифер цэвэршүүлэлт (SAT) ашиглан бохир усны 90%-ийг хөдөө аж ахуйд дахин ашигласан. Засаглалын нэгдсэн бодлого, олон талт хамтын ажиллагаа нөлөөлсөн.
Цооногуудыг хоолойжуулах (GABSI)	Австрали	Амжилттай	Ил задгай урсдаг байсан артезиан цооногуудыг хааж, хоолойжуулснаар уршилт болон хөрсөнд нэвчих алдагдлыг 95% бууруулж, гүний усны даралтыг сэргээсэн.
Карез/Хариг систем (Qanat/Karez)	Иран, Хятад (Турфан)	Амжилттай (Уламжлалт)	Усыг газар доогуурх туннелээр татах нь уршилтаас бүрэн сэргийлдэг. Гүний усны байбийн тэнцвэрийг алдагдуулдаггүй хамгийн тогтвортой аргачлал.
Манангаас ус хураах (Fog Harvesting)	Чили (Атакама), Марокко	Амжилттай	Цэвэршүүлэх үйлдвэр барихаас илүү хямд ($0.25/м3). Сүлжээнд холбогдоогүй алслагдсан бүсүүдэд нэн тохиромжтой пассив технологи.
Нарны эрчим хүчээр ажиллах давсгүйжүүлэх үйлдвэр (Solar RO)	Египет, Израиль	Амжилттай (Туршилтын)	Давсжилт ихтэй гүний усыг ундны усны стандартад нийцүүлсэн. Алслагдсан бүс нутагт эдийн засгийн хувьд үр ашигтай, байгальд ээлтэй шийдэл.
Голын урсгал өөрчлөх (River Diversion)	Төв Ази (хуучин ЗХУ)	Бүтэлгүйтсэн	Хөвөнгийн талбай услахын тулд цутгал голуудыг тасалсан нь Арал тэнгисийг ширгээж, бүс нутгийн экологийн сүйрэлд хүргэсэн.
Тошка (Шинэ хөндий) төсөл (Toshka Project)	Египет	Бүтэлгүйтсэн	Хөрсний давсжилт хэт өндөр, шаварлаг хөрсөнд техник гацах зэрэг техникийн судалгаа дутмаг байсан. Байгаль орчны нарийн үнэлгээ хийгээгүй.
Гүний усны шахуурга (Tubewells)	Пакистан (Белужистан)	Бүтэлгүйтсэн	Уламжлалт карез системийг цахилгаан насосоор сольсон нь гүний усны түвшинг эрс бууруулж, усны хомсдол болон нийгмийн тэгш бус байдлыг үүсгэсэн.
Ус хэмнэх технологийг бүс нутгийн түвшинд хэрэглэх (Drip irrigation paradox)	Баруун Хойд Хятад	Бүтэлгүйтсэн (Парадокс)	Талбайн хэмжээнд ус хэмнэсэн боловч энэ нь тариалангийн талбайг замбараагүй тэлэхэд хүргэж, бүс нутгийн хэмжээнд усны стрессийг улам нэмэгдүүлсэн.
Том хэмжээний ойжуулалт (Three-North Shelterbelt)	Хятад (Хойд муж)	Холимог	Салхины хурд, элсний нүүдлийг бууруулсан амжилттай боловч нэг төрлийн мод тарьсан нь өвчинд өртөмтгий болгож, гүний усны түвшинг бууруулах эрсдэл үүсгэсэн.

2-р хүснэгтийн шинжилгээний үр дүнгээс дараах үндсэн хэв шинжүүд тодорхойлогдсон.

Нэгдүгээрт, байгалийн процессод суурилсан, бага өртөгтэй, орон нутгийн нөхцөлд нийцсэн аргачлалууд (жишээлбэл бичил гадаргууг өөрчлөх, карез систем, манангаас ус хураах) нь тогтвортой, урт хугацааны эерэг үр дүн үзүүлэх хандлагатай байна.

Хоёрдугаарт, инженерийн томоохон шийдлүүд (далан, давсгүйжүүлэх технологи, дахин ашиглалт) нь зөв төлөвлөлт, нэгдсэн засаглалын нөхцөлд өндөр үр ашигтай байж болох ч байгаль орчны болон техникийн эрсдэл өндөртэй байна.

Гуравдугаарт, экосистемийн тэнцвэрийг үл харгалзан хэрэгжүүлсэн усны урсгал өөрчлөх, хэт их олборлолт зэрэг аргачлалууд нь бүс нутгийн хэмжээний экологийн доройтол, нийгмийн сөрөг үр дагаврыг үүсгэдэг нийтлэг шинжтэй байна. Мөн технологийн үр ашиг нь системийн түвшинд эсрэг нөлөө үзүүлэх боломжтойг (жишээлбэл дуслын усалгааны парадокс) харуулав.

III. ХЭЛЭЛЦҮҮЛЭГ

Энэхүү судалгаанд Монголын говийн бүс болон олон улсын кейсүүдийг харьцуулан шинжилсний үр дүнд усны нөөцийн менежментийн үр нөлөө нь зөвхөн технологийн сонголтоос хамаарахгүй, харин тухайн бүс нутгийн экологийн нөхцөл, институцийн зохион байгуулалт, нийгмийн оролцоо, засаглалын уялдаа зэрэг олон хүчин зүйлийн нийлбэрээр тодорхойлогддог болох нь тогтоогдлоо. Үүнд:

Нэгдүгээрт, байгалийн процессод суурилсан, бага зардалтай, орон нутгийн нөхцөлд нийцсэн аргачлалууд урт хугацаанд хамгийн тогтвортой, үр ашигтай шийдэл болох нь тодорхой байна. Тухайлбал, Монголын говийн бүсэд хэрэгжсэн бичил гадаргууг өөрчлөх аргачлал нь хур тунадасны усыг хадгалах, хөрсний чийгийг нэмэгдүүлэх замаар бэлчээрийн ургацыг 50–208%-аар нэмэгдүүлсэн нь экосистемийн сэргэлтийг [23] шууд дэмжсэн үр дүн юм. Үүнтэй адил уламжлалт карез (qanat) систем болон манангаас ус хураах технологи нь уршилтыг бууруулж, усны эргэлтийг алдагдуулахгүйгээр тогтвортой хэрэглээг хангах боломжтойг харуулсан. Эдгээр үр дүн “байгальд суурилсан шийдэл” (nature-based solutions) нь хуурай бүс нутгийн усны менежментэд онцгой ач холбогдолтойг баталж байна.

Хоёрдугаарт, инженерийн томоохон шийдлүүд нь зөв төлөвлөлт, урт хугацааны засаглал, институцийн зохицуулалтын хүрээнд өндөр үр ашиг үзүүлэх боломжтой боловч эрсдэл дагуулсан шинжтэй байна. Казахстан дахь Кок-Арал далангийн жишээ нь усны түвшинг сэргээж, экосистем болон орон нутгийн эдийн засгийг (ялангуяа загас агнуур) сэргээсэн амжилттай туршлага болж байна. Мөн Израилийн бохир ус дахин ашиглах систем *[24]* нь технологи, бодлого, удирдлагын уялдаа хангагдсан тохиолдолд усны хомсдлыг бууруулах боломжтойг нотолж байна. Гэвч эдгээр шийдлүүд нь өндөр хөрөнгө оруулалт, нарийн судалгаа, тасралтгүй хяналт шаарддаг тул хөгжиж буй болон эмзэг бүс нутгуудад шууд хэрэгжүүлэхэд хязгаарлагдмал байж болзошгүй

Гуравдугаарт, экосистемийн тэнцвэрийг үл харгалзан хэрэгжүүлсэн усны менежментийн бодлого нь зарим тохиолдолд эргэлт буцалтгүй сөрөг үр дагаварт хүргэдэг болох нь тодорхойлогдсон. Төв Азид голын урсгалыг өөрчилсөн бодлогоос үүдэлтэй

Арал тэнгисийн ширгэлт нь бүс нутгийн хэмжээний экологийн сүйрлийн тод жишээ [25]. Үүнтэй адил Пакистан дахь гүний усны хэт олборлолт нь уламжлалт тогтвортой системийг алдагдуулж, усны хомсдол болон нийгмийн тэгш бус байдлыг нэмэгдүүлсэн. Мөн Хятадын дуслын усалгааны “парадокс” [26] технологийн үр ашиг нь системийн түвшинд сөрөг нөлөө үзүүлэх боломжтойг харуулж, усны менежментэд системийн сэтгэлгээ (systems thinking) зайлшгүй шаардлагатайг илтгэсэн.

Дөрөвдүгээрт, Монголын говийн бүсэд ажиглагдсан хандлагууд нь олон улсын туршлагатай нийцэж байна. Гүний усанд тулгуурласан олборлох хандлага нь богино хугацаанд үр ашигтай боловч урт хугацаанд усны нөөцийн шавхагдал, экосистемийн доройтлыг үүсгэж байна. Харин ус хуримтлуулах байгууламжууд, ойжуулалт, газрын доорх усны нөхөн цэнэглэлт (MAR) зэрэг нөхөн сэргээх чиглэлийн аргачлалууд нь илүү тогтвортой, байгальд ээлтэй шийдэл болох нь батлагдаж байна. Ялангуяа жижиг хэмжээний, тархмал, орон нутгийн оролцоонд суурилсан шийдлүүд нь хэрэгжилтийн үр ашиг өндөртэй байгааг энэхүү судалгаа харуулж байна.

Эцэст нь, усны нөөцийн тогтвортой менежмент нь “их хэмжээний инженерчлэл”-д тулгуурлах бус, харин нөхцөлд нийцсэн, олон түвшний уялдаа бүхий, байгальд суурилсан хандлагыг хэрэгжүүлэх шаардлагатай байна. Энэ нь усны нөөцийг зөвхөн ашиглах бус, харин нөхөн сэргээх, хамгаалах, экосистемийн үйлчилгээтэй уялдуулах цогц стратегийг шаардаж байна.

ДҮГНЭЛТ

Энэхүү судалгаа нь хуурай уур амьсгалтай бүс нутгуудад усны нөөцийн менежментийн үр нөлөөг Монголын говийн бүс болон олон улсын туршлагатай харьцуулан үнэлэхэд усны менежментийн амжилт нь зөвхөн технологийн шийдлээс бус, тухайн бүсийн экологийн онцлог, засаглалын тогтолцоо, нийгмийн оролцооны түвшнээс ихээхэн хамаардаг болохыг харууллаа. Байгальд суурилсан, бага зардалтай, орон нутгийн нөхцөлд нийцсэн аргачлалууд нь урт хугацаанд хамгийн тогтвортой бөгөөд үр ашигтай шийдэл болох нь батлагдсан бөгөөд харин томоохон инженерийн шийдлүүд нь зөв төлөвлөлт, сайн засаглалын нөхцөлд өндөр үр өгөөжтэй боловч буруу хэрэгжилт, сул удирдлагын үед экосистемийн доройтол болон нийгмийн сөрөг үр дагаврыг бий болгох эрсдэл өндөр байна. Монголын говийн бүсэд одоогоор давамгайлж буй олборлох чиг хандлага нь урт хугацаанд тогтвортой биш тул нөхөн сэргээх болон байгальд суурилсан бодлогын хандлага руу шат дараатай шилжих шаардлага тулгарч байна. Иймээс цаашдын бодлого, судалгаанд усны нөөцийг зөвхөн “ашиглах” бус “бүтээх, хадгалах, нөхөн сэргээх” цогц хандлагыг нэвтрүүлэх нь нэн чухал юм.

Зөвлөмж:

- Байгальд суурилсан ус хуримтлуулах аргачлалуудыг (micro-catchment, fog harvesting, MAR) үндэсний бодлогод тусган өргөжүүлэх
- Жижиг, тархмал, орон нутгийн онцлогт нийцсэн усны дэд бүтцийг дэмжих
- Гүний усны ашиглалт ба нөхөн цэнэглэлтийг уялдуулах [27] эрх зүйн зохицуулалтыг боловсронгуй болгох
- Усыг дахин ашиглах (reuse) болон усны үр ашигтай хэрэглээг дэмжих технологийг нэвтрүүлэх
- Ойжуулалт, бэлчээрийн нөхөн сэргээлтийг усны менежменттэй уялдуулах
- Орон нутгийн иргэдийн оролцоонд суурилсан хамтын засаглалыг бэхжүүлэх
- Урт хугацааны мониторинг, өгөгдөлд суурилсан шийдвэр гаргалтыг нэвтрүүлэх

АШИГЛАСАН МАТЕРИАЛ, НОМ ЗҮЙ

[1] F. K. Shun Chan, J. Chen , P. Li, J. Wang , J. Wang ба Y. Zhu, “The cross-boundary of land degradation in Mongolia and China and achieving its neutrality - challenges and opportunities,” *Ecological Indicators,* б. 151, p. 110311, 2023.

[2] FAO, The State of Food and Agriculture 2021, Italy: FAO, 2021.

[3] M. Qadir , G. C. Jimenez, R. L. Farnum ба P. Trautwein, “Research History and Functional Systems of Fog Water Harvesting,” *Water and Hydrocomplexity,* б. 3, 2021.

[4] S. D. Sowmya, M. Hasan ба N. Nahar, “Comprehensive review on fog collectors for drinking water supply in remote areas Open Access,” *Water Sci Technol ,* б. 92, %1-ийн д.д4, p. 635–651, 2025.

[5] W. Wang , T. Yang , Q. Pan, Y. Dai, R. Wang ба T. Ge, “All-day freshwater production enabled by an active continuous sorption-based atmospheric water harvesting system,” *Energy Conversion and Management,* б. 264, 2022.

[6] S. K. Sahoo ба B. . P. Tripathi, “Emerging Advances in Atmospheric Water Harvesting with Innovations in Materials and Technologies,” *ACS ES&T Water,* б. 6, %1-ийн д.д2, 2026.

[7] A. S. MAMTA, “Water Management: Towards Sustainable Solutions,” *Panjab University Research Journal,* б. XLIX, pp. 73-94, 2022.

[8] “Chal and khal system,” flickr, 9 4 2013. [Холбогдсон]. Available: https://www.flickr.com/photos/indiawaterportal/8633236321. [Нэвтэрсэн 11 5 2026].

[9] A. Al-Maktoumi, “A review of factors affecting the performance and impact of managed aquifer recharge projects: Insights from arid regions,” *Journal of Groundwater Science and Engineering,* б. 13, %1-ийн д.д3, pp. 312-340, 2025.

[10] K. Prinsloo, “UMVOTO,” UMVOTO, 11 10 2024. [Холбогдсон]. Available: https://www.umvoto.com/managed-aquifer-recharge-as-a-risk-mitigation-measure/. [Нэвтэрсэн 12 5 2026].

[11] M. S. Thajeel, A. H. Ali ба K. M. Rahi, “ENVIRONMENTAL STUDY ON COLLECTING OF RAINWATER HARVESTING AND DETENTION POND DESIGNING TO REDUCE THE LOADS ONTO SANITARY NETWORKS,” *Journal of Engineering and Sustainable Development ,* б. 25, %1-ийн д.д1, 2021.

[12] A. Nimkar, “Rainwater Harvesting for Agriculture - A Complete Guide for Farmers,” iag, 18 3 2026. [Холбогдсон]. Available: https://www.invadeagro.com/post/rainwater-harvesting-for-agriculture-a-complete-guide-for-farmers. [Нэвтэрсэн 12 5 2026].

[13] D. Datta, “Building resilient food systems in Somalia: Integrated approaches for conflict and climate challenges,” *Outlook on Agriculture,* б. 54, %1-ийн д.д4, 2025.

[14] J. Hill, “The Great Artesian Basin Sustainability Initiative – a Decade of Success and Beyond,” %1-д *Hydrology & Water Resources Symposium*, Brisbane, 2011.

[15] B. Purevjav, “Sustaining Life in the Gobi Desert:Understanding Water Sustainability and Pathways for Action,” *Business, Economics & Finance,* p. 1353, 2026.

[16] B. Purevjav, B. Klein, J. Dierkes, N. Kunz, A. Xavier ба S. McFaul, “Enhancing water sustainability in the Gobi Desert: processes based on IWRM principles,” *Discover Water,* б. 5, %1-ийн д.д17, 2025.

[17] B. Nemer, “MONGOLIA Groundwater Assessment of the Southern Gobi Region,” World Bank, Ulaanbaatar, 2010.

[18] UNDP, “The significance of surface water harvesting structure in Mongolia,” Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2025.

[19] R. Li , Q. Feng ба Y. Cui , “Hydrological dynamics in the China-Mongolia arid region: An integrated analysis of precipitation recycling and water vapor conversion,” *Heliyon,* б. 10, %1-ийн д.д12, 2024.

[20] K. Fai, A. Lo ба A. Munkhjargal, “RAINWATER HARVESTING IN KHERLEN RIVER BASIN, EAST MONGOLIA,” *International Journal of DEVELOPMENT RESEARCH,* 2017.

[21] UNDP, “Combating Desertification in Mongolia's Gobi: Story of Resilience and Restoration,” COP16, 2024.

[22] A. BRIEFS, “Managed Aquifer Recharge in Mongolia: Policy Recommendations and Lessons Learned from Pilot Applications,” ADB BRIEFS, 2023.

[23] S. L. Jackson, “Abstracting Water to Extract Minerals in Mongolia's South Gobi Province,” *Water Alternatives ,* б. 11, %1-ийн д.д2, 2018.

[24] “From Water Stressed to Water Secure: Lessons from Israel’s Water Reuse Approach,” 2022 U.S. DELEGATION SUMMARY, 3 2023. [Холбогдсон]. Available: https://www.epa.gov/system/files/documents/2023-03/From%20Water%20Stressed%20to%20Water%20Secure%20-%20Lessons%20from%20Israel%27s%20Water%20Reuse%20Approach.pdf. [Нэвтэрсэн 12 5 2026].

[25] “Restoring Water to Arid Lands: Rethinking Dams and Soil in the MENA and Global South,” resilience, 12 2 2026. [Холбогдсон]. Available: https://www.resilience.org/stories/2026-02-12/restoring-water-to-arid-lands-rethinking-dams-and-soil-in-the-mena-and-global-south/. [Нэвтэрсэн 10 5 2026].

[26] “Chinese Experience Helps Ecological Restoration Efforts in Mongolia,” Chinese academy of science, 12 10 2023. [Холбогдсон]. Available: https://english.cas.cn/newsroom/news--archives/2023/cas-in-media/202310/t20231012_1128432.shtml. [Нэвтэрсэн 11 5 2026].

[27] M. A. Dawoud , G. R. Sallam, M. A. Abdelrahman ба M. Emam, “The Performance and Feasibility of Solar-Powered Desalination for Brackish Groundwater in Egypt,” *sustainability,* б. 16, %1-ийн д.д4, p. 1630, 2024.

МАЛЫН ГАРАЛТАЙ ТҮҮХИЙ ЭД БОЛОВСРУУЛАХ ҮЙЛДВЭРИЙН БОХИР УС ЦЭВЭРЛЭГЭЭНД БАЙГАЛИЙН ЭРДЭСТ КОАГУЛЯНТЫН ҮЗҮҮЛЭХ НӨЛӨӨ

Ганбатын АРИУНАА[1], Буджавын УУГАНБАЯР[2]

[1]Монгол Улс, Улаанбаатар, ШУТИС, Хөнгөн үйлдвэрийн судалгаа хөгжлийн хүрээлэн, Арьс шир судлалын салбар,

[21]Монгол Улс, Улаанбаатар, ШУТИС, Хэрэглээний шинжлэх ухааны сургууль, Математикийн тэнхим

Холбоо барих зохиогчийн и-мэйл хаяг: durtmalus@gmail.com[1]

Хураангуй: **Малын гаралтай түүхий эд боловсруулах үйлдвэрүүд нь их хэмжээний ус хэрэглэж, эрдсийн болон органик химийн өндөр ачаалалтай бохир ус үүсгэдэг. Энэхүү судалгаагаар арьс шир, ноос ноолуур угаах, мах болон өлөн гэдэс боловсруулах үйлдвэрийн бохир усны найрлага, бохирдлын түвшинг тодорхойлон, байгалийн эрдэст гаралтай MJ-B коагулянтын цэвэрлэгээний үр ашгийг үнэлэв. Судалгааг 2020–2026 онд нийт 5 төрлийн үйлдвэрийн бохир усны дээж авч pH, умбуур бодис, химийн хэрэгцээт хүчилтөрөгч (ХХХ), биохимийн хэрэгцээт хүчилтөрөгч (БХХ), азот, фосфор, нийт хром зэрэг үзүүлэлтүүдийг стандарт аргаар шинжилсэн. Лабораторийн болон хагас үйлдвэрлэлийн нөхцөлд "Jar test" болон 5 м³/цаг хүчин чадалтай бага оврын цэвэрлэх байгууламжид явуулж, MJ-B коагулянтын тун, pH, температурын нөлөөг судлав. Судалгааны үр дүнгээр ноос-ноолуур угаах үйлдвэрийн бохир усанд умбуур бодис 1,035–1,750 мг/л, ХХХ 16,440–24,850 мг/л, арьс шир боловсруулах үйлдвэрийн шохойдлогын шатанд умбуур бодис 83,100 мг/л, өлөн боловсруулах үйлдвэрийн ХХХ 67,954 мг/л хүрсэн нь өндөр органик ачаалалтай болохыг харуулсан. MJ-B коагулянтыг ашигласан туршилтаар ноос-ноолуур угаах үйлдвэрийн бохир усанд умбуур бодисын цэвэрлэгээ 85%-иас дээш, ХХХ-ийн бууралт 83.5%-д, арьс ширний үйлдвэрийн дэвтээлэг, шохойдлого болон гаргалгааны усанд умбуур бодис 93.4%, ХХХ 93.8%-иар буурсан. Мах боловсруулах үйлдвэрийн цэвэрлэх байгууламжийн одоогийн дундаж үр ашиг 37.2% байсныг MJ-B ашигласнаар 68.1% хүртэл нэмэгдүүлэх боломжтой нь тогтоогдов. Өлөн боловсруулах үйлдвэрийн бохир усанд умбуур бодис 78%, ХХХ 50%-иар буурсан боловч үлдэгдэл органик бохирдол өндөр хэвээр байсан тул биологийн нэмэлт цэвэрлэгээ шаардлагатай нь тогтоогдсон. Статистик боловсруулалтаар БХХ-ийн шугаман регрессийн загвар өндөр хамааралтай (R^2=0.981) гарсан бөгөөд ХХХ, умбуур бодисын хувьд log–log регрессийн загвар илүү тохиромжтой байв (R^2=0.797–0.885). Олон хүчин зүйлт квадрат регрессийн загвараар MJ-B коагулянтын оновчтой нөхцөлийг 8–10 г/л тун, pH 6.0–8.0, температур 30–46°C гэж тогтоов. Судалгааны үр дүнгээс үзэхэд MJ-B байгалийн эрдэст коагулянт нь малын гаралтай түүхий эд боловсруулах үйлдвэрийн бохир усны умбуур бодис болон органик бохирдлыг өндөр үр ашигтай бууруулах боломжтой, цэвэрлэсэн усыг дахин ашиглах боломжтой болохыг тогтоолоо.**

Түлхүүр үг: малын гаралтай түүхий эд боловсруулах үйлдвэр, бохир ус, коагуляци, MJ-B коагулянт, умбуур бодис, химийн хэрэгцээ хүчилтөрөгч (ХХХ)

I. УДИРТГАЛ

Монгол Улсын эдийн засгийн чухал салбар болсон малын гаралтай түүхий эд боловсруулах үйлдвэрүүд нь их хэмжээний ус хэрэглэж, органик болон химийн өндөр ачаалалтай бохир ус үүсгэдэг онцлогтой. Ялангуяа арьс шир, ноос ноолуур, өлөн гэдэс, мах боловсруулах үйлдвэрийн бохир усанд умбуур бодис, химийн хэрэгцээт хүчилтөрөгч (ХХХ), биохимийн хэрэгцээт хүчилтөрөгч (БХХ), тос өөх, азот-фосфорын нэгдлүүд өндөр агууламжтай байдаг.

Үйлдвэрийн хаягдал усыг урьдчилан цэвэрлэж Монгол Улсад мөрдөгдөж буй MNS 6561:2024 (шинэ), MNS 6561:2015 (хуучин) стандартуудад нийцсэн бохир усыг ариутгах татуургын системд нийлүүлэх шаардлагатай байдаг. Гэвч үйлдвэрийн бохир усны найрлага ихээхэн хэлбэлзэлтэй, цэвэрлэх байгууламжийн үр ашиг хангалтгүй байгаа нь байгаль орчны тулгамдсан асуудлын нэг болж байна.

Дээр дурдсан боловсруулах үйлдвэрүүдийн жилд ашиглах усны хэрэглээ болон бохирдлын хэмжээг тоймлон тооцвол монгол улсад үйл ажиллагаа явуулж байгаа мал төхөөрөх 160 гаруй үйлдвэр дунджаар 865,375 м^3 ус ашиглаж 458.7тн умбуур бодис, 1,634.78 тн ХХХ, ноос, ноолуур угаах 27 үйлдвэр 1,000,000 м^3 ус ашиглаж 1769.85 тн умбуур бодис, 4301 тн ХХХ, арьс шир боловсруулах 18 үйлдвэр 357420 м^3 усыг ашиглаж 1461.7 тн умбуур бодис, 10,237.4 тн ХХХ, өлөн боловсруулах 14 үйлдвэр 35,000м^3 усыг ашиглаж 128.3 тн умбуур бодис, 941 тн ХХХ–ийг гаргадаг бөгөөд нэгтгэвэл 2.25 сая м^3 усыг ашиглаж 3,818.55 тн умбуур бодис, 17,114.18 тн ХХХ агуулсан бохир усыг байгальд шууд эсвэл ариутгах татуургын системээр дамжуулан нийлүүлснээс болж усны экосистемд эвтрофикаци үүсэх, биологийн цэвэрлэгээний процессыг алдагдуулах, хүний эрүүл мэндэд сөргөөр нөлөөлөх эрсдэл үүсээд байна.

Сүүлийн жилүүдэд бохир ус цэвэрлэгээний салбарт химийн бодисын хэрэглээг бууруулах чиг хандлага эрчимжиж байна. Үүний тулд байгалийн

гаралтай бүтээгдэхүүнийг гарган авах, үйлдвэрлэлд нэвтрүүлэх судалгаа эрчимтэй хөгжиж байна. Химийн үйлдвэрлэл харьцангуй сул хөгжсөн, байгалийн эрдэс баялаг арвин нөөцтэй манай улсын нөхцөлд байгалийн эрдэст тулгуурласан цэвэрлэгээний бүтээгдэхүүн боловсруулж, үйлдвэрлэлд нэвтрүүлэх нь оновчтой, эдийн засаг болон байгаль орчны хувьд ашигтай шийдэл билээ. “Дуртмал ус” ХХК-ийн гарган авсан байгалийн эрдэст (MJ-B) коагулянтыг арьс шир, мах, өлөн боловсруулах үйлдвэрүүд, ноос ноолуур угаах үйлдвэрийн бохир ус цэвэрлэгээнд ашигласан судалгаагаар умбуур бодисын хэмжээг 90%, ХХХ-ийг 86% хүртэл бууруулах боломжтой нь тогтоогдсон. Лабораторийн болон хагас үйлдвэрлэлийн туршилтын үр дүнгээс үзэхэд, цэвэрлэсэн усыг нэмэлт боловсруулалт хийсний дараа дахин ашиглах нөхцөл бүрдэж байгаа бөгөөд MJ-B коагулянт нь импортын химийн бодисыг орлох чадамжтай гэж дүгнэж байна.

Судалгааны зорилго: Энэхүү судалгааны зорилго нь малын гаралтай түүхий эд боловсруулах үйлдвэрийн бохир усны найрлага, шинж чанарыг тодорхойлж, байгалийн эрдэст MJ-B коагулянтын цэвэрлэгээний үр ашгийг туршилтаар үнэлж, хэрэглэх боломжийг тогтоох явдал юм.

Судалгааны зорилт:

- Малын гаралтай түүхий эд боловсруулах үйлдвэрийн бохир усны тоо хэмжээ, найрлагыг үйлдвэрлэлийн дамжлага бүрээр тодорхойлох;
- Үйлдвэрийн технологид ашиглагдсан бохир усыг цэвэрлэхэд MJ-B коагулянтын тохирох тун болон горимыг туршилт төлөвлөлтийн математик аргаар тооцоолж, туршилтаар баталгаажуулах;
- Тогтоосон горим, тунгийн хэмжээнд үндэслэн лабораторийн болон хагас үйлдвэрлэлийн туршилт явуулж, цэвэрлэсэн усыг эргүүлэн ашиглах технологийн шийдэл, схемийг боловсруулах;

II. МАТЕРИАЛ, АРГА ЗҮЙ

1. Судалгааны объект

Судалгааг 2020–2026 онд дараах үйлдвэрүүдэд явуулав: Үүнд: “Уран нинж” ХХК, “Туяа” ХХК-ийн ноос, ноолуур угаах үйлдвэрүүд, “Булигаар” ХК, “Мон Ирээдүй” ХХК, “Арилдий” ХХК-ийн арьс ширний үйлдвэрүүд, “Мет Агро” ХХК-ийн мах боловсруулах үйлдвэр, “Голден кофе” ХХК-ийн өлөн гэдэс боловсруулах үйлдвэрүүд.

2. Дээж авалт, шинжилгээ

Дээжийг MNS ISO 5667-10:2001 стандартын дагуу мах боловсруулах үйлдвэрийн хувьд жигдрүүлэх сан, флотатор, агааргүй сан, хоёрдогч тунгаагуур болон цус боловсруулах цехийн процессын явцаас нийт 3–5 цэгт давтан дээж авав.

Ноос, ноолуур угаах үйлдвэрийн хувьд 1-р болон 2-р угаах онгоц, гаргалгааны цэгүүдээс, харин арьс ширний үйлдвэрийн хувьд дамжлага бүрийн технологийн процессын дагуу нийт 44 дээж авсан.

Цуглуулсан дээжүүдээ Байгаль орчин, хэмжил зүйн төвийн итгэмжлэгдсэн лаборатори (БОХЗТЛ) болон Усны газрын усны төв лабораторид шинжлүүлэв. Дээжийн pH, умбуур бодис, ХХХ, БХХ, нитрит, нитрат, аммони, эрдэс фосфор, нийт хромын агууламжийг стандарт аргуудаар тодорхойлов.

3. Байгалийн эрдэст коагулянт

Бохир ус цэвэрлэх туршилтад ашигласан байгалийн эрдэст MJ-B коагулянт нь “Дуртмал ус” ХХК-ийн бүтээгдэхүүн бөгөөд Монгол улсын Оюуны өмчийн газарт Шинэ бүтээлийн № MN/10-2023-0007130 дугаартайгаар бүртгэгдсэн.

Түүнчлэн 2025 оны зохион байгуулагдсан “Гүнээсээ хайрлая” усны шилдэг шийдэл шалгаруулах уралдаанд “Шилдэг байгууллага”-ын шагналыг хүртсэн.

4. Туршилтын арга

“Jar test” аргаар MJ-B коагулянтын тун (1–21 г/л), pH (4.8–9.5), температур (6–64°C)-ийн бохир ус цэвэрлэгээний үр дүнд үзүүлэх нөлөөг судалсан. Хагас үйлдвэрлэлийн туршилтыг 5 м³/цаг хүчин чадалтай Япон улсад үйлдвэрлэсэн бага оврын цэвэрлэх байгууламжид гүйцэтгэсэн. Туршилтын явцад холилт 1.5–3 минут байлгаж, тунадасжилтын явцыг 5, 10, 15, 20, 30 минутын зайцтайгаар хэмжиж үнэлэв. Лагийн усгүйжүүлэлтийн шатанд Нидерландын "Tencate" ХХК-ийн үйлдвэрлэсэн полипропилен материалтай усгүйжүүлэх уутыг ашигласан.

5. Математик загварчлал

Туршилтын үр дүнг боловсруулахад Гаусс–Нютоны аргад суурилсан олон хүчин зүйлт квадрат регрессийн туршилтын төлөвлөлтийн аргыг ашигласан. Регрессийн коэффициентүүдийн статистик ач холбогдлыг Стьюдентийн t-шинжүүрээр, харин туршилтын үр дүнгийн нэгэн төрлийн байдлыг Кохрены G-шинжүүрээр тус тус үнэлэв. Мөн загвар тэгшитгэлийн тохиромжтой байдлыг детерминацийн коэффициент (R^2) болон Фишерийн F-шинжүүрийн шалгууруар баталгаажуулсан болно.

III. ҮР ДҮН, ХЭЛЭЛЦҮҮЛЭГ

Судалгааны үр дүнгээс үзэхэд малын гаралтай түүхий эд боловсруулах үйлдвэрийн бохир ус нь өндөр органик ачаалалтай, найрлагын хувьд ихээхэн хэлбэлзэлтэй, тогтворгүй шинжтэй болох нь тогтоогдов. Тухайлбал, өлөн гэдэс боловсруулах үйлдвэрийн ХХХ 67,954 мг/л хүрч, органик бохирдлын түвшин өнөр байгааг илтгэж байсан бол арьс шир боловсруулах үйлдвэрийн шохойдлогын шатанд умбуур бодис 83,100 мг/л хүртэл нэмэгдэж,

механик болон коллоид хольц их байгааг харуулсан. Боловсруулах үйлдвэр тус бүрийн бохир усны найрлага, бохирдлын ачаалал болон цэвэрлэгээний үр дүнг тодорхойлов.

Ноос, ноолуур угаах үйлдвэрийн 1-р болон 2-р угаах онгоцны бохир усны шинжилгээний дүнгээр умбуур бодис 1,035–1,750 мг/л, ХХХ 16,440–24,850 мг/л, БХХ 6,323–9,558 мг/л агууламжтай байсан бөгөөд эдгээр үзүүлэлтүүд нь MNS 6561:2015 (хуучин) стандарттай харьцуулахад умбуур бодис 4.4 дахин, ХХХ 31.1 дахин, БХХ 23.9 дахин тус тус давсан байна. Туршилтыг pH 6.5-8, темпеартур 30–34°C нөхцөлд, MJ-B коагулянтын 5-8 г/л тунгаар явуулахад богино хугацаанд үр дүнтэй тунадасжилт явагдаж, усны өнгө мэдэгдэхүйц сайжирсан. Уламжлалт ус цэвэрлэгээнд өргөн ашигладаг полиалюминий хлорид (PAC)-тай харьцуулсан туршилтаар PAC нь бага температурт (15°C) тунадасжилт удаан, булингар өндөр, үүссэн лагийн ширхэглэг жижиг, тогтворгүй байсан бол MJ-B нь 30°C-аас дээш температурт булингарыг эрс бууруулж, лагийн ширхэглэгийг томруулан, тунадасжилтын процессыг илүү хурдан явуулсан. Хагас үйлдвэрлэлийн туршилтын үр дүнд умбуур бодисын цэвэрлэгээ >85%, ХХХ 83.5%-д хүрсэн байна.

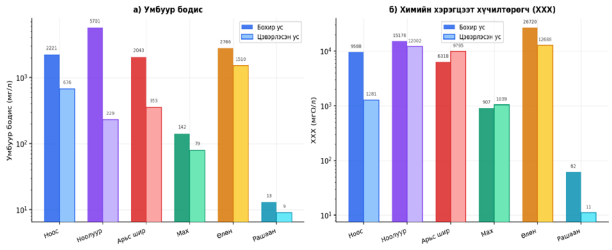
Арьс ширний үйлдвэрийн бохир ус нь үйлдвэрлэлийн дамжлага бүрт найрлага, бохирдлын түвшний хувьд эрс ялгаатай болох нь тогтоогдсон. Тухайлбал, ус авалт-шохойдлогын шатны бохир усанд умбуур бодис 83,100 мг/л хүртэл өндөр байсан бол идээлэг болон будалтын шатны бохир усанд ХХХ 57,206 мг/л хүрч байв. Статистик боловсруулалтын дүнгээс үзэхэд бохир усны үндсэн үзүүлэлтүүд ихээхэн хэлбэлзэлтэй байсан бөгөөд pH 7.02–12.60 (CV=21.0%), ХХХ 35–31,825 мгО/л (CV=168.5%), нийт хром 0–10.5 мг/л хооронд өргөн хүрээнд өөрчлөгдөж байгааг харуулсан. Иймээс туршилтыг нэгтгэн бус, дамжлага тус бүрээр хэсэгчилж гүйцэтгэх нь илүү оновчтой болох нь тогтоогдсон. Ялангуяа хамгийн их ус хэрэглэдэг, өндөр бохир үүсгэдэг дэвтээлэг, шохойдлого болон гаргалгааны үе шатны бохир усанд лабораторийн туршилтыг дээрх параметрийн дагуу явуулахад умбуур бодисын бууралт 93.4%, ХХХ-ийн бууралт 93.8%-д хүрсэн байна.

Мах боловсруулах үйлдвэрийн цэвэрлэх байгууламж нь механик, хими, биологийн цэвэрлэгээ хийгдсэний дараах (ойролцоогоор 20 цаг орчим) гарсан бохир усны үзүүлэлтүүдэд үндэслэн цэвэрлэгээний үр ашгийг тооцоход умбуур бодисын бууралт 41.6%, ХХХ 31.9%, БХХ 48.1% байсан бөгөөд нийт дундаж цэвэрлэгээний түвшин 37.2% байв. Харин MJ-B коагулянтыг ашиглан явуулсан лабораторийн болон хагас үйлдвэрлэлийн туршилтын үр дүнд умбуур бодисын бууралт 94.2%, ХХХ 63.8%, БХХ 54.2%, дунджаар 68.1%-д хүрсэн байна. Эдгээр үр дүнгээс үзэхэд MJ-B коагулянтыг технологийн шатанд нэмэлт байдлаар ашигласнаар мах боловсруулах үйлдвэрийн цэвэрлэх байгууламжийн өнөөгийн цэвэрлэгээний түвшнийг ойролцоогоор 2 дахин нэмэгдүүлэх боломжтой болох нь батлагдсан.

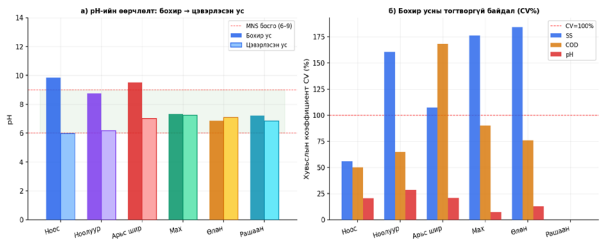
Цус боловсруулах цехийн бохир усанд лабораторийн болон хагас үйлдвэрлэлийн цуврал туршилтыг гүйцэтгэсэн. Энэ хүрээнд цусалгааны үеийн цусыг тусад нь цуглуулж, дулааны боловсруулалт хийсний дараа MJ-B коагулянтаар цэвэрлэв. Туршилт үр дүнгээр умбуур бодисын үзүүлэлт 786 мг/л-ээс 66 мг/л хүртэл буурч, ХХХ 1035.2 мг/л-ээс 874 мг/л хүртэл% БХХ 398.2 мг/л-ээс 336.14 мг/л хүртэл тус тус буурсан байна. Үүний үр дүнд умбуур бодисын бууралт 91.6%, ХХХ-ийн бууралт 15.6%-д хүрсэн бөгөөд энэ нь бохир усны чанар стандартын голлох шаардлагыг хангаж буйг харуулж байна. Гэсэн хэдий ч органик ачааллын бууралтын түвшин бүрэн хангалттай биш тул дараагийн шатны нэмэлт цэвэрлэгээ шаардлагатайг илтгэнэ. Мөн гэдэсний эмгэг төрөгч илрээгүй ньэрүүл ахуйн хувьд эерэг үзүүлэлт боловч хэрэв илэрвэл шим тэжээлийн бодисын задрал нэмэгдэж, эвгүй үнэр үүсэх, улмаар орчны бохирдол болон гаргах боломжийг нэмэгдүүлж элдэв халдварт өвчин тархах нөхцөл эрсдэл нэмэгддэг тул тогтмол хяналт, мониторинг хийх шаардлагатай.

Өлөн гэдэс боловсруулах үйлдвэрийн бохир усны найрлагыг тодорхойлоход pH 6-46-8.7, умбуур бодис 916-14,234 мг/л, ХХХ–7,778-67,954 мг/л-ийн хооронд хэлбэлзэж байв. Лабораторийн туршилтыг өмнөхтэй ижил нөхцөлд явуулж, MJ-B коагулянтыг 10–12 г/л тунгаар ашиглахад умбуур бодисын агууламж 78%, ХХХ 50%-иар тус тус буурсан байна. Гэсэн хэдий ч органик бохирдлын тодорхой хэсэг бүрэн задарч, цэвэрлэгдэх боломжгүй байсан нь биологийн цэвэрлэгээ зайлшгүй шаардлагатайг батагасан.

Дээрх үйлдвэрүүдийн бохир усны найрлага болон цэвэрлэгээний үр дүнг зураг 1, 2-д харуулав.



1-р зураг. Бохир болон цэвэрлэсэн усны умбуур бодис, ХХХ-ийн харьцуулалт



2-р зураг. pH-ийн өөрчлөлт болон бохирдлын тогтворгүй байдал (CV%)

Малын гаралтай түүхий эд боловсруулах таван ангиллын үйлдвэрийн бохир усны гол үзүүлэлтүүдийн статистикийг 1-р хүснэгтэд нэгтгэн харуулсан. Умбуур бодисын хэлбэлзлийн коэффициент бүх үйлдвэрт өндөр (56–184%) байгаа нь бохир усны найрлага, бохирдлын ачаалал тогтворгүй, огцом хэлбэлзэлтэй болохыг илэрхийлж байгаа бөгөөд жигдрүүлэх сангийн шаардлагыг нэмэгдүүлж байна. Ялангуяа мах боловсруулах үйлдвэр (CV=176.2%,) болон өлөн боловсруулалт (CV=184.2%) хамгийн өндөр тогтворгүй байдалтай байв. pH-ийн хувьд ноос, ноолуур угаах (pH=9.85) болон арьс ширний (pH=9.5-11.8) үйлдвэрүүд шүлтлэг орчин давамгайлж байгаа нь цэвэрлэгээний өмнөх шатанд бохир усны орчныг саармагжуулах шаардлагатайг харуулж байна. Харин мах болон өлөн боловсруулах үйлдвэрүүдийн бохир ус харьцангуй тогтворгүй, саармаг pH-ийн (ойролцоогоор 7.2–7.3) орчинтой байгаа нь MJ-B коагулянтыг ашиглахад илүү тохиромжтой боломж бүрдүүлж байгааг илтгэнэ.

Туршилтын үр дүнг шугаман болон log–log регресс, олон хүчин зүйлт квадрат регрессийн загваруудыг ашиглан статистик аргааг боловсруулж, тохиромжтой загварыг сонгон олон хүчин зүйлт квадрат регрессийн тэгшитгэлийн оновчтой параметрүүдийг тодорхойлсон.

ХҮНС БОЛОН ХӨНГӨН ҮЙЛДВЭРИЙН БОХИР БОЛОН ЦЭВЭРЛЭСЭН УСНЫ СТАТИСТИК ДУНДАЖ, ХАЗАЙЛТ, CV%

1-Р ХҮСНЭГТ

Усны төрөл	Параметр	n	Дундаж	Медиан	Хамгийн бага	Хамгийн их	Стд. хазайлт	CV%
Бохир ус	pH	31	8.45	7.68	6.20	12.60	2.00	23.6
	Умбуур (мг/л)	37	2321.23	1412.00	13.00	19415.00	3855.53	166.1
	ХХХ (мгО/л)	37	11296.12	7708.00	34.62	67954.00	13370.98	118.4
	БХХ (мгО/л)	21	4198.83	1450.00	6.60	32400.00	7108.55	169.3
	Nнийт (мг/л)	16	105.81	49.95	6.92	464.00	131.07	123.9
	Рэрд (мг/л)	10	20.26	1.74	0.35	105.10	38.08	188.0
	SO_4 (мг/л)	13	984.09	836.00	151.00	2599.50	586.91	59.6
	Сгнийт (мг/л)	8	2.64	0.02	0.00	10.50	4.14	156.8
Цэвэрлэсэн ус	pH	24	6.78	6.92	4.81	8.21	0.94	13.9
	Умбуур (мг/л)	34	416.07	230.50	7.00	2830.00	575.32	138.3
	ХХХ (мгО/л)	34	4776.03	1582.50	5.90	31175.00	7519.34	157.4
	БХХ (мгО/л)	17	3003.60	1772.00	10.70	15000.00	3933.40	131.0
	Nнийт (мг/л)	15	101.56	53.20	6.20	561.00	139.71	137.6
	Рэрд (мг/л)	11	3.72	0.30	0.03	25.53	7.69	206.4
	SO_4 (мг/л)	9	1382.68	1135.70	851.00	3243.00	734.16	53.1
	Сгнийт (мг/л)	1	0.18	0.18	0.18	0.18	—	—

CV% = хувьслын коэффициент (SD/дундаж×100). Умбуур, ХХХ, БХХ — мг/л; pH — нэгжгүй. n — дээжийн тоо. — : тооцоолох боломжгүй (n=1).

Регрессийн шинжилгээ

БХХ-ийн шугаман регресс үр дүнгээс харахад бохир усны БХХ болон цэвэрлэсэн усны БХХ хооронд хамгийн хүчтэй шугаман хамаарал тогтоогдсон бөгөөд (R^2=0.981, r=0.990, p=0.001) энэ нь загварын өн. Тэгшилтгэл нь дараах хэлбэртэй байна.

$$\hat{y}_БХХ = 0.481 \cdot x_БХХ + 194.7$$

$$[R^2 = 0.981,\ p = 0.001^{***}] \qquad (1)$$

Энд 0.481 коэффициент нь бохир усны БХХ-ийн ойролцоогоор 48%-ийг цэвэрлэсэн усанд үлдэж болохыг харуулж байгаа бөгөөд 194.7 мг/л нь MJ-B коагуляцын дараах үлдэгдэл органик ачааллыг илэрхийлж байна. Энэ нь дан коагуляцын шат нь органик бохирдлыг бүрэн бууруулахад хангалтгүй бөгөөд биологийн нэмэлт шат шаардлагатайг баталж байна.

ХХХ, умбуур бодисын хувьд өгөгдлийн хэлбэлз өндөр (3–4 дахин зөрүүтэй) тул шугаман загварын тохиромж чанар сул байсан. (ХХХ R^2=0.631, p=0.059; умбуур бодис R^2=0.073, p=0.604). Иймээс Log-log хувиргалтыг ашигласнаар загвар мэдэгдэхүйц сайжирсан байна.

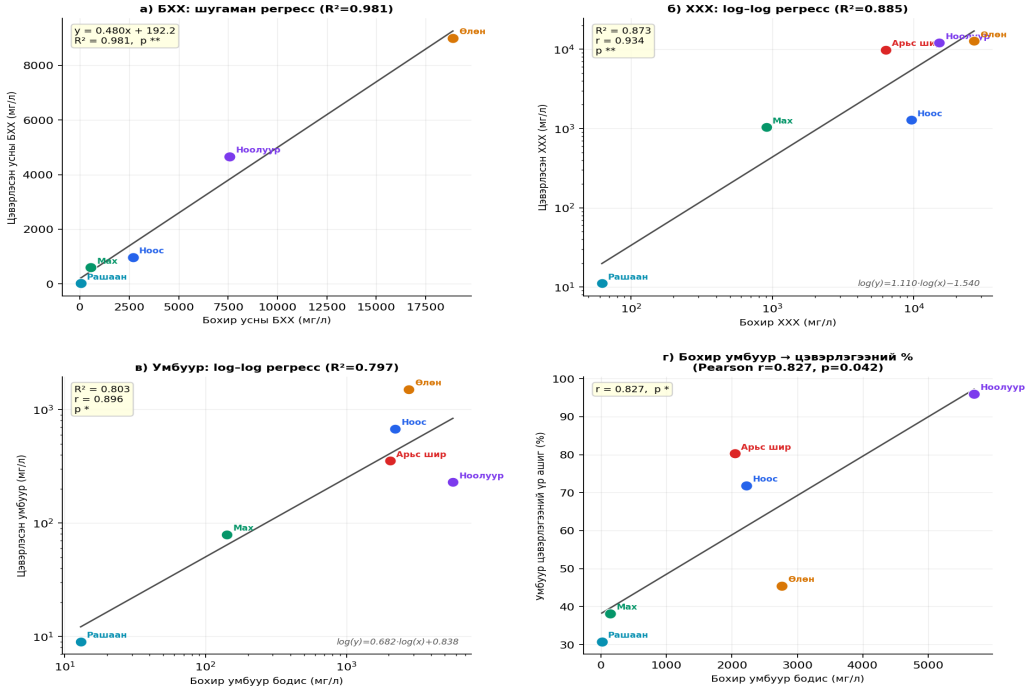
$$\log(\hat{y}_ХХХ) = 1.110 \cdot \log(x_ХХХ) - 1.540$$

$$[R^2 = 0.885,\ p = 0.005^{**}] \qquad (2)$$

$$\log(\hat{y}_Умбуур) = 0.682 \cdot \log(x_Умбуур) + 0.838$$

$$[R^2 = 0.797,\ p = 0.017^{*}] \qquad (3)$$

ХХХ-ийн коэффициент 1.110 (>1.0) нь логарифмын орчинд ХХХ-ийн өөрчлөлт оролтын өсөлтөөс илүү мэдрэмтгий байгааг илтгэж, өндөр органик ачаалалтай (жишээ нь өлөн гэдэсний 67,954 мг/л хүртэлх) нөхцөлд ууссан органик бодисын хуримтлал их харуулж байна. Харин умбуур бодисын коэффициент 0.682 (<1.0) нь өндөр концентраци бүхий үед цэвэрлэгээний үр ашиг харьцангуй нэмэгдэх хандлагатайг илтгэж байна. Бохир болон цэвэрлэсэн усны үзүүлэлтүүдийн регрессийн шинжилгээг 3-р зураг т үзүүлэв.



3-р зураг. Бохир болон цэвэрлэсэн усны үзүүлэлтүүдийн регрессийн шинжилгээ (а — БХХ шугаман, б — ХХХ log-log, в — умбуур log-log, г — бохир умбуур → цэвэрлэгээний %)

Нооc, ноолуур угаах үйлдвэрийн бохир усыг MJ-B коагулянтаар цэвэрлэх процессын умбуур бодис (y_1) болон ХХХ (y_2)-ийн гаралтын үзүүлэлтийг олон хүчин зүйлт квадрат регрессийн туршилтын төлөвлөлтийн матрицад үндэслэн тодорхойлов. Регрессийн тэгшитгэлүүд дараах хэлбэртэй байна. тэгшитгэлүүд:

$$y_1 = 607.02 - 215.93x_1 + 14.59x_2 + 32.24x_3 - 5.47x_1x_2 - 0.58x_1x_3 - 5.25x_2x_3 + 13.86x_1^2 + 16.87x_2^2 + 0.12x_3^2$$

$$R^2 = 0.940; \quad F\text{-шинжүүр } *** (p < 0.001) \quad (4)$$

$$y_2 = 1659.81 - 485.24x_1 + 635.85x_2 - 4.04x_3 + 28.33x_1x_2 + 0.34x_1x_3 + 5.55x_2x_3 + 13.30x_1^2 - 86.26x_2^2 - 0.51x_3^2$$

$$R^2 = 0.900; \quad F\text{-шинжүүр } *** (p < 0.001) \quad (5)$$

Кохрены G-шинжүүр (G_тооцоо < G_кр=0.54) болон Стьюдентийн t-шинжүүр (t_тооцоо < t_кр=2.75) нь туршилтын давталт болон коэффициентуудын статистик үнэлгээ шаардлагыг хангаж байгаа нь туршилтын төлөвлөлт болон загварын найдвартай байдлыг баталгаажуулж байна.

Оновчлолтын үр дүнг Matlab программ ашиглан ($0 \le x_1 \le 10$, $6 \le x_2 \le 8$, $30 \le x_3 \le 60$) хязгаарлалтын нөхцөлд гүйцэтгэхэд y_1 ба y_2 утгуудыг нэгэн зэрэг хамгийн бага байлгах оновчтой нөхцөл дараах байдлаар тодорхойлогдов.

$$x_1^* = 8\text{-}10\ г/л, \quad x_2^* = 6.0\text{-}8.0\ (pH), \quad x_3^* = 30\text{-}46°C.$$

Дүгнэлт

Малын гаралтай түүхий эд боловсруулах үйлдвэрийн бохир усыг байгалийн эрдэст MJ-B коагулянтаар цэвэрлэх туршилт судалгааны үр дүнд үндэслэн дараах байдлаар дүгнэж байна.

1. Малын гаралтай түүхий эд боловсруулах үйлдвэрүүдийн бохир ус нь органик болон умбуур бодисын агууламж өндөр, найрлагын хувьд тогтворгүй шинжтэй болох нь тогтоогдсон. Ялангуяа арьс шир боловсруулах үйлдвэрийн шохойдлогын үе шат, өлөн боловсруулах үйлдвэрийн бохир ус хамгийн өндөр бохирдолтой байв.
2. Судалгаанд ашигласан байгалийн эрдэст гаралтай MJ-B коагулянт нь ноос, ноолуур, арьс шир, мах болон өлөн боловсруулах үйлдвэрийн бохир усанд өндөр үр ашигтай ажиллаж, умбуур бодисыг 78–94.2%, ХХХ-ийг 50–93.8% хүртэл бууруулах боломжтой болохыг тогтоов.
3. Мах боловсруулах үйлдвэрийн одоогийн цэвэрлэх байгууламжийн дундаж үр ашиг 37.2%

байсан бол MJ-B коагулянт ашигласнаар 68.1% хүртэл нэмэгдүүлэх боломжтой нь батлагдсан.

4. Өлөн болон цус боловсруулах үйлдвэрийн бохир усанд органик бодисын агууламж өндөр тул физик химийн цэвэрлэгээний дараа биологийн цэвэрлэгээ зайлшгүй шаардлагатай болох нь тогтоогдов.
5. Регрессийн болон статистик боловсруулалтын үр дүнгээр MJ-B коагулянтын оновчтой нөхцөл нь 8–10 г/л тун, pH 6.0–8.0, температур 30–46°C байх нь тогтоогдсон бөгөөд загваруудын найдвартай байдал R^2=0.90–0.94 үзүүлэлтээр баталгаажсан.
6. MJ-B байгалийн эрдэст коагулянт нь үйлдвэрийн бохир ус цэвэрлэгээнд ашиглагдаж буй импортын химийн коагулянтыг орлох боломжтой бөгөөд цэвэрлэсэн усыг дахин ашиглах технологийн үндэс болох өндөр ирээдүйтэй бүтээгдэхүүн болох нь тогтоогдлоо.

ТАЛАРХАЛ

Судалгааны ажлыг гүйцэтгэхэд үнэтэй хувь нэмэр оруулсан "Хийрэв" ХХК-ийн захирал Д.Алтанхуяг, "Мет-Агро" ХХК-ийн инженер техникийн алба, "Туяа" ХХК-ийн захирал Бавуудорж, “Булигаар” ХК, “Мон Ирээдүй” ХХК, “Арилдий” ХХК, “Уран нинж” ХХК, “Дуртмал ус” ХХК, ШУТИС-ийн ХҮСХХ, Байгаль орчин хэмжил зүйн төвийн итгэмжлэгдсэн лаборатори болон Усны газрын усны төв лабораторийн ажилтнуудад гүн талархал илэрхийлье.

АШИГЛАСАН МАТЕРИАЛ, НОМ ЗҮЙ

[1] Г.Ариунаа, Ноос угаах үйлдвэрийн ашиглагдсан усыг байгалийн коагулянтаар цэвэрлэх судалгаа, диссертац, Улаанбаатар: ШУТИС-хэвлэх, 2023.

[2] Г.Ариунаа, Б.Хонгорзул, С.Эрхэмбаяр, Арьс ширний үйлдвэрийн технологид ашигласан усны найрлага, түүний цэвэрлэгээний өнөөгийн байдал, Эрдэм шинжилгээний бүтээлийн эмхэтгэл, Улаанбаатар: ШУТИС-хэвлэх, 2024.

[3] ШУТИС, Хөнгөн үйлдвэрийн судалгаа хөгжлийн хүрээлэн, Арьс шир боловсруулах хими технологийн байгаль орчинд үзүүлэх нөлөөг үнэлэх нь, суурь судалгааны төслийн тайлан, Улаанбаатар: 2024.

[4] Монголын мянганы сорилын сан, Үйлдвэрийн хаягдал усыг урьдчилан цэвэрлэх гарын авлага, Улаанбаатар: 2024.

[5] European Commission JRC, “Best Available Techniques (BAT),” Reference Document for Tanning of Hides and Skins, ISBN 978-92-79-32947-0, 2013.

[6] UNIDO, “Introduction to Treatment of Tannery Effluents,” in Vienna: United Nations Industrial Development Organization, 2011.

[7] БОНХАЖС-ын А/301 тушаал, Нэгж бүтээгдэхүүн үйлдвэрлэх, ажил гүйцэтгэх, үйлчилгээ үзүүлэхэд зарцуулах усны норм, Улаанбаатар: 2015.

[8] Г.Ариунаа, П.Мөнхбаатар, Ө.Сайнзаяа, “Мах төхөөрөх үйлдвэрийн цус боловсруулах цехийн бохир усны физик-химийн цэвэрлэгээний туршилтын үр дүн,” Улаанбаатар: МУИС, 2026.

[9] Tchobanoglous G, “Industrial Wastewater Treatment Technologies,” Elsevier, 2014.

[10] Г.Ариунаа, Өлөн гэдэс боловсруулах үйлдвэрийн бохирыг байгалийн эрдэст коагулянтаар цэвэрлэх туршилтын үр дүнгийн тайлан, Улаанбаатар: 2023.

[11] S.Nimesha, C.Hewawasam, D.J.Jayasanka, Y.Murakami, N.Araki, N. Maharjan, “Effectiveness of natural coagulants in water and wastewater treatment,” Global Journal of Environmental Science and Management, № 8(1), pp. 101-116, 2021.

[12] Хүнс, хөдөө аж ахуй, хөнгөн үйлдвэрийн яам, Малын гаралтай түүхий эд боловсруулах үйлдвэрүүдийн бохир ус цэвэрлэгээний хяналтын мэдээлэл (70 ААН), Улаанбаатар: 2024-2025.

[13] Ng, M., Dalhatou, S., Wilson, J., Kamdem, B. P., Temitope, M. B., Paumo, H. K., Djelal, H., Assadi, A. A., Nguyen-Tri, P., & Kane, A., “Characterization of Slaughterhouse Wastewater and Development of Treatment Techniques”, A Review. *Processes*, *10*(7),1300.https://doi.org/10.3390/pr10071300, 2022.

[14] Bustillo-Lecompte, C., & Mehrvar, M. (2017), Slaughterhouse Wastewater: Treatment, Management and Resource Recovery. In Physico-Chemical Wastewater Treatment and Resource Recovery. InTech. https://doi.org/10.5772/65499

[15] Ц.Цацрал, Бохир ус цэвэрлэгээ, Улаанбаатар: ISBN 978-99973-46-12-4, 2013.

[16] Tchobanoglous G, Industrial Wastewater Treatment Technologies, Elsevier, 2014.

[17] ШУТИС, Хөнгөн үйлдвэрийн судалгаа, хөгжлийн хүрээлэн. “Ноос, ноолуурын боловсруулах үйлдвэрлэлийн технологийн хаягдал усыг эргүүлэн ашиглах судалгаа хийх, аргачлал боловсруулах”. УБ. 2018

[18] The Australian Wool Education Trust licensee for educational activities University of New England, “Wool Scouring Principles and Methods,” Wool processing. New England: Wool 482/582. 2012. pp. 2.1-6.

[19] Stepanov, s. v., solkina, o. s., avdeenkov, p. p., belyakov, a. v., & stepanov, a. s. Mechanical and physicochemical methods of wastewater treatment in the fish processing industry. *urban construction and architecture, 11*(1), 63-71. doi: 10.17673/vestnik.2021.01.8, 2021.

[20] MNS 4943:2015, Байгаль орчинд нийлүүлэх хаягдал усанд тавигдах шаардлага, Монгол улсын стандарт, Улаанбаатар: 2015.

[21] MNS 6561:2024, Ариутгах татуургын сүлжээнд нийлүүлэх хаягдал усанд тавигдах шаардлага, Монгол улсын стандарт, Улаанбаатар: 2024.

[22] MNS 6561:2015, Ариутгах татуургын сүлжээнд нийлүүлэх хаягдал усанд тавигдах шаардлага, Монгол улсын стандарт, Улаанбаатар: 2015.

ГОВИЙН БҮСИЙН УСНЫ НӨӨЦИЙН ЗОХИСТОЙ АШИГЛАЛТ БА ХӨГЖЛИЙН ТОГТВОРТОЙ ШИЙДЭЛ

Очтүхийн БАЯРМАА[1]

[1]Монгол Улс, Улаанбаатар, Дархан-уул аймаг дахь Дархан политехник коллеж

Холбоо барих цахим хаяг: baykaochtvvh@gmail.com[1]

Abstract: **This paper examines the rational use of water resources in Mongolia's Gobi region and proposes sustainable development solutions based on scientific evidence. The study focuses on the South Gobi region, especially Umnugovi aimag, where mining, population growth, livestock husbandry, infrastructure and local services increasingly depend on limited groundwater resources. The paper uses document analysis, comparative analysis, risk assessment and systems thinking. The findings show that Mongolia's water resources are spatially uneven, the southern desert region receives far less precipitation than the north, and groundwater resources are under increasing pressure. Therefore, sustainable development in the Gobi region requires integrated water resources management, real-time monitoring, water reuse, demand management, basin-level coordination and stronger participation of local communities.**

Keywords: Gobi region, groundwater, water demand management, sustainable development, water reuse.

Хураангуй: **Энэхүү илтгэлээр Монгол Улсын говийн бүсийн усны нөөцийн зохистой ашиглалт, ус ашиглалт ба хөгжлийн харилцан хамаарал, Өмнөд говийн бүс нутагт усны эрэлтийн өсөлт, газрын доорх усны эмзэг байдал, уул уурхай болон Өмнөговь аймгийн хөгжлийн усан хангамжийн сорилтыг судлав. Судалгаанд баримт бичгийн шинжилгээ, харьцуулсан шинжилгээ, эрсдэлийн үнэлгээ, системийн хандлагын аргыг ашигласан. Судалгааны үр дүнд Монгол Улсын усны нөөц нутаг дэвсгэрийн хувьд жигд бус тархсан, говийн бүсэд гадаргын ус хомс, ус хэрэглээний ихэнх хэсэг газрын доорх усанд тулгуурлаж байгаа нь хөгжлийн даацын үндсэн хязгаарлагч хүчин зүйл болж байгааг тогтоов. Иймээс говийн бүсийн хөгжлийг усны бодит нөөц, нөхөн сэргэх чадвар, экосистемийн тэнцвэр болон орон нутгийн иргэдийн хэрэгцээтэй уялдуулан төлөвлөх шаардлагатай гэж дүгнэв.**

Түлхүүр үг: Говийн бүс, газрын доорх ус, усны эрэлтийн менежмент, тогтвортой хөгжил, усны дахин ашиглалт.

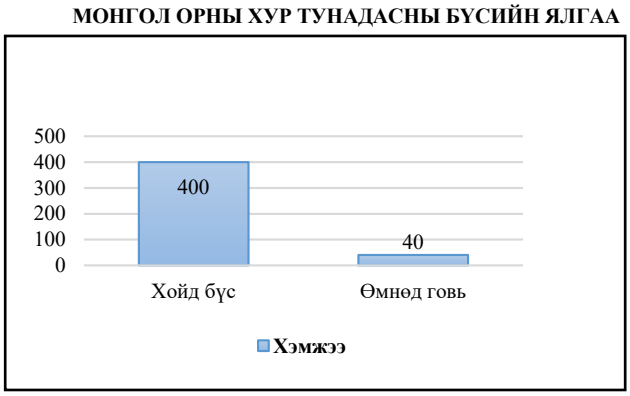
I. УДИРТГАЛ

Усны нөөцийн зохистой ашиглалтын үндсэн ойлголт гэдэг нь усны нөөцийн зохистой ашиглалт гэдэг нь усны эх үүсвэрийг зөвхөн олборлож хэрэглэх бус, тухайн сав газрын нөхөн сэргэх чадвар, экосистемийн хэрэгцээ, хүн амын унд-ахуйн хэрэглээ, үйлдвэрлэл үйлчилгээний шаардлага, ирээдүйн хөгжлийн даацтай уялдуулан удирдах цогц үйл явц юм. Ус нь байгалийн нөөцийн хувьд хязгаарлагдмал, нийгмийн хувьд амин чухал, эдийн засгийн хувьд үйлдвэрлэлийн үндсэн орц, экологийн хувьд амьдрах орчны тэнцвэрийг хадгалах хүчин зүйл юм.

UNEP-ийн тодорхойлсноор усны нэгдсэн менежмент буюу Integrated Water Resources Management нь ус, газар болон холбогдох нөөцийн зохицуулалттай хөгжүүлэлт, удирдлагыг дэмжиж, эдийн засаг, нийгмийн сайн сайхныг нэмэгдүүлэхийн зэрэгцээ экосистемийн тогтвортой байдлыг алдагдуулахгүй байх зорилготой салбар хоорондын хандлага юм [6]. Энэ тодорхойлолт говийн бүсэд онцгой ач холбогдолтой. Учир нь говийн ус нэг салбарын хэрэгцээг хангах төдий нөөц биш, харин малчид, уул уурхай, хот суурин, байгаль орчин, ирээдүйн үеийн эрх ашгийг зэрэгцүүлэн авч үзэх ёстой хязгаарлагдмал нөөц юм.

Говийн бүсийн гидрологийн онцлог: Говийн бүс нь хуурай болон хэт хуурай уур амьсгалтай, хур тунадас бага, ууршилт өндөр, гадаргын урсац улирлын шинжтэй, ихэнх усан хангамж газрын доорх уснаас хамаардаг онцлогтой. OECD-ийн тайланд Монгол орны усны эх үүсвэрийн 78-аас дээш хувь хойд болон баруун бүсэд төвлөрдөг, хойд бүсийн жилийн дундаж хур тунадас 400 мм-ээс дээш байхад өмнөд цөлийн бүсэд дунджаар 40 мм орчим байдаг гэж дурдсан [1]. Энэ ялгаа нь говийн бүсийн усны асуудлыг зөвхөн нийт улсын дундаж үзүүлэлтээр бус, орон зайн ялгаатай байдлаар авч үзэх ёстойг харуулж байна.

Газрын доорх ус нь говийн бүсийн амьдрал, эдийн засгийн үндсэн эх үүсвэр боловч нөхөн сэргээгдэх хурд нь хур тунадас, геологийн бүтэц, шүүрэлт, газрын гадаргын нөхцөлөөс хамаардаг. Зарим гүний ус эртний хуримтлал шинжтэй байж болох тул олборлолтыг богино хугацаанд нэмэгдүүлэх нь усны түвшин буурах, худгийн гарц багасах, усны чанар өөрчлөгдөх, бэлчээрийн усан хангамжийн төвлөрөл үүсэх зэрэг эрсдэлийг нэмэгдүүлнэ.



(1-р Зураг). Хойд бүс ба Өмнөд говийн хур тунадасны ялгаа. Эх сурвалж: OECD/AWC, 2025 [1].

Ус ашиглалт ба тогтвортой хөгжлийн харилцан хамаарал: Тогтвортой хөгжил нь эдийн засгийн өсөлт, нийгмийн хүртээмж, байгаль орчны хамгааллыг тэнцвэржүүлэхийг шаарддаг. Говийн бүсийн хувьд энэ тэнцвэрийн төвд ус оршино. Уул уурхай ажлын байр, орлого, дэд бүтцийг нэмэгдүүлэх боловч усны хэрэглээ өндөртэй. Мал аж ахуй уламжлалт амьжиргааг хадгалдаг боловч усны цэгийн зохистой байршил, бэлчээрийн ачаалалтай шууд холбогдоно. Хот суурин болон үйлчилгээний өсөлт нь унд-ахуйн хэрэглээ, бохир ус цэвэрлэгээ, дахин ашиглалтын асуудлыг нэмэгдүүлнэ.

Иймээс усны менежментийг “нийлүүлэлтийг нэмэгдүүлэх” гэсэн ганц аргачлалаар шийдвэрлэх боломжгүй. Харин эрэлт удирдах, алдагдал бууруулах, ус дахин ашиглах, салбар хоорондын зохицуулалт хийх, өгөгдөлд суурилсан зөвшөөрөл олгох, усны үнэ цэнийг бодитоор тооцох хэрэгтэй. Энэ нь говийн хөгжлийг усны даацад нийцүүлэх үндсэн зарчим болно.

Эрх зүй, бодлогын үндэс: Монгол Улсын усны нөөцийг хамгаалах, зохистой ашиглах, нөхөн сэргээх эрх зүйн үндсэн баримт бичиг нь Усны тухай хууль юм. Тус хуулийн зорилт нь усны нөөц, түүний сав газрыг хамгаалах, зохистой ашиглах, нөхөн сэргээхтэй холбогдсон харилцааг зохицуулахад оршино [3]. Энэ нь говийн бүсийн усны нөөцийг зөвхөн хэрэглээний эх үүсвэр бус, харин байгаль орчны тэнцвэр, хүн амын амьдрах нөхцөл, мал аж ахуй, уул уурхай, орон нутгийн хөгжлийн үндсэн хүчин зүйл гэж үзэх эрх зүйн суурийг бүрдүүлж байна.

Усны тухай хуульд усны нөөцийг сав газрын зарчмаар хамгаалах, ашиглах боломжит нөөцийн хэмжээнд тулгуурлан зохистой ашиглах, усны нөөцийн менежментийн төлөвлөгөө боловсруулах, сав газрын захиргаа болон сав газрын зөвлөлийн үйл ажиллагааг зохицуулах, ус ашиглах зөвшөөрөл олгох, усны мэдээллийн сан бүрдүүлэх зэрэг зохицуулалтыг тусгасан байдаг [3]. Говийн бүсийн хувьд эдгээр зохицуулалт онцгой ач холбогдолтой. Учир нь тус бүсэд гадаргын ус хомс, хүн ам, мал аж ахуй, уул уурхай, үйлдвэрлэл үйлчилгээний хэрэглээний ихэнх хэсэг газрын доорх усандтулгуурладаг тул ус ашиглалтыг шинжлэх ухааны үндэслэлтэй, зөвшөөрөл хяналттай, нэгдсэн мэдээлэлд суурилсан байдлаар зохион байгуулах шаардлагатай. Монгол Улсын урт хугацааны хөгжлийн бодлого, ногоон хөгжлийн үзэл баримтлалд байгаль орчны тогтвортой байдал, нөөцийн зохистой ашиглалт, хүний эрүүл аюулгүй амьдрах орчныг хангах асуудал чухал байр суурь эзэлдэг [12]. Энэ хүрээнд говийн бүсийн хөгжлийг зөвхөн уул уурхай, дэд бүтэц, эдийн засгийн өсөлтөөр хэмжих бус, усны нөөцийн бодит даац, нөхөн сэргэх боломж, экосистемийн хамгаалал, орон нутгийн иргэдийн хэрэгцээтэй уялдуулан төлөвлөх шаардлагатай. Өөрөөр хэлбэл, усны бодлого нь хөгжлийн бодлогын дагалдах хэсэг бус, харин говийн бүсийн хөгжлийн үндсэн хязгаарлагч бөгөөд чиглүүлэгч хүчин зүйл юм.

Олон улсын түвшинд усны нэгдсэн менежмент буюу **Integrated Water Resources Management /IWRM/** нь ус, газар болон холбогдох нөөцийг эдийн засаг, нийгэм, байгаль орчны тэнцвэртэй уялдуулан удирдах арга зүй гэж үздэг [6], [10]. Энэ зарчим нь говийн бүсэд шууд хэрэгжих шаардлагатай. Учир нь усны нөөц нь аймаг, сумын засаг захиргааны хилээр хязгаарлагдахгүй, харин байгалийн сав газар, газрын доорх усны тархалт, нөхөн сэргэх горим, хэрэглээний дарамтаар тодорхойлогддог. Иймээс Өмнөговь, Дорноговь, Дундговь зэрэг говийн аймгуудын усны хэрэглээг тус тусад нь салангид бус, сав газрын нэгдсэн менежментийн хүрээнд зохицуулах нь зүйтэй.

Азийн хөгжлийн банкны Монгол Улсын усны аюулгүй байдлын үнэлгээнд усны нөөцийн удирдлага, байгууллагын зохион байгуулалт, мэдээллийн тогтолцоо, санхүүжилт, салбар хоорондын уялдаа нь усны аюулгүй байдлыг хангахад чухал нөлөөтэй гэж үзсэн байдаг [8]. Энэ нь говийн бүсэд зөвхөн шинэ худаг гаргах, усны эх үүсвэр нэмэхээс илүүтэйгээр усны хэрэглээний хяналт, тоолууржуулалт, ус дахин ашиглалт, мэдээллийн ил тод байдал, орон нутгийн оролцоог сайжруулах хэрэгцээ байгааг харуулж байна.

Гэсэн хэдий ч говийн бүсэд бодит хэрэгжилтийн түвшинд хэд хэдэн хүндрэл байна. Үүнд усны нөөцийн нарийвчилсан судалгаа бүх бүсэд хангалттай хийгдээгүй, газрын доорх усны түвшин, чанар, олборлолт, хэрэглээний мэдээлэл бүрэн нээлттэй бус, уул уурхай болон орон нутгийн хэрэглээний уялдаа сул, ус дахин ашиглалтын стандарт, эдийн засгийн хөшүүрэг жигд хөгжөөгүй зэрэг асуудал хамаарна. OECD/AWC-ийн тайланд мөн Монгол Улсад усны эрх зүй, бодлогын суурь бүрдсэн боловч байгууллагын уялдаа холбоо, санхүүжилт, усны мэдээллийн менежмент,

хэрэгжилтийн чадавх сул байгааг тэмдэглэсэн байна [1].

II. СУДАЛГААНЫ ХЭСЭГ

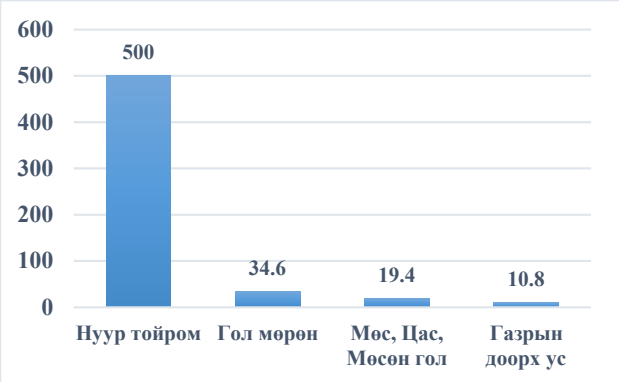
Монгол Улсын усны нөөцийн бүтэц: Монгол Улсын усны нийт нөөцийг 564.8 км³ гэж тооцдог бөгөөд үүнд нуур, тойромын ус 500.0 км³, гол мөрний ус 34.6 км³, мөс, цас, мөсөн голын ус 19.4 км³, газрын доорх ус 10.8 км³ эзэлдэг [1]. Тоон утгаар авч үзвэл газрын доорх ус нийт нөөцийн ойролцоогоор 2 хувийг эзэлж байгаа боловч Монгол Улсын ус хэрэглээний 70–90 хувь нь газрын доорх уснаас хамаардаг гэж олон эх сурвалжид тэмдэглэсэн [1]. Энэ зөрүү нь усны нөөц ба усны бодит хүртээмжийн хооронд том ялгаа байгааг илэрхийлнэ.

МОНГОЛ УЛСЫН УСНЫ НӨӨЦИЙН БҮТЭЦ. ЭХ СУРВАЛЖ: OECD/AWC, 2025 [1].

(1-Р ХҮСНЭГТ)

№	Нөөцийн төрөл	Хэмжээ	Нийт нөөцөд эзлэх утга	Говийн бүсэд үзүүлэх ач холбогдод
1	Нуур тойром	500.0км2	Хамгийн том эзэлхүүн	Ихэнх нь говийн бүсээс алс байрладаг тул шууд ашиглалт хязгаарлагмал
2	Гол мөрөн	34,6км2	Улирлын болон бүсийн ялгаа их	Өмнөд говьд тогтмол гадаргын урсац хомс
3	Мөс, цас, мөсөн гол	19,4км2	Уур амьсгалд эзмэг	Шууд хэрэглээ багатай боловч нийт усны горимд нөлөөлнө
4	Газрын доорх ус	10,8км2	Нийт нөөцийн бага хэгэг	Говийн бүсийн унд-ахуй, мал аж ахуй,уул уурхайн гол эх үүсвэр

МОНГОЛ УЛСЫН УСНЫ НӨӨЦИЙН БҮТЭЦ, 2016 ОНЫ ҮНЭЛГЭЭ

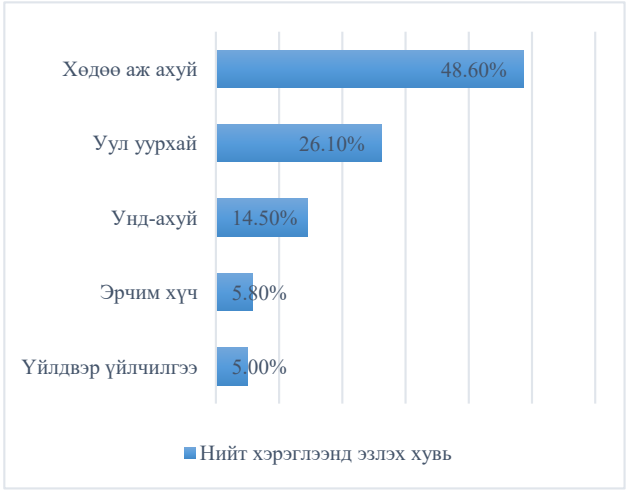


(2-р Зураг). Монгол Улсын усны нөөцийн бүтэц. Эх сурвалж: OECD/AWC, 2025 [1].

Ус хэрэглээний салбарын бүтэц ба дарамт: МОНЦАМЭ-ийн 2025 онд мэдээлсэн Засгийн газрын танилцуулгад Монгол Улсын ус хэрэглээ 2021 онд 594.8 сая м³, 2022 онд 606.2 сая м³, 2023 онд 679.1 сая м³, 2024 оны урьдчилсан дүнгээр 618.0 сая м³ байсан гэж дурджээ [4]. 2024 оны урьдчилсан дүнгээр нийт ус хэрэглээний 48.6 хувийг хөдөө аж ахуй, 26.1 хувийг уул уурхай, 14.5 хувийг унд-ахуй, 5.8 хувийг эрчим хүч, 5.0 хувийг үйлдвэр үйлчилгээ эзэлсэн байна [4].

Эдгээр үзүүлэлтээс харахад ус хэрэглээний хамгийн том хоёр бүлэг нь хөдөө аж ахуй ба уул уурхай байна. Говийн бүсэд хөдөө аж ахуйн ус хэрэглээ нь мал аж ахуй, бэлчээрийн худгийн систем, бага хэмжээний усалгаатай газар тариалангийн хэрэгцээгээр илэрдэг бол уул уурхайн хэрэглээ нь олборлолт, баяжуулалт, тоосжилт дарах, ажилчдын кемп, дэд бүтцийн үйл ажиллагаатай холбоотой. Иймээс говийн бүсэд усны бодлого нь зөвхөн хот суурины унд-ахуйн хангамжаар хязгаарлагдахгүй, үйлдвэрлэлийн усны хэрэглээ, бэлчээрийн усан хангамж, орон нутгийн иргэдийн амьжиргаа, экосистемийн хамгааллыг хамтад нь авч үзэх шаардлагатай.

МОНГОЛ УЛСЫН УС ХЭРЭГЛЭЭНИЙ САЛБАРЫН БҮТЭЦ, 2024 ОНЫ УРЬДЧИЛСАН ДҮН



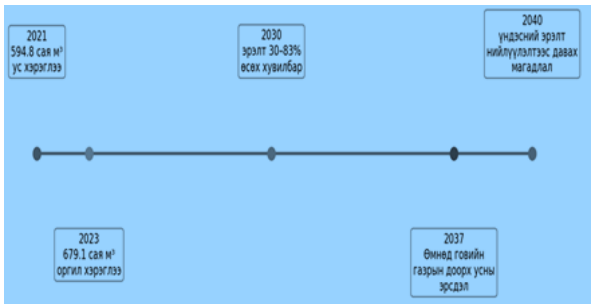
(3-р Зураг). Монгол Улсын ус хэрэглээний салбарын бүтэц, 2024 оны урьдчилсан дүн. Эх сурвалж: МОНЦАМЭ, 2025 [4].

МОНГОЛ УЛСЫН УС ХЭРЭГЛЭЭНИЙ ХЭМЖЭЭНИЙ ӨӨРЧЛӨЛТ

(4-р Зураг). Монгол Улсын ус хэрэглээний хэмжээний өөрчлөлт. Эх сурвалж: МОНЦАМЭ, 2025 [4].

Өмнөд говийн бүс нутгийн хөгжлийн дарамт: Өмнөд говийн бүсэд Өмнөговь, Дундговь, Дорноговь аймгууд багтах бөгөөд уул уурхай, тээвэр, эрчим хүч, хилийн худалдаа, суурьшлын хөгжлийн гол зангилаа болон хөгжиж байна. Өмнөговь аймаг 2023 оны жилийн эцэст 75,458 хүн амтай болж, нэг жилийн хугацаанд 2.2 хувиар өссөн талаар аймгийн Статистикийн хэлтсийн мэдээллийг МОНЦАМЭ дамжуулсан [5]. Хүн амын өсөлт нь ахуйн ус хэрэглээ, сургууль, эмнэлэг, үйлчилгээ, барилгажилт, бохир ус цэвэрлэгээний хэрэгцээг дагуулна. Өмнөд говийн усны эрэлтийн 2050 он хүртэлх динамик загварчлалын судалгаанд уул уурхай, хөдөө аж ахуй, үйлдвэрлэл, нийгмийн үйлчилгээ, хөдөөгийн хэрэглээний усны эрэлт цаашид өсөх хандлагатай бөгөөд газрын доорх усны нөөц 2037 оноос хойш хэрэгцээг бүрэн хангахгүй байж болзошгүй гэж дүгнэсэн байна.[2]

МОНГОЛ УЛСЫН УС ХЭРЭГЛЭЭНИЙ ХЭМЖЭЭНИЙ ӨӨРЧЛӨЛТ



(5-р Зураг). Ус хэрэглээ ба эрэлтийн өсөлтийн эрсдэлийн цаг хугацааны зураглал. Эх сурвалж: OECD/AWC, 2025; Badarch нар, 2021; МОНЦАМЭ, 2025 [1], [2], [4].

ГОВИЙН БҮСИЙН УСНЫ ГОЛ ЭРСДЭЛ БА БУУРУУЛАХ ЧИГЛЭЛ

(2-Р ХҮСНЭГТ)

№	Эрсдлийн чиглэл	Илрэх хэлбэр	Үр дагавар	Эрсдлийг бууруулах чиглэл
1	Нөөцийн эрдсэл	Газрын доорх усны түвшин буурах, худгын гарц багасах	Унд-ахуй, мал аж ахуй үйлдвэрлэлийн хангамж доголдох	Нөөцийн мониторинг, ашиглах боломжит нөөцийн хязгаар тогтоох
2	Мэдээллийн эрсдэл	Олборлолт хэрэглээ, чанарын мэдээлэл бүрэн бус байх	Зөвшөөрөх, төлөвлөх, хяналт сулрах	Нэгдсэн усны мэдээллийн сан онлайн тайлагнал
3	Салбар хооронды н зөрчил	Уул уурхай, малчид, орон нутгийн хэрэглээ давхцах	Нийгмийн итгэлцэл буурах маргаан нэмэгдэх	Сав газрын зөвлөл, хэлэлцүүлэг, ил тод гэрээ
4	Чанарын эрсдэл	Эрдэсжилт, бохирдол, буруу хадгалалт, бохир усны асуудал	Эрүүл мэнд эко систем үйлдвэрлэлийн чанарт нөлөөлөх	Усны чанарын лаборатори, хамгаалалтын бүс бохир ус цэвэрлэгээ
5	Уур амьсгалын эрсдэл	Ган, хур тундасны хэлбэлзэл, ууршилт нэмэгдэх	Бэлчээр малын усан хангамж нутагшилд дарамт үүсэх	Гангын эрт сэрэмжлүүлэг хур тундас хуримтлуулах, бэлчээрийн усан хангамжийн төлөвлөлт

Говийн бүсийн усны эрсдэлийг зөвхөн “ус дуусах” гэсэн нэг үзүүлэлтээр хэмжих нь хангалтгүй. Усны түвшин, чанар, нөөцийн нөхөн сэргэх чадвар, хэрэглээний өсөлт, зөвшөөрлийн хэрэгжилт, орон нутгийн итгэлцэл, бэлчээрийн ачаалал, бохир усны менежмент зэрэг олон хүчин зүйл нийлж бодит эрсдэлийг бүрдүүлдэг. Иймээс судалгааны болон бодлогын түвшинд усны эрсдэлийг олон хэмжээст үзүүлэлтээр үнэлэх шаардлагатай

Олон улсын ба дотоодын бодлогын туршлагаас авах сургамж: Усны хомсдолтой бүс нутгуудын туршлагаас харахад усны хангамжийг нэмэгдүүлэхээс гадна эрэлтийг бууруулах, усны үнэ цэнийг тооцох, алдагдлыг багасгах, хэрэглээг тоолууржуулах, бохир усыг цэвэршүүлэн дахин ашиглах, газрын доорх усны мониторингийг автоматжуулах, олон талт оролцоотой сав газрын зөвлөл ажиллуулах нь илүү үр дүнтэй байдаг. Говийн

бүсэд эдгээр арга хэмжээг тухайн орон нутгийн байгалийн нөхцөл, эдийн засгийн бүтэц, хүн амын суурьшил, уламжлалт мал аж ахуйтай уялдуулан нутагшуулах хэрэгтэй.

ГОВИЙН БҮСЭД ХЭРЭГЖҮҮЛЭХ БОЛОМЖТОЙ УСНЫ МЕНЕЖМЕНТИЙН ШИЙДЛҮҮД.

(3-Р ХҮСНЭГТ)

Шийдлийн чиглэл	*Говийн бүсэд хэрэглэх боломж*	*Шинжлэх ухааны үндэслэл*	*Хүлээгдэж буй үр дүн*
Бодит цагийн мониторинг	Гүний худаг, уурхай ус ашиглалт, усны чанарын цэгүүдэд мэдрэгч суурилуулах	Өгөгдөлд суурилсан шийдвэр гаргалт	Нөөцийн өөрчлөлтийг эрт илрүүлнэ
Ус дахин ашиглалт	Уурхайн баяжуулалт тоосжилт дарах, кемпийн саарал ус ашиглах	Дугуй эдийн засаг эрэлтийн менежмент	Цэвэр усны олборлолт буурна
Бороо цасны ус хуримтлуулах	Сум, баг бэлчээрийн усан цэг, ногоон байгууламжид ашиглах	Улирлын усны урсацыг богино хугацаанд барих	Бэлчээрийн усан хангамж сайжирна
Сав газрын оролцоот засаглал	Иргэд, малчид, комдпани, судлаач, төрийн байгууллагын хамтарсан зөвлөл	IWRM зарчим	Итгэлцэл ил тод байдал нэмэгдэнэ
Усны хэрэглээний аудит	Уул уурхайн үйлчилгээ нийтийн байгууллагад тогтмол үнэлгээ хийх	Эрэлт буурах боломжийг тооцох	Зардал алдагдал буурна

.

III.ТОГТВОРТОЙ ШИЙДЛИЙН САНАЛ

Усны нэгдсэн мониторингийн систем: Говийн бүсийн хамгийн эхний шаардлага бол усны нөөц, хэрэглээ, чанарын бодит мэдээллийг тогтмол цуглуулах нэгдсэн систем юм. Газрын доорх усны түвшин, худгийн гарц, эрдэсжилт, олборлолтын хэмжээ, хэрэглээний зориулалт, бохир усны цэвэрлэгээ, дахин ашиглалтын хувь зэрэг үзүүлэлтийг нэг стандартаар бүртгэх хэрэгтэй. Уул уурхайн компани, сум орон нутаг, сав газрын захиргаа, судалгааны байгууллагын мэдээллийг нэгтгэж чадвал ус ашиглах зөвшөөрөл, хөгжлийн төлөвлөлт, байгаль орчны үнэлгээ илүү бодитой болно.

Мэдээллийн систем нь зөвхөн төрийн дотоод хэрэгцээнд бус, олон нийтэд тодорхой түвшинд нээлттэй байх ёстой. Ингэснээр ус ашиглагч байгууллагын хариуцлага нэмэгдэж, малчид, иргэд өөрийн нутаг дахь усны түвшин, чанарын өөрчлөлтийг ойлгох боломжтой болно. Энэ нь усны маргаан, үл итгэлцлийг бууруулах нийгмийн ач холбогдолтой.

Уул уурхайн ус ашиглалтад дахин ашиглалтын стандарт тогтоох: Уул уурхай говийн бүсийн эдийн засгийн өсөлтийн чухал эх үүсвэр боловч усны хэрэглээ өндөртэй салбар юм. Иймээс баяжуулах үйлдвэр, техник угаалга, тоосжилт дарах, кемпийн хэрэглээнд ашигласан усыг цэвэршүүлэн дахин ашиглах технологийг шат дараатай заавал мөрдүүлэх шаардлагатай. Ус дахин ашиглах хувь, нэг тонн хүдэр боловсруулахад ногдох усны хэмжээ, усны алдагдлын норм, бохир усны чанарын стандарт зэрэг үзүүлэлтийг салбарын зөвшөөрөл, байгаль орчны менежментийн төлөвлөгөөтэй холбох хэрэгтэй.

Ус дахин ашиглалт нь зөвхөн байгаль орчны арга хэмжээ биш, үйлдвэрлэлийн эрсдэлийг бууруулах эдийн засгийн шийдэл юм. Усны эх үүсвэрийн эрсдэл буурах тусам уурхайн үйл ажиллагааны тасралтгүй байдал, орон нутгийн зөвшөөрөл, нийгмийн хүлээн зөвшөөрөл сайжирна.

Саарал ус ба орон нутгийн дэд бүтэц: Саарал ус гэдэг нь гар угаах, шүршүүр, угаалгын хэрэглээнээс гарсан, харьцангуй бага бохирдолтой усыг зохих түвшинд цэвэршүүлэн дахин ашиглах боломжтой урсгал юм. Говийн бүсэд саарал усыг ногоон байгууламж, тоосжилт дарах, ариун цэврийн зарим хэрэглээ, зам талбайн чийгшүүлэлт зэрэгт ашиглаж болно. Ялангуяа сургууль, дотуур байр, эмнэлэг, аялал жуулчлалын бааз, уурхайн кемп, үйлчилгээний төвүүдэд жижиг оврын цэвэрлэгээний байгууламж нэвтрүүлэх нь цэвэр усны хэрэглээг бууруулах бодит алхам болно.

Гэвч саарал ус ашиглахдаа хүний эрүүл мэнд, хөрс, ургамал, газрын доорх усанд нөлөөлөх эрсдэлийг тооцох ёстой. Тиймээс хэрэглэх зориулалт, цэвэрлэгээний түвшин, хяналтын давтамж, хадгалалтын хугацаа, операторын хариуцлагыг тодорхой журамлах шаардлагатай.

Хур тунадас, цасны ус хуримтлуулах жижиг шийдлүүд: Говийн бүсэд жилийн хур тунадас бага боловч богино хугацаанд ордог аадар бороо, улирлын цас, жалга сайрын урсацыг зохистой хуримтлуулах боломж бий. Томоохон далан байгууламж барих нь өндөр өртөг, ууршилтын алдагдал, экосистемийн нөлөөлөлтэй тул сум, баг, бэлчээрийн түвшний жижиг ус хуримтлуулах байгууламж, шүүрүүлэх суваг, хамгаалалтын далан, хөрсөнд шингээх талбай, хиймэл цөөрөм зэргийг орон нутгийн нөхцөлд тохируулан төлөвлөх нь илүү бодитой.

Ийм шийдлүүд нь зөвхөн усны хэмжээ нэмэх бус, бэлчээрийн усан хангамжийн төвлөрлийг бууруулах, малын шилжилт хөдөлгөөнийг зохицуулах, хөрсний

чийгийн горимыг дэмжих, элсний нүүдэл, тооcжилтыг бууруулах давхар ач холбогдолтой.

Усны хэрэглээний эрэмбэлэлт: Усны нөөц хязгаарлагдмал үед хэрэглээний эрэмбэ зайлшгүй шаардлагатай. Говийн бүсэд унд-ахуйн хэрэглээ, эрүүл мэнд, боловсрол, малчдын амьжиргаа, экосистемийн хамгаалал нь нэн тэргүүний ач холбогдолтой байх ёстой. Үйлдвэрлэл, уул уурхай, үйлчилгээний хэрэглээ нь эдийн засгийн ач холбогдолтой боловч усны хэмнэлт, дахин ашиглалт, байгаль орчны нөхөн сэргээлт, орон нутгийн гэрээний үүргээ биелүүлсэн нөхцөлд зөвшөөрөгдөх ёстой.

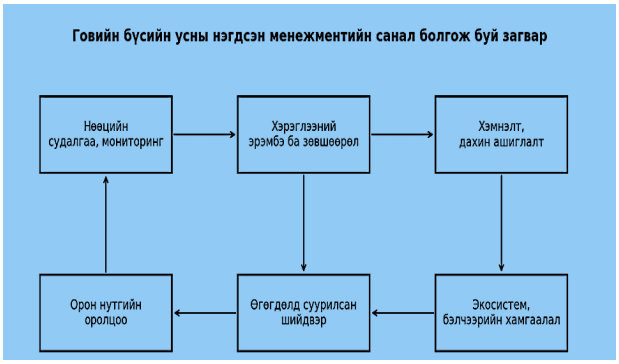
ГОВИЙН БҮСИЙН УСНЫ ХЭРЭГЛЭЭНИЙ САНАЛ БОЛГОЖ БУЙ ЭРЭМБЭ

(4-Р ХҮСНЭГТ)

№	*Хэрэглээний төрөл*	*Үндэслэл*	*Бодлогын хэрэгсэл*
1	Ундны болон ахуйн хэрэглээ	Хүний амьд явах эрүүл аюулгүй орчинд амьдрах суурь хэрэгцээ	Чанарын хяналт тасралтгүй хамгаалалтын бүс
2	Эрүүл мэнд боловсрол нийтийн үйлчилгээ	Нийгмийн үндсэн үйлчилгээ тасалдахгүй байх шаардлага	Нөөцийн баталгаа эх үүсвэр, нөөц сав яаралтай төлөвлөгөө
3	Мал аж ахуй орон нутгийн амжиргаа	Говийн уламжлалт амьдрал хүнсний аюулгүй байдалтай холбоотой	Худаг усан цэгийн байршил бэлчээрийн менежмент
4	Эко систем булаг шанд баян бүрд	Байгаль орчны тэнцвэр биологийн олон янз байдал	Экологийн хамгаалалтын бүс ашиглалтаас чөлөөлөх бүс
5	Үйлдвэрлэл уул уурхай үйлчилгээ	Эдийн засгийн өсөлт, ажлын байртай холбоотой	Ус дахин ашиглалт, төлбөр, аудит, зөвшөөрлийн хязгаар

. **Орон нутгийн оролцоо ба олон талт зөвлөл:** Усны менежментэд иргэдийн оролцоо хангалтгүй бол хамгийн сайн тооцоо, технологи ч нийгмийн эсэргүүцэлтэй тулгарч болно. Иймээс сум, баг, сав газрын түвшинд малчид, иргэд, уул уурхайн компани, орон нутгийн удирдлага, байгаль орчны байгууллага, эрдэмтэн судлаач, усны мэргэжилтэн оролцсон зөвлөл тогтмол ажиллах шаардлагатай. Тус зөвлөл нь ус ашиглалтын мэдээллийг хэлэлцэх, маргаан шийдвэрлэх, мониторингийн үр дүнг танилцуулах, орон нутгийн усны төлөвлөгөөнд санал өгөх үүрэгтэй байж болно.

Орон нутгийн оролцоот засаглал нь усны нөөцийг хамгаалах ёс зүй, хэрэглээний сахилга бат, байгууллагын хариуцлага, олон нийтийн итгэлцлийг нэмэгдүүлэх ач холбогдолтой. Энэ нь говийн бүсийн усны тогтвортой менежментийн нийгмийн суурь юм.



(6-р Зураг). Говийн бүсийн усны нэгдсэн менежментийн санал болгож буй загвар. Эх сурвалж: Судлаачийн боловсруулсан схем, UNEP-ийн IWRM зарчимд тулгуурлав [6].

Эрсдэл бууруулах боломжит үнэлгээ: Доорх хүснэгтэд R_0-г говийн бүсийн усны нөөцийн өнөөгийн суурь эрсдэлийн түвшин буюу 100 хувь гэж үзэв. E нь тухайн арга хэмжээг хэрэгжүүлснээр эрсдэл буурах боломжит хувь, R_1 нь үлдэх эрсдэлийн түвшин юм. $R_1 = R_0 \times (1 - E)$ томьёогоор тооцсон. Энэхүү үнэлгээ нь бодит статистик бус, эх сурвалжийн шинжилгээ, онолын үндэслэл, хэрэгжих боломж, урьдчилан сэргийлэх нөлөөнд тулгуурласан судлаачийн чанарын үнэлгээ болно.

УСНЫ ЭРСДЭЛИЙГ БУУРУУЛАХ БОЛОМЖИТ АРГА ХЭМЖЭЭНИЙ ҮНЭЛГЭЭ

(5-Р ХҮСНЭГТ)

№	*Арга хэмжээ*	*Ro*	*E*	*R_1*	*Гарах үр дүн*
1	Газрын доорх усны бодит цагийн мониторинг	100%	35%	65%	Усны түвшин чанарын өөрчлөлтийг эрт илрүүлж зөвшөөрлийг өгөгдөлд суурилуулна
2	Уул уурхай ус дахин ашиглалтын заавар мөрдөх стандарт	100%	30%	70%	Цэвэр усны олборлолт буурч, үйлвэрлэлийн усны эрсдэл багасна
3	Саарал ус ашиглах орон нутгийн загвар	100%	20%	80%	Ундны чанартай усны хэрэглээ буурч үйлчилгээний байгууллагын усны үр ашиг нэмэгдэнэ
4	Сав газрын олон талт	100%	25%	75%	Иргэд компани

	зөвлөл ба мэдээллийн ил тод байдал				төрийн байгууллагын илтгэлцэл нэмэгдэж маргаан буурна
5	Бэлчээрийн усан цэгийн зохистой төлөвлөлт	100%	20%	80%	Бэлчээрийн төвлөрөл худгийн хэт ачаалал багасна
6	Хэрэглээний эрэмбэ ба усны аудит	100%	30%	70%	Усны нөөц хомс үед унд-ахуй нийгмийн үйлчилгээ эко системийн хэрэгцээ хамгаалагдана

ДҮГНЭЛТ

Энэхүү судалгаанаас харахад говийн бүсийн усны нөөц нь бүс нутгийн нийгэм, эдийн засаг, уул уурхай, мал аж ахуй болон байгаль орчны тогтвортой хөгжлийг тодорхойлох стратегийн чухал хүчин зүйл юм. Говийн бүс нь хур тунадас багатай, гадаргын ус хомс, ууршилт өндөртэй тул усан хангамжийн үндсэн эх үүсвэр нь газрын доорх ус болж байна. Гэвч газрын доорх усны нөхөн сэргэх хугацаа урт учраас хэт ашиглалт нь усны түвшин буурах, усны чанар доройтох, экосистемд сөрөг нөлөө үзүүлэх эрсдэлтэй.

Өмнөд говийн бүсэд уул уурхай, дэд бүтэц, хүн амын өсөлт эрчимжиж байгаа нь усны хэрэглээ, дарамтыг нэмэгдүүлж байна. Иймээс усны асуудлыг зөвхөн хангамжийн асуудал бус, бүс нутгийн хөгжлийн үндсэн хязгаарлагч хүчин зүйл гэж үзэх шаардлагатай.

Судалгаанд усны бодит цагийн мониторинг, ус дахин ашиглалт, саарал усны хэрэглээ, хур тунадасны ус хуримтлуулах арга, сав газрын нэгдсэн менежмент зэрэг шийдлүүдийг санал болгосон. Эдгээр арга хэмжээ нь усны нөөцийг хамгаалах, зохистой ашиглах, усны эрсдэлийг бууруулахад чухал ач холбогдолтой юм.

Иймд говийн бүсийн хөгжлийг усны нөөцийн даацад тулгуурлан төлөвлөж, усны нөөцийг шинжлэх ухааны үндэслэлтэй, оролцоонд суурилсан, тогтвортой зарчмаар удирдах шаардлагатай байна.

САНАЛ ЗӨВЛӨМЖ

• Өмнөд говийн газрын доорх усны түвшин, чанар, олборлолтын хэмжээ, худгийн гарцыг бүртгэх нэгдсэн мониторингийн сүлжээ байгуулах;

• Уул уурхайн ус ашиглалтад ус дахин ашиглалтын доод хувь, усны аудит, нэгж бүтээгдэхүүнд ноогдох усны нормыг заавал мөрдүүлэх;

• Сум, баг, сургууль, эмнэлэг, аялал жуулчлалын бааз, уурхайн кемпүүдэд саарал ус ашиглах туршилтын төслүүдийг хэрэгжүүлэх;

• Говийн бүсийн усны хэрэглээний эрэмбийг орон нутгийн хөгжлийн төлөвлөгөө, уул уурхайн зөвшөөрөл, байгаль орчны үнэлгээтэй уялдуулах;

• Сав газрын зөвлөлд малчид, иргэд, эмэгтэйчүүд, залуучууд, судлаачид, хувийн хэвшлийн төлөөллийг бодитоор оролцуулах;

• Усны нөөц, хэрэглээний мэдээллийг олон нийтэд ойлгомжтой хэлбэрээр тайлагнаж, усны маргаан, үл итгэлцлийг бууруулах;

• ШУТИС, МУИС, ХААИС, АШУҮИС, ШУА зэрэг байгууллагын судалгааг орон нутгийн бодлого, уул уурхайн ус ашиглалт, бэлчээрийн менежменттэй холбох;

• Сурагч, оюутан, иргэд, байгууллагын ажилтнуудад ус хэмнэлт, газрын доорх усны үнэ цэнэ, говийн экосистемийн эмзэг байдлын талаар сургалт, нөлөөллийн ажил зохион байгуулах;

• Говийн бүсийн усны бодлогыг “олборлох-ашиглах” загвараас “хэмнэх-дахин ашиглах-хянах-нөхөн сэргээх” загварт шилжүүлэх.

АШИГЛАСАН МАТЕРИАЛ, НОМ ЗҮЙ

[1]. OECD/AWC. (2025). Water Demand Management in Mongolia: Highlights of a National Dialogue on Water. OECD Studies on Water.

[2]. Badarch, A., Ariya, E., Dashjamts, A.-E., & Gansukh, B. (2021). Projected water demand by 2050 in South Gobi region of Mongolia. Proceedings of the Mongolian Academy of Sciences, 61(03), 24–35.

[3]. Монгол Улсын хууль. (2012). Усны тухай хууль /шинэчилсэн найруулга/. Legalinfo.mn.

[4]. МОНЦАМЭ. (2025). Agriculture Consumes 48.6 Percent of Total Water Usage.

[5]. МОНЦАМЭ. (2024). Өмнөговь: Аймгийн хүн ам 2.2 хувиар өсжээ.

[6]. UNEP. Integrated Water Resources Management. United Nations Environment Programme.

[7]. Zaveri, E., & Khemka, R. (2022). Seeing the invisible: Disrupting groundwater monitoring in Mongolia. World Bank Blogs.

[8]. Asian Development Bank. (2020). Overview of Mongolia’s Water Resources System and Management: A Country Water Security Assessment.

[9]. Ministry of Environment and Climate Change of Mongolia. (2024). Water resources and water use statistics referenced in OECD/AWC report.

[10]. UNEP. (2023). Integrated Water Resources Management /IWRM/ and Water Governance. United Nations Environment Programme.

[11]. World Bank. (2010). Raising Awareness of Groundwater in Mongolia. Washington, DC: World Bank.

[12]. Монгол Улсын Засгийн газар. (2020). Монгол Улсын ногоон хөгжлийн бодлого, байгаль орчны тогтвортой хөгжлийн баримт бичгүүд. Улаанбаатар хот.

ӨНДӨР ЭРДЭСЖИЛТТЭЙ УСНЫ ТАЛСТ МОРФОЛОГИД ҮЗҮҮЛЭХ ЦАХИЛГААН ИМПУЛЬСИЙН ТЕХНОЛОГИЙН НӨЛӨӨЛЛИЙН СУДАЛГАА

Өлзийхүүгийн ЭНХСАЙХАН[1], Батсүхийн ОЮУНСУВД[2]

[1,2]Монгол Улс, Улаанбаатар, ШУТИС, Эрчим хүчний инженерчлэлийн сургууль, Дулааны цахилгаан станцын тэнхим

Холбоо барих зохиогчийн и-мэйл хаяг: oyunsuvd@must.edu.mn[2]

Хураангуй: **Монгол орны Говийн бүс нутгийн газрын доорх ус нь арид болон хагас арид уур амьсгалын нөлөөгөөр эрдэсжилт, хатуулаг нэн өндөртэй байдаг. Энэ нь үйлдвэрлэлийн болон ахуйн усны хангамжийн системд хаг тунадас үүсгэх, шугам хоолой, мембран технологийн ашиглалтын хугацааг богиносгох үндсэн хүчин зүйл болдог. Усыг зөөлрүүлэх, хагжилтыг сааруулах уламжлалт химийн боловсруулалтын аргууд (реагент, антискалант хэрэглэх) нь байгаль орчинд сөрөг нөлөөтэйгөөс гадна ашиглалтын зардал өндөртэй байдаг. Иймд усны физик боловсруулалтын дэвшилтэт технологи болох цахилгаан импульсийн аргаар усны талстжилтыг удирдах, улмаар шугам хоолойн хаг тунадас үүсэлтийг сааруулах нөлөөллийг энэхүү судалгаагаар авч үзлээ. Цахилгаан импульсийн технологи (Electric Pulse Technology) нь усан дахь кальцийн карбонатын талстжилтын процессыг өөрчилж, гадаргуу дээр бэхжих чадваргүй "Арагонит" бүтцэд хувиргадаг. Судалгааны явцад хийсэн кристаллографийн дүрст боловсруулалтын шинжилгээ (ImageJ) нь хатуулаг үүсгэгч ионуудыг идэвхгүй мөхлөгт төлөвт шилжүүлэх замаар хагжилтыг сааруулах бүрэн боломжтойг баталж байна. Туршилтаар цахилгаан импульс нь өндөр эрдэсжилттэй усны талстжилтын төвүүдийг олноор үүсгэх замаар талстын хэмжээг эрс жижгэрүүлж байгааг тогтоов . Орох усны талстын дундаж талбай 88.57 мкм² байсан бол 6 цагийн боловсруулалтын дараа 21.45 мкм² болж, 75.7%-иар буурсан нь талстжилтын кинетикт гарч буй томоохон өөрчлөлт юм. Талстын нягтрал туршилтын явцад 0.82-оос 0.75 хүртэл буурсан нь үүсэж буй арагонит талстууд дотоод бүтцэдээ сүвэрхэг, хэврэг шинж чанартай болсныг харуулж байна. Энэхүү хэлбэр зүйн өөрчлөлт нь тохиолдлын бус болохыг статистик анализаар баталгаажуулсан бөгөөд талстын суналт болон дугуй хэлбэршил хоёрын хооронд хүчтэй сөрөг корреляци ажиглагдсан. Энэхүү статистик хамаарал нь цахилгаан импульсийн төхөөрөмж талстын хэлбэрийг кальцитаас арагонит руу тогтвортойгоор шилжүүлж буйг нотолж байна. Судалгааны үр дүнгээс үзэхэд цахилгаан импульсийн боловсруулалт нь усны хатуулаг үүсгэгч ионуудыг идэвхгүй мөхлөгт төлөвт шилжүүлж, шугам хоолой болон мембраны хагжилтыг сааруулах нөхцөлийг бүрдүүлсэнээр тоног төхөөрөмжийн ашиглалтын хугацааг уртасгах, химийн бодисын хэрэглээг хэмнэх онол-практикийн үндэслэлийг болж байна.**

Түлхүүр үг: Усны хатуулаг, вулкан төхөөрөмж, дүрс боловсруулалт, кальцит, арагонит

I. УДИРТГАЛ

Монгол орны Говийн бүс нутгийн газрын доорх усны химийн найрлага, түүний инженерийн байгууламжид үзүүлэх нөлөөллийг үе үеийн судлаачид нарийвчлан судалж ирсэн. Судлаач Н.Жадамбаа (2005) Монгол орны гидрогеологийн нөхцөлийг тодорхойлохдоо Говийн бүсийн гүний ус нь эртний тунамал чулуулгийн уусалт болон уршилтын процессоос хамааран эрдэсжилт ихтэй, "шорвогдуу" ангилалд багтдаг болохыг тэмдэглэсэн байдаг [1]. ШУА-ийн Геоэкологийн хүрээлэнгийн судлаач Ж.Батбаяр (2010) нарын бүтээлд дурдсанаар, Өмнөговь аймгийн Даланзадгад хот орчмын усны хатуулаг нь стандартад заасан зөвшөөрөгдөх хэмжээнээс тогтмол давж, 8.5-12.0 мг-экв/л, эрдэсжилт 1500-2500 мг/л хүрдэг гэж дурдсан [2]. Энэхүү өндөр хатуулаг нь дулаан дамжуулах шугам сүлжээ болон шугам хоолойн дотор хананд карбонатын хатуу хаг үүсэх үндсэн нөхцөл болдог. Усан дахь кальци, магнийн ионууд нь температурын өсөлт болон гидродинамик нөхцөлийн өөрчлөлтөөс хамааран термодинамик тэнцвэрээ алдаж, карбонатын талст хэлбэрээр металл гадаргууд бэхжиж, дулаан дамжуулалтыг 15-40% хүртэл бууруулдаг. Мөн судлаач Д.Пүрэвдорж (2015) усны чанарын инженерийн дэд бүтцэд үзүүлэх нөлөөллийг судлахдаа, Говийн бүсийн усан дахь хлорид болон сульфатын ионуудын агууламж өндөр байгаа нь металл хоолойн зэврэлтийг хурдасгаж байгааг тогтоосон [3]. Олон улсын байгууллагууд болох ЖАЙКА (JICA) болон Дэлхийн банкны (World Bank) тайлангуудад Говийн бүсийн ундны усны хатуулаг, фторын агууламж нь зөвхөн хүний эрүүл мэндэд бус, усан хангамжийн системийн насжилтад сөрөг нөлөө үзүүлж, ашиглалтын зардлыг нэмэгдүүлж буйг онцолсон байдаг [4]. Дээрх судлаачид Говийн бүс нутгийн усны чанарын асуудлыг тодорхойлсон боловч энэхүү өндөр эрдэсжилттэй усыг химийн бус аргаар буюу цахилгаан импульсийн технологиор боловсруулж, талст морфологийг нь бичил бүтцийн түвшинд өөрчлөх замаар шугам хоолойн насжилтыг уртасгах талаар хийсэн судалгаа Монгол орны нөхцөлд дутагдалтай байна.

Цахилгаан импульсийн технологи нь усан дахь ионуудад тодорхой давтамжтай цахилгаан соронзон орноор үйлчилж, бичил талстжилтын төвийг урсгал дотор үүсгэх байдлаар хаг тогтохоос сэргийлдэг. Ингэснээр кальцийн карбонатын талстууд металл гадаргууд бус, усны урсгал дунд бие даан бүрэлдэж,

зүү хэлбэртэй (арагонит) бүтэцтэй болсноор гадаргууд бэхжих чадвараа алддаг [5][6].

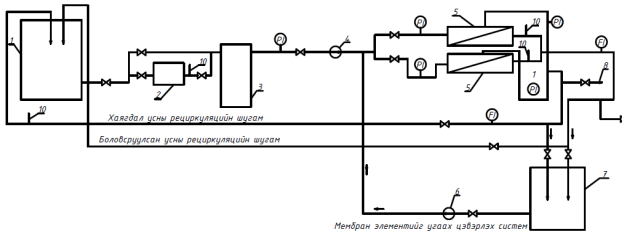
Энэхүү судалгааны ажлын зорилго нь Говийн бүс нутгийн өндөр эрдэсжилттэй газрын доорх усны хагжилтыг цахилгаан импульсийн технологиор (ЕРТ) сааруулах, инженерийн шугам сүлжээний ашиглалтын хугацааг химийн бус аргаар уртасгах онол-практикийн үндэслэлийг лабораторийн мембрант төхөөрөмж дээр туршин боловсруулахад оршино. Дээрх зорилгын хүрээнд дараах зорилтуудыг дэвшүүлэн ажилласан. Үүнд:

1. Говийн бүс нутгийн усны чанарыг (эрдэсжилт 1500–2500 мг/л, хатуулаг 8.0–15.0 мг-экв/л) орлуулан загварчилсан битүү рециркуляцийн систем бүхий лабораторийн мембрант туршилтын стендийг бүрдүүлэх;
2. “Вулкан-3000” төхөөрөмжийн өндөр давтамжийн соронзон орны усны чанар болон талстжилтын кинетикт үзүүлэх нөлөөллийг хугацаанаас хамааруулан судлах;
3. Дижитал микроскоп болон *ImageJ* программ хангамжийг ашиглан кальцийн карбонатын талст морфологийг бичил бүтцийн түвшинд тодорхойлох;
4. Кальцит талст нь гадаргууд наалдах чадваргүй арагонит бүтэц рүү шилжих хэлбэр зүйн өөрчлөлтийг математик-статистик шинжилгээгээр баталгаажуулах.

Энэхүү ажлаар Говийн бүсийн өндөр эрдэсжилттэй усны нөхцөлд цахилгаан импульсийн технологийн үзүүлэх нөлөөг мембрант систем дээр туршиж, талстын хэлбэр зүйн өөрчлөлтийг *ImageJ* программаар микро түвшинд тодорхойлсон нь шинжлэх ухааны шинэлэг тал болно. Химийн бодис (антискалант) хэрэглэдэггүй энэхүү физик боловсруулалтын арга нь эсрэг осмосын мембраны хагжилтыг сааруулах давуу талтай бөгөөд Говийн бүсийн үйлдвэр, ДЦС-ын ус бэлтгэлийн системийн найдвартай ажиллагааг хангах, шугам сүлжээний насжилтыг уртасгах практик ач холбогдолтой.

II. ТУРШИЛТ, СУДАЛГААНЫ АЖЛЫН АРГА ЗҮЙ

Туршилтыг эсрэг осмосын мембран болон цахилгаан импульсийн төхөөрөмж хосолсон лабораторийн стенд дээр гүйцэтгэв (зураг 1). Судалгааны ажилд ашиглах эрдэсжилт өндөртэй усыг бэлтгэхдээ мембрант төхөөрөмжийн хаягдал өндөр концентрацитай усыг түүхий усны бак руу рециркуляци хийх замаар цуглуулан, эрдэсжилтийг 1500-2500 мг/л, ерөнхий хатуулгийг 8-15 мг-экв/л түвшинд хүргэж, тогтмол барьсан.



1-р зураг. Туршилтын мембрант төхөөрөмжийн схем. (1-Түүхий усны бак, V=200л; 2- Вулкан төхөөрөмж; 3-Хамгаалах шүүлтүүр;4-Өндөр даралтын насос; 5-Эсрэг осмосын модуль; 6-Химийн угаалгын насос; 7-Давсгүйжүүлсэн усны бак, V=200л, 8- Хаягдал усны суваг руу 9- Хаягдал усны суваг руу; 10-Дээж авах цэгүүд;)

Туршилтын төхөөрөмжийн үндсэн бүрдэл хэсгүүд:

1. Түүхий усны бак (200 л): Загварчилсан усыг хадгалах, концентрацийг холих үүрэгтэй.
2. Цахилгаан импульсийн төхөөрөмж (Vulcan-3000): Ус дамжуулах хоолойн гадна суурилагдсан бөгөөд 3-32 кГц давтамжтай импульсээр ионуудад үйлчилнэ.
3. Хамгаалах микрошүүлтүүр (5 мкм): Механик хольцыг шүүх зориулалттай.
4. Өндөр даралтын насос: Мембранд шаардлагатай ажлын даралтыг үүсгэнэ.
5. Эсрэг осмосын модуль (TM720DA-400): Давсгүйжүүлэх болон концентрацижуулах үндсэн процесс явагдана.

Туршилтыг битүү цикл буюу хаалттай системийн зарчмаар явуулсан ба 1 удаагийн туршилтаар усны дээжийг 4 удаа авсан. Үүнд:

1. Хяналтын дээж (Орох ус): Цахилгаан импульсийн төхөөрөмж ажиллаагүй үеийн усны дээж;
2. Дээж 1: Төхөөрөмжийг ажиллуулж эхэлсэн даруйд авсан дээж;
3. Дээж 2: 4 цагийн турш тасралтгүй рециркуляци хийгдэж, импульсийн нөлөөнд орсны дараах усны дээж;
4. Дээж 3: Төхөөрөмж 6 цаг ажилласны дараах усны дээж;

Туршилтын явцад температурын хэлбэлзэл талстжилтын кинетикт нөлөөлөхөөс сэргийлж, усны дээж бүрийг тогтмол термостатик нөхцөлд буюу 25°C температурт ууршуулан талстжуулж, микроскопын шинжилгээнд бэлтгэсэн.

Давсны талстууд (кальцийн карбонатын талст)-ын зургийг 40x-1024x өсгөлттэй дижитал микроскоп ашиглан авсан ба талст морфологийн өөрчлөлтийг тодорхойлохдоо ImageJ (Version 1.53) программ хангамжийг ашигласан [8]. Тус программаар давсны талстын дүрс боловсруулалтыг дараах алгоритмын дагуу гүйцэтгэв. Үүнд:

1. Гэрэлтүүлгийн шалгалт ба сааралжуулалт (Grayscale Conversion): Дижитал микроскопоос авсан өнгөт дүрсийг 8-бит саарал өнгөний хувиргалтад оруулж, талстын ирмэгийн ялгарлыг сайжруулав.
2. Босго утга тогтоох (Thresholding): *Auto Threshold* функцийг ашиглан дэвсгэр фон болон талстыг хоёртын системд (Binary image) шилжүүлж, талст бүрийн гадаад хилийг хар өнгөөр (Segmentation) заглан хүрээлэв.
3. Тоололт ба дугаарлалт (Particle Analysis): *Analyze Particles* модулийг ашиглан талст бүрийн тоо

ширхгийг улаан өнгийн цифрээр автоматаар дугаарлаж, давхардал болон орхигдлыг шалгав.

4. Геометр параметрүүдийг хэмжих (Morphological Quantification): Программын тохиргооны дагуу талст бүрийн микро хэмжээст талбай (A), урт ба өргөний харьцаа (Aspect Ratio - AR), дугуй хэлбэр (Circularity), болон нэгж талбай дахь талстын нягтралыг тодорхойлж, математик-статистик боловсруулалтад зориулан дата файл үүсгэсэн.

III. СУДАЛГААНЫ ҮР ДҮН БА ХЭЛЭЛЦҮҮЛЭГ

Туршилтын үеийн усны дээжний химийн найрлагад гарсан өөрчлөлтийг 1-р хүснэгтэнд үзүүлэв.

УСНЫ ЧАНАРЫН ӨӨРЧЛӨЛТ

1-Р ХҮСНЭГТ

Үзүүлэлтүүд	Шинжилгээний дүн			
	Орох ус (Хяналт)	**Дээж 1 (0 цаг)**	**Дээж 2 (4 цаг)**	**Дээж 3 (6 цаг)**
Нийт эрдэсжилт (TDS), мг/л	1500–1800	1800–2000	2100–2300	2400–2500
Ерөнхий хатуулаг, мг-экв/л	8.0–9.5	9.5–11.0	12.0–13.5	14.0–15.0
Кальци (Ca^{2+}), мг/л	120–140	140–160	180–210	220–240
Магни (Mg^{2+}), мг/л	30–45	45–55	65–75	80–90
Устөрөгчийн илтгэгч (pH)	7.2–7.5	7.5–7.8	7.8–8.1	8.2–8.4
Талстын хэлбэр (Зонхилох)	Кальцит (Шоо)	Кальцит/ Холимог	Холимог	Арагонит

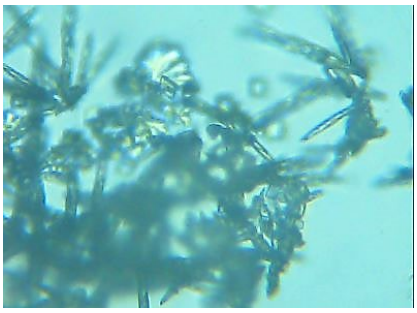
Рециркуляци хийх явцад мембранаас гарсан концентрацитай хаягдал усыг түүхий усны бак руу буцааж нэмснээр нийт эрдэсжилт (TDS) 6 цагийн хугацаанд 1500-аас 2500 мг/л хүртэл өссөн. Энэ нь Говийн бүс нутгийн өндөр эрдэсжилттэй усны чанарыг бүрэн загварчилж чадсаныг харуулж байна.

Вулкан төхөөрөмж ажиллах явцад pH-ийн утга бага зэрэг өссөн нь усан дахь бикарбонатын ионуудын талстжих процесс идэвхжиж, чөлөөт CO_2 ялгарсантай холбоотой юм [7].

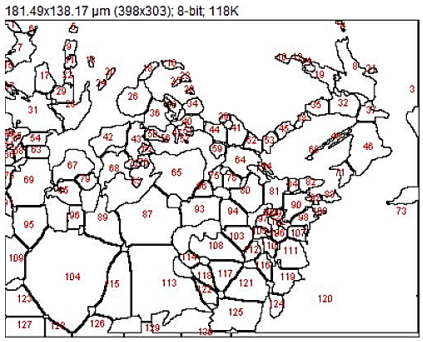
Хатуулаг нэмэгдэхийн хэрээр хаг үүсэх эрсдэл өндөрсөх ёстой боловч Вулкан төхөөрөмжийн нөлөөгөөр талстууд “арагонит” хэлбэр рүү шилжсэн тул мембраны даралтын уналтыг огцом өсгөөгүй, тогтвортой байлгаж чадсан нь цахилгаан импульсийн технологийн үр ашгийг харуулж байна.

Талст морфологийн шинжилгээний үр дүн

Талстуудын харагдах байдлыг 2а, 3а ,4а, 5а-р зургуудад, талст морфологийн өөрчлөлтийн үеийн тоо ширхгийн хэмжээг харьцуулан 2б, 3б, 4б, 5б-р зургуудад тус тус үзүүлэв.



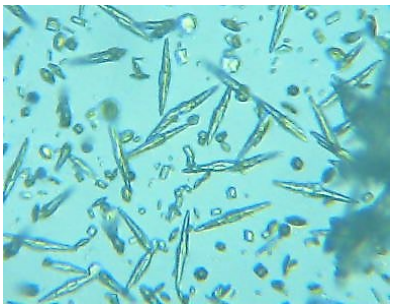
а.



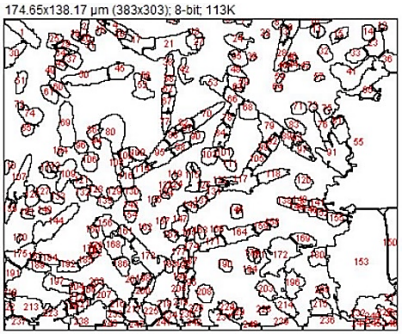
б.

2-р зураг. Хяналтын дээж (орох ус)-ний талст морфологийн харьцуулсан зураг (а-том хэмжээтэй давсны талст; б-талстын тоо ширхэг, хэмжээ)

2-р зурагт вулкан төхөөрөмжөөр боловсруулалт хийгээгүй орох усны давсны талстыг харуулж байна. Давсны талстууд нь үндсэндээ ромбоэдр буюу шоо дөрвөлжин хэлбэртэй бөгөөд нийт 130 ширхэг талстыг тоолсон. Ихэнх давсны талстууд нь “кальцит” хэлбэрийг үүсгэсэн. Талстууд хоорондоо барьцалдан бөөгнөрөх хандлагатай, харьцангуй том хэмжээтэй харагдаж байна. Ийм хэлбэрийн талст нь металл болон мембраны гадаргууд маш амархан наалдаж, хатуу хаг үүсгэдэг.



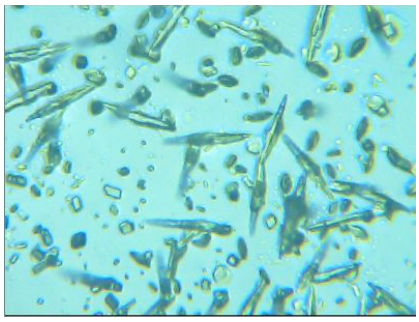
а.



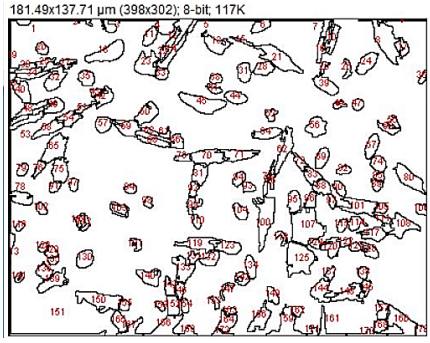
б.

3-р зураг. Вулкан төхөөрөмжөөр орж эхэлсэн даруйд авсан дээжийн давсны талст (а-талстын харагдах байдал; б-талстын тоо ширхэг, хэмжээ)

Талстуудын ирмэгүүд бага зэрэг мөлийж, хэлбэр нь алдагдаж эхэлсэн байна. Орох усны талстуудтай харьцуулахад нэгж талбайн хэмжээ бага зэрэг жижигсэж, сарниж эхэлсэн нь ажиглагдана. Энэ нь цахилгаан импульсийн нөлөөгөөр талстжилтын төв урсгал дунд үүсэж эхэлсний илрэл юм. Нийт 248 ширхэг давсны талст тоологдсон.



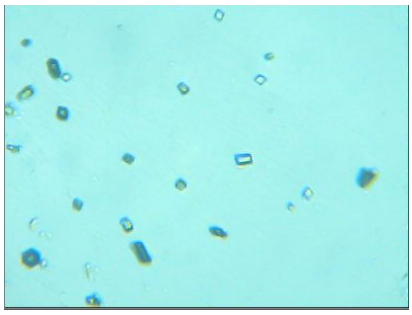
а.



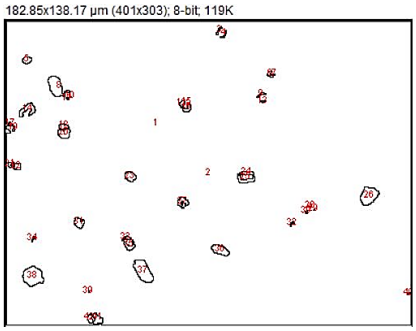
б.

4-р зураг. Системээр ус тасралтгүй 4 цаг рециркуляци хийгдсэний дараах дээжийн давсны талст (а-талстын харагдах байдал; б- талстын тоо ширхэг, хэмжээ)

Зургаас харахад шоо дөрвөлжин, урт хэлбэрүүд эрс цөөрч, талстууд сунаж, зөв бус олон янзын хэлбэртэй болж байна. Талстууд хоорондоо барьцалдах нь багасаж хэврэг, сүвэрхэг бүтэц рүү шилжиж байна. Энэ үед нийт 173 ширхэг давсны талст тоологдсон.



а.



б.

5-р зураг. Системээр ус тасралтгүй 6 цаг рециркуляци хийгдсэний дараах дээжний давсны талст (а-талстын харагдах байдал; б- арагонит талстын тоо ширхэг, хэмжээ)

Энэхүү 4 дүгээр үе шат нь туршилтын хамгийн өндөр үр дүнтэй үе шат юм. Зураг дээр талстууд үндсэндээ жижиг мөлгөр хэлбэрийн бүтэц рүү бүрэн шилжсэн бөгөөд 42 ширхэг талст тоологдсон байна. Энэхүү талст нь гадаргуутай барьцалдах чадваргүй тул зөөлөн тунадас үүсгэж, усны урсгалаар амархан зайлуулагддаг. Цахилгаан импульсийн (Вулкан-3000) ус боловсруулах арга нь систем дэх карбонатын талстжилтын процесст хэрхэн нөлөөлж буйг ImageJ программаар боловсруулсан өгөгдөл дээр тулгуурлан судлав. Туршилтын явцад талстын талбай, урт ба өргөний харьцаа, дугуй хэлбэр болон нягтрал гэсэн дөрвөн үндсэн үзүүлэлтийг хяналтын (орох ус) дээжтэй харьцуулан авч үзлээ. Ус цахилгаан импульсийн “Вулкан” төхөөрөмжөөр дамжих үед өндөр давтамжийн импульс нь ионуудыг хооронд нь мөргөлдүүлж, маш олон тооны талстжилтын төвүүдийг үүсгэдэг [9]. Хэрэв талбай багасаж байвал талстжилт нь мембраны гадаргуу дээр биш, усны урсгал дунд жижиг мөхлөг хэлбэрээр явагдаж байгааг батална.

Талстын урт ба өргөний харьцаа нь ~ 1.0 байвал кальцит талст нь шоо дөрвөлжин байх бөгөөд арагонит талстын урт ба өргөний харьцаа ихэнхдээ > 3.0 байдаг. Энэхүү харьцаа өсөх тусам цахилгаан импульсийн боловсруулалт нь талстын морфологийг “хатуу” төлөвөөс “зөөлөн” төлөв рүү шилжүүлж байгааг илэрхийлнэ.

Нягтрал нь давсны талст хэр зэрэг цул эсвэл сүвэрхэг байгааг харуулна. Кальцит нь маш нягт, хатуу бүтэцтэй байдаг бол физик аргаар боловсруулсан талстууд нь сүвэрхэг, хэврэг болдог. Нягтрал багасах нь үүсэж буй талстууд мембран дээр наалдсан ч гэсэн “хатуу хаг” болохгүй, маш хэврэг

бүтэцтэй тул цэвэрлэхэд амархан болохыг харуулж байна.

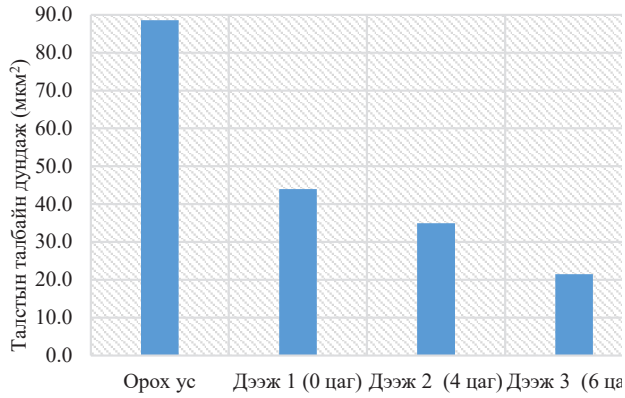
Дугуй хэлбэрийг харуулсэн үзүүлэлт нь талстын геометрийн хэлбэр дүрс хэр зэрэг төгс байгааг илэрхийлдэг. Кальцитын талстуудын тал бүр нь тэгш хэмтэй (шоо) байдаг тул дугуй хэлбэрт ойрхон (1.0-д ойр) байдаг. Дугуй хэлбэрийн утга багасах нь талст өөрийн тэгш хэмт байдлаа алдаж, зүү шиг нарийн, зөв бус хэлбэртэй болж байгааг (арагонит шинж чанар) илтгэнэ. 2-р хүснэгтэд орох ус, дээж 1,2,3-ын нийт тоологдсон талстын дундаж үзүүлэлтийг үзүүлэв.

ТАЛСТЫН ҮЗҮҮЛЭЛТҮҮД

2-Р ХҮСНЭГТ

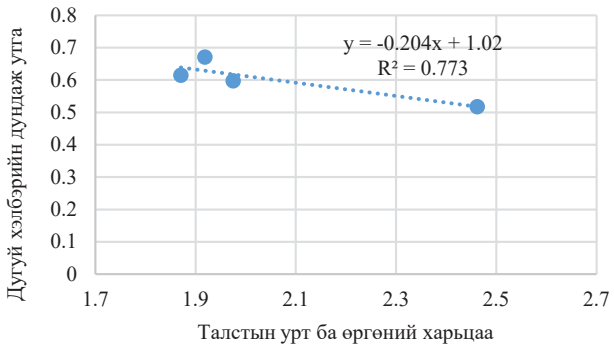
Дээж авсан цэг	Талстын геометр хэмжээсүүд			
	Талстын талбай, мкм^2	Дугуй хэлбэр, нэгжгүй	Урт ба өргөний харьцаа, нэгжгүй	Нягтрал, нэгжгүй
Орох ус	88.58	0.598	1.975	0.802
Дээж 1 (0 цаг)	43.99	0.615	1.871	0.822
Дээж 2 (4 цаг)	34.95	0.517	2.46	0.752
Дээж 3 (6 цаг)	21.46	0.671	1.92	0.764

Хүснэгтээс харахад орох усны талстын талбай 88.58 мкм^2 байснаа дээж 3 дээр 21.46 мкм^2 болж, 75.7%-иар буурсан байна. Энэ нь талстжилт маш жижиг хэсгүүдэд хуваагдаж, сарнисан төлөвт шилжсэнийг харуулж байна. Дээж 2 дээр урт ба өргөний харьцаа хамгийн өндөр утга буюу 2.46-д хүрч, дугуй хэлбэр нь хамгийн бага буюу 0.517 болсон байна. Энэ нь уг үе шатанд талстууд хамгийн их сунасан буюу арагонит бүтэц рүү хүчтэй шилжсэнийг харуулж байна [10]. Туршилтын явцад нягтрал 0.802-оос 0.75-0.76 болж буурсан нь талстууд цул байдлаа алдаж, илүү хэврэг, сийрэг бүтэцтэй болсныг үзүүлж байна. Дараах зураг 6-9-д цахилгаан импульсийн нөлөөгөөр хаг үүсгэгч давсны талстын морфологи, геометрийн хэлбэр зүй болон бүтцэд гарсан өөрчлөлтийг графикаар үзүүлэв.



6-р зураг. Цахилгаан импульсийн боловсруулалтын хугацаанаас хамаарсан талстын талбайн дундаж утгын өөрчлөлт

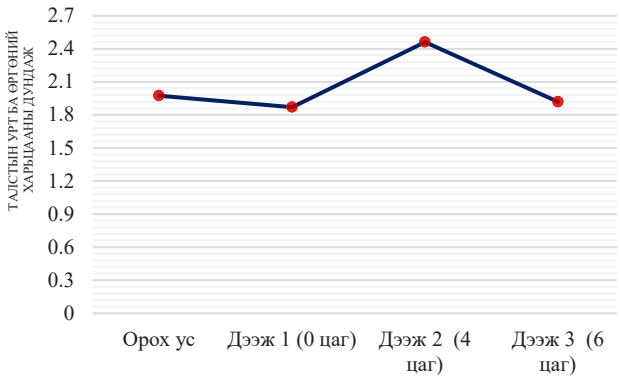
6-р зурагт туршилтын 6 цагийн хугацаанд кальцийн карбонатын талстууд хэрхэн жижгэрч буйг харуулсан дисперс байдлын динамик өөрчлөлт юм. Зургаас харахад цахилгаан импульсийн нөлөө нь талстыг олон тооны бичил хэсгүүдэд хуваах процесст чиглэж байгааг үзүүлж байна.



7-р зураг. Талстын урт ба өргөний харьцаанаас хамаарсан дугуй хэлбэрийн өөрчлөлт

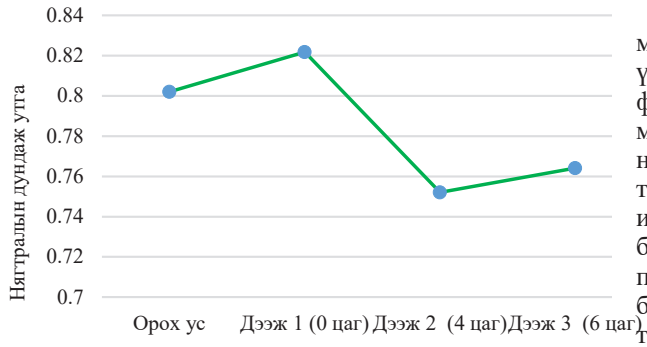
7-р зурагт талст хэрхэн сунаж, арагонит бүтэц рүү шилжиж байгааг харуулсан. Дээж 2 дээрх огцом өсөлт (2.46) нь хэлбэр зүйн шилжилтийн оргил үеийг илэрхийлнэ. Энэхүү өсөлт нь талстууд өөрийн үндсэн шоо дөрвөлжин хэлбэрээ (кальцит) алдаж, сунасан зүү хэлбэртэй (арагонит) болж хувирсныг илтгэнэ [11]. Зүү хэлбэртэй талстууд нь мембраны гадаргууд наалдах чадвар муутай байдаг тул инженерийн шугам сүлжээг хагжилтаас хамгаалах өндөр ач холбогдолтой. Шинжилгээгээр талстын урт ба өргөний харьцаа болон дугуй хэлбэрийн өөрчлөлтийн хоорондох хамаарлын тэгшитгэлийн детерминацийн коэффициент R^2 = 0.773, Пирсоны корреляцийн коэффициент r = -0.879 гарсан байна. Энэ нь цахилгаан импульсийн үйлчлэлээр явагдаж буй талстын дугуй хэлбэрийн өөрчлөлтийн 77.3% нь урт, өргөний харьцааны шугаман хамаарлаас хамаарч буйг илтгэнэ Пирсоны коэффицентийн утга хасах бөгөөд модуль нь 0.8-аас их байгаа нь хоёр хувьсагчийн хооронд нэн хүчтэй сөрөг шугаман хамаарал байгааг илтгэх бөгөөд цахилгаан импульсийн үйлчлэлээр талстын урт, өргөний харьцаа нэмэгдэхэд дугуй хэлбэр нь дагаж буурч байгаа зүй тогтлыг харуулж байна [12].

Дээж 3 дээр талстын урт ба өргөний харьцааны утга эргээд 1.91 болж буурч, дугуй хэлбэр 0.67 болж өссөн нь талстууд хэт жижиг хэмжээтэй болж бутарснаас шалтгаалсан геометрийн тэнцвэржилт гэж үзэж байна. Өөрөөр хэлбэл, Вулкан-3000 төхөөрөмж нь эхний шатанд талстыг сунгаж арагонит бүтэц рүү шилжүүлж, дараагийн шатанд тэдгээрийг маш жижиг идэвхгүй мөхлөгүүд болгон задлан сарниулж байна.



8-р зураг. Хугацаанаас хамаарсан талстын урт ба өргөний харьцаа

Зургаас харахад талстын урт ба өргөний харьцаа туршилт эхэлсэнээс хойш 6 цагийн дараа авсан дээж 3 дээр буурсан нь харагдаж байна. Төхөөрөмж тасралтгүй 6 цаг ажиллах явцад өмнөх шатанд (дээж 2) үүссэн урт зүү хэлбэртэй арагонит талстууд нь цахилгаан импульсийн нөлөөгөөр үргэлжлэн бутарч урт талстууд дундууpаа хугарч, маш жижиг хэсгүүдэд хуваагдсанаар тэдгээрийн урт ба өргөний зөрүү багассан байна . Талст жижиг байх тусмаа геометрийн хувьд мөхлөгт буюу бөөрөнхий хэлбэр рүү дөхдөг тул талстын урт ба өргөний харьцаа эргээд буурсан байна. Үүнийг талстын талбайн хэмжээ дээж 3 дээр багасаж, хамгийн бага утгад хүрснээр баталж болно.



9-р зураг. Талстын нягтралын дундаж утгын өөрчлөлт

Туршилт эхэлснээс хойш 4-н цагийн дараа талст хамгийн их сунасан (4-р зураг) бөгөөд түүний нягтрал 0.82-оос 0.75 болж хамгийн доод цэгтээ хүртэл буурчээ. Талст хэт жижиг болох үед геометрийн хувьд эргээд дугуй хэлбэр рүү дөхдөг тул нягтрал бага хэмжээгээр өссөн нь харагдаж байна.

ДҮГНЭЛТ

Судалгааны хүрээнд хийгдсэн кристаллографийн дүрст боловсруулалт болон талст морфологийн (ImageJ) шинжилгээний үр дүнгүүд нь цахилгаан импульсийн аргаар усны хатуулаг үүсгэгч ионуудыг идэвхгүй мөхлөгт төлөвт шилжүүлэх замаар шугам хоолойн хагжилтыг физик-механик аргаар сааруулах бүрэн боломжтойг баталж байна. Дараах үндсэн үр дүнгүүдийг тогтоов:

1. Талстжилтын дарангуйлал ба дисперс байдал: Цахилгаан импульсийн нөлөөгөөр өндөр эрдэсжилттэй усны талстжилтын төвүүд олноор үүссэний үр дүнд талстын хэмжээ эрс жижгэрч байна. Туршилтын явцад орох усны талстын дундаж талбай 88.57 мкм² байсан бол 6 цагийн тасралтгүй боловсруулалтын дараа 21.45 мкм² болж, 75.7%-иар буурсан нь талстжилтын процессыг үр дүнтэй хязгаарлаж байгааг илтгэнэ.

2. Бичил бүтцийн хувирал ба хэврэгшилт: Талстын нягтрал 0.82-оос 0.75 хүртэл буурсан нь үүсэж буй арагонит талстууд дотоод бүтцэдээ сүвэрхэг, хэврэг шинж чанартай болсныг баталж байна. Ийм бүтэцтэй талстууд нь гадаргууд бэхжих чадвар муутай бөгөөд усны урсгалаар механикаар хялбар зайлагдах боломжийг бүрдүүлж байна.

3. Статистик хамаарал: Кальцийн карбонатын талст морфологийн геометр хэмжээсүүд болох урт, өргөний харьцаа болон дугуй хэлбэрийн хооронд детерминацийн коэффициент R^2 = 0.773 (Пирсоны коэффициент r = -0.879) бүхий нэн хүчтэй сөрөг хамаарал байгааг статистик шинжилгээгээр тодорхойлов. Энэхүү математик зүй тогтол нь цахилгаан импульсийн нөлөөгөөр талстын урт, өргөний харьцаа өсөх тусам түүний дугуй хэлбэр дагаж буурдгийг илтгэх бөгөөд усан дахь хатуулаг үүсгэгч ионууд шоо дөрвөлжин бүтэцтэй кальцитаас зүү хэлбэрт, наалдамхай чанар багатай арагонит фаз руу шилжсэнийг илэрхийлж байна.

4. Кальцийн карбонатын талст морфологийг микро бүтцийн түвшинд (*ImageJ* программаар) тоон үзүүлэлтээр үнэлсэн энэхүү судалгааны үр дүн нь физик боловсруулалтын уламжлалт онолын механизмыг баталгаажуулаад зогсохгүй, Говийн бүс нутгийн өндөр эрдэсжилттэй, сульфат-хлоридын төрлийн усны өвөрмөц нөхцөлд цахилгаан импульсийн технологи нь эсрэг осмосын мембраны бохирдолт болон хагжилтыг бодитоор сааруулдгийг практик туршилтаар нотолж байна. Энэ нь тухайн бүс нутгийн ус бэлтгэлийн систем, тоног төхөөрөмжийн ашиглалтын хугацааг химийн бус аргаар уртасгах онол-практикийн үндэслэл болно.

АШИГЛАСАН МАТЕРИАЛ, НОМ ЗҮЙ

[1] Н. Жадамбаа, Монгол орны гидрогеологи, Улаанбаатар: ШУА-ийн Геологийн хүрээлэн, 2005.

[2] Ж. Батбаяр, Говийн бүсийн газрын доорх усны чанарын судалгаа, Геоэкологийн хүрээлэнгийн бүтээл, №15, тал. 45-52, 2010.

[3] Д. Пүрэвдорж, Усны чанар ба инженерийн байгууламжийн зэврэлт, Улаанбаатар: ШУТИС, 2015.

[4] JICA, Study on Water Resources and Environmental Management in Gobi Region, Final Report, Tokyo, 2013.

[5] H.I. Al-Qahtani, Effect of magnetic treatment on nanocrystal growth of calcium carbonate, Journal of Crystal Growth, 2006.

[6] J. M. D. Coey and S. Cass, Magnetic water treatment, Journal of Magnetism and Magnetic Materials, vol. 209, 2000.

[7] Y.I. Cho, S.H. Lee, Physical water treatment for scale control, Advances in Heat Transfer, vol. 39, 2005.

[8] A. Smith, ImageJ manual for crystal morphology analysis, 2024.

[9] L. Holysz, Effects of a static magnetic field on water and electrolyte solutions, Journal of Colloid and Interface Science, vol. 316, 2007.

[10] K.J. Kronenberg, Experimental evidence for effects of magnetic fields on moving water, IEEE Transactions on Magnetics, vol. 21, 1985.

[11] X.S. Tai, The effect of electromagnetic field on the morphology of calcium carbonate scale, Desalination, vol. 200, 2006.

[12] C.A. Parsons, Assessing the efficacy of non-chemical water treatment devices, Water Research, vol. 31, 1997.

ГОВИЙН БҮСИЙН НУУРУУДЫН АШИГЛАЛТ, ХАМГААЛАЛТЫН АСУУДАЛД

Сандирын БААСАНСҮРЭН

Монгол Улс, Улаанбаатар, ШУТИС, Барилга, архитектурын сургууль, Инженерийн байгууламжийн салбар

Холбоо барих зохиогчийн и-мэйл хаяг: baasansuren.s@must.edu.mn

Хураангуй: Монгол орны говийн бүсийн жижиг, гүехэн, гадагш урсацгүй нуурууд нь жилд 50–150 мм хур тунадас унадаг нэн хуурай орчинд бүс нутгийн усны эргэлт, биологийн олон янз байдал, нүүдлийн шувуудын замын зурвас, малчдын усан хангамж, бичил уур амьсгалын зохицуулалтыг тэтгэж буй стратегийн ач холбогдолтой обьектууд юм. Монгол орны хувьд том ба томоохон нууруудын газарзүй, усны баланс, горим, нуурын хими болон биологийн системийн судалгааг манай эрдэмтэд улам бүр нарийвчлан хийсээр байна. Харин 1.1-50 км^2 талбайтай нууруудын усны горим, хими, түүний экологийн онцлогийг илрүүлэхэд чиглэгдсэн эрдэм шинжилгээний бүтээл өнөө хир үгүй байна. Манай орон бусад орнуудтой харьцуулбал нуурынхаа нөөц, баялгийг бараг ашиглаж эхлээгүй атал нуурын экосистемд учруулсан хохирол нь тун их юм. Түүнчлэн Монгол оронд уур амьсгалын дулаарал маш эрчтэй буюу дэлхийн дунджаас 3 дахин хурдтай дулаарч том, томоохон ихэнх нууруудын усны түвшин сүүлийн 23 жилүүдэд буурсаар байна [Г.Даваа, 2018]. Иймээс дээрх талбайтай жижиг, жижгэвтэр, бага болон багавтар ангилалд ордог нууруудын экосистемийг сэргээх арга хэмжээ авч усны хуримтлал бүрдүүлэх, нийгэм, эдийн засгийн хэрэгцээнд шинжлэх ухааны үндэслэлтэйгээр, хүний хэрэгцээ ба нуурын экосистемийн үйл ажиллагаа хоорондох зохистой харьцааг тогтооож ашиглах ёстой ба цаашид нуурын усны горим, биологи, экосистемийн олон талт судалгааг өргөжүүлэх, ялангуяа урт хугацааны мониторинг, ажиглалтыг хэрэгжүүлэхэд онцгой анхаарах шаардлага тулгарч байна. Энэхүү судалгааны ажлаараа нэг удаагийн хэмжилт, судалгаа, экспедицийн материалыг үндэслэн 19.8 км^2 талбайтай бага нуурын ангилалд орох, говийн бүс нутгийн судалгаагүй нууруудыг төлөөлүүлэн Ихэс нуурыг сонгон усны горим, усны химийн найрлага болон нуурын экологийн онцлогийг тогтоох, нуурын нөхөн сэргээлт, ашиглалтын боломжийг судлах, цаашид нуурын экосистемийн тэнцвэрийг хадгалах суурь судалгааг гаргахыг зорьсон болно.

Түлхүүр үг: Нуурын усны баланс, анхдагч бүтээгдэхүүн, регрессийн тэгшитгэл, химийн найрлага, экологи

I. УДИРТГАЛ

Говь” гэдэг үг нь монгол хэлэнд “усгүй газар” гэсэн утгатай. Гэвч энэхүү усгүй мэт харагдах уудам нутгийн дунд хэдэн арван жижиг, гүехэн нуурууд нэн ховор боловч стратегийн ач холбогдолтойгоор оршдог. Эдгээр нь гадаад орчны өчүүхэн өөрчлөлтөд маш мэдрэмжтэй, экологийн нэн эмзэг, гэхдээ зөв арга барилаар хамгаалбал бүхэл бүтэн бүс нутгийг тэтгэж чадах ‘цэнхэр алт’ юм.

Дэлхийн дундажаар жилд 800 мм хур тунадас унадаг бол Монгол улсад 250 мм, харин Говийн бүсэд ердөө 50–150 мм л унадаг. Чийгшилтийн коэффициент 0.05–0.2 буюу НҮБ-ийн стандартаар нэн хуурай (hyper-arid) ангилалд багтдаг тул байгалийн нөхцлөөрөө нөхөн сэргэгдэх чадваргүй экосистемд хамаарна [9].

Говийн жижиг гадагш урсацгүй нуурууд нь зөвхөн усны нөөц биш — тэр нь хур-бороoны цэнэглэлт, гүний усны тэжээл, биологийн олон янз байдал, малчдын амьжиргаа, цөлийн бичил уур амьсгал, бэлчээрийн чанарыг хооронд нь холбосон ‘гидро-экологийн зангилаа’ юм. Нэг нуурыг хамгаалснаар бүхэл бүтэн ай савыг хадгалдаг.

Монгол орны хувьд их, том ба томоохон нууруудын газарзүй, усны баланс, горим, нуурын хими болон биологийн системийн судалгааг улам бүр нарийвчлан хийсээр байгаа боловч 1.1-50 км^2 талбайтай нууруудын усны горим, хими түүний экологийн онцлогийг илрүүлэхэд чиглэгдсэн судалгаа шинжилгээ өнөөг хүртэл хийгдээгүй байна.

Монгол орны нуурыг овор хэмжээгээр нь [Ж.Цэрэнсодном, 2000]:

1.Маш жижиг (0.1-1.0 км^2); 2. Жижиг (1.1-5.0 км^2); 3. Жижгэвтэр (5.1-10.0 км^2); 4. Бага (10.1-20.0 км^2); 5. Багавтар (20.1-50.0 км^2); 6. Бэсрэг (50.1-100.0 км^2); 7. Томоохон (100.1-500.0 км^2); 8.Том (500.1-1000.0 км^2); 9. Их (>1000.1 км2). Энэ ангиллаар 1.1-50 км^2 талбайд хамаарагдах нуурыудын тоог авч үзэхэд [Г.Даваа, 2018]:

-1.1 км2-тай тэнцүү ба түүнээс их бөгөөд 5.0 км^2-аас бага талбайтай 287 жижиг нуур;

- 5.0 км^2-тай тэнцүү ба түүнээс их бөгөөд 10.0 км2-аас бага талбайтай 75 жижгэвтэр нуур;

-10.0 км^2-тай тэнцүү ба түүнээс их бөгөөд 20.0 км2-аас бага талбайтай 29 бага нуур;

- 20.0 км^2-тай тэнцүү ба түүнээс их бөгөөд 50.0 км^2-аас бага талбайтай 9 багавтар нуур буюу нийт 400 нуур байна.

Эдгээр нуурыудыг нийгэм, эдийн засгийн хэрэгцээнд шинжлэх ухааны үндэслэлтэйгээр, хүний хэрэгцээ ба нуурын экосистемийн үйл ажиллагаа хоорондох зохистой харьцааг тогтоож ашиглах ёстой ба цаашид нуурын усны горим, биологи, экосистемийн олон талт судалгааг өргөжүүлэх, урт

хугацааны ажиглалт мониторинг хэрэгжүүлэхэд онцгой анхаарах хэрэгтэй байна.

Нуурын ус нь нөхөн сэлбэгдэх хугацаагаараа удаан хугацаанд сэлбэгдэх усны нөөцөд хамаарагдах ба энэ хугацаа нуурын хэмжээ, эрдэсжлээс хамаарч 5-300 жил байна [Монгол орны гадаргын ус, 1999].

Дэлхийн агаарын дундаж температур сүүлийн 120 жилд 0.84 градусаар ихэссэн бол манай оронд сүүлийн 70 жилд агаарын дундаж температур 2.25 градусаар дулаарчээ. Дэлхийн дулааралтай холбоотой Монгол орны хур тунадасны хэмжээ ч өнгөрсөн 70 жилд 7.3 хувиар бууран хур тунадас дулааны улиралд 90 орчим, өвлийн улиралд 10 орчим хувь байсан хэв маяг нь сүүлийн 40-50 жилд өөрчлөгдөн, өвөл ордог хур тунадасны хэмжээ нэмэгдэж, дулааны улиралд орох нь багасч сүүлийн 15-20 жилд ган, зудын давтамж ойртон үзүүлж байгаа сөрөг нөлөөлөл нь ч нэмэгдсээр байгаа аж. Олон улсын судлаачид Монгол орон газар зүйн байршил, уур амьсгалын системийн хувьд уур амьсгалын өөрчлөлтөд хамгийн эмзэг 10 орны нэг гэж тодорхойлжээ [БОАЖЯ-ны УАӨГ, А.Энхбат , 2020].

Нэгэнт мөсдөл хайлж, ууршил ихсэж нуур, усан сангийн гадаргаас ууршлаар ус буцалтгүй алдагдах учраас усны нөөцийг ууршил хамгийн бага байх бүсэд усан сан, цөөрөм байгуулах, нууруудад усны хуримтлал буй болгох, гол мөрний усны горимын зохицуулалт хийх хэрэгтэй байна.

Антропоген гаралтай нуурыг шинээр үүсгэх нь тухайн орчны усзүйд чухал эерэг нөлөөтэй боловч байгалийн усзүйн систем, экологийн зүй тогтлыг алдагдуулж болохоор байна [Э.Алтанболд, С.Эрдэнэсүх,. 2020].

Иймд ялангуяа судалгаагүй 0.1-100.0 км^2 талбайтай 3799 нууруудын усны нөөцийг нэмэгдүүлэх, зохистой ашиглах, хамгаалахад усны нөөц, горим, чанарын байнгын хяналт-шинжилгээний мэдээ, мэдээлэл гол үндэс болох тул гадаргын болон газрын доорх усны хяналт-шинжилгээний сүлжээг өргөжүүлэх ажил нэн чухал байна.

Судалгааны зорилго: Говийн бүсийн судалгаагүй, 10.1-20.0 км^2 талбайтай нууруудыг төлөөлүүлэн давстай Ихэс нуурыг сонгон усны горим, усны химийн найрлага болон нуурын экологийн онцлогийг тогтоосноор нуурын нөхөн сэргээлт, ашиглалтын боломжийг судлах, цаашид нуурын экосистемийн тэнцвэрийг хадгалах суурь судалгааг гаргахад оршино.

Судалгааны ач холбогдол: Дээрх судалгаануудын үр дүнг үндэслэн орон нутгийн захиргаа, иргэд, аж ахуй нэгжид нуурын ашиглалт, хамгаалалт, экосистемийн нөхөн сэргээлтийн ажилд зохицуулалт хийх, хяналт тавихад суурь судалгааны ажлын үндэслэл болно.

II. СУДАЛГААНЫ АРГА ЗҮЙ

Судалгаанд хамрагдсан Ихэс нуурын усан мандлын талбайн өөрчлөлт, хэлбэлзлийг 1987-2026 он хүртэлх хугацааг хамрах Landsat 8 хиймэл дагуулын 30 метрийн нарийвчлал бүхий сансрын зургуудыг (https://earthexplorer.usgs.gov/) татаж боловсруулалт хийх замаар нуурын усан мандлын талбайг тооцож гаргасан. Сансрын зургийг боловсруулсны дараа тухайн талбайн 1: 100 000 мастшабын топо зурагтай нь тулган талбайн тооцоог баталгаажуулсан болно. Мөн нууруудын усны балансын хөдлөл зүйг физик газарзүйн нөхцөл болон уур амьсгалтай нь холбон судалж усны балансын орлого зарлагын элементүүдийн хэмжээг тогтоож усны горимыг тодорхойллоо.

Ихэс нуурын усны химийн найрлага бүрэлдэх зүй тогтол, чанар найрлагыг тооцох шугаман тэгшитгэлүүдийг гаргаж, абиотик хүчин зүйлээр энэ нуурын анхдагч бүтээгдэхүүн, зарим планктон амьтан, ёроолын амьтан, загасны байж болох зүйлийн тоонд үнэлгээ өгч улмаар нуурын экосистемийн экологийн ангилал хийсэн.

1. Нуурын усны баланс

Нуурын усны балансын тэгшитгэлийг дараах байдлаар илэрхийлж болно: [З.А.Викулина, 1974].

$$\frac{dS}{dt} = P - E - U_{g.w_0} + U_{g.w} + U_{s.w} \qquad (1)$$

Үүнд:

dS/dt – t хугацаанд өөрчлөгдөх нуурын усны үеийн зузаан, мм

P – нуурын мандалд унах хур тунадас, мм

$U_{s.w}$– нуурт цутгах гадаргын урсац, мм

$U_{g.w}$– нуурт гүнээр орох урсац, мм

$U_{g.w_0}$– нуураас гүнээр гарах газрын доорх урсац, мм

E – нуурын гадаргаас ууршх усны хэмжээ, мм

Нуурын усны балансын онцлог бүрдлийг харгалзан нууруудыг тэжээлийн хэв шинжээр нь доорх 4 ангилалд багтааж болно:

1. дан ганц хур бороогоор тэжээгддэг нуур;
2. цутгал голын урсацаар тэжээгддэг нуур;
3. хөрсний усаар тэжээгддэг нуур;
4. холимог тэжээлт нуур.

2. Нуурын усны химийн найрлага

Нуурын усны химийн найрлага бүрдэж бий болох үйл явц нь нуурын сав газрын хотгор, гүдгэр, геологийн тогтоц, хөрс, ургамал, уур амьсгал, ус зүйн болон бусад багц хүчин зүйлсээр тодорхойлно. Нуурын усны эрдэсжилийн горим нь үндсэндээ тухайн нуурын усны солилцооны хурдаар тодорхойлогдоно. Үүний нэг тод илрэл нь гадагш урсгалтай бүх нуур цэнгэг устай байна. Нуурын усны солилцоо удаан байдгаас болж химийн найрлага нь гүнээсээ хамааран харилцан адилгүй байдаг нь нуурын усны химийн горимын хамгийн чухал онцлог шинж чанарын нэг юм. Нуурын усны

үндсэн ионуудын найрлага нь эрдэсжилтээс шууд хамааран янз бүр байна.

Нууруудыг усны эрдэсжилтээр нь 3 ангилжээ [О.А.Алекин, 1970]. Үүнд:

1. 1 г/л хүртэл эрдэсжилттэй цэнгэг нуур;

2. 1-3.5 г/л хүртэл эрдэсжилттэй давстайвтар нуур;

3. 3.5 г/л-ээс их эрдэсжилттэй давстай нуур.

3. Нуурын экологи

Анхдагч бүтээгдэхүүн. Анхдагч бүтээгдэхүүн бол фитопланктоны өсөлтийн хэмжээ бөгөөд 1 м2 талбайд нэгж хугацаанд үүсэж бий болох нүүрстөрөгч эсвэл ккал тэжээлийн нэгжээр илэрхийлэгддэг. Энэ нь усан дахь органик бодисын эх үүсвэр болно.

Анхдагч бүтээгдэхүүн болон нуурын планктон, ёроолын амьтан, загасны хувьслыг олон гишүүнт регрессийн тэгшитгэлээр бодлоо. Монгол орны уулархаг нутагт байрласан нуурын усны дулаан, шим бодисын хангамж бага, хүйтэн, цэнгэг устайгаас шалтгаалан түүний амьдралын анхдагч бүтээгдэхүүний хэмжээ багасдаг байна [Г.Даваа, 1996].

Анхдагч бүтээгдэхүүнээс хамааруулан нуураас жилд барьж ашиглаж болох загасны хэмжээг тодорхойлов [В.В.Бульон, Г.Г.Винберг нар (1981)].

Олон эрдэмтдийн үзэж байгаагаар усан орчны хамгийн тохиромжтой нөхцөл гэдэг нь усанд хамгийн олон зүйлийн ургамал амьтан амьдрах нөхцлийн хэлнэ [Арманд А.Д, Долгин И.Д.,1983].

Нууруудын экологийн ангилал. Анхдагч бүтээгдэхүүний хэмжээгээр нь экологийн ангилал хийж болно. Үүнд:

- ядмаг шимт (300ккал/м2 жил хүртэл);
- дунд шимт (300 -750ккал/м2 жил);
- их шимт (750-10000ккал/м2 жил).

III. СУДАЛГААНЫ ҮР ДҮН

Бага ангиллын Ихэс нуур нь Говь-Алтай аймгийн Дарви сумын нутагт тектоник хотост 46°27'31.82"N 94° 3'16.43"E газарзүйн солбилцолд далайн түвшнээс дээш 1604 м өндөрт оршино. 19.8 км^2 талбайтай, 6.4 км урт, 3.9 км өргөн, усны гүн 1.7 м, эзэлхүүн 11.4 сая м3, 7-р сарын усны температур 25.10С -29.20С, 10 дугаар сараас 6 дугаар сар хүртэл хөлддөг.

ИХЭС НУУРЫН ДҮРС ЗҮЙН ҮЗҮҮЛЭЛТҮҮД БА ЭРДЭСЖИЛ

1-Р ХҮСНЭГТ

Нуурын нэр	Өндөр, м	Нуурын талбай, км^2	Нуурын урт, км	Нуурын гүн, м	Нуурын эзэлхүүний эрдэсж	
				Дундаж	Хамгийн их	
Ихэс	1604	19.8	6.4	3	3.9	0.01	155.4

Нуурын усан мандлын талбайн өөрчлөлтийг тодорхойлохдоо 1970 оны 1:100000 масштабтай болон Landsat 8 хиймэл дагуулаас авсан 1987, 1993, 2000, 2003, 2009, 2011, 2014, 2017, 2020, 2023, 2026 онуудын зургууд дээр ArcGis 10.8 программыг ашиглан байр зүйн холболт хийн нуурын талбайн өөрчлөлтийг тодорхойлов.

Зураг 1. Ихэс нуурын мандлын талбайн өөрчлөлт

Landsat 8 хиймэл дагуулаас авсан дээрх онуудын мэдээнүүдээр нуурын мандлын талбайн өөрчлөлтийг илүү тод харуулахын тулд эхний зураг дээр нийт 11 оны өөрчлөлтийг, дараагийн зурагт 2011-2026 оны хүртэлх гурав, гурван жилийн өөрчлөлтийг харуулав. Ихэс нуурын усан мандлын талбайн өөрчлөгдсөн шалтгааныг нуурын усны балансын хөдлөл зүйтэй холбон үзэж байна(Зураг 2).

Зураг 2. Ихэс нуурын мандлын талбай, хур тунадас

Нуурын нэр	Орлого			Зарлага		Зонхилох тэжээл
	Тунадас, Р (%)	Цуттал голын урсацUs.w,(%)	нуурт орж буй гүний урсац, Ug.w,(%)	Ууршилт, Е(%)	Нуураас гарч буй гүний урсац, Ug.wo(%)	
Ихэс	41.9	5.8	52.3	100	-	Хөрсний ус

ИХЭС НУУРЫН УСНЫ БАЛАНС

2-Р ХҮСНЭГТ

ИХЭС НУУРЫН ҮНДСЭН ТЭЖЭЭЛ

3-Р ХҮСНЭГТ

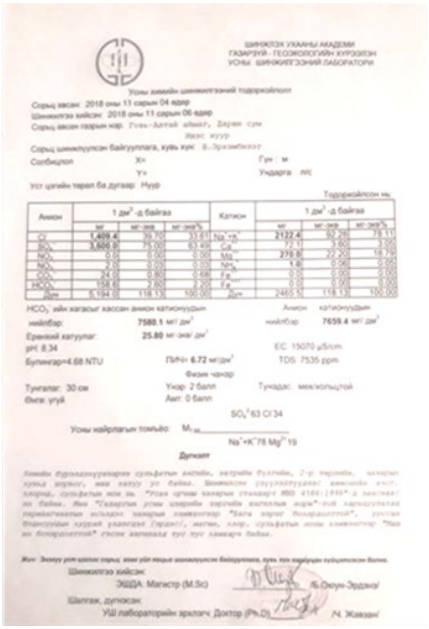
Нуурын нэр	Орлого			Зарлага	
	Тунадас, Р (мм)	Цуттал голын урсацUs.w,мм	нуурт орж буй гүний урсац, Ug.w,мм	Ууршилт, Е(мм)	Нуураас гарч буй гүний урсац, Ug.wo,мм
Ихэс	180	25	225	432	-

Ихэс нуурын усны үндсэн ионыг тодорхойлохдоо Н.Цэндийн усны үндсэн ион, эрдэсжилтийн хамаарлын графикийг ашиглан доорх хүснэгтийг боловсруулав. О.А.Алекины ангиллаар тус нуурын ус нь давстай нуурт хамаарагдах “Монгол орны нуурын каталоги” номонд (Ж.Цэрэнсодном,2000) Ихэс нуурын эрдэсжилт нь 155.36 г/л байгаа нь дээрх ангиллаас 0.55 г/л –ийн зөрүүтэй буюу ойролцоо гарсан байна.

ИХЭС НУУРЫН ХИМИЙН НАЙРЛАГА

4-Р ХҮСНЭГТ

Нуурын нэр	Үндсэн ионууд						∑Иеронхий эрдэсжилт
	Катион			Анион			
	Na^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	
	мг/л	мг/л	мг/л	мг/л	мг/л	мг/л	мг/л
Ихэс	7930.2	263.24	402.71	25653.8	38178.3	9553.06	154819.32



Зураг 3. Ихэс нуурын усны химийн шинжилгээний дүн

Газарзүй-Геоэкологийн хүрээлэнгийн усны шинжилгээний лабораторит 2018 оны 11 сарын 4-ны өдөр Ихэс нуурын усыг шинжлүүлэхэд <<Химийн бүрэлдэхүүнээрээ сульфатын ангийн, натрийн бүлгийн, 2-р төрлийн чанарын хувьд шорвог,маш хатуу ус байна. Шинжилсэн үзүүлэлтүүдээс аммонийн азот, хлорид, сульфатын ион нь “Усан орчны чанарын стандарт MNS 4566:1998”-д зааснаас их байна. Мөн “Гадаргын усны цэврийн зэргийн ангиллын норм”-той харьцуулахад перманганатын исэлдэх чанарын хэмжээгээр “Бага зэргийн бохирдолттой”, ууссан бодисуудын хуурай үлдэгдэл/эрдэс/, магни, хлор, сульфатын ионы хэмжээгээр “Маш их бохирдолттой” гэсэн ангилалд тус тус хамаарч байна гэсэн>> дүгнэлтийг өгсөн.

ИХЭС НУУРЫН ЭКОЛОГИЙН АНГИЛАЛ

5-Р ХҮСНЭГТ

Нуурын нэр	Анхдагч бүтээгдэхүүний хэмжээ, к.кал/м^2 жил	Нуурын усны температур,°С	Эрдэсжил, г/л	Экологийн ангилал
Ихэс	33.1	12.1	154.8	*ядмаг шимт*

IV. НУУРЫН АШИГЛАЛТ, ХАМГААЛАЛТ

Монгол орны нуур асар их баялагтай боловч маш хангалтгүй ашиглагддаг. Нуурын үндсэн баялаг нь

цэнгэг ба эрдэст ус, ус-намгийн ургамал, амьтад, эрчим хүч, зам тээвэр, барилгын материал, эрдэс давс, хужир шүү, анагаах хурдас шавар бөгөөд амралт сувилал, аялал жуучлал, загасны аж ахуй, газар тариаланд нэн тохиромжтой.

Тухайн нуурыг, усны горим, усны химийн найрлага болон нуурын экологийн онцлогт тохируулж зүй зохистой ашиглах нь хамгаалах үндэс болно. Тухайлбал, судалгааны үр дүнгээс үзэхэд Говь-Алтай аймгийн Дарви сумын орон нутгийн захиргаа, иргэд, аж ахуй нэгж Ихэс нуурын давсыг хүйтний улиралд зам, талбайд цацах зорилгоор олборлож болох ба харин малын усалгаанд тохиромжгүй нь дараах хүснэгтээс харагдаж байна.

МАЛ УСАЛГААНЫ УСНЫ ЧАНАРЫН ҮЗҮҮЛЭЛТ

6-Р ХҮСНЭГТ

Үзүүлэлт	Хэмжих нэгж	Бог мал		Бод мал		Ихэс нуурын ус
		Нас гүйц сэн	Төл мал	Нас гүйц сэн	Төл мал	
Ерөнхий эрдэсжил	мг/л	2400	1800	5000	3000	**155.35**
Хлор		600	400	2000	1500	**1409.4**
Сульфат		800	600	2400	1700	**3600**
Ерөнхий хатуулаг		25.3		25.3		**25.8**

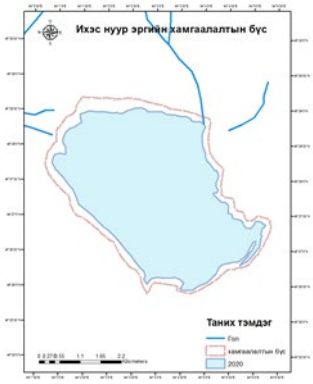
Ихэс нуурыг хамгаалах арга хэмжээнд дараах хувилбарыг санал болгож байна:

Хувилбар: Хамгаалалтын бүс тогтоох ба хамгаалалтын хашаа байгуулах

Ихэс нуурын ус малын усалгаанд тохиромжгүй тул мал орохоос сэргийлэх улмаар нуурын усыг органик бохирдол болох амьтны гаралтай бохирдлоор бохирдуулахгүй байх нь зүйтэй. Органик бохирдлын үндсэн элемент нь азот байх ба энэ нь төрөл бүрийн нян, ялангуяа халдварт өвчний нян үүсэх нөхцлийг бүрдүүлдэг аюултай юм.

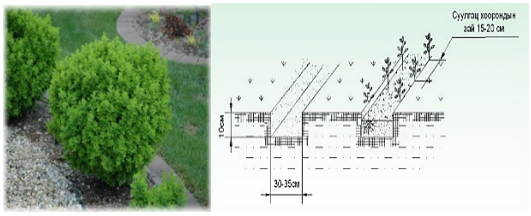
Усны эх, ундарга, нөөцийг хомсдох, бохирдохоос хамгаалах, хүн амыг үер усны аюулаас сэргийлэх зорилгоор усны сан бүхий газар, усны эх үүсвэрт хамгаалалтын бүс тогтооно [БОАЖЯ,ЭМЯ-ны сайдын 2009 оны 51/75дугаар хамтарсан тушаалын 1-р хавсралт].

Нуурын хамгаалалтын хашаа 150-500м буюу хязгаарлах бүсээр татахаар төлөвлөв. Хамгаалалтын хашаа шар хуайсаар (биохашаа) хийх ба уг модыг 10см-ийн зайтай 3 үеэр /үе хоорондын зай 10см / тарина. Суулгасан тарьцыг 3 жилийн дараа бүрэн ургаж гүйцтэл төмөр торон хашаагаар гадуур нь хашиж өгнө.



Зураг 4. Ихэс нуурын хязгаарлах бүс

Шар хуайс нь олон наст, 4-7 м өндөртэй бут ба ургалтын хурдаараа дундаас хурдан ургалттай модны тоонд багтдаг. Тав, зургаадугаар сард цэцэглэх ба цэцэг нь шар өнгөтэй, анхилуун үнэртэй байдаг. Үр нь буурцаг ба хонхорцогт олноороо байрлана. Үр жимс нь долдугаар сард боловсроно. Шар хуайс нь өргөн тархсан чимэглэлийн ургамал бөгөөд тайралт, хяргалтыг маш сайн даадаг учир амьд хайс, хашлага хийхэд ашигладаг. Мод нь хүрэн голчтой байдаг бөгөөд маш бөх бат, уян чанартай учир жижиг модон бүтээлүүдийг хийхэд ашиглагдаг. Залуу мөчрөөр нь саг сүлждэг. Шар хуайсыг мөн элсний нүүдлийг зогсооход болон хажуу, налуу газрыг нуралтаас сэргийлж бэхлэхэд ашиглана. Шар хуайсыг тарихдаа мод үржүүлгийн газарт ургуулсан 50-60 см өндөртэй суулгацыг шилжүүлэн суулгах ба ихэвчлэн суваг ухаж эгнүүлэн суулгаж амьд/био/ хашлага болгон тарьж болно. Суулгацыг сувганд тохируулан үндэс нь нугларахааргүй суулгасны дараа сувгаас шорооны дээд ирмэг хүртэл дор хаяж 10 см зай үлдэхээр бодож гүнийг тохируулан ухна.



Зураг 5. Сувганд суулгац суулгах бүдүүвч

Сувгийн өргөн нь хожим бий болох хашлаганы өргөнөөс хамаарах ба суваг дотор 2 эгнээгээр суулгана гэж тооцсон тул 30-35 см өргөнтэй ухна. Сувгийн ёроолоор үржил шимт хар шороо дэвсэж өгсний дараа үндсийг хатаахгүйн тулд боодолтой суулгацаасаа бага багаар салгаж авч мод, сөөгний хоорондын зай 15-20 см байхаар суулгана. Шар хуайсыг зуны бороотой золготол усалж байх шаардлагатй. Усалгааны доод хэмжээ нэг модонд 30-40 литр байна.

Дүгнэлт

1. Ихэс нуурын хувьд зонхилох тэжээл нь хөрсний ус байна. Энэ нь гадаргын болон гүний усны хуримтлал, ууршилтын замаар уур амьсгалд буцах нөөц гэдгийг харуулж байна. Нуурын усан мандлын талбайн өөрчлөлтийг уур амьсгалын үзүүлэлтүүдийн хугацааны өөрчлөлттэй хамааруулж нарийвчлан үзэх нь зүйтэй.

2. О.А.Алекины Ихэс нуур давстай устай нуурт хамаарагдаж байна. Энэ нь Ихэс нуурын химийн шинжилгээний дүнтэй таарч байна. Цаашид байнгын хэмжилт, мониторинг хийх шаардлагатай.

3. Экологийн ангиллаар Ихэс нуур ядмаг шимт нуурт хамаарагдаж байгаа нь уг нуурын экосистем эмзэг болохыг илтгэж байна.

4. Цаашид энэхүү судалгааны ажил нь нуурын ашиглалт, хамгаалалт болон нөхөн сэргээлтийн ажлыг хийх, хяналт тавихад суурь судалгаа болох юм. Мөн Ихэс нуурын усны ууршилтын алдагдлыг бууруулах, хамгаалах үүднээс биохашаа(шар хуайс)-аар хязгаарлах бүсийг байгуулж өгөх нь илүү оновчтой болно.

5. Говийн жижиг нуурууд бол Монголын ирээдүйн усны менежментийн ‘шалгалтын талбар’ юм. Эдгээрийг сэргээснээр бид Үндэсний усны аюулгүй байдал, биологийн олон янз байдал, бэлчээрийн тогтвортой байдал, хариуцлагатай уул уурхай, шороон шуурга саатуулах, чийгшил нэмэх, палео-уур амьсгалын архив, изотопын лабораторийн судалгаа зэрэг олон асуудлыг шийднэ. ‘Усгүй газар’ гэж нэрлэгдсэн Говь маань үнэн хэрэгтээ ‘ус нь нуугдсан газар’ юм. Бид түүнийг олж, хадгалах ёстой.

Ашигласан материал, ном зүй

[1] Монгол орны гадаргын усны нөөц горим, Улаанбаатар: Адмон принт, 2015.

[2] Б.Жамбаажамц, Монгол орны уур амьсгал, Улаанбаатар: Хэвлэх үйлдвэр, 1990.

[3] БОАЖЯ,ЭМЯ-ны сайдын 2009 оны 51/75дугаар хамтарсан тушаал

[4] А.Дулмаа, Дорнод Монголын нууруудын планктон, ургамал, амьтан. БУХ, ЭШБ. 1968.

[5] Монгол орны гадаргын ус, Улаанбаатар: Адмон принт, 1999.

[6] БОАЖЯ, Хөгжлийн түлхүүр ус, Улаанбаатар: Хэвлэх үйлдвэр, 2018.

[7] Х.Жалбаа, Д.Цогнамсрай, Харгана тарьж ургуулах гарын авлага, Улаанбаатар: Мөнхийн үсэг, 2010.

[8] А.Дулмаа, Нуурын амьдрал, Улаанбаатар: Хэвлэх үйлдвэр, 1985.

[9] Ж.Цэрэнсодном, Монгол орны нууруудын каталоги, Улаанбаатар: Мөнхийн үсэг, 2000.

[10] С.Баасансүрэн, Монгол орны бага болон багавтар нууруудын экологийн асуудалд, нэг сэдэвт бүтээл Улаанбаатар: 1996.

[11] Steve McComas, Lake and Pond Management, CRC Press, Guidebook, 2003.

[12] Brian Moss, Ponds and small Lakes, pelagic publishing, handbook, 2017

НАРНЫ ЦАХИЛГААН СТАНЦЫН САМБАР ЦЭВЭРЛЭСЭН УСЫГ УРГАМАЛ УРГУУЛАХАД ДАХИН АШИГЛАХ БОЛОМЖИЙН СУДАЛГАА

Өлзийхутагийн ЭНХ-АМАР[1], Лувсандоржийн БАТМЭНД[2]

[1]Монгол Улс, Улаанбаатар, ШУТИС, Эрчим хүчний инженерчлэлийн сургууль, Дулааны хангамж, автоматжуулалтын тэнхим

[2]Монгол Улс, Улаанбаатар, Улаанбаатар дулааны сүлжээ ТӨХК

Холбоо барих зохиогчийн и-мэйл хаяг: enkhamar3021@gmail.com

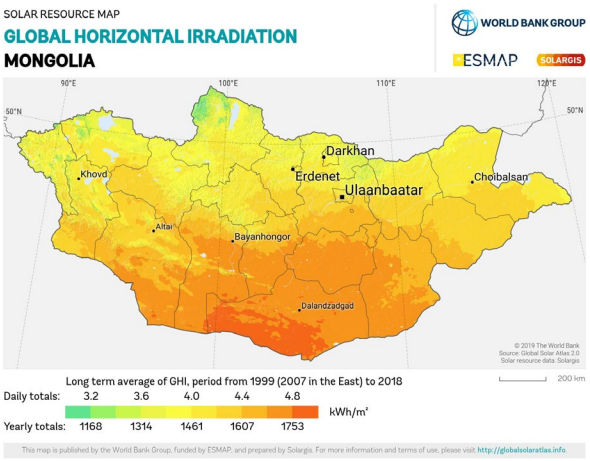
***Хураангуй:** Монгол улсын газар нутгийн 70 гаруй хувийг хамрах говь цөлийн бүс нь нарны эрчим хүчний асар их нөөцтэй боловч хур тунадас бага, цөлжилт өндөр, шороон шуурга ихтэй экологийн эмзэг бүс юм. Сүүлийн жилүүдэд говийн бүсэд олон томоохон нарны цахилгаан цахилгаан станц байгуулагдаж, цаашид Засгийн газрын бодлогоор хэдэн зуун МВт-ын төслүүд хэрэгжихээр төлөвлөгдсөн. Гэвч нарны цацраг хүлээн авах хэсэгт тооcжилт нь эрчим үйлдвэрлэлийн АУК-г 15-40 хувиар бууруулах ба тогтмол цэвэрлэгээ зайлшгүй шаардлагатай болдог. Үүний зэрэгцээ хуурай нөхцөлд цэвэрлэгээнд их хэмжээний ус хэрэглэх нь усны нөөцийг илүү ихээр ашиглана. Энэхүү судалгаагаар Өмнөговь аймгийн Ханбогд сумын 50 МВт-ын нарны цахилгаан станцын төслийг жишээ болгож, долоо хоног тутамд хийгдэх самбар цэвэрлэгээний усыг (жилд ~46,000-60,000 м³) дусал усалгааны системээр станцын талбайд нутгийн уугуул ургамал (хармаг, заг, бударгана) ургуулахад дахин ашиглах боломжийг тооцоолон үнэлэв. Тооцоогоор уг арга нь 30-35 га талбайг ногооруулах, ургамлын бүрхэц 10-15 хувиар нэмэгдүүлэх, мөн самбар орчны тоосжилтыг бууруулж эргэн АУК-г тогтворжуулах эергээр нөлөөлөх боломжтой нь тогтоогдов.*

***Түлхүүр үг:** нарны цахилгаан станц, самбар цэвэрлэгээ, усны дахин ашиглалт, цөлжилттэй тэмцэх, дусал усалгаа*

I. УДИРТГАЛ

Дэлхий нийтийг хамарсан уур амьсгалын өөрчлөлт, эрчим хүчний асуудал нь сэргээгдэх эрчим хүчний эх үүсвэрийг хөгжүүлэх шаардлагыг үүсгэж байна. Нарны фотовольт (PV) цахилгаан үйлдвэрлэлийн дэлхийн нийт суурилагдсан хүчин чадал 2017 онд 402.5 ГВт байсан бол 2022 онд 1185 ГВт болж таван жилийн дотор гурав дахин нэмэгдсэн нь үүний илрэл юм [1].

Монгол улсын газар нутгийн 70 гаруй хувийг тал хээр, говь цөлийн бүс эзэлдэг бөгөөд нар гийгүүлэх хугацаа жилд 2600-3300 цаг, нарны цацрагийн жилийн нийт хэмжээ 1400-1900 кВт.ц/м²-д хүрдэг нь нарны эрчим хүчний асар их нөөц байгааг харуулдаг [2]. Энэхүү нөөцийн хамгийн өндөр түвшинтэй бүс нутаг бол Өмнөговь, Дорноговь, Говь-Алтай зэрэг өмнөд зүгт орших аймгуудын нутаг бөгөөд хэвтээ гадаргуу дээрх нарны нийт цацрагийн (GHI) утга 1607-1753 кВт.ц/м² буюу хоногт 4.4-4.8 кВт.ц/м²-ийн түвшинд хүрдэг (1-р зураг) [3].



1-р зураг. Монгол улсын хэвтээ гадаргуу дээрх нарны цацрагийн (GHI) орон зайн тархалт [3]

Сүүлийн арван жилд Монгол улсад хэд хэдэн томоохон нарны цахилгаан станц барьж ашиглалтад оруулсан. Эхний станц болох Дархан-Уул аймгийн 10 МВт-ын нарны станц 2017 онд ашиглалтад орсон бөгөөд жилд 15.2 сая кВт.ц цахилгаан үйлдвэрлэдэг [4]. Үүний дараа Дорноговь аймгийн Замын-Үүд суманд "Гэгээн" (15 МВт), "Эрдэнэ" (нийт 30 МВт) станцууд, Сайншанд суманд "Говь нарны цахилгаан станц" (30 МВт, 714,000 м² талбайтай), Говь-Алтай аймагт "Сэрвэн" станц зэрэг олон төсөл амжилттай хэрэгжсэн [5]. Цаашид Өмнөговь аймгийн Ханбогд суманд төлөвлөгдсөн 50 МВт-ын нарны цахилгаан

станц болон бусад томоохон бүтээн байгуулалтууд хэрэгжих хүлээгдэж байна.

Гэвч энэхүү боломжийг бүрэн дүүрэн ашиглахад хэд хэдэн сорилт тулгардаг. Нэгдүгээрт, говь цөлийн уур амьсгалд PV самбар дээр тоосжилт хурдан хуримтлагдаж эрчим хүчний үйлдвэрлэлийн АҮК-г ихээхэн бууруулдаг. Хоёрдугаарт, цэвэрлэгээнд их хэмжээний ус шаардагдах боловч энэ бүсэд усны нөөц нэн хомс байдаг. Эдгээр асуудлыг шийдэхийн тулд цэвэрлэгээний усыг дусал усалгааны системээр ургамал ургуулахад дахин ашиглах нь "нарны эрчим хүч + цөлжилттэй тэмцэх + усны хэмнэлт" гэсэн хосолсон шийдлийг бий болгох боломжтой юм.

Хятад улсын туршлагаас үзвэл, говь цөлийн бүс нутагт байгуулагдсан томоохон нарны цахилгаан станцууд нь дан ганц эрчим хүч үйлдвэрлэхээс гадна цөлжилттэй тэмцэх, ургамлын тархац нэмэгдүүлэх эрэгүр дүнг үзүүлж байна[6,7]. Тухайлбал, Wang нарын (2024) хийсэн 40 станцын талбайн судалгаагаар, нэмэлт арга хэмжээ авалгүйгээр зүгээр PV систем суурилуулсан төслүүдэд хүртэл ургамлын бүрхэц 74 хувиар нэмэгдсэн ба сайн зохион байгуулагдсан "PV + ургамал" хосолсон загвар ашигласан станцуудад ургамлын бүрхэц 14.53 хувь хүртэл өссөн нь тогтоогдсон [7].

Энэхүү судалгааны зорилго нь Өмнөговь аймгийн Ханбогд сумын 50 МВт-ын нарны цахилгаан станцын төслийг жишээ загвар болгож, долоо хоног тутмын самбар цэвэрлэгээний усыг ургамал ургуулахад дахин ашиглах техник-эдийн засгийн боломжийг тооцоолон үнэлэхэд оршино.

II. Обьектийн тухай

Тооцооны жишээ объектоор Өмнөговь аймгийн Ханбогд сумын нутагт төлөвлөгдсөн 50 МВт-ын нарны цахилгаан станцын төслийг сонгов[8]. Тус төсөл нь Монгол улсын говийн бүсэд хэрэгжих хамгийн томоохон нарны төслүүдийн нэг бөгөөд GHI 1700-1750 кВт.ц/м²/жил утгатай бүсэд байрладаг.

Өмнөговь аймгийн нутаг дэвсгэр нь Төв Азийн хуурай, хуурайдуу говь цөлийн бүсэд багтах бөгөөд далайн түвшнээс дээш 1300-1600 м-ийн өндөрт оршдог. Эх газрын хуурай сэрүүн эрс тэс уур амьсгалтай тус аймгийн жилийн нийт хур тунадас 40-90 мм-ийн хооронд хэлбэлздэг бөгөөд агаар нэн хуурай, салхи ихтэй, шороон шуургатай өдрийн тоо олон байдаг онцлогтой [9]. Ханбогд сумын жилийн дундаж хур тунадас ойролцоогоор 80-100 мм бөгөөд хур тунадасны 85 хувь нь 5-9 сард ордог. Сүүлийн мэдээгээр Өмнөговь аймгийн нийт нутаг дэвсгэрийн 80 гаруй хувьд цөлжилт явагдсан байна [10]. Шороон шуурга нь говийн бүсэд жилд дунджаар 38 өдөр тохиолддог [9].

Ханбогд сумын газар нутагт хармаг (Nitraria sibirica), заг (Haloxylon ammodendron), бударгана (Caragana spp.), баглуур, шаваг (Artemisia spp.), чихэр өвс (Glycyrrhiza uralensis) зэрэг говийн уугуул ургамлууд ургадаг бөгөөд ургамлын бүрхэц 10 хувиас бага байдаг [11].

III. Судалгааны арга зүй

1. Тоосжилтын PV самбарын АҮК-д үзүүлэх нөлөө

Олон улсын судалгаанаас үзвэл хуурай, цөлжүү бүс нутагт PV самбар дээр тоосжилт хуримтлагдсанаар оптик дамжуулалт буурч цахилгаан эрчим хүчний АҮК нь нөхцөл байдлаас хамаарч 10-40 хувиар буурдаг [12]. Иракийн Багдад хотын турших туршилтаар тоосжилтын улмаас АҮК-н бууралт өдөрт 6.24 хувь, долоо хоногт 11.8 хувь, сард 18.74 хувь хүртэл нэмэгдсэн байна [12]. Саудын Араб улсад 1 сарын дотор 33.5 хувийн АҮК-ийн бууралт ажиглагдсан [13]. Мароккогийн хагас хуурай бүсийн жишээн дээр Abraim нар (2022) PV самбарын өдрийн дундаж оптик алдагдал 0.24%/өдөр буюу сард 7.2 хувь орчим байсан ба сар бүрийн цэвэрлэгээний давтамжтай үед жилийн нийт алдагдал 1.95 хувь хүртэл байсан [14].

Хятадын Тэнгэр, Бадан Жаран цөлийн нарны станцуудын талбайн судалгаагаар үндсэн цэвэрлэгээний давтамж нь жилд 7-8 удаа буюу ойролцоогоор сар бүр хийгддэг байна [7]. Гэвч Өмнөговийн нөхцөлд жилд 38 өдөр шороон шуурга, 80 хувийн цөлжилттэй бүсэд цэвэрлэгээний давтамжийг нэмэгдүүлэх шаардлагатай нь олон судалгаанаас харагдаж байна [13, 15]. Иймд энэхүү судалгаанд цэвэрлэгээний давтамжийг долоо хоног тутамд (жилд 52 удаа) гэж тогтоов.

2. Цэвэрлэгээний усны хэрэглээний тооцоо

Тооцоонд дараах үндсэн параметрүүдийг ашиглав: суурилуулсан хүчин чадал 50 МВт, нэг МВт-д ноогдох панелийн тоо (450 Вт-ын панелтай) ~2,222 ширхэг, иймд нийт панелийн тоо ~111,000 ширхэг. Олон улсын Цэвэр эрчим хүч, байгаль орчин, ус судлалын зөвлөл (CEEW)-ын стандартаар хуурай газрын нөхцөлд нэг панелийг цэвэрлэхэд 7-8 литр ус шаардлагатай (8 л-ээр авч тооцов) [16]. Цэвэрлэгээний давтамжийг долоо хоног тутамд (жилд 52 удаа) гэж тогтоосон.

Нэг удаагийн цэвэрлэгээний усны хэрэглээ:

$$W = 111{,}000 \times 8 = 888{,}000\ л \approx 888\ м^3 \quad (1)$$

Жилийн нийт хэрэглээ:

$$W_{жил} = 888 \times 52 = 46{,}176\ м^3/жил \approx 46{,}000\ м^3/жил \quad (2)$$

Хэрэв тоосжилт илүү хүчтэй сард (4-5 сарын шороон шуурга) долоо хоногт 2 удаа цэвэрлэх шаардлагатай болвол нийт хэрэглээ ойролцоогоор 60,000-65,000 м³/жил хүрэх боломжтой. Энэхүү судалгаанд дунджаар жилд 50,000-60,000 м³ ус хэрэглэгдэнэ гэж үзэв.

3. Хур ус хураалтын нэмэлт нөөц

50 МВт-ын станцын талбай ойролцоогоор 150 га (1,500,000 м²) байх ба үүний 60 хувийг PV

панелийн гадаргуу эзэлдэг гэж тооцов. Өмнөговийн дундаж хур тунадас 80 мм/жил байгаагаар тооцвол:

$$W_{хур} = 900,000 \times 0.08 \times 0.5 = 36,000\ м^3/жил \quad (3)$$

Эндээс 0.5 коэффициент нь хур ус самбарын ирмэгээс газарт дусаж урсаад түүний 50 хувь нь хураагдах боломжтой гэж үзсэнтэй холбоотой. Иймд цэвэрлэгээний 50,000 м³ дээр хур ус хураалтын 36,000 м³ нэмэх боломж байгаа бөгөөд жилд нийт 80,000-96,000 м³ ус бий болж байна.

4. Услаж болох талбай ба ургамлын төрөл

Говийн ургамлын усны жилийн хэрэглээ ойролцоогоор 150-200 мм хур тунадастай тэнцэхүйц нэмэлт усалгаа шаардлагатай[17]. Хэрэв дусал усалгаа ашиглавал нэг га талбайг услахад жилд 1,500-2,000 м³ ус шаардагдана. Тооцоог 1,800 м³/га гэж авч үзвэл:

$$S = 60,000 \div 1,800 \approx 33\ га \quad (4)$$

Хур усыг хослуулсан тохиолдолд 45-55 га талбайг услах боломжтой бөгөөд энэ нь нийт станцын талбайн 20-35 хувийг эзэлнэ.

IV. СУДАЛГААНЫ АЖЛЫН ҮР ДҮН

1. Усны баланс ба ашиглалтын боломжийн нэгдсэн тооцоо

Дээрх тооцооны үндсэн дээр Ханбогдын 50 МВт-ын төслийн усны баланс ба ашиглалтын боломжийн нэгдсэн дүгнэлтийг 1-р хүснэгтэд харуулав.

ХАНБОГД 50 МВТ-ЫН НАРНЫ ЦАХИЛГААН СТАНЦЫН УСНЫ БАЛАНСЫН ТООЦОО

1-Р ХҮСНЭГТ.

Үзүүлэлт	Утга	Нэгж
Суурилуулсан хүчин чадал	50	МВт
Талбай (тооцоолсон)	~150	га
Нийт панелийн тоо	~111,000	ш
Цэвэрлэгээний давтамж	52	удаа/жил
Нэг панелд хэрэглэх ус	8	л
Нэг удаагийн цэвэрлэгээ	~888	м³
Цэвэрлэгээний усны жилийн хэрэглээ	~46,000-60,000	м³/жил
Хур ус хураалт	~36,000	м³/жил
Нийт ашиглах ус	~80,000-96,000	м³/жил
Услаж болох талбай (зөвхөн цэвэрлэгээний ус)	~30-35	га
Услаж болох талбай (хур устай хослуулсан)	~45-55	га

2. Тарих ургамлын сонголт

Ханбогд сумын нутагт ургадаг уугуул ургамлуудаас сонгож тарих нь экологийн зарчмын дагуу хамгийн тохиромжтой. Дараах төрлүүдийг санал болгож байна [11]: хармаг (Nitraria sibirica) — тэсвэртэй, ган ширүүн, элсний хөдөлгөөн зогсооход тус болдог; заг (Haloxylon ammodendron) — Төв Азийн цөлийн гол ой бүрдүүлэгч мод, удаан амьдардаг; бударгана (Caragana spp.) — азотыг хөрсөнд тогтоодог буурцагтаны ургамал, бэлчээрийн үнэт ургамал; шаваг (Artemisia spp.) — говийн уугуул, олон зориулалттай; чихэр өвс (Glycyrrhiza uralensis) — эмийн ургамал, эдийн засгийн нэмэлт орлогын эх үүсвэр болж болно.

Эдгээр ургамлууд нь говийн нөхцөлд дасан зохицсон тул эхний 1-2 жилийн нэмэлт усалгааны дараа байгалийн нөхцөлд бие даан ургах боломжтой бөгөөд биологийн царцдас (хөвд, замаг) үүсэхэд ч тус болдог [7].

3. Экологийн үр өгөөж

Wang нарын (2024) M4 загвар 9 станцын дундаж үр дүн дээр үндэслэн, Ханбогдын 50 МВт-ын төсөл ийн ажиллах юм бол ургамлын бүрхэц 9.22 хувиас 14.53 хувь хүртэл нэмэгдэх боломжтой [7]. Энэ нь 30-35 га талбайд тарьсан хармаг, заг, бударгана зэрэг ургамалд тооцон бодвол нийт станцын талбайн 20-23 хувийг ногооруулах болохыг харуулна.

Үүнээс гадна тарьсан ургамал нь самбарт хүрэх тоосны хэмжээг бууруулж, шороон шуурганаас үүсэх элсний хөдөлгөөнийг хязгаарлаж, биологийн царцдас үүсэхэд тус болдог [6,7]. Эдгээр нь PV самбарын АҮК-ийн тогтвортой байдлыг хангаж, удаан хугацааны үйлдвэрлэлийн чанарт эерэг нөлөөлдөг.

4. Эдийн засаг ба нийгмийн үр өгөөж

Хятадын Бадан Жаран, Тэнгэр цөлийн судалгаагаар PV талбайн нийт экосистемийн үйлчилгээний өртөг (ESV) сайтар хийгдсэн ургамалшуулалттай үед 7.7 дахин нэмэгдэх боломжтой бөгөөд жилд 1 МВт-д ойролцоогоор 1,778 ам.долларын ESV-ийн өсөлт гарч болзошгүй [7]. Үүнийг Ханбогдын 50 МВт-ын төсөлд хэрэглэвэл жилд ~89,000 ам.долларын нэмэлт экологийн өртөг үүсэх боломжтой. Хэрэв тооcжилтын улмаас үүсэх АҮК-ийн алдагдлыг 3-6 хувиар бууруулж чадвал 50 МВт-ын станцад жилд ~200,000 ам.долларын нэмэлт орлого үүсэх боломжтой [12, 18].

Тарьсан ургамлын зарим нь (чихэр өвс, бударгана) эдийн засгийн үнэ цэнэтэй учир орон нутгийн иргэдэд нэмэлт орлогын эх үүсвэр болж болно. Цаашлаад нарны цахилгаан станц малчинтай хамтран бэлчээр ашиглах загвар нь Ханбогд сумын зориулалтад тохирох боломжтой бөгөөд ингэснээр нарны цахилгаан станц зөвхөн эрчим хүчний дэд бүтэц биш, харин олон үйл ажиллагаатай эдийн засгийн нэгж болж хувирна [7]. Энэ нь сум орон нутгийн ажлын байр нэмэгдэх, малчдын орлого тогтворжих зэрэг нийгмийн эерэг үр дүнд хүргэх боломжтой.

ДҮГНЭЛТ

Энэхүү судалгаагаар Өмнөговь аймгийн Ханбогд сумд төлөвлөгдсөн 50 МВт-ын нарны цахилгаан станцыг жишээ болгож, самбар цэвэрлэгээний усыг ургамал ургуулахад дахин ашиглах боломжийг үнэлэв. Долоо хоног тутамд хийгдэх цэвэрлэгээнд жилд 46,000-60,000 м³ ус хэрэглэгдэх ба хур ус хураалтын нэмэлт 36,000 м³-

тэй хослуулбал нийт 80,000-96,000 м³ ус ашиглах боломжтой. Энэхүү усаар дусал усалгааны системийн тусламжтайгаар 30-55 га талбайг тогтвортой услах боломжтой бөгөөд хармаг, заг, бударгана зэрэг говийн уугуул ургамлыг тарьж ургуулах нь хамгийн зөв сонголт болно. Хятадын Бадан Жаран, Тэнгэр цөлийн жишээнээс үзвэл ийм арга хэмжээ авсан үед ургамлын бүрхэц 14.53 хувь хүртэл нэмэгдэх, экосистемийн үйлчилгээний өртөг 7.7 дахин өсөх боломжтой. Ургамалжуулалт нь нарны самбарын тоосжилтыг бууруулж АҮК-г тогтворжуулах, цөлжилттэй тэмцэх, биологийн төрөл зүйлийг сэргээх олон талт үр өгөөжтэй. (5) Энэхүү "нарны эрчим хүч + цөлжилттэй тэмцэх + усны хэмнэлт" хосолсон загвар нь Монгол улсын говийн бүсэд хэрэгжих бусад нарны төслүүдэд хэрэглэх боломжтой бөгөөд Засгийн газрын сэргээгдэх эрчим хүчний зорилт (2030 он гэхэд 30 хувьд хүргэх)-ыг хангахад хувь нэмрээ оруулна.

Цаашид судлах асуудлууд: цэвэрлэгээний усны бохирдол ба ургамалд үзүүлэх нөлөөг туршилтын аргаар судлах, тарьсан ургамлын ургалт, амьдрах чадварыг бодит хээрийн судалгаагаар баталгаажуулах, системийн нийт өртөг ба нөхөн төлөгдөх хугацааны нарийн эдийн засгийн тооцоог гүйцэтгэх, мөн усалгааны системийн хамгийн энгийн бөгөөд үр дүнтэй инжерийн шийдлийг эрэлхийлэх юм.

АШИГЛАСАН МАТЕРИАЛ, НОМ ЗҮЙ

[1] IEA Photovoltaic Power Systems Programme, "Snapshot of Global PV Markets 2023," IEA, Paris, 2023.

[2] Хөвсгөл аймгийн Ус, цаг уур, орчны мэдээллийн төв, "Монгол орны уур амьсгал ба нарны нөөц," Улаанбаатар, 2023.

[3] World Bank Group, ESMAP, Solargis, "Solar Resource Map — Global Horizontal Irradiation, Mongolia," Global Solar Atlas 2.0, 2019. [Цахим эх сурвалж]. Available: https://globalsolaratlas.info

[4] Б.Мандалбаяр, "Нарны цахилгаан станц жилд 15.2 сая киловатт эрчим хүч үйлдвэрлэнэ," News.mn, Улаанбаатар, 2017.

[5] МОНЦАМЭ агентлаг, "ДОРНОГОВЬ: Сэргээгдэх эрчим хүчний дөрвөн төслийг хэрэгжүүлж байна," Сайншанд, 9-р сар, 2024.

[6] W. Wu, H. Chen, C. Li, et al., "Assessment of the ecological and environmental effects of large-scale photovoltaic development in desert areas," Scientific Reports, vol. 14, no. 22456, 2024.

[7] Y. Wang, B. Liu, Y. Xing, H. Peng, H. Wu, and J. Zhong, "Ecological construction status of photovoltaic power plants in China's deserts," Frontiers in Environmental Science, vol. 12, 1406546, May 2024.

[8] J. Guo and Y. Wang, Key Technology of Photovoltaic Power Plants Design, Beijing: China Electric Power Press, 2014.

[9] Өмнөговь аймгийн Ус, цаг уур, орчны шинжилгээний газар, "Уур амьсгалын тодорхойлолт," Даланзадгад, 2023.

[10] МОНЦАМЭ агентлаг, "Өмнөговь аймгийн газар нутгийн 80 гаруй хувьд цөлжилт бий болжээ," Улаанбаатар, 2024.

[11] Хөгжлийн Индекс, "Ханбогд сумын нийгэм, эдийн засаг, газар нутгийн тойм," Үндэсний хөгжлийн агентлаг.

[12] M. Rashid, M. Yousif, Z. Rashid, et al., "Effect of dust accumulation on the performance of photovoltaic modules for different climate regions," Heliyon, vol. 9, e23069, 2023.

[13] M. I. Hossain, A. Ali, V. B. Benito, B. Figgis, and B. Aïssa, "Anti-Soiling Coatings for Enhancement of PV Panel Performance in Desert Environment," Materials, vol. 15, no. 20, 7139, 2022.

[14] M. Abraim, M. Salihi, O. El Alani, et al., "Techno-economic assessment of soiling losses in CSP and PV solar power plants: A case study for the semi-arid climate of Morocco," Energy Conversion and Management, vol. 270, 116285, 2022.

[15] S. C. S. Costa, A. S. A. C. Diniz, and L. L. Kazmerski, "Solar Energy Dust and Soiling R&D Progress," NREL Technical Report, 2021.

[16] Council on Energy, Environment and Water (CEEW), "Reducing Water Requirement for Solar Panel Cleaning," Safearth Blog, India, 2019.

[17] Y. Li, E. Kalnay, S. Motesharrei, et al., "Climate model shows large-scale wind and solar farms in the Sahara increase rain and vegetation," Science, vol. 361, no. 6406, pp. 1019-1022, 2018.

[18] HBED, "Feasibility study and design report of grid-connected photovoltaic power generation project in Mongolia (53.2 MW)," Hebei Electric Design Institute, 2017.

ДАЛАНЗАДГАД ХОТЫН ХЭРЭГЛЭЭНИЙ УСНЫ ЕРӨНХИЙ ХАТУУЛГИЙН ХАРЬЦУУЛСАН ШИНЖИЛГЭЭ

Нацагдорж САРАНЧИМЭГ[1] , Баярцогт ХУЛАН[2]

[1]Монгол Улс, Өмнөговь аймаг, Даланзадгад, ШУТИС-ийн харьяа Өмнөговь аймаг дахь Технологийн дээд сургууль

Холбоо барих зохиогчийн и-мэйл хаяг: A.OO59@must.edu.mn[1]

Хураангуй: **Бид энэхүү судалгаагаар Өмнөговь аймгийн Даланзадгад хотын иргэдийн унд, ахуйн хэрэгцээндээ ашиглаж буй хэрэглээний усны хатуулагт нарийвчилсан шинжилгээ хийж, ус, цаг уур орчны шинжилгээний төвийн (УЦУОШТ) лабораторийн шинжилгээтэй харьцуулан үнэлэх, орон нутгийн нөхцөлд тохирсон цэвэршүүлэх технологийн шийдлийг санал болгох зорилготой хийсэн. Судалгаанд Даланзадгад хотын байршлаас хамааруулан гүний болон цахим худгийн 12 цэг, төвлөрсөн усан хангамжтай хуучин болон шинэ нийлсэн 8 орон сууцны нийт 20 усны дээж цуглуулж, усны ерөнхий хатуулгийг EDTA титрлэлтийн аргаар тодорхойлсон. Судалгааны үр дүнд Даланзадгад хотын хэрэглээний усны нийт хатуулгийн дундаж 3.1-3.61 мг*экв/л байсан нь О.А. Алекины гидрохимийн ангилснаар дунд зэргийн хатуу болох нь тогтоогдов. Мөн 2026 оны УЦУОШТ-ийн лабораторийн усны хатуулгийг тодорхойлсон үр дүнтэй харьцуулан харахад ойролцоо буюу манай туршилт 0.32-0.83 мг*экв/л-аар өндөр гарсан нь тухайн байгууллагын сар бүр гаргадаг сорьцын мэдээлэл хэлбэлзэлтэй байгааг харуулж байна. Тус хотын баг тус бүрийн хатуулгийн тархалтыг байршлаас харахад баруун сайхан 1-р багийн гүний болон цахим худгийн усны хатуулаг хамгийн өндөр байсан бол шинээр үүсэн бий болсон гэр хорооллууд /Гурван сайхан, Нисэх, Малчин/-ынх хэвийн үзүүлэлттэй, ус харьцангуй зөөлөн байлаа. Даланзадгад хот нь Баруун сайхан, Хан-Уул, Далан, Дунд сайхан, Зүүн сайхан, Их-Уул, Оюут, Цагаан булаг, Чандмань, Начин гэсэн 10 багт бүсчлэн хуваагддаг. Аймгийн "Гүний ус" ХХК-ны мэдээлснээр Даланзадгад хотод гүний худаг-5, цахим худаг-55 ажиллаж иргэдэд хэрэглээний ус түгээж байгаа нь иргэдийн 80 орчим хувь нь гэр хорооллолд зөөврөөр ус хэрэглэж байна. Иймд ард иргэдийн ихэнх нь дунд зэргийн хатуулаг ихтэй ус хэрэглэж байгаа нь эрүүл мэндэд сөрөг нөлөө үзүүлэх тул ус зөөлрүүлэгч филтерийг гүний болон цахим худгуудад байршуулах нь хамгийн оновчтой шийдэл гэж үзсэн. Мөн төвлөрсөн усан хангамжтай орон сууцнуудын ус хангамжийн шугам хоолойг насжилтаас шалтгаалан нэн даруй солих шаардлагатай байна.**

Түлхүүр үг: Ундны ус, Хатуулаг, EDTA[1] титрлэлт, ДЭМБ, Өмнөговь, Ус зөөлрүүлэгч филтер

I. УДИРТГАЛ

Хүний амьдралын үндсэн хэрэгцээ нь ус бөгөөд хүн амын эрүүл мэндийн асуудалд ундны усны чанар нь шууд холбоотой. [1] Дэлхий даяар цэнгэг усны нөөцийн тархалт жигд бус байгаа учраас хүн амын өсөлт, хүний үйл ажиллагааны улмаас цэвэр усны нөөц өдрөөс өдөрт хомсдож байна. [2] Байгаль орчны бохирдол, ялангуяа усны эх үүсвэрийн бохирдол нь өнөөгийн нийгэмд тулгарч буй томоохон чухал асуудлуудын нэг юм. Тиймээс усны нөөц, чанар аюулгүй байдалд хяналт тавих, ард иргэдийг стандартын шаардлага хангасан ундны усаар хангах нь нэн тэргүүний асуудлуудын нэг юм. Монгол орны говийн бүс нутаг нь байгаль цаг уурын онцлогоос шалтгаалан газрын доорх усны эрдэсжилт, хатуулаг өндөртэй байдаг нь олон судалгаагаар тогтоогдсон байна.

Өмнөговь аймгийн Даланзадгад хот нь говийн бүсийн томоохон суурин бөгөөд хүн амын ундны усны хангамж нь голчлон цахим худгийн усан дээр тулгуурладаг. Гэвч тус хотын ундны усны хатуулгийн түвшин, түүний хүн амын эрүүл мэндэд үзүүлэх нөлөө нь хангалттай судлагдаагүй байна. Усны хатуулаг өндөр байх нь бөөрний чулуужилт, зүрх судасны өвчин, арьсны гэмтэл зэрэг өвчинтэй холбоотой болохыг дэлхийн эрүүл мэндийн байгууллага (ДЭМБ) тодорхойлсон байдаг. [3] Иймд Даланзадгад хотын ундны усны хатуулгийг шинжлэх ухааны аргаар тодорхойлж, Монгол улсын стандарт болон ДЭМБ-ын шаардлагатай харьцуулан дүгнэх нь нэн чухал асуудал болж байна. [4] Манай орны говийн бүс нутагт гадаргын усны нөөц бага учир газрын доорх усыг ашиглаж байна. Газрын доорх усны чанарт үйлдвэр, хөдөө аж ахуй, ахуйн хэрэглээний хаягдал ус, газар ашиглалт, геологийн тогтоц, эрдэс чулуулгийн бүтэц, хур тунадас зэрэг хэд хэдэн хүчин зүйлс нөлөөлдөг. [5] Тус аймгийн нутаг дэвсгэрт зэс, нүүрс, молибден, алт, газрын ховор элемент зэрэг олон төрлийн ашигт малтмал олборлогдож байна [6]. Өмнөговь аймаг нь ашигт малтмалын баялгаараа Монгол орны тэргүүлэх аймгуудын нэг бөгөөд 80 гаруй орд, 200 гаруй илрэлтэй бөгөөд Тавантолгой, Оюутолгой, Нарийнсухайт зэрэг стратегийн ач холбогдол бүхий томоохон ордууд тогтоогдсон байна. Өмнөговь аймгийн ихэнх нутагт гол төлөв дөрөвдөгчийн галавын хурдсууд зонхилон тархах бөгөөд геологийн тогтоц нь харилцан адилгүй байдаг байна [7].

Тус аймаг нь геологийн тогтоц, гидрогеологийн нөхцөл, цаг уур, байгалийн баялаг, үнэт ховор эрдэс чулуулаг ихтэй зэрэг олон хүчин зүйлээс шалтгаалан газрын гүний ус чулуулагтай харилцан үйлчлэлд орсноор эрдэсжиж, магни, сульфат, хлор зэрэг ионуудыг ундны усны зөвшөөрөгдөх

$EDTA^1$ – усанд агуулагдах Ca^{2+}, Mg^{2+} зэрэг металлын ионы хэмжээг тодорхойлох арга

хэмжээнээс хэд дахин илүү агуулах боломжтой байдаг [8]. Говийн бүс дэх газрын доорх усны ордуудын нөхөн сэлбэгдэх чадвар муутай, хэрэв усны нөөцийг урт удаан хугацаанд тасралтгүй шавхаж ашиглах бол усны түвшин буурах, шавхагдах эрсдэлтэй, усны ууршилт өндөртэй [9]. Иймийн тул говийн ард иргэдийг ундны уснаас хамаарсан янз бүрийн сөрөг нөлөөлөл, хүчин зүйлсээс урьдчилан сэргийлэх, хэрэглээний усны нөөцийг зүй зохистой зарцуулах, иргэдийг ундны усны талаар үнэн бодитой мэдээллээр хангах зэрэг ажлуудыг хийж Өмнөговьд гүний усны шаардлага нэн тэргүүнд тулгарч байна.[10]

Говийн бүсийн болон Өмнөговь аймгийн хэмжээнд хэрэглээний усны ерөнхий хатуулгийн талаар тусгайлан судалж баримтжуулсан судалгаа, шинжлэх ухаан, эрдэм шинжилгээний ажил дутмаг байгаа юм.[11] Энэхүү судалгааг хийх явцад Даланзадгад хотын хэрэглээний усны гүний худаг, төвлөрсөн усан хангамжийн хатуулгийн хэмжээ баримтжуулагдаагүй, усны хатуулаг MNS болон ДЭМБ-ын стандартад нийцэж байгаа эсэх нь тодорхойгүй бөгөөд орон нутгийн иргэдэд учруулж болох эрүүл мэндийн эрсдэл үнэлэгдээгүй. Мөн тухайн нөхцөлд тохирсон санал, шийдэл хэрэгжээгүй байгаа нь ажиглагдаж байлаа. Даланзадгад хотын иргэдийн унд болон ахуйн хэрэгцээндээ ашиглаж буй хэрэглээний усны ерөнхий хатуулгийг тодорхойлж, УЦУОШТ-ийн лабораторийн үр дүнтэй харьцуулан шинжилгээ хийхэд оршино. Уг ажлын зорилгыг биелүүлэхийн тулд дараах зорилтуудыг тавьж ажилласан. Үүнд:

- Даланзадгад хотын хэрэглээний усны эх үүсвэрүүдээс систем бүхий дээж цуглуулах
- Хэрэглээний усны ерөнхий хатуулгийг лабораторийн аргаар тодорхойлох
- Шинжилгээний үр дүнг УЦУОШТ-ийн үр дүнтэй харьцуулан дүгнэх зорилготой энэхүү судалгааны ажлыг гүйцэтгэсэн.

Усны хатуулгийг эрдэм шинжилгээний гидрохимийн практикт хэрэглэгддэг ангилалд үндэслэж туршилт судалгааг гүйцэтгэв.

УСНЫ ХАТУУЛГЫН АНГИЛАЛ

1-Р ХҮСНЭГТ

№	Хатуулаг, мг-экв/л	Ангилал
1	0–1.5	Маш зөөлөн
2	1.5–3.0	Зөөлөн
3	3.0–6.0	Дунд зэрэг хатуу
4	6.0–10.0	Хатуу
5	10-аас дээш	Маш хатуу

I. СУДАЛГААНЫ ОБЬЕКТ, АРГА ЗҮЙ, АРГАЧЛАЛ

Судалгааны обьект: Туршилтад Даланзадгад хотын байршлаас хамаарсан гүний болон цахим 12 худаг, төвлөрсөн усан хангамжид холбогдсон болон байршлаас хамаарсан 8 орон сууцны крантнаас авсан усны дээж.

Судалгааны арга зүй: Усны дээжээс ерөнхий хатуулгийг тодорхойлох, аймгийн УЦУОШТ -ийн лабораторийн гаргасан шинжилгээтэй харьцуулсан судалгаа хийх, Судалгааны туршилтад үндэслэн шийдлийг оновчтой тодорхойлох.

Судалгааны аргачлал: 1 дм³ усанд агуулагдах кальци, магнийн давсуудын нийлбэр хэмжээг усны хатуулаг гэнэ. Түүнийг кальци, магнийн ионуудын ([Ca^{2+}], [Mg^{2+}]) мг-экв-ийн хэмжээгээр илэрхийлнэ. 1 дм³ усанд 20,04 мг/дм³ [Ca^{2+}] ба 12,16 мг/дм³ [Mg^{2+}] ионуудын хэмжээ 1 мг-экв/дм³ хатуулаг гэнэ.

Усны хатуулгийг кальци, магнийн давсны найрлагаар нь карбонатын буюу түр зуурын, байнгын гэж ангилдаг. Усны карбонатын буюу түр зуурын хатуулаг нь кальци ба магнийн гидрокарбонатуудын нийлбэрээр, байнгын хатуулаг нь тэдгээрийн сульфат ба хлоридын нийлбэрээр тус тус тодорхойлогддог. Усанд байх кальци, магнийн давснуудын нийт хэмжээ усны ерөнхий хатуулаг гэнэ. Карбонатын биш хатуулаг чанарыг ерөнхий ба карбонатын хатуулаг чанарын ялгавраар тодорхойлдог бол ерөнхий хатуулаг чанарыг комплексонометрийн аргаар тодорхойлно.

Хэрэглэх шил сав, багаж урвалжууд: Бюретка, юүлүүр, штатив, шувтан колбо, пипетк, метилоранж ба эриохром хар индикаторууд, HCl-ын 0.1 н, трилон Б, аммиакийн буфер уусмал.

Туршилт 1. Усны ерөнхий хатуулгийг тодорхойлох

Ажлын явц: Соруурын тусламжтайгаар 250 мл-ийн шувтан колбонд усны дээжээс 50 мл-ийг хэмжин хийж дээр нь аммиакийн буфер уусмал 5 мл, маш бага хэмжээний эриохром хар индикатор нэмж 0.1 н-ийн Трилон Б-ийн уусмалаар ногоон хөх өнгө үүстэл титрлэнэ. Титрлэлтийг 3 удаа давтан хийж зарцуулсан Трилон Б-ийн эзэлхүүний дундажийг олоод дараах томьёог ашиглан усны ерөнхий хатуулгийг бодож олно.

$$Ж_{ЕР} = \frac{V_1 * N_{ТБ} * 1000}{V_2} \quad \text{“ (1)”}$$

Энд: Nтб – Трилон Б-ийн уусмалын нормаль концентраци;

V_1 – Титрлэлтэд зарцуулагдсан Трилон Б-ийн эзлэхүүн, мл;

V_2 – усны эзлэхүүн.

Туршилт 2. Усны түр зуурын хатуулгийг тодорхойлох

Ажлын явц: Соруурын тусламжтайгаар 250 мл-ийн шувтан колбонд усны дээжээс 50 мл авч дээр нь 3 дусал метилоранжийн уусмал нэмж 0.1 н-ийн давсны хүчлийн уусмалаар улбар шар өнгөтэй болтол нь титрлэнэ. Титрлэлтийг 3 удаа давтан

хийж зарцуулсан давсны хүчлийн дундаж эзлэхүүнийг олоод дараах томьёогоор усны түр зуурын хатуулгийг тооцоолж олно.[12]

$$Ж_{ТЗ} = \frac{V_1 * N_{HCl} * 1000}{V_2} \quad \text{“(2)”}$$

Энд: NHCl–давсны хүчлийн нормаль концентраци;

V_1 – Титрлэлтэд зарцуулагдсан давсны хүчлийн эзлэхүүн;

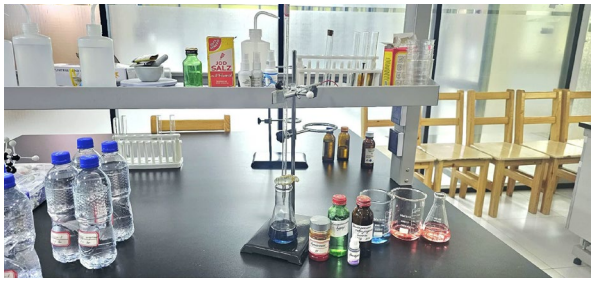
V_2 – усны эзлэхүүн.

Байгын хатуулгийг дараах томьёогоор олох: “(1)”, “(2)”

$$Ж_{Б} = Ж_{ЕР} - Ж_{ТЗ}$$

II. СУДАЛГАА, ТУРШИЛТЫН ҮР ДҮН

Даланзадгад хотын бүсчлэл, газрын байршлаас хамааран багуудад байрлах 12 цахим худаг, төвлөрсөн усан хангамжтай буюу 8 орон сууцны крантнаас авсан усны дээжийг ШУТИС-ийн харьяа Өмнөговь аймаг дахь Технологийн Дээд Сургуулийн ерөнхий химийн лабораторид шинжлэв.



1-р зураг. ШУТИС-ийн харьяа ӨмТДС-ийн Химийн лаборатори

2-р зураг. Гүний болон цахим худгаас авсан усны дээж

3-р зураг. Төвлөрсөн усан хангамжтай буюу орон сууцны крантнаас авсан усны дээж

ЕРӨНХИЙ ХИМИЙН ЛАБОРАТОРИД ТУРШСАН УСНЫ ХАТУУЛАГ

4-Р ХҮСНЭГТ

Д/д	Байршил	Худгийн нэр	Хатуулаг мг*экв/л
1	6-р баг	Нисэх 27	2.8
2	9-р баг	Гурван сайхан	2.5
3	1-р баг	Баруун сайхан 9	3.8
4	1-р баг	Баруун сайхан 11	4
5	6-р баг	Их-Уул 17	3.9
6	2-р баг	Хан-Уул 25	3.4
7	4-р баг	Дунд сайхан 23	5
8	4-р баг	Дунд сайхан 35	4.7
9	10-р баг	Малчин	2.2
10	8-р баг	Аргалант 18	4.1
11	5-р баг	Жаал -Уул 26	3.3
12	8-р баг	Бага-Уул 14	3.7
Нийт-12			Дундаж- 3.61

Гүний ба цахим худаг

ЕРӨНХИЙ ХИМИЙН ЛАБОРАТОРИД ТУРШСАН УСНЫ ХАТУУЛАГ

3-Р ХҮСНЭГТ

№	Байршил	Орон сууц	Хатуулаг мг*экв/л
1	3-р баг	52	3.4
2	3-р баг	112	2.9
3	8-р баг	Арслан-1	4
4	10-р баг	Арслан-2	3.5
5	8-р баг	Нанзад апартмент	2.4
6	4-р баг	Сувд хотхон	2.8
7	6-р баг	Баян булаг	3.4
8	6р баг	Gb town	2.4
Нийт-8			Дундаж- 3.1

Төвлөрсөн усан хангамж

Дээрх туршилт судалгаанд үндэслэн Даланзадгад хотын хэрэглээний усны хатуулгийн хэмжээ худаг болон орон сууцанд 3.1-3.6 мг*экв/л байгаа нь дунд зэргийн хатуулагтай гэж гарч байна. Ундны усны хатуулгийг тайлбарлахдаа О.А.Алекины гидрохимийн ангиллыг баримталж гаргав.

Өмнөговь аймгийн Даланзадгад хотын Ус, цаг уур, орчны шинжилгээний төвийн лабораториос авсан хатуулгийн шинжилгээний дундаж үзүүлэлттэй бидний туршилтын үр дүнг харьцуулж үзэхэд ерөнхийдөө ойролцоо буюу 0.32-0.83 мг*экв/л гарсан. Энэ нь бидний хийсэн туршилт нь

үр дүнтэй болсоныг илэрхийлэхийн зэрэгцээ цаашид лабораторийн туршилтууд дээр хамтарч ажиллах бүрэн боломжтой гэдгийг харуулж байна. УЦУОШТ-ийн судалгааны дүн мэдээгээр дүгнэлт нь харьцангуй ялгаатай үзүүлэлттэй байгаа нь түгээлтийн байршил, ус хангамжийн шугам хоолойн насжилт зэрэг хүчин зүйлс нөлөөлж байна.

УС, ЦАГ УУР, ОРЧНЫ ШИНЖИЛГЭЭНИЙ ТӨВӨӨС АВСАН УСНЫ ХАТУУЛГИЙН ХЭМЖЭЭ

3-Р ХҮСНЭГТ

№	УБТ №	Хатуулаг мг*экв/л	№	УБТ №	Хатуулаг мг*экв/л
1	1	2.8	16	17	2.7
2	2	3.1	17	18	3.0
3	3	3.0	18	20	1.8
4	4	3.1	19	21	3.2
5	5	2.9	20	23	2.2
6	6	3.0	21	24	2.6
7	7	3.0	22	25	2.8
8	9	2.7	23	26	2.3
9	10	2.8	24	28	2.7
10	11	2.8	25	29	2.5
11	12	2.8	26	30	3.0
12	13	2.2	27	33	3.2
13	14	3.0	28	34	2.8
14	15	2.8	29	36	3.0
15	17	2.8	30	40	2.3
Хатуулгийн дундаж			2.76		
Судалгаагаар			3.36		
MNS 0900:2018 стандарт			7 оос доош		

Мөн төвлөрсөн усан хангамжтай байрнуудын гадна ус зөөлрүүлэгч шүүлтүүр байршуулж эхэлсэн ч энэ нь үр дүнд хүрэхгүй байгаа нь дээрх туршилт судалгаанаас харагдаж байна. 3 мг*экв/л-ээс дээш буюу бага зэргийг хатуулагтай гарсан орон сууцнуудыг баригдсан оноос шалтгаалж харахад бүгд ус хангамжийн шугам хоолойн насжилт өндөр гэсэн ангилалд орж байна.

ДАЛАНЗАДГАД ХОТЫН УС ХАНГАМЖИЙН ШУГАМ ХООЛОЙН НАСЖИЛТ, МАТЕРИАЛ, УРТ, ГОЛЧИЙН БҮРТГЭЛ

4-Р ХҮСНЭГТ

№	Суурьлуулсан он	Материал	Урт, км	Диаметр
1	1973	Ган шугам	2.9 км	Ф273мм
2	2008	PE маркын хуванцар	10.8	Ф160мм
3	2008-2025	PE маркын хуванцар	89.3	Ф160мм
4	2004-2012	Ялтсан хоолой	5.6	Ф32мм
5	2008-2025	PP-R хуванцар	32.5	Ф40мм
6	2024-2025	PE маркын хуванцар	12.5	Ф315мм

Гүний ус ХХК 2026 он

ДҮГНЭЛТ

Бид туршилт судалгааны ажлаараа гүний болон цахим худгийн 12, төвлөрсөн усан хангамжтай 8 байрны крантны уснаас дээж авч усны ерөнхий хатуулгийг лабораторид шинжилж тогтоосон. Даланзадгад хотын хэрэглээний усны дундаж 3.36 мг*экв/л дунд зэргийн хатуулагтай гарсан нь дэлхийн эрүүл мэндийн байгууллагын (ДЭМБ) тодорхойлсноор [3] хүний эрүүл мэндэд сөргөөр нөлөөлөх ба бөөрний чулуужилт, зүрх судасны өвчин, арьсны гэмтэл зэрэг өвчинтэй холбоотой юм. УЦУОШТ-ийн усны шинжилгээгээр сар бүрийн үзүүлэлт хэлбэлзэлтэй гардаг ба хүснэгт 3-аас дүгнэхэд сүүлийн сарын үзүүлэлтийн дундаж 2.76мг*экв/л гарсан байна. Иймд хэрэглээний усны ерөнхий хатуулгийг бууруулахын тулд гүний буюу цахим худгуудад шүүгч байршуулах зайлшгүй шаардлагатай байна.

Төвлөрсөн усан хангамжтай орон сууцнуудад ус зөөлрүүлэгч филтер байршуулж эхэлсэн ч усны хатуулагт ямар нэгэн эерэг нөлөө гараагүй нь ус хангамжийн шугам хоолойн насжилттай холбоотой юм.[11] Усан хангамжийн шугам хоолойн насжилт өндөр байгаа нь зэврэл, элэгдэлд өртсөн байгааг илтгэж байгаа бөгөөд хэдий шүүгч байршуулсан ч бохир хоолойгоор дамжиж байгаа тул үр дүн харагдахгүй байна. Эдгээр усан хоолойнуудыг сольж ашиглалтад оруулахад олон хүчин зүйлс нөлөөлж, биелэлтийн хувьд цаг хугацаа ихээр зарцуулах тул эхний ээлжинд орон сууцны гадна байршуулж буй ус зөөлрүүлэгч филтерийг гүний болон цахим худагт суурилуулсан нь маш үр дүнтэй гэж үзэж байна. Учир нь хотын хүн амын дийлэнх хувь нь гэр хороололд амьдарч цахим худгаар үйлчлүүлж байгаа юм. Хүснэгт 4-өөс харахад орон сууцны усан хангамжийн шугамын хоолойн насжилт нь 50 жилээс давсан хэрэглээтэй байгаа нь ашиглалтын хугацааг дууссанг илтгэж байна. Иймд хугацаанаас хамааруулан шинэчилж эхлэх шаардлагатай байна гэсэн дүгнэлтэд хүрлээ.

АШИГЛАСАН МАТЕРИАЛ, НОМ ЗҮЙ

[1] Krishnan R.R, Dharmaraj K, Kumari B.D.R.A comparative study on the physic chemical and bacterial analysis of drinking, bore well and sewage water. *Journal of Environmental Biology*, 2007.

[2] H.Annapoorna, M.R.Janardhana Assessment of groundwater quality for drinking purpose in rural areas surrounding a defunct copper mine. Aquatic Procedia, 2015.

[3] Peng X. et al, Soft tap water urgently needed for reducing risks of kidney stones at the rural villages. *Frontiers in Water*, 6:1464783. DOI: 10.3389/frwa, 2024.

[4] Өмнөговь аймгийн БОАЖГ. *Өмнөговь аймаг — Тэжээлийн тогтвортой менежмент*, 2021.

[5] Байгаль орчин, аялал жуулчлалын газар. Дорноговь аймгийн ашигт малтмалын товч лавлах, 2011.

[6] Байгаль орчин, аялал жуулчлалын газар, *Өмнөговь аймгийн ашигт малтмалын товч лавлах*. Даланзадгад, 2011

[7] Өмнөговь аймгийн ИТХ, *Өмнөговь аймгийн тухай танилцуулга,* 2023.

[8] У.Өлзийцэцэг, Говийн бүсийн газрын доорх усны химийн найрлагын онцлог, 2020.

[9] Монголын уул уурхайн сэтгүүл, Монгол орны усны нөөц, ашиглалт, ус хэрэглээ, 2020.

[10] Монгол Улсын Стандарт, Ундны ус, эрүүл ахуйн шаардлага, чанар, аюулгүй байдлын үнэлгээ MNS 0900:2018, 2018.

[11] Өмнөговь, Даланзадгад хотын Гүний ус, ХХК, 2026

[12] О.Отгонтуул нарын, *Ерөнхий химийн лабораторийн ажлын дэвтэр*, ШУТИС, Хэрэглээний шинжлэх ухааны сургууль, 2022.

НООЛУУР УГААХ ҮЙЛДВЭРИЙН ХАЯГДАЛ УСЫГ ЦЭВЭРШҮҮЛЭН ДАХИН АШИГЛАХ БОЛОМЖИЙН ТУРШИЛТ, СУДАЛГАА

Пүрэвсүрэнгийн ЦЭНД-АЮУШ[1], Дугарсүрэнгийн БАТБАЯР[1]
[1]Монгол Улс, Улаанбаатар, ШУТИС Хүнс, хөнгөн үйлдвэрлэл, дизайны сургууль, Хөнгөн үйлдвэрлэл, технологи инженерчлэлийн тэнхим

Холбоо барих зохиогчийн и-мэйл хаяг: batbayar_d@must.edu.mn [1]

Хураангуй: **Монгол Улсын хэмжээнд жилд дунджаар 8.5 мянган тонн ямааны ноолуур бэлтгэн түүнийгээ угааж, боловсруулдаг. Нэг тонн ноолуур угаахад 7 тонн ус зарцуулдаг бөгөөд 8.5 мянган тонн ноолуур угаахад 59,5 мянган м³ ус хэрэглэгдэж, түүнтэй тэнцэх хэмжээний хаягдал ус бий болж байна. Үйлдвэрийн хаягдал ус нь ариутгах татуургын сүлжээнд шууд нийлүүлэгддэг. Үүнээс үүдэлтэйгээр Улаанбаатар хотын төв цэвэрлэх байгууламж руу нийлүүлэгдэж буй хаягдал бохир усны хэмжээ хүлээн авах хүчин чадлаас 10-20% давсан төдийгүй хаягдал усан дахь бохирдлын агууламж улирлаас хамаарч 2-4 дахин өндөр байна. Энэхүү өгүүлэлд ноолуур угаах үйлдвэрийн угаах агрегатын 1 болон 2-аар онгоцны хаягдал усыг цэвэршүүлэн усны физик, химийн чанарыг үнэлэн pH 7 , усны хатуулга 25 ppm, нитрит болон нитратын агууламжгүй, үнэргүй, 92,6 %-ийн дундаж гарцтай усыг гарган авч уг усыг ноолуур угаах үйлдвэрийн угаах агрегатын 1 болон 2-р онгоцны угаалгын процесст ахин хэрэглэх боломж болон ус цэвэршүүлэх судалгааны ажлыг гүйцэтгэсэн.**

Түлхүүр үг: Поли хөнгөн цагааны хлорид (PAC), Идэвхжүүлсэн нүүрс (AC), Цэвэршүүлсэн хаягдал ус

I. УДИРТГАЛ

Ноолуур угаах үйлдвэрийн хаягдал ус нь түүхий ноолуурыг угаах, боловсруулах явцад үүсдэг, органик болон органик бус бодисын өндөр агууламжтай үйлдвэрийн бохир усны нэг төрөл юм. Ноолуур угаах процессын үед ноолуурын гадаргуу дээрх өөх тос, тоос шороо, ургамлын гаралтай хольц зэргийг арилгах зорилгоор шүлтлэг орчин бүхий өндөр температуртай ус (40-60ºC), угаалгын нунтаг, натрийн карбонат (Na_2CO_3) болон бусад гадаргуу идэвхт бодисыг өргөн хэрэглэдэг. Үүний үр дүнд угаалтын дараах хаягдал ус нь органик болон органик бус бодисын агууламж өндөртэй, ихэвчлэн шүлтлэг орчинтой (pH ≈ 9–10) байдаг [1].

Ус цэвэршүүлэх технологи нь бохирдсон уснаас механик, химийн, биологийн болон физик химийн аргаар бохирдуулагчийг зайлуулж, усыг ахин ашиглах буюу байгальд аюулгүйгээр нийлүүлэх зорилготой цогц процесс юм. Үүнээс механик болон химийн аргууд нь хамгийн өргөн хэрэглэгддэг [2].

Энэ судалгааны ажлаар механик болон химийн аргаар ноолуур угаах үйлдвэрийн хаягдал усыг цэвэршүүлсэн.

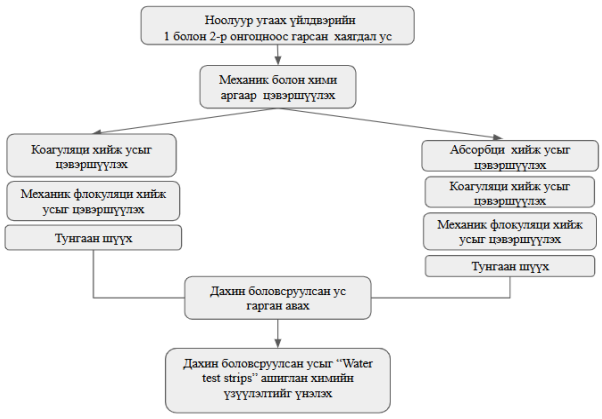
Судалгааг дараах зорилтуудын дагуу гүйцэтгэсэн.

1. Хаягдал усыг физик химийн арга ашиглан цэвэршүүлэх туршилт хийх.
2. Усны физик химийн шинж чанарыг дээшлүүлэх туршилт хийх.
3. Цэвэршүүлэн гарган авсан усны чанарыг үнэлэх.

II. СУДАЛГААНЫ АРГА ЗҮЙ

Энэхүү судалгааны ажлаар ноолуур угаахүйлдвэрийн хаягдал усыг дахин цэвэршүүлэх туршилт судалгааг ШУТИС-ийн ХХҮДС-ийн Нэхмэлийн эко шинжилгээний лабораторид хийж гүйцэтгэсэн.

Судалгаанд Поли хөнгөн цагааны хлорид (PAC), Идэвхжүүлсэн нүүрс (AC) зэрэг бодис урвалж ашиглан дараах схемийн дагуу туршилтыг гүйцэтгэсэн болно.



1-р бүдүүвч .Туршилт судалгааг гүйцэтгэсэн схем

III. УС ЦЭВЭРШҮҮЛЭХ ТУРШИЛТ

1.Үйлдвэрийн хаягдал усыг Поли хөнгөн цагааны хлорид (PAC)-р цэвэршүүлэх туршилт

Поли хөнгөн цагааны хлорид нь хөнгөн цагааны нэгдэлд суурилсан, ус цэвэршүүлэхэд өргөн хэрэглэгддэг коагулянт бодис юм. Поли хөнгөн цагааны хлорид нь усанд уусах үедээ устай урвалд орж хөнгөн цагааны гидроксид $Al(OH)_3$ үүсгэдэг. Үүссэн хөнгөн цагааны гидроксид $Al(OH)_3$ нь усанд агуулагдах нарийн ширхэгтэй хэсгүүд, органик болон органик бус бохирдуулагчдыг бүлэгнүүлж (флок үүсгэн), тунадасжуулах замаар усыг

цэвэршүүлдэг [3].

Поли хөнгөн цагааны хлоридийг өндөр концентратаар хэрэглэсэн үед илүүдэл лаг ихээр үүсэж, тунадасжилтын хурд буурахаас гадна үйлдвэрийн тоног төхөөрөмжийг зэврүүлэх, цэвэршүүлсэн ус хэт хүчиллэг болох эрсдэлтэй. Мөн Поли хөнгөн цагааны хлоридийг хэт бага концентрацаар хэрэглэсэн үед бохир усанд агуулагдах нарийн ширхэгтэй хэсгүүд, органик болон органик бус бохирдуулагч бүрэн бүлэгнэхгүй (флок үүсэхгүй) тул цэвэрлэгээний үр дүн хангалтгүй болдог [3].

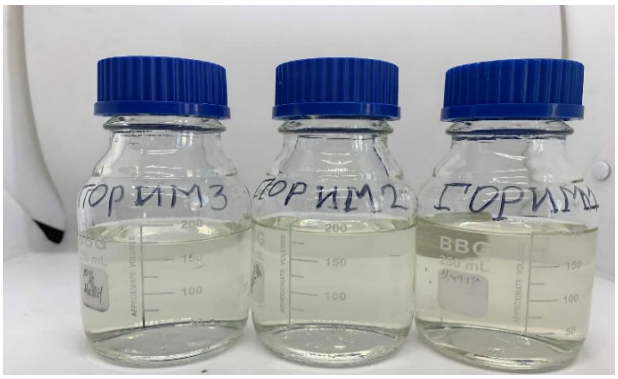
Иймээс ноолуур угаах үйлдвэрийн хаягдал усыг цэвэршүүлэхэд Поли хөнгөн цагааны хлоридийн оновчтой тунг тодорхойлох зорилгоор өөр өөр концентрацаар цэвэршүүлэх туршилтыг гүйцэтгэсэн.

НООЛУУР УГААХ ҮЙЛДВЭРИЙН ХАЯГДАЛ УСЫГ ПОЛИ ХӨНГӨН ЦАГААНЫ ХЛОРИДООР ЦЭВЭРШҮҮЛЭХ ГОРИМ

1-Р ХҮСНЭГТ

Горим	Дээжний хэмжээ	PAC (%)
1	200 мл	0.01%
2	200 мл	0.03%
3	200 мл	0.05%

200 мл дээж тус бүрд 1-р хүснэгтэд харуулсан концентрацаар поли хөнгөн цагааны хлоридыг нэмэн 125 эрг/мин хурдтайгаар 5 минутын турш хутгаж коагуляцийн процессыг явуулсан. Үүний дараа механик флокуляцийн процессыг явуулахын тулд хурдыг сааруулж 40 эрг/мин хурдтайгаар мөн адил 5 минут хутгасан. Тунадасжуулах процессыг 35 минутын турш явуулсан бөгөөд тунадасжилт бүрэн явагдаж дууссаны дараа үүссэн лагийг фильтерийн цаасаар шүүж, цэвэршүүлсэн хаягдал ус гарган авсан.



1-р зураг. Ноолуур угаах үйлдвэрийн хаягдал усыг Поли хөнгөн цагааны хлоридоор цэвэршүүлсний дараах үр дүн

Туршилтын үр дүнд Поли хөнгөн цагааны хлоридын 0,03%, 0.05%- ийн концентрацаар цэвэршүүлсэн хаягдал ус нь 0.01%-ийн концентрацаар цэвэршүүлсэн хаягдал уснаас тунгалаг байсан ба цэвэршүүлсэн хаягдал усны дундаж гарц 189 мл буюу 94,5%-тай байсан.

IV. ИДЭВХЖҮҮЛСЭН НҮҮРС (АС) АШИГЛАН ПОЛИ ХӨНГӨН ЦАГААНЫ ХЛОРИД (PAC)-Р ЦЭВЭРШҮҮЛСЭН ХАЯГДАЛ УСАН ДАХЬ ХИМИЙН АГУУЛАМЖИЙГ БУУРУУЛЖ, ФИЗИК ЧАНАРЫГ ДЭЭШЛҮҮЛЭХ СУДАЛГАА

Хаягдал усыг өөр өөр концентрацтай Поли хөнгөн цагааны хлоридоор цэвэршүүлсэн хэдий ч тунгалаг бус, өнгө, үнэртэй, органик болон органик бус бодисын агууламж өндөр дахин ашиглах боломжгүй байсан тул усан дахь химийн агууламжийг бууруулах, физик **чанарыг дээшлүүлэх зорилгоор** идэвхжүүлсэн нүүрсийг ашигласан.

Идэвхжүүлсэн нүүрс нь байгалийн гаралтай нүүрстөрөгчийн материал (жишээ нь мод, коксын хальс, нүүрс, хүлэр гэх мэт)-ийг өндөр температурт, идэвхжүүлэгч бодисоор боловсруулж гаргаж авсан маш олон жижиг нүх, сүв бүхий шингээгч бодис юм [4].

Хаягдал ус цэвэршүүлэх процесст идэвхжүүлсэн нүүрсийг усанд агуулагдах янз бүрийн бохирдуулагч бодис, үнэр, өнгө, амт үүсгэгчийг бууруулахад ашигладаг [4].

Тиймээс энэ туршилтаар Поли хөнгөн цагааны хлорид болон идэвхжүүлсэн нүүрс ашиглан үйлдвэрийн хаягдал усыг цэвэршүүлсэн.

НООЛУУР УГААХ ҮЙЛДВЭРИЙН ХАЯГДАЛ УСЫГ ПОЛИ ХӨНГӨН ЦАГААНЫ ХЛОРИД , ИДЭВХЖҮҮЛСЭН НҮҮРСЭЭР ЦЭВЭРШҮҮЛЭХ ГОРИМ

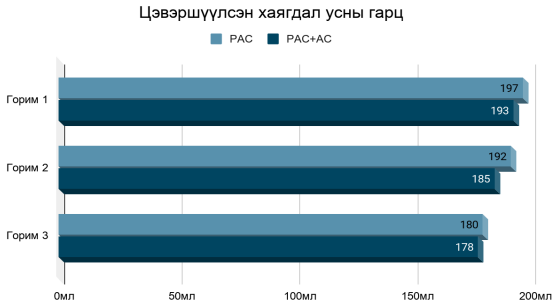
2-Р ХҮСНЭГТ

Горим	Дээжний хэмжээ	PAC (%)	AC(%)
1	200 мл	0.01%	0.01%
2	200 мл	0.03%	0.03%
3	200 мл	0.05%	0.05%

200 мл дээж тус бүрд 2-р хүснэгтэд харуулсан концентрацаар Поли хөнгөн цагааны хлорид болон идэвхжүүлсэн нүүрсийг нэмэн 125 эрг/мин хурдтайгаар 5 минутын турш хутгаж коагуляцийн процессыг явуулсан. Үүний дараа механик флокуляцийн процессыг явуулахын тулд хурдыг сааруулж 40 эрг/мин хурдтайгаар мөн адил 5 минут хутгасан. Тунадасжуулах процессыг 35 минутын турш явуулсан бөгөөд тунадасжилт бүрэн явагдаж дууссаны дараа үүссэн лагийг фильтерийн цаасаар шүүж, цэвэршүүлсэн хаягдал ус гарган авсан.

2-р зураг. Ноолуур угаах үйлдвэрийн хаягдал усыг Поли хөнгөн цагааны хлорид болон идэвхжүүлсэн нүүрсээр цэвэршүүлсний дараах үр дүн

Туршилтын үр дүнд Поли хөнгөн цагааны хлорид болон идэвхжүүлсэн нүүрсийн 0,03%, 0,05%-ийн концентратаар цэвэршүүлсэн хаягдал ус нь 0,01%-ийн концентрацаар цэвэршүүлсэн хаягдал уснаас тунгалаг, өнгө, үнэргүй болсон. Мөн туршилтын үр дүнгээс идэвхжүүлсэн нүүрс ашигласнаар усны хими физик чанар дээшилсэнг харж болно. Цэвэршүүлсэн хаягдал усны дундаж гарц 185 мл буюу 92,5%-тай байсан.



1-р график. Цэвэршүүлсэн хаягдал усны гарцын хэмжээ

V. ТУРШИЛТ СУДАЛГАА ҮР ДҮН БОЛОВСРУУЛАЛТ

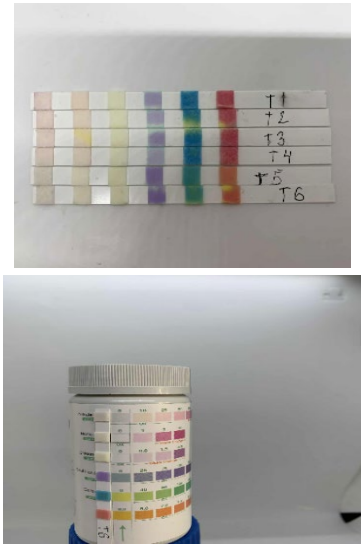
Усны чанар гэдэг ойлголт нь усны физик, химийн болон биологийн шинж чанарын цогцоос бүрдэнэ. Иймээс Поли хөнгөн цагааны хлоридоор цэвэршүүлсэн хаягдал ус болон Поли хөнгөн цагааны хлорид, идэвхжүүлсэн нүүрсээр цэвэршүүлсэн хаягдал усны хими, физик чанарыг харьцуулан судлав

VI. ПОЛИ ХӨНГӨН ЦАГААНЫ ХЛОРИДООР ЦЭВЭРШҮҮЛСЭН ХАЯГДАЛ УС БОЛОН ПОЛИ ХӨНГӨН ЦАГААНЫ ХЛОРИД , ИДЭВХЖҮҮЛСЭН НҮҮРСЭЭР ЦЭВЭРШҮҮЛСЭН ХАЯГДАЛ УСАН ДАХЬ ОРГАНИК БОЛОН ОРГАНИК БУС ХИМИЙН БОДИСЫН АГУУЛАМЖИЙГ ХАРЬЦУУЛСАН СУДАЛГАА

“Усны хими чанар” гэдэг нь усанд агуулагдах ууссан бодис, химийн элементүүд, нэгдлүүдийн найрлага ба концентрацыг илэрхийлдэг ойлголт юм. Өөрөөр хэлбэл, усны химийн чанар нь тухайн ус ямар бодисуудаар “бохирдсон” эсвэл “баяжсан” байгааг, мөн хэрэглээ (уух, усжуулалт, үйлдвэрлэл гэх мэт)-нд тохирох эсэхийг тодорхойлдог гол үзүүлэлт юм.[5]

Цэвэршүүлсэн хаягдал усан дахь химийн агууламжийг “Water test strips” индикатораар тодорхойлсон.

"Water test strips" индикатор гэдэг нь усны чанар, химийн агууламжийг хурдан, энгийн аргаар тодорхойлох зориулалттай туузан цаас юм.



3-р зураг. Цэвэршүүлсэн хаягдал усан дахь химийн агууламжийг тодорхойлход ашигласан “Water test strips”индикатор

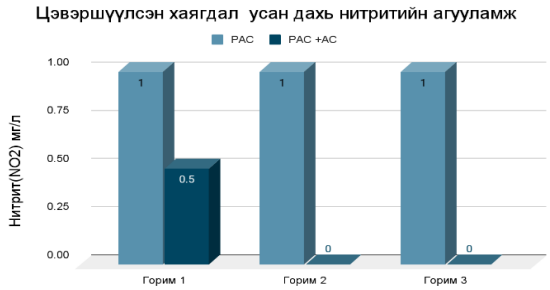
“Water test strips” индикатороор цэвэршүүлсэн хаягдал усанд агуулагдах нитрит, нитрат, болон цэвэршүүлсэн хаягдал усны хатуулаг, pH орчин зэрэг химийн үзүүлэлтүүдийг 5 удаагийн давтамжтайгаар тодорхойлж дундаж үзүүлэлтийг хүснэгтэд харуулав.

Нитрит (NO_2^-) нь бохир усанд агуулагддаг азотын нэгдлүүдийн нэг юм.[5]

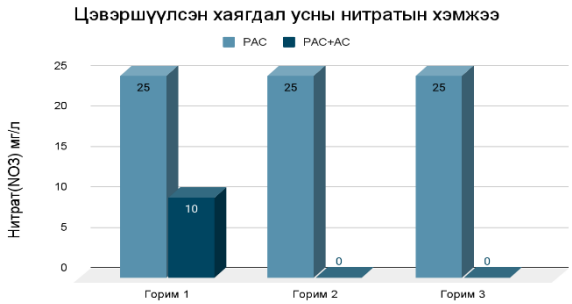
Нитрат (NO_3^-) нь азотын хүчил (HNO_3)-ийн давс бөгөөд азотын хамгийн өндөр исэлдэлтийн зэрэгтэй нэгдэлд хамаарна.[5]

Эдгээр нэгдлүүд нь усанд орших үед өндөр исэлдэлтийн идэвх үзүүлдэг бөгөөд ноос, ноолуур зэрэг уургийн гаралтай түүхий эдийн кератины бүтэц болон чанарт сөрөг нөлөө үзүүлэх боломжтой. Иймээс ноос, ноолуур угаах үйлдвэрийн технологийн болон цэвэршүүлсэн хаягдал усанд агуулагдах нитрит ба нитратын агууламжийг хянах нь зайлшгүй шаардлагатай.

MNS 900:2005 ундны усны стандартад нитрит ба нитратын зөвшөөрөгдөх дээд хэмжээг нитрит (NO_2^-): ≤ 1 мг/л, нитрат (NO_3^-): ≤ 50 мг/л гэж заасан байдаг.



2-р график. Цэвэршүүлсэн хаягдал усан дахь нитритийн агууламж



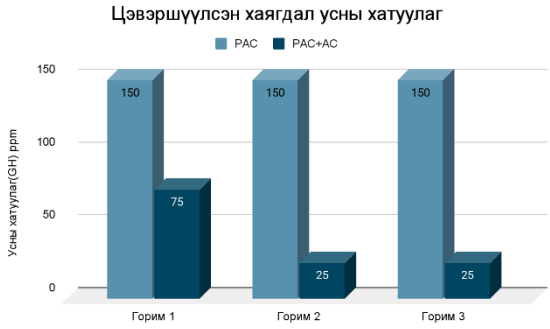
3-р график. Цэвэршүүлсэн хаягдал усан дахь нитратын агууламж

График 1 болон 2-с Поли хөнгөн цагааны хлоридоор цэвэршүүлсэн хаягдал ус болон Поли хөнгөн цагааны хлорид, идэвхжүүлсэн нүүрсээр цэвэршүүлсэн хаягдал ус нь MNS 900:2005 стандартад заасан нитрит, нитратын стандарт хэмжээг хангаж байгааг харж болно.

Усны хатуулаг гэдэг нь усанд агуулагдаж буй кальци (Ca^{2+}) болон магни (Mg^{2+}) зэрэг давсны ионуудын нийт агууламжийг хэлнэ. Эдгээр ионууд нь усанд ууссан карбонат (CO_3^{2-}), бикарбонат (HCO_3^{-}), сульфат (SO_4^{2-}), хлорид (Cl^{-}) зэрэг нэгдлүүдийн хэлбэрээр оршдог [5].

Усны хатуулга их байх үед кальци, магнийн ионууд нь гадаргуугийн идэвхт бодистой урвалд орж уусдаггүй нэгдэл үүсгэдэг тул угаагч бодисын идэвх буурна [5].

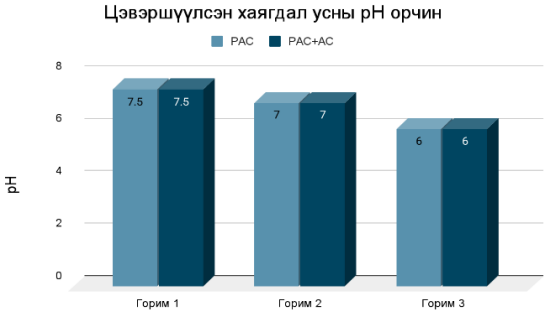
Иймд ноос, ноолуур угаах процесст угаах үр ашгийг нэмэгдүүлэхийн тулд усны хатуулгийг хянах шаардлагатай.



3-р график. Цэвэршүүлсэн хаягдал усны хатуулаг

График 3-с харахад Поли хөнгөн цагааны хлоридоор цэвэршүүлсэн усны хатуулаг 150 ppm буюу хатуулаг байсан бол Поли хөнгөн цагааны хлорид , идэвхжүүлсэн нүүрс ашиглан цэвэршүүлсэн хаягдал усны хатуулаг 25 ppm хүртэл буурч зөөлөн болсон.

Усны pH нь хаягдал усны хүчиллэг шүлтлэг чанарыг илэрхийлнэ.



4-р график . Цэвэршүүлсэн хаягдал усны pH орчин

MNS 900:2005 ундны усны стандартад усны pH орчны зөвшөөрөгдөх дээд хэмжээг 6.5-8.5 хооронд байх ёстой гэж заасан байдаг. Поли хөнгөн цагааны хлоридоор цэвэршүүлсэн хаягдал ус болон Поли хөнгөн цагаан хлорид, Идэвхжүүлсэн нүүрсээр цэвэршүүлсэн хаягдал усны pH орчин нь энэ стандартыг хангаж байна. Идэвхжүүлсэн нүүрс нь усны pH орчинд нөлөөлөөгүй байгаа нь тухайн бодисыг саармаг гэдгийг харуулж байна.

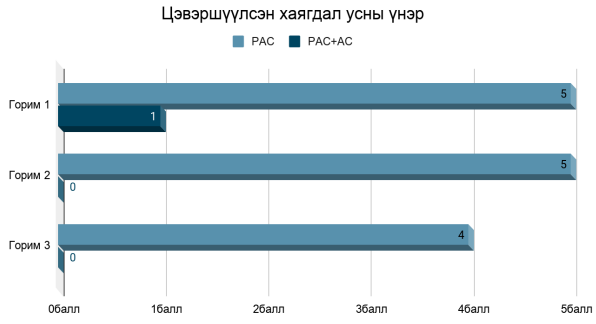
VII. ПОЛИ ХӨНГӨН ЦАГААНЫ ХЛОРИДООР ЦЭВЭРШҮҮЛСЭН ХАЯГДАЛ УС БОЛОН ПОЛИ ХӨНГӨН ЦАГААНЫ ХЛОРИД, ИДЭВХЖҮҮЛСЭН НҮҮРСЭЭР ЦЭВЭРШҮҮЛСЭН ХАЯГДАЛ УСНЫ ФИЗИК ЧАНАРЫН СУДАЛГАА

Усны физик чанар гэдэг усны өнгө, үнэр, амт, тунгалаг байдал, температур, нягт, зуурамтгай чанар, цахилгаан дамжуулах чадвар гэх мэт үзүүлэлтүүдийг хамардаг [5].

ЦЭВЭР УСНЫ ҮНЭРИЙГ ҮНЭЛЭХ ХҮСНЭГТ

3-Р ХҮСНЭГТ

Үнэрийн эрчим(балл)	*Үнэртэх байдал*
0	Огт үнэргүй
1	Маш сул үнэртэй
2	Сул үнэртэй
3	Мэдрэгдэх үнэр
4	Онцгой үнэр
5	Маш хүчтэй үнэр



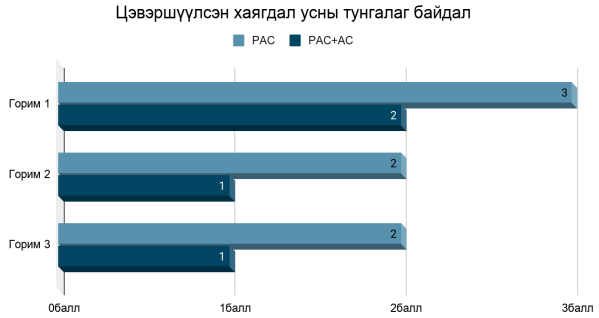
5-р график. Цэвэршүүлсэн хаягдал усны үнэр

Поли хөнгөн цагааны хлоридоор цэвэршүүлсэн хаягдал усны үнэр 5 балл буюу маш хүчтэй хурц үнэртэй байсан бол поли хөнгөн цагааны хлорид , Идэвхижүүлсэн нүүрсээр цэвэршүүлсэн хаягдал ус 0 балл буюу огт үнэргүй болсон.

УСНЫ ТУНГАЛАГЖИЛТЫГ ҮНЭЛЭХ ХҮСНЭГТ

4-Р ХҮСНЭГТ

Тунгалаг байдал (балл)	Усны харагдах байдал
0	Маш тунгалаг
1	Тунгалаг
2	Бага зэргийн шар туяатай
3	Тунгалаг биш



6-р график. Цэвэршүүлсэн хаягдал усны тунгалаг байдал

Поли хөнгөн цагааны хлоридоор цэвэршүүлсэн хаягдал усны тунгалаг байдал 3-2 баллын хооронд хэлбэлзэж бага зэргийн шар туяатай байсан бол Поли хөнгөн цагааны хлорид, идэвхжүүлсэн нүүрсийн 0,03%, 0.05% -ийн концентратаар цэвэршүүлсэн хаягдал ус 1 балл буюу тунгалаг болсон.

Дүгнэлт

Судалгааны үр дүнгүүдээс харахад идэвхжүүлсэн нүүрс нь усны өнгө, үнэр, органик бохирдлыг өөртөө маш сайн шингээдэг гэдэг нь харагдаж байна. Мөн Поли хөнгөн цагааны хлорид, идэвхжүүлсэн нүүрсийн 0.03%, 0.05%-ийн концентрацаар цэвэршүүлсэн хаягдал усны хими болон физик шинж чанар нь ижил байсан. Үүнээс дүгнэхэд Поли хөнгөн цагааны хлорид, идэвхжүүлсэн нүүрсийн 0.03 %-ийн концентрацаар усыг цэвэршүүлэх нь хамгийн тохиромжтой бөгөөд эдийн засгийн ач холбогдолтой.

Эцэст нь дүгнэхэд Ноолуур угаах үйлдвэрийн хаягдал усыг дахин цэвэршүүлэн ашиглах бүрэн боломжтой байна.

Ашигласан материал, ном зүй

[1] S. Li, D. Tasnady, S. Skelley, B. Calderon, and S. Jiang, “Enhancing organic contaminant removal from wool scouring wastewater using chemically modified biochars,” *published Jan. 5, 2024.*

[2] A. J. Englande Jr., P. Krenkel, and J. Shamas, *Wastewater Treatment & Water Reclamation.*

[3] Audria, M. R., Joko, T., & Sulistiyani, S. (2020). *The effectiveness of poly aluminum chloride (PAC) on chemical oxygen demand (COD) levels of laundry wastewater in Batam City, Indonesia*

[4] Mestre, A. S., Campinas, M., Viegas, R. M. C., Mesquita, E., Carvalho, A. P., & Rosa, M. J. (2022). *Activated carbons in full-scale advanced wastewater treatment.* In M. S. Shende & A. M. Asiri (Eds.), *Advanced materials for sustainable environmental remediation: Terrestrial and aquatic environments* (pp. 433–475). Elsevier.

[5] Dewangan, S. K., Minj, D., Mahant, M., & Singh, A. (2024). *Physico-chemical properties of water: A comprehensive review of methods, trends, and applications.* EPRA International Journal of Research & Development (IJRD), 9(12), 352-356

ХАНБОГД СУМЫН БЭЛЧЭЭР УСЖУУЛАЛТЫН СУДАЛГАА

Нэмэрийн БУЯНХИШИГ[1], Мустафагийн АЛЕЙ[2], Дандарын ЭНХБАЯР[1], Батбаярын УУГАНХҮҮ[3]

[1]Монгол Улс, Улаанбаатар, ШУТИС, Геологи, уул уурхайн сургууль, Гидрогеологи, инженер геологийн тэнхим

[2]Монгол Улс, Улаанбаатар, Water Management ХХК-ийн зөвлөх

[2]Монгол Улс, Улаанбаатар, Оюу Толгой ХХК, Байгаль орчны салбар

Холбоо барих зохиогчийн и-мэйл хаяг: bbn@must.edu.mn[1]

***Хураангуй**:* **Нүүдлийн болон хагас нүүдлийн мал аж ахуй эрхэлдэг 40 гаруй орноос нүүдлийн мал аж ахуй зонхилон эрхэлдэг 10 хүрэхгүй орон байдаг. Байгалийн бэлчээрт тулгуурлаж, нөхөн сэргээгдэж, төлжин үржиж, сайжирч байдаг нүүдлийн мал аж ахуйн хэв шинж, уламжлалыг Монгол улс төгс хадгалж үлдсэн билээ. Мянган жилийн уламжлалт Монголын нүүдлийн соёл нь говь цөл, цөлөрхөг хээрийг тогтвортой ашиглах гол стратегийн менежмент болж ирсэн ч мал, амьтан, малчид, тариаланчид хөдөө аж ахуйн ус хангамжаас шууд хамааралтай учир уур амьсгалын өөрчлөлтийн нөлөөнд өртөх хамгийн эмзэг бүлэг болдог. Энэ салбарын усны хэрэгцээг хангах зорилгоор гидрогеологийн судалгаагүй худаг гаргах, хуучин худгийн дэргэд ихэрлүүлж шинээр худаг гаргах, ундарга муутай худаг гаргах зэрэг нь бэлчээрийн доройтлын үндсэн шалтгаан болоод байна. Судалгааны ажлын үндсэн зорилго нь Ханбогд сумын мал аж ахуйн ус хангамжийг тогтвортой байдлыг хангах газрын доорх усны нөөцийн судалгаа хийхэд оршино. Хөдөө аж ахуйн усны хэрэглээ, чанарыг тогтоон, бага гүний уст давхаргын боломжит нөөцийг тоймлон гарган, уст цэгийн ашиглалтын зохистой горимыг тодорхойлсноор усны нөөцөд тохирсон малын тоо толгой, сүргийн бүтэцтэй болж бэлчээрийн доройтол, цөлжилтийг сааруулж, мал аж ахуйн салбарын уур амьсгалын өөрчлөлтөд эмзэг байдлыг бууруулахад чиглэгдэнэ. Ханбогд сумын 5 багийн 2023 оны мал тооллогын мэдээнээс харахад Номгон баг 25475, Гавилууд 53819, Жавхлант баг 45022, Баян баг 38890, Хайрхан баг 970 толгой мал тоолжээ. Нийт ус хэрэглээний 64.4% тэмээнд, 21.3% бог малд, 8.6% адуунд, 5.7% үхэрт зарцуулах тооцоо гарсан. Ханбогд сумын 164,176 толгой малд жилд 3.45 сая литр ус буюу хоногт 3449 шоо метр ус (39.92 л/сек) шаардлагатай. Сумын газар нутагт тархсан газрын доорх усны нөхөн сэргээгдэх нөөц (191,160.85 м^3/хон буюу 2212.5 л/сек), баримжаат нөөц (58,470.34 м^3/хон буюу 676.74 л/сек) малын усны хэрэглээг (3449 м^3/хон буюу 39.92 л/сек) хангах бүрэн боломжтойг харуулж байна. Газрын доорх ус чанарын хувьд гидрокарбонат ангийн натрийн бүлгийн ус бага гүний уст давхаргад оршин харьцангуй чанар сайтай байхад гүний уст давхаргын ус сульфат, хлорын ангийн натрийн бүлгийн харьцангуй өндөр эрдэсжилттэй онцлогтой. Цаашид мал сүргийн бөөгнөрөл ихтэй тодорхой бэлчээрийн талбайд зориулан хэсэгчилсэн үнэлгээг арай илүү нарийвчлалтай гүйцэтгэх шаардлагатай.**

Түлхүүр үг: Газрын доорх ус, Малын усны хэрэглээ, Нөхөн сэргээгдэх нөөц, Баримжаат нөөц

I. УДИРТГАЛ

Дэлхийн 200 гаруй орноос 40 гаруй орон нүүдлийн болон хагас нүүдлийн мал аж ахуй эрхэлдгээс нүүдлийн мал аж ахуй зонхилон эрхэлдэг 10 хүрэхгүй орон байдаг. Эдгээр орны нэг Монгол Улс нь нүүдлийн мал аж ахуйн хэв шинж, уламжлалыг төгс хадгалж үлдсэн билээ. Байгалийн бэлчээрт тулгуурлаж, нөхөн сэргээгдэж, төлжин үржиж, сайжирч байдаг нүүдлийн мал аж ахуй нь өвөрмөц салбар юм [1]. Мянган жилийн уламжлалт Монголын нүүдлийн соёл нь говь цөл, цөлөрхөг хээрийг тогтвортой ашиглах гол стратегийн менежмент болж ирсэн. Мал, амьтан, малчид, тариаланчид хөдөө аж ахуйн ус хангамжаас шууд хамааралтай учир уур амьсгалын өөрчлөлтийн нөлөөнд өртөх хамгийн эмзэг бүлэг болдог [2].

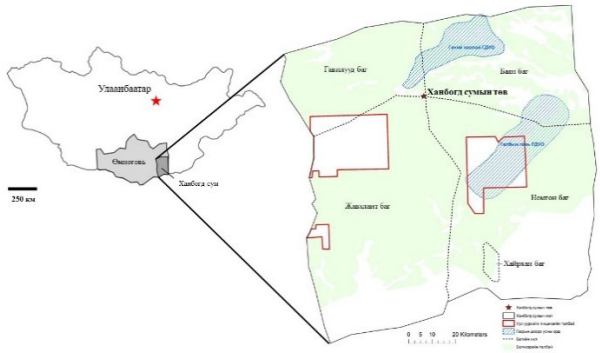
Бэлчээр усжуулалт гэдэг ойлголтод хөдөөгийн хүн ам, мал болон бусад ус хэрэглэгчдийн хэвийн амьдрал, үйл ажиллагаанд шаардагдах хэмжээний тоо ба чанарыг бүрэн хангасан усаар тогтвортой хангахыг ойлгоно. Бэлчээрийн талбайн хэмжээ багасаж байхад, малын тоо толгой өсөж урвуу зүй тогтолтой өөрчлөлт явагдаж сүүлийн 50 жилийн хугацаанд 100 га бэлчээрийн талбайд ноогдох хонин толгойд шилжүүлсэн малын тоо 2.5 дахин их болсон байна [3].

Мал аж ахуй салбарын усны хэрэгцээг хангах зорилгоор гидрогеологийн судалгаа хийхгүй худаг гаргах, хуучин худгийн дэргэд ихэрлүүлж шинээр худаг гаргах, ундарга муутай худаг гаргах зэрэг нь бэлчээрийн доройтлын үндсэн шалтгаан болоод байна.

Энэхүү судалгааны ажлын үндсэн зорилго нь Ханбогд сумын хөдөө аж ахуйн ус хангамжийг тогтвортой байдлыг хангах газрын доорх усны нөөцийн судалгаа хийх явдал юм. Хөдөө аж ахуйн усны хэрэглээ, чанарыг тогтоон, бага гүний уст давхаргын боломжит нөөцийг тоймлон гарган, уст цэгийн ашиглалтын зохистой горимыг тодорхойлсноор усны нөөцөд тохирсон малын тоо толгой, сүргийн бүтэцтэй болж бэлчээрийн доройтол, цөлжилтийг сааруулж, мал аж ахуйн салбарын уур амьсгалын өөрчлөлтөд эмзэг байдлыг бууруулахад чиглэгдэнэ.

II. СУДАЛГААНЫ ТАЛБАЙ

Ханбогд сум нь Монгол улсын өмнөд хилээс 130 км, аймгийн төвөөс 252 км алслагдсан, хээр тал, говь цөл хосолсон 1515.2 километр квадрат нутаг дэвсгэртэй. Тус сум нь Номгон, Гавилууд, Хайрхан, Жавхлант, Баян гэсэн 5 багтай (Зураг 1).



1-р зураг. Судалгааны талбайн байршлын зураг

Ханбогд сумын нутаг дэвсгэр нь Монголын говь цөлийн бүсийн өмнөд хэсэгт байрлаж Ханбогд уулын орчимд орших говийн намхан толгодоос тогтдог [4]. Говийн бүсдээ харьцангуй өндөрт тооцогдох Ханбогд уул (д.т.д 1350 м), Бумбат задгайн хяр (д.т.д 1233.3 м), Жавхлант уул 1295 м (д.т.д), Далайн Дуулга (д.т.д 1240 м) зэрэг уулстай. Уур амьсгалын хувьд эх газрын эрс тэс шинжтэй, агаарын температурын сар, хоногийн хэлбэлзэл ихтэй, хур тунадас бага буудаг, ууршилт ихээр явагддаг зэрэг онцлогуудаас шалтгаалан газрын доорх усны нөөц хуримтлагдахад таатай нөлөө үзүүлдэггүй.

1. Геологи, гидрогеологийн нөхцөл

Өмнөговь орчмын бүс нь өмнөд Монголын болон Өмнөговийн тектоникийн тогтцуудын уулзварт Ханбогд сум оршдогоороо геологийн тогтцын хувьд онцлогтой [5]. Палеозойн эриний галт уулын, тунамал, магмын чулуулгийн болон Мезозойн эриний тунамал чулуулгийн давхарга уг бүс нутагт зонхилдог. Стратиграфын хувьд девон, карбон, перм, цэрд, палеоген, неоген, дөрөвдөгчийн насны хурдас чулуулаг тархсан.

Өмнөговь аймгийн Ханбогд сумын нутаг нь Говь-Алтайн нурууны зүүн урд шувтарга үзүүр районд хамаарагдана. Геоморфологийн хувьд районы дунд хэсэг буюу Алтан уул, Нэмэгт, Гилбэнт сэврэйн 2273-2632.0 м үнэмлэхүй өндөрлөг уулсын эрчимтэй хэрчигдсэн бага буюу эгц налуутай рельеф хөгжсөн. Талбайн дунд хэсэг буюу Монгол Алтайн салбар уулсын 2 дах эгнээнд багтах, Тостын нуруу, Хүрэн ханангийн нурууны 2047-2397.0 м үнэмлэхүй өндөртэй бага налуутай рельеф хөгжсөн бол талбайн зүүн доод өнцөгт 1261-1511.0 м өндөртэй намхан уулсаас тогтсон сэврэн хадат гүвээ толгодорхог структур зөөгдлийн төрлийн рельеф үлэмж хөгжсөн байдаг [6]. Нутгийн газрын хэлбэр дүрс бүрэлдэн тогтоход хуримтлалын, идэгдлийн болон элэгдлийн үйл ажиллагаа чухал үүрэг гүйцэтгэжээ.

Энэхүү район нь геологи структурын хувьд доод давхар болох интрузив чулуулгийн гидрогеологийн массив, галт уулын чулуулгийн адмассив, терриген чулуулгийн антиклиналь атираат адмассив, терриген чулуулгийн синтиклиналь атираат интермассив гэсэн структуруудын нэгдэл юм [7]. Интрүзив чулуулгийн гидрогеологийн массив нь хожуу перм, эхэн ба хожуу чулуун нүүрсний, түрүү чулуун нүүрсний, дээд девоны - түрүү чулуу нүүрсний насны янз бүрийн найрлагатай гүний чулуулгуудаас бүрдэх бөгөөд ан цав - ан цав судлын төрлийн коллектор зонхилдог. Монгол - Алтайн ба Говь - Тянь Шанийн атираат уулсын гидрогеологийн районы гидродинамик нөхцөлд гидрогеологийн структурын тогтоц, цаг уур, рельефийн нөхцөл гол нөлөө үзүүлдэг. Бүс нутгийн хэмжээнд авч үзвэл гидродинамикийн хоёр бүс ялгаж үзэх боломжтой юм. Гидродинамикийн дээд бүс буюу усан солилцооны эрчимтэй бүс нь өгөршлийн ан цавын дээд хэсэг болох 50-60 м-ийн гүнийг хамарна [4]. Гүн рүү ан цав нь маш бага, бараг цул болж усан солилцооны эрчим буурдаг. Гагцхүү их гүнд ан цавшил, бутралт үүсэх усжилт бий болох, тектоник, ан цавуудтай холбоотой юм. Тектоник хагарлын бүсийн дагуу усжилт нь нэмэгдэх зүй тогтол тухайн бүс нутагт түгээмэл ажиглагдах бөгөөд ус дамжуулалт нь өгөршлийн региональ ан цавуудад 10-50 м/хон байхад хагарлын бүсүүдэд илүү их байна [8].

Галбын говь ба Гүний хоолойн гидрогеологийн бассейнуудад газрын доорх усны тархалт, хөдөлгөөн хуримтлалын онцлогууд, ус агуулагч чулуулгийн литологи-петрографийн найрлага, давхарга зүйн ангиллыг харгалзан дараах уст үе давхарга, цогцолборуудыг ялгаж болно [9]. Үүнд:

1. Дээд дөрөвдөгч сэвсгэр хурдас дах уст үе давхарга (Q_{II-IV})
2. Дунд-дээд дөрөвдөгчийн сэвсгэр хурдас дах алаг цоог тархалттай газрын доорх ус (Q_{II-III})
3. Дээд цэрдийн Баянзагийн давхаргадасны тунамал хурдасны уст үе давхарга (K_2 bz)
4. Дээд цэрдийн Баянширээгийн давхаргадсын тунамал хурдасны уст үе давхарга (K_2bs)
5. Дээд цэрдийн Сайншандын давхаргадасны тунамал хурдасны уст үе давхарга (K_2ss)
6. Доод цэрдийн Хөх тээгийн давхаргадсын тунамал хурдасны зузаалаг дах алаг цоог тархалттай газрын доорх ус (K_1ht)

III. МАЛЫН УУХ УСНЫ ХЭМЖЭЭ, ЧАНАР

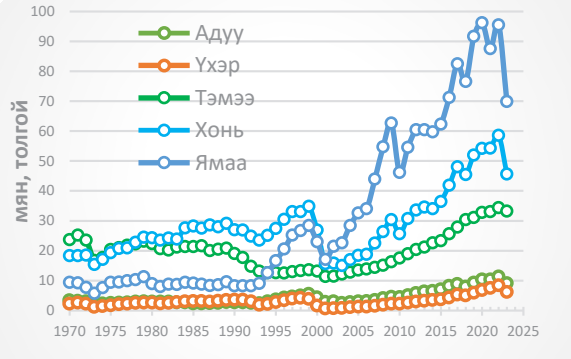
Бэлчээрийн гарц, усан хангамжаас шууд хамааралтай манай орны нүүдлийн мал аж ахуйн хувьд бэлчээрийн ус хангамжийг шинжлэх ухааны үндэслэлтэй гаргах нь чухал юм.

2. Малын уух усны хэмжээ

Малд ус дутагдахад тэжээл идэх чадвар 10-15% буурах, тэжээлийн шингэц муудаж гэдэс нь тээрэх, бэлчээрт явах чадал нь 20% буурч, хэвтэлт ихсэх, хүйтэн тэсвэрлэх чадвар нь муудаж амархан бээрч осгох, тарга хүчээ 20-30 хоногт бүрэн алддаг. Сувайралт 3 дахин, хээл хаялт 25-30% нэмэгдэж ноосны гарц 10%, сүүний гарц 44% буурдаг [10].

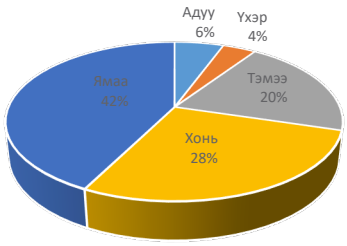
Усалгааны горимыг зөв мөрдсөнөөр идсэн тэжээлээ бүрэн боловсруулж, бэлчээрээс идэх тэжээлийн хэмжээ 30% нэмэгдэж, биеийн илч нэмэгдэж даарах нь багасдаг. Хоногт 178-430 гр тарга хүч нэмж, ихэрлэлт 100 ихсэхэд 25-50% өсөж, ноосны гарц 113 гр-аар, сүүний гарц өдөрт 30-40% дээшилж зүй бус хорогдол бүрэн зогсдог.

Статистикийн мэдээллийн нэгдсэн сангаас Өмнөговь аймгийн Ханбогд сумын 1970-2023 оны малын тоо толгойн мэдээллийг авч үзэхэд үхэр 3,866 толгойгоор, адуу 5,644 толгойгоор өссөн байна. 53 жилийн хугацаанд үхэр болон адууны тоо толгой харьцангуй тогтвортой байжээ. Тэмээ 9,522, хонь 27,329, ямаа 60,535 толгойгоор өссөн байв (Зураг 2). 2023 оны малын тоо толгойг 1970 оны тоо хэмжээтэй харьцуулахад үхэр, адуу 2.6 дахин, тэмээ 1.4 дахин, хонь 2.5 дахин, ямаа 7.4 дахин өсжээ.



2-р зураг . Ханбогд сумын малын тоо толгой (1970-2023 онуудад)

Ханбогд сумын 5 багаар малын тоо толгойн мэдээллийг 2012-2023 оны мал тооллогын мэдээнээс харахад Номгон баг 25475, Гавилууд 53819, Жавхлант баг 45022, Баян баг 38890, Хайрхан баг 970 толгой мал тоолуулжээ. Ханбогд сумын малын сүргийн бүтцийг авч үзвэл 42% ямаа, 28% хонь, 20% тэмээ, адуу 6%, үхэр сүрэг 4% эзэлж байна (Зураг 3).



3-р зураг. Ханбогд сумын сүргийн бүтэц, хувиар

Байгаль орчин, ногоон хөгжил, аялал жуулчлалын сайдын 2015 оны 7-р сарын 30-ны өдрийн А/301 тоот тушаалаар баталсан “Нэгж бүтээгдэхүүн үйлдвэрлэх, ажил гүйцэтгэх, үйлчилгээ үзүүлэхэд зарцуулах усны норм батлах тухай” тушаалын 11-р хавсралт болох Хөдөө аж ахуйн салбарын усны норм, бэлчээрийн мал сүргийн ус хэрэглээний нормоор Ханбогд сумын малын усны хэрэглээг тооцов [11].

Өмнөговь аймгийн Ханбогд сум нь Үндэсний статистикийн хорооны дарга, Хүнс, хөдөө аж ахуй, хөнгөн үйлдвэрийн сайд, Байгаль орчин аялал жуулчлалын сайдын 2019 оны 8-р сарын 5-ны өдрийн А/113, А/250, А/422 дугаар хамтарсан тушаалаар баталсан “Малын бэлчээрийн даац тооцох нэгдсэн аргачлал”-д заасан байгалийн бүсчлэлээр цөлийн бүсэд багтана [12]. Ханбогд сумын малын усны хэрэглээг тооцоход малын ус хэрэглээний нормыг улирлаар ялгаатай өгсөн (Хүснэгт 1) учир тухайн улирлын үргэлжлэх хугацааг энэхүү баримт бичгээс авсан.

БАЙГАЛИЙН БҮСИЙН УЛИРЛЫН ҮРГЭЛЖЛЭХ ХУГАЦАА

1-Р ХҮСНЭГТ

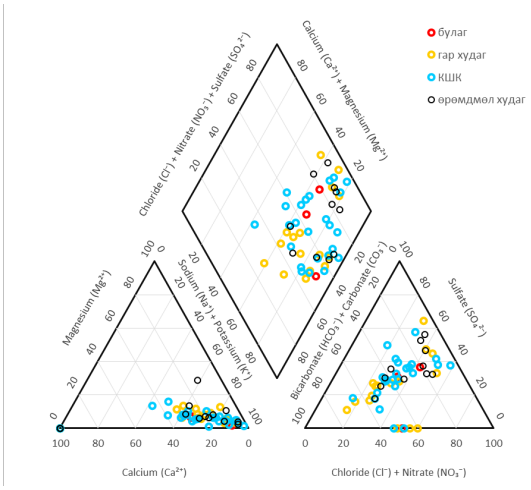
Байгалийн бүс, бүслүүр	Өвлийн улирал		Хаврын улирал		Зуны улирал		Намрын улирал	
	Эхлэх хугацаа	Дуусах хугацаа	Эхлэх хугацаа	Дуусах хугацаа	Эхлэх хугацаа	Дуусах хугацаа	Эхлэх хугацаа	Дуусах хугацаа
Цөлийн бүс	XI.22	III.02	III.03	IV.24	IV.25	X.07	X.08	XI.21
Үргэлжлэх хугацаа, өдрөөр	101		53		166		45	

Нас бие гүйцсэн хонь, ямааг хоногт 2 удаа услахад зуны улиралд 3.7л, намар, хаврын улиралд 3.5л, өвлийн улиралд 2 л ууна гэсэн нормтой. Нэг жилд 14,747 толгой бог мал услахад 34.2 сая л ус шаардлагатай байна. Нийт сумын хэмжээгээд хонин толгойд шилжүүлсэн 375 803 толгой малд 25.7 л/с буюу 2225 $м^3$/хон ус зарцуулна гэсэн тооцоо гарлаа.

3. Малын усны чанар

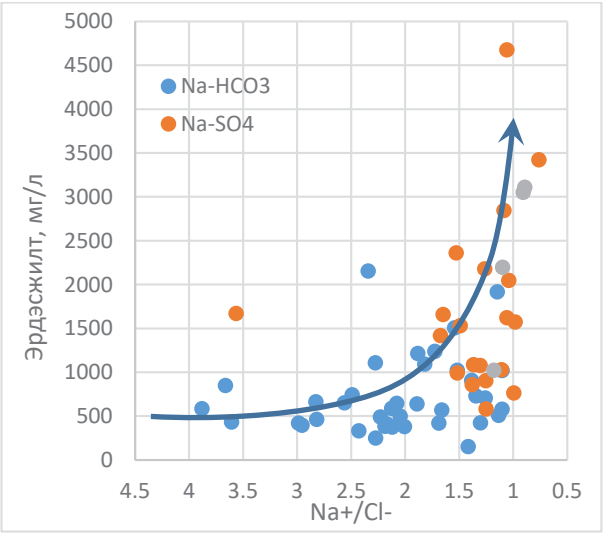
Монгол оронд малын уух усны химийн найрлагын талаар судалгаа ховор хийгдсэн. Олон улсад малын усны стандарт байдаг ч Монгол оронд хараахан хийгдээгүй байна. Өнөөгийн түвшинд малын усны чанарт ерөнхий эрдэсжилт, хлор, сульфатын ион, ерөнхий хатуулгийн хэмжээ тодорхой өгсөн байдаг. Өвлийн улиралд мал цасаар ундаалсан тохиолдолд эрдсийн дутагдалд орох, усан дахь кобальт, фторын хэмжээ ихсэхэд мал өсөхгүй давжаарч шүд нь унадаг байна.

Судалгаанд хамрагдсан уст цэгийн газрын доорх ус нь сулавтар шүлтлэгээс шүлтлэг, эрдэсжилтийн хувьд цэнгэгээс давсархаг шинжтэй. Эх газрын гаралтай гидрокарбонат-натри, сульфат-натрийн төрөл зонхилж байна (Зураг 4).



4-р зураг. Пайпер диаграмм

Газрын доорх усны төрлийг эрдэсжилт болон натри, хлорын ионы харьцаагаар авч үзэхэд эрдэсжилт 1500 мг/л-ээс бага хэмжээтэй, газрын доорх усны Na^+/Cl^- харьцаа их байхад гидрокарбонат натрийн төрлийн газрын доорх ус зонхилж, эрдэсжилтийн хэмжээ 1500 мг/л-ээс их болоход Na^+/Cl^- харьцаа багасахад сульфат натрийн, хлорт натрийн гэсэн зүй тогтолтой байгаа нь гидрогеохимийн бүсчлэлийн зүй тогтлыг илэрхийлж байна (зураг 5).



5-р зураг. ***Натри, хлорын харьцаа эрдэсжилттэс хамаарсан хамаарал***

IV. ГАЗРЫН ДООРХ УСНЫ НӨӨЦ

Газрын доорх усны ашиглалтын баримжаат нөөц нь нөхөн сэргээгддэг болон нөхөн сэргээгддэггүй нөөцүүдээс бүрэлдэх онцлогтой. Нөхөн сэргээгддэг нөөц нь нийлбэр тэжээгдлээс хамаардаг бол нөхөн сэргээгддэггүй нөөц нь нийт байгалийн усан баялгийн хэмжээнээс хамаардаг юм.

Газрын доорх усны нөхөн сэргээгддэг нөөц нь тэжээгдэлтэйгээ тэнцүү ба жил бүр эргээд нөхөн сэргээгддэг нөөц юм. Говийн бүсийн газрын доорх усны тэжээлийн үндсэн эх үүсвэр нь агаарын хур тунадас юм. Зарим тохиолдолд агаар дахь усны уурын өнгөрөлт болон бусад уст давхаргуудаас нэмэлт тэжээл авах нөхцөл бүрдсэн байж болно. Хур тунадас багатай жилүүдэд тэжээгдэл бага байж болох талтай ч услаг жилүүдэд нөхөн сэргээгддэг. Газар доорх усны байгалийн усан баялаг тэжээгдэл, ашиглалт зэргээс хамаарна. Гэвч нөхөн сэргээх боломжит хэмжээнд ашигласан тохиолдолд олон жилийн хугацаанд усан баялгийн хэмжээ өөрчлөгдөхгүй. Нөхөн сэргээгддэггүй нөөц нь байгалийн усан баялагтай тэнцүү буюу тэжээгдэлгүй. Энэ нөөцийг ашигласнаар усан баялгийн хэмжээ багасна. Ашиглалтаас шалтгаалан нөөцийн хэмжээ буурах болно. Нөхөн сэргээгддэггүй нөөц ихэвчлэн газрын доорх усны тэжээгдэл маш багатай говийн зарим нэг бүсэд байхаас гадна гидрогеологийн хаалттай структуруудад агуулагдаж буй газрын доорх ус (зөвхөн статик нөөцтэй бөгөөд урт удаан хугацаанд тэжээгдэл авах нөхцөлгүй) болон Монгол орны өмнөд хэсгүүдэд тохиолдоно.

Ашиглалтын баримжаат нөөц нь нөхөн сэргээгддэг болон нөхөн сэргээгддэггүй газрын доорх усны нөөцийн нийлбэр хэмжээг илэрхийлдэг. Нөөцийн үнэлгээ нь усан баялаг болон тэжээгдлээс хамаарна. Усан баялгаас авч болох ашиглалтын баримжаат нөөц бол усны түвшний зөвшөөрөгдөх бууралтаас хамаарна (нөхөн сэргээгддэггүй нөөц). Газрын доорх усны нөхөн сэргээгддэг нөөц нь нийт тэжээгдлийн тодорхой хэсэг байдаг.

Ашиглалтын баримжаат нөөцийн тооцоололд харьцангуй жижиг талбайнуудын нөөцийг үнэлэхдээ бодитоор ашиглаж болох газар доорх усны хэмжээг бодсон. Үүнд тухайн талбайн уст давхаргуудын тархац, байр зүй, тухайн талбайд байгаа цооног, худгуудын хүчин чадал г.м. Ерөнхийдөө сэвсгэр хурдсанд агуулагддаг нөхөн сэргээгддэг нөөц нь урт хугацааны туршид ашиглах боломжит нөөц юм [13].

Ханбогд сумын бэлчээрийн бүсийн нутаг дэвсгэрт тархсан ус агуулагч хурдсыг нүх сүвийн ба ан цавын төрлөөр ялган, дотроо литологийн онцлогт болон ан цавын тархалтын байдлаас хамааруулан ангилж тус бүрээр нь газрын доорх усны нөхөн сэргээгддэг нөөцийг тооцоолж гаргасан.

4. Газрын доорх усны нөхөн сэргээгддэг нөөц

Ханбогд сумын бэлчээрийн бүс нутагт геологийн тогтоц, давхарга зүйн дэс дараалал, коллектор шинж, усжилтын ерөнхий байдал зэргийг харгалзан ус агуулагч үе давхарга, бүсийг ялгаж тооцсон.

УС АГУУЛАГЧ БҮРДЭЛ, БҮСИЙН АНГИЛАЛ

2-Р ХҮСНЭГТ

Ангилал	Ус агуулагч бүрдэл
1	Дөрөвдөгчийн настай аллюви-пролювийн, эллювийн гаралтай сэвсгэр хурдас дах усажсан нүх сүвэрхэг үе
2	Дөрөвдөгчийн настай нуурын гаралтай сэвсгэрдүү хурдас дах усажсан нүх сүвэрхэг үе

3	Неоген палеогений настай эх газрын сэвсгэрдүү хурдас дах усажсан нүх сүвэрхэг давхарга
4	Дээд Цэр д(Баянширээ формаци), Доод цэрдийн (Хөхтээг формаци) настай терриген гаралтай давхраадаст хурдас, чулуулаг дах усажсан нүх сүвэрхэг ан цавлаг давхарга
5	Доод Цэрдийн (Цагаан цав формаци), Юрийн настай тунамал бялхмал чулуулаг дах усажсан ан цав-нүх сүвэрхэг давхарга
6	Палеозойн настай (Перм, Карбон, Девон) атриажсан тунамал, тунамал-бялхмал чулуулаг дах усажсан ан цавлаг бүс
7	Мезо-Палеозойн түрмэл чулуулаг дах усажсан ан цавлаг бүс

Судалгааны талбайн хүрээнд хамгийн их талбай эзлэн тархсан усажсан давхарга нь цэрдийн хурдас юм. 4879.09 км^2 талбайд тархсан цэрдийн хурдасны (Баянширээ, Хөхтээг формаци) газрын доорх усны нөхөн сэргээгдэх нөөц 4879.09 мм/жил байгаа нь нийт нөхөн сэргээгддэг нөөцийн 17.53 %-ийг эзэлж байна. Энд зөвхөн газрын гадаргад ойр орших усажсан давхарга хамаарагдсан. Усжилтаар харьцангуй гайгүй боржингийн массивын ан цавлаг усажсан бүсийн нөхөн сэргээгддэг нөөц нь 2416.98 мм/жил бөгөөд нийт нөхөн сэргээгддэг нөөцийн 8.69 %-ийг эзлэх байна. Энэ боржингийн массив Ханбогд сумын бэлчээрийн бүс нутгийн 16.15 %-ийг эзэлнэ. Харин нуурын, нуур-аллювийн ба неоген-палеогений ангилагдаагүй шаварлаг хурдаснуудын усажсан үе давхаргууд нь бараг нөхөн сэргээгддэггүй гидрогеологийн структурт хамааруулж болох байна. Энэ төрлийн гидрогеологийн структур нь бэлчээрийн бүс талбайн (14964 км^2) 9.78 %-ийг эзлэх ба энэ талбай дахь газрын доорх усны нөхөн сэргээгддэг нөөц нь 39.4 мм/жил байх юм. Энэ бүгдээс үзэхэд Ханбогд сумын нутаг дэвсгэрийн бэлчээр усжилтад тохиромжтой гидрогеологийн структур хуурай сайр дагасан аллюви-пролювийн хурдас дахь усажсан үе, түрмэл чулуулгийн өгөршлийн бүсэн дэх усажсан ан цавлаг бүс тус тус хамаарч байна. Өөрөөр хэлбэл бэлчээрийн усжилтад хамгийн их эерэг нөлөөлөх гидрогеологийн структурууд юм.

Ханбогд сумын нутаг дэвсгэрийн бэлчээр усжилтад тохиромжтой гидрогеологийн структур хуурай сайр дагасан аллюви-пролювийн хурдас дахь усажсан үе, түрмэл чулуулгийн өгөршлийн бүсэн дэх усажсан ан цавлаг бүс тус тус хамаарч байна.

5. Газрын доорх усны ашиглалтын баримжаат нөөц

Газрын доорх усны ашиглалтын баримжаат нөөц нь Ханбогд сумын бэлчээрийн бүсийн нутаг дэвсгэрт буюу 14694 км^2 талбайд 676.74 л/с буюу 58470.34 м^3/хон гэсэн тооцоо гарсан. Сумын газар нутагт тархсан газрын доорх усны нөхөн сэргээгдэх нөөц (191,160.85 м^3/хон буюу 2212.5 л/сек), баримжаат нөөц (58,470.34 м^3/хон буюу 676.74 л/сек) малын усны хэрэглээг (3449 м^3/хон буюу 39.92 л/сек) хангах бүрэн боломжтой тооцоо гарлаа. Сумын нийт нутаг дэвсгэрээр тооцсон газар доорх усны нөхөн сэргээгдэх нөөц болон ашиглалтын баримжаат нөөцийн тоо хэмжээ, малын тоо толгойн өсөлт болон хэтийн ус хэрэглээний өссөн тоо хэмжээтэй харьцуулахад хүрэлцээтэй мэт харагдаж байгаа боловч газар доорх усны баримжаат нөөцийн хуримтлагдан байрших орчин нөхцөл нь геологи структурын онцлогоосоо хамаарч жигд биш тархалттай нь тодорхой байна.

ДҮГНЭЛТ

Ханбогд сумын 5 багийн 2023 оны мал тооллогын мэдээнээс харахад Номгон баг 25475, Гавилууд 53819, Жавхлант баг 45022, Баян баг 38890, Хайрхан баг 970 толгой мал тоолжээ. 2023 оны сумын мал тооллогын дүнг өмнөх онтой харьцуулахад малын тоо толгой буурсан үзүүлэлттэй, адуу 2293, үхэр 2217, тэмээ 1168, хонь 12896, ямаа 25578 толгойгоор буурсан үзүүлэлттэй байна.

Ханбогд сумын бэлчээрийн мал сүргийн усны хэрэглээг улирлаар тооцоход өвлийн улиралд нийт ус хэрэглээний 24% хавар, намрын улиралд тус бүр 15%, зуны улиралд 46% байх тооцоо гарсан. Нийт ус хэрэглээний 64.4% тэмээнд, 21.3% бог малд, 8.6% адуунд, 5.7% үхэрт зарцуулах тооцоо гарлаа. Малын усны хэрэглээг баг тус бүрээр гаргавал хамгийн олон тэмээтэй Баян баг 34.6%, Жавхлан баг 23.5%, Гавилууд баг 22.3%, Номгон баг 19.4%, хамгийн цөөн малчин өрхтэй Хайрхан баг 0.2% эзэлжээ. Ханбогд сумын 164,176 толгой малд жилд 3.45 сая литр ус буюу хоногт 3449 шоо метр ус (39.92 л/сек) шаардлагатай байна.

Мал өвлийн улиралд цасаар ундаалсан тохиолдолд эрдсийн дутагдалд орох, усан дахь кобальт, фторын хэмжээ ихсэхэд мал өсөхгүй давжаарч шүд нь унадаг байна. Манай оронд малын усны чанарын стандарт байхгүй.

Ханбогд сумын судалгаанд хамрагдсан уст цэгийн чанарын мэдээллээс харахад уст давхаргын бүслүүрхэг зүй тогтол ажиглагдана. Гидрокарбонат ангийн натрийн бүлгийн ус бага гүний уст давхаргад оршин харьцангуй чанар сайтай байхад гүний уст давхаргын ус сульфат, хлорын ангийн натрийн бүлгийн харьцангуй өндөр эрдэсжилттэй ус тархсан.

Сумын газар нутагт тархсан газрын доорх усны нөхөн сэргээгдэх нөөц (191,160.85 м^3/хон буюу 2212.5 л/сек), баримжаат нөөц (58,470.34 м^3/хон буюу 676.74 л/сек) малын усны хэрэглээг (3449 м^3/хон буюу 39.92 л/сек) хангах бүрэн боломжтой тооцоо гарлаа. Сумын нийт нутаг дэвсгэрээр тооцсон газар доорх усны нөхөн сэргээгдэх нөөц болон ашиглалтын баримжаат нөөцийн тоо хэмжээ, малын тоо толгойн өсөлт болон хэтийн ус хэрэглээний өссөн тоо хэмжээтэй харьцуулахад хүрэлцээтэй мэт харагдаж байгаа боловч газар доорх усны баримжаат нөөцийн хуримтлагдан байрших орчин нөхцөл нь геологи структурын онцлогоосоо хамаарч жигд биш тархалттай нь тодорхой байна. Дээрх тооцоо бол газар доорх усны нөөц баялгийн тоймчилсон региональ үнэлгээ юм.

АШИГЛАСАН МАТЕРИАЛ, НОМ ЗҮЙ

[1] ХААИС, ХАА-н эдийн засаг, хөгжлийн судалгааны төв, 2024он

[2] Ж.Чогдон. Монгол орны нутаг бэлчээрийн усан хангамж, УБ, 2013

[3] БОНХЯ, Монгол Улсын бэлчээрийн тогтвортой байдал Уур амьсгалын болон хүрээлэн буй орчны өөрчлөлтөд дасан зохицох талаар, 2014

[4] "БОГДМБ" ХХК. Өмнөговь аймгийн Ханбогд сумын нутаг дэвсгэрийн хөгжлийн төлөвлөгөөний баримт бичиг -II. 2017. Улаанбаатар хот.

[5] Ө.Төмөртогоо. Монголын геологийн зураг. М1:1000000. 1999.

[6] П.Хөхөө., А.Батбилэг. Өмнөговь аймгийн бэлчээр нутагт 2013 онд хийсэн газрын доорх усны геофизикийн хайгуулын ажлын техникийн тайлан. Улаанбаатар, 2013. 1-р боть-125 тал., 2-р боть 126 тал.

[7] Б.Ариунзул. Геологийн зураг. М1:200000. K-48-XI, K-48-XII, 2006 он.

[8] Жадамбаа Н. Монголын геологи ба ашигт малтмал. VIII боть. Гидрогеологи. Улаанбаатар. 2009. 538 тал.

[9] Гидрогеологийн зураг. М1:200000, K-48-XI, K-48-XII, 206 он.

[10] С. Жигжидсүрэн. Бэлчээрийн менежмент. 2005. Хууд 266. Улаанбаатар хот.

[11] БОНХАЖЯ, Нэгж бүтээгдэхүүн үйлдвэрлэх, ажил гүйцэтгэх, үйлчилгээ үзүүлэхэд зарцуулах усны норм, 2015

[12] Малын бэлчээрийн даац тооцох нэгдсэн аргачлал", 2019

[13] П.Хөхөө, Н.Батсүх, А.Хишигмаа., А.Батбилэг. Өмнөговь аймгийн нутагт бэлчээр усжуулах зорилгоор өрөмдсөн гидрогеологийн цооногуудын үндсэн үзүүлэлт. ШУТИС, "Геологи" сэтгүүл, №24. Улаанбаатар, 2012. Тал 51-61.

ОНГИ ГОЛЫН ЭКОЛОГИЙН УРСАЦЫГ ТОДОРХОЙЛОХ УС ЗҮЙН АРГУУДЫН ХАРЬЦУУЛСАН ҮНЭЛГЭЭ

Минжүүрлүндэнгийн ЭНХТУЯА[12], Болдбаатарын ДАВААЖАРГАЛ[1], Түвшинтөгсийн ЭГИЙМАА[1] , Хажидмаагийн СЭВЖИДМАА[2]

Монгол Улс, Улаанбаатар хот, ШУА, Газарзүй геоэкологийн хүрээлэн

Монгол Улс, Улаанбаатар хот, МУИС, Инженер технологийн сургууль, Хүрээлэн буй орчин, ойн инженерчлэлийн тэнхим[2]

Холбоо барих зохиогчийн и-мэйл хаяг: enkhtuyam@mas.ac.mn[1]

Хураангуй: **Энэхүү судалгааны ажилд Онги голын Онги-Уянга, Онги-Арвайхээр, Онги-Сайхан-Овоо ус судлалын харуулуудын 1993–2022 оны өдөр бүрийн урсацын мэдээнд тулгуурлан экологийн урсацыг зургаан ус зүйн аргаар тооцоолж харьцуулсан болно. Монтана арга [4], Тессман сарын арга [5], Хопп буюу урсацын давтамжийн муруйд суурилсан арга [7], Байгуулах блок арга [8] болон 7 хоногийн Q_{10} аргыг, голын урсацыг тэжээлийн эх үүсвэрээр ангилахад Экхардтын шүүрлийн аргыг [9] ашигласан. Судалгааны үр дүнгээс харахад Онги-Сайхан-Овоо харуулд Монтана аргын "сайн" ангиллын (ЖДУ-ын 30%) шалгуураас доор урсац жилийн дундажаар 51.7%-ийн хоногт тохиолддог бөгөөд 2005–2009, 2019–2020 оны урсац шургасан үед энэ хувь 85–99%-д хүрсэн нь голын адаг хэсгийн экосистемийн доройтлыг илэрхийлнэ. Голын урсацад хур бороо 52–57%, газрын доорх ус 35–41%, цасан хайлалт 5–8% тус тус эзэлдэг. Тессман сарын арга нь улирлын хэлбэлзлийг хамгийн оновчтой тусгадаг тул Төв Азийн гадаргш урсацгүй сав газрын хагас хуурай бүсийн голд хамгийн тохиромжтой гэж үзэж байна.**

Түлхүүр үг: экологийн урсац, Монтана арга, Тессман арга, урсацын хангамшлын муруй, суурь урсац, Онги гол, хагас хуурай бүс

I. УДИРТГАЛ

Экологийн урсац гэдэг нь голын ус болон түүнээс хамааралтай хуурай газрын экосистемийн бүтэц, үйл ажиллагаа, биологийн олон янз байдлыг хадгалахад шаардлагатай усны горимыг хэлдэг [1]. Голын экосистем нь шугаман бус нарийн төвөгтэй тогтолцоо бөгөөд урсац нь энергийн солилцоо, бодисын эргэлт, амьд организмын шилжилт хөдөлгөөн болон экосистемийн мэдээллийн урсгалыг зохицуулах үндсэн хүчин зүйл болдог [2].

Сүүлийн хэдэн арван жилд уур амьсгалын өөрчлөлт, хуурайшилтын эрчимжилт болон усны нөөц ашиглалтын нөлөөгөөр гадаргын усны урсацын горим өөрчлөгдөж, экологийн тэнцвэрт байдал буурах хандлага дэлхий даяар эрчимжиж байна [3]. Ялангуяа хагас хуурай болон хуурай бүсийн гол мөрнүүдэд урсацын улирлын хэлбэлзэл маш өндөр байдаг ба жилийн урсацын ихэнх хувь нь зуны хур борооны үед бүрэлддэг бол өвлийн улиралд урсац ёроолдоо хүртэл хөлдөж, зарим гол хэсэгчлэн шургадаг.

Олон жилийн урсацын мэдээнд тулгуурлан математик болон статистикийн аргаар экологийн урсацыг тооцдог аргуудаас Монтана арга [4], Тессман арга [5], урсацын давтамжийн муруйн арга (УДМ) [6], Хопп арга [7] болон Байгуулах блок арга [8] зэрэг аргачлалуудыг өргөн ашигладаг. Онги гол нь 2000-аад оноос хойш уур амьсгалын хуурайшилт болон хүний үйл ажиллагааны нэгдсэн [13] нөлөөгөөр адаг хэсгээрээ зарим жилүүдэд бүрэн шургах болсон нь бүс нутгийн экологийн тулгамдсан асуудал болоод байна. Энэхүү судалгааны зорилго нь Онги голын өдөр бүрийн бодит урсацын мэдээнд тулгуурлан экологийн урсацыг зургаан ус зүйн аргаар тооцоолж харьцуулан үнэлэх, мөн Монголын хагас хуурай нөхцөлд хамгийн тохиромжтой аргыг тодорхойлоход оршино.

II. СУДАЛГААНЫ ТАЛБАЙ БА МАТЕРИАЛ

A. Судалгааны талбай

Онги гол нь Хангайн нурууны өвөөс эх авч говийн бүсээр дамжин Өмнийн говьд шингэн алга болдог. Урт нь 1,124 км, сав газрын нийт талбай 79,400 км² хүрдэг [13]. Судалгаанд ашигласан гурван ус зүйн харуул нь голын дагуух уур амьсгалын шилжилтийн *бүсүүдийн* харуулдаг: Уянга нь голын эх, уулархаг хэсэгт (жилийн хур тунадас ~350 мм), Арвайхээр дунд хэсэгт (~280 мм), Сайхан-Овоо адаг хэсэгт (~200 мм) байрладаг.

ОНГИ ГОЛЫН УС ЗҮЙН ХАРУУЛУУДЫН ҮНДСЭН ҮЗҮҮЛЭЛТҮҮД

1-Р ХҮСНЭГТ.

Харуул	Өргөрөг	Уртраг	Өндөр (м)	Сав газар (км²)	Хугацаа
Онги-Уянга	47°54'N	101°58'E	1,690	7,200	1973–2022
Онги-Арвайхээр	46°15'N	102°47'E	1,790	20,500	1993–2022
Онги-Сайхан-Овоо	44°56'N	103°53'E	1,230	79,400	1993–2022*

** Сайхан-Овоо харуулд 2004, 2015–2016, 2019–2020 онуудад гол ширгэсэн тул мэдээ дутуу (бүрэн байдал 60.3%).*

B. Судалгааны материал

Тус судалгаанд Онги-Уянга, Онги-Арвайхээр, Онги-Сайхан-Овоо ус судлалын харуулуудын өдөр бүрийн урсацын мэдээг ашиглав. Дутуу мэдээг зэргэлдээ харуулын урсцын хоорондын хамаарлын шугаман регрессийн аргаар нөхсөн ($R^2 > 0.81$ бүх харуул дээр). Нийт ажиглалтын үргэлжлэл Уянга

харуулд 1973–2022 он, Арвайхээр болон Сайхан-Овоо харуулд 1993–2022 он байв.

III. СУДАЛГААНЫ АРГА ЗҮЙ

A. Суурь урсцыг ялгах

Голын нийт урсацыг газрын доорх усны тэжээл, шар усны тэжээл, хур борооны гэсэн гурван бүрэлдэхүүн хэсгүүдээр ялгахад Экхардтын рекурсив тоон шүүлтүүрийг ашиглав [9]:

$$b(t) = [(1 - BFI_{max})\cdot\alpha\cdot b(t-1) + (1-\alpha)\cdot BFI_{max}\cdot Q(t)] / (1-\alpha\cdot BFI_{max}) \quad (1)$$

Энд: b(t) — суурь урсац (м³/с); Q(t) — нийт урсац (м³/с); α = 0.96 — ус буурлын тогтмол; BFI max — хамгийн их суурь урсацын индекс: Уянга 0.42, Арвайхээр 0.40, Сайхан-Овоо 0.38. Шар усны буюу хайлсан цасны тэжээлийг хавар (3–5 сар) шууд урсацын 60%-ийг цасны хайлалтаас гэж тооцов.

B. Монтана арга

Монтана арга (Tennant, 1976) [4] нь жилийн дундаж урсцын (ЖДУ) тогтоосон хувийг экологийн урсцын (ЭУ) шалгуур болгон ашигладаг. ЖДУ-ыг 1993–2022 оны 30 жилийн дундажаар тодорхойлсон.

1-р алхам: ЖДУ тодорхойлох. Ус судлалын харуул (Уянга, Арвайхээр, Сайхан-Овоо) тус бүрийн 1993–2022 оны 30 жилийн өдөр бүрийн урсцын мэдээг ашиглан жилийн дундаж урсцыг (ЖДУ) тооцов. Tennant-ийн томьёо:

$$ЖДУ = (1/n) \sum Q_i \quad (1)$$

Энд: Q_i — i-р өдөрийн урсац (м³/с); n — нийт өдөрийн тоо (30 жил × 365 = 10,950 өдөр). Тооцооны үр дүн: Уянга ЖДУ = 2.002 м³/с; Арвайхээр ЖДУ = 2.077 м³/с; Сайхан-Овоо ЖДУ = 1.930 м³/с.

2-р алхам: Экологий урсацын ангилал тогтоох. Tennant (1976)-ийн экологийн чанарын ангиллыг ЖДУ-ын хувиар 10% — хамгийн доод (экосистем доройтсон); 20% — дундаж (организмын амьдрах боломж хангагдсан); 30% — сайн (олон улсын доод стандарт, загас болон усны экосистемийн бүтэц хэвийн); 40% — маш сайн; 60% — оновчтой (байгалийн урсцад ойртсон). Тус судалгаанд харьцуулалтын үндэс болгон 30%-ийн “сайн” ангиллыг төлөөллөөлөгч утга болгон сонгосон нь олон улсын ус зүйн судалгааны практикт тулгуурласан шийдвэр юм [4].

3-р алхам: Хомсдлын хоногийн хувь тооцоолох. өдөр бүрийн бодит урсцыг ЖДУ-ын 30%-тай харьцуулж, шалгуураас доор байсан хоногийн тоог тоолж, нийт ажиглалтын өдөрт харьцуулан хувь тооцов. Энэхүү үзүүлэлт нь голын экосистемийн стрессийн хугацааныг илтгэнэ.

C. Тессман сарын арга

Тессман арга (Tessmann, 1980) [5] нь сарын дундаж урсцын (СДУ) болон ЖДУ-ын харьцааг ашиглан сар бүрийн ЭУ-ыг тусад нь тодорхойлдог. 1-р алхам: Сарын дундаж урсац (СДУ) тооцоолох. Гурван харуул тус бүрт 30 жилийн өдөр бүрийн урсцын мэдээг сараар бүлэглэж, сар бүрийн олон жилийн дундаж урсцыг ($СДУ_1$, ..., $СДУ_{12}$) тооцов. Уянга харуулын хувьд жилийн хамгийн бага СДУ 2-р сард (0.019 м³/с), хамгийн өндөр СДУ 8-р сард (4.814 м³/с) тохиолдсон нь хэлбэлзлийн хэмжээг тодорхой харуулна.

2-р алхам: Тессман-ийн нарийвчилсан дүрмийг СДУ/ЖДУ харьцаанд үндүслэн сар бүрт хэрэглэх. өдрийн урсцын мэдээ биш сарын нэгтгэлийг ашиглах нь урсцын улирлын хэв шинжийг тусгахад ч хангалттай гэдгийг Tessmann (1980) туршилтаар нотолсон. Тооцооны нарэн дүрэм:

Хэрэв СДУ ≤ 0.4·ЖДУ бол: ЭУ = СДУ (2а)

Хэрэв 0.4·ЖДУ < СДУ ≤ ЖДУ бол: ЭУ = 0.4·ЖДУ (2б)

Хэрэв СДУ > ЖДУ бол: ЭУ = 0.4·СДУ (2в)

3-р алхам: (2а) нь бага урсацтай саруудад бүх урсцыг экологийн урсац гэж үздэг тул нийт урсцыг хамгаалахыг шаарддаг. (2б) нь дундаж үеийн урсцад ЖДУ-ын 40%-ийн утгаар босго тавьдаг. (2в) нь хур борооны урсцтай үед 40%-ийн хувийг авч ашигласнаар хур борооны оргил үед шаардагдах экологийн урсаыг ч нэмэгдүүлдэг. Уянга харуулын 7-р сарт: СДУ = 4.337 м³/с > ЖДУ = 2.002 м³/с тул (2в) ЭУ = 0.4 × 4.337 = 1.735 м³/с гачиг саруудад: СДУ = 0.054 м³/с ≤ 0.4 × 2.002 = 0.801 м³/с, (2а) -р тооцвод ЭУ = 0.054 м³/с байна.

D. Урсацын давтамжийн муруй ба Хопп арга

Урсацын хангамшлын муруй (УХМ) нь бүх өдрийн урсцын утгыг буурах дарааллаар эрэмбэлж $P = m/(n+1) \times 100\%$ *(3)* томьёогоор давтамжийг тооцоолно. Хопп арга (Hoppe & Uhlmann, 1998) [7] нь сар бүрийн УДМ-ийн Q_{75} давтамжтай утгыг тухайн сарын ЭУ-ын хамгийн доод шалгуур болгон ашигладаг.

1-р алхам: өдөр бүрийн урсцыг ихээс бага руу эрэмбэлэх. Гурван харуул тус бүрийн нийт ажиглалтын хугацааны бүх өдрийн урсцыг буурах дарааллаар m = 1, 2, ..., n эрэмбийн дугаараар жагсаав (Уянга: n = 10,958 өдөр; Арвайхээр болон Сайхан-Овоо: n = 10,958 өдөр, дутуу мэдээг сэргээсний дараа).

2-р алхам: Хангамшлын давтамж тооцоолох. Дараах тэгштгэлээр давтамжийг тооцов:

$$P = m / (n + 1) \times 100\% \quad (3)$$

Энд: m — буурах дарааллын эрэмбийн дугаар; n — нийт өдөрийн тоо. P = 75% давтамжтай утга нь Q75 — өдөрийн урсцын 75% нь уг утгаас дээш байдаг, өөрөр хэлбэл жилийн өдрийн 75%-н хангамшилд тохиолдох урсцыг харуулна.

3-р алхам: Хопп аргын сарын Q75 тооцоолох. Хопп арга (Hoppe & Uhlmann, 1998) [7] нь УХМ-ийг сар бүрт тусад нь барьдаг онцлогтой. өөрөр хэлбэл, 30 жилийн нийт 1-р сарын өдрийг (нийт ~930 өдөр) бүлэглэж, тэдгээрийн Q75 утгыг УДМ-аас тодорхойлов. Сайхан-Овоо ус судлалны харуулд 1-р сарын Q75 = 0.042 м³/с, 7-р сарын Q75 = 1.276 м³/с гарсан нь улирлын хэлбэлзлийн өргийг тодорхой харуулж байна.

E. Байгуулах блок арга

Байгуулах блок арга (King нар, 2003) [8] нь голын урсцыг дөрвөн үндсэн бүрэлдэхүүн хэсгээр тодорхойлдог: (1) хуурай улирлын (75%-н хангамшил) суурь бага урсац (Q_{75} хангамшил); (2) чиглэл улирлын суурь урсац; (3) жил бүрийн богино хугацааны үерийн горим (Q_{25} хангамшил); (4) олон жилийн үерийн горим (Q_{10} хангамшил). Энэхүү судалгааны хүрээнд суурь урсацын бүрэлдэхүүнийг харьцуулав.

1-р алхам: Гачиг үеийн суурь урсац (Q75). Сар бүрийн УХМ-ийн 75%-ийн хангамшлын утгыг тооцоолов (D хэсгийн 3-р алхамтай ижил үйл ажиллагаа). Энэ утга нь тухайн сард жилийн бага устай үеийн 75%-н хангамшилд байх урсцыг илэрхийлнэ.

2-р алхам: хур борооны суурь урсац. Зуны хур борооны саруудад (6–9 сар) тухайн сарын дундаж урсцын 40%-ийг суурь урсацын оргил үеэр авав. Уянга харуулын 7-р сард: суурь урсац = 0.4 × 4.337 = 1.608 м³/с гарсан нь Тессман аргын (1.735 м³/с) өөр өндөр өөр дүнтэй харьцуулагдана.

F. 7 хоногийн Q_{10} арга

7 хоногийн Q_{10} арга [11] нь 10 жилийн давтамжтай 7 хоногийн хамгийн бага дундаж урсцыг ЭУ-ын доод босго болгон ашигладаг. Өдөр бүрийн урсцаас 7 хоногийн дундажийг тооцоолж, жил бүрийн хамгийн бага утгыг Log-Pearson III хуваарилалтад тохируулан 10%-ийн магадлалтай утгыг гаргав.

1-р алхам: 7 хоногийн дундаж тооцоолох. өдөр бүрийн урсцын мэдээнд 7 хоногийн дундажийг дараах томьёогоор тооцов:

$$Q_7(t) = (1/7) \sum Q(t-k),\ k = 0, 1, ..., 6 \quad (4)$$

2-р алхам: Жил бүрийн хамгийн бага Q7 утга авах. 30 жилийн хугацааны (1993–2022) жил бүрийн Q7(t)-ийн хамгийн бага утгыг ялган авч, цуваа үүсгэв: Q7min,1993; Q7min,1994; ...; Q7min,2022. Сайхан-Овоо харуулын хувьд 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2019, 2020 онд гол бүрэн шургасан тул Q7min = 0 м³/с болсон.

3-р алхам: Log-Pearson III тархалтад тохируулах. 30 жилийн Q7min цуваг Log-Pearson III магадлалын тархалтад тохируулж, 10%-ийн магадлалтай (10 жил тутамд нэг удаа тохиолдох) утгыг гаргав. Хэрэглэсэн параметрүүд: логарифмын дундаж (μ_l), стандарт хазайлт (σ_l), хэмжээний тэгш хэмжээний чиглэлт (Cs). Гурван харуулд Q7min = 0 орсон тул логарифмийн хувиргалт хийх боломжгүй болж байна.

IV. СУДАЛГААНЫ ҮР ДҮН

A. Тэжээлийн эх үүсвэрийн бүтэц

Экхардтын шүүрлийн тооцооны үр дүнгээр газрын доорх усны тэжээлийн хувь Уянгад хамгийн өндөр (41.2%), Сайхан-Овоод хамгийн бага (34.6%) байгаа нь голын дагуух шүүрэлт, ууршилт нэмэгдэж суурь тэжээл буурч байгааг харуулж байна. Суурь урсацын индекс (СУИ) гурван харуулд 0.47–0.50 хооронд байлаа (Хүснэгт 2).

СУУРЬ УРСАЦЫН ИНДЕКС БА ТЭЖЭЭЛИЙН ЭХ ҮҮСВЭРИЙН АНГИЛАЛ (1993–2022)

2-Р ХҮСНЭГТ.

Харуул	ЖДУ (м³/с)	Газр. доорх ус (%)	Хайлсан цас (%)	Хур бороо (%)	СУИ
Уянга	2.002	41.2	5.2	53.6	0.50
Арвайхээр	2.077	39.2	8.4	52.4	0.47
Сайхан-Овоо	1.930	34.6	8.3	57.1	0.48

Тайлбар: ЖДУ — жилийн дундаж урсац; СУИ — суурь урсацын индекс

Улирлын хувьд өвлийн саруудад (12–2 сар) газрын доорх усны хувь 80–95%-д хүрдэг бол хавар цасан хайлалтын оргил үед (4–5 сар) цасны тэжээлийн хувь 41–51% болж нэмэгддэг. Зуны хур борооны улиралд (6–8 сар) хур борооны тэжээл 63–75%-д хүрч хамгийн өндөр цэгтээ хүрнэ.

B. Экологийн урсацын тооцооны үр дүн

Голын экологийн урсац тооцох зургаан аргын тооцооны дүнгээс харахад Монтана аргын "хамгийн доод" ангилал (ЖДУ-ын 10%) нь амьдрах боломжийн хязгаарыг, "сайн" ангилал (ЖДУ-ын 30%) нь олон улсын практикт өргөн хэрэглэгддэг хамгийн доод стандартыг тодорхойлно (Хүснэгт 3).

ЭКОЛОГИЙН УРСАЦЫН ТООЦООНЫ ҮР ДҮН (М³/С)

3-Р ХҮСНЭГТ.

Арга / Шалгуур	Уянга	Арвайхр	Сайхан-Овоо
Монтана — 10% ЖДУ (хамгийн доод)	0.200	0.208	0.193
Монтана — 30% ЖДУ (сайн горим)	0.601	0.623	0.579
Монтана — 60% ЖДУ (оновчтой)	1.201	1.246	1.158
УХМ — Q95 (шургасан горим)	0.020	0.030	0.004
Хопп арга — Q75 сарын ЭУ	0.320	0.480	0.100
Тессман сарын арга	1.735	1.668	1.276
Байгуулах блок — 7-р сарын суурь	1.608	1.520	0.170
7 хоногийн Q_{10} арга	0.000	0.000	0.000

Тайлбар: ЖДУ — жилийн дундаж урсац; УХМ — урсацын хангамшлын муруй

7 хоногийн Q_{10} аргын утга гурван харуулд тэгтэй тэнцсэн нь Монголын хагас хуурай нөхцөлд энэ арга хэрэглэх боломжгүй болохыг харуулж байна. Сайхан-Овоо харуулд Q_{75}-ийн утга ердөө 0.100 м³/с байгаа нь адаг хэсгийн урсацын хэлбэлзэл туйлын их болохыг харуулна.

C. Тессман аргын сарын тооцоо

Тессман аргаар тооцсон сарын ЭУ-ыг 4-р хүснэгтэд үзүүлэв. Уянга харуулд 7–8 сарын ЭУ 1.73–1.93 м³/с буюу жилийн хамгийн өндөр утгатай байгаа нь зуны хур борооны оргил үед голын зохих урсцыг хадгалах нь экосистемийн тогтвортой байдалд чухал гэдгийг харуулна.

ТЕССМАН АРГЫН САРЫН ЭКОЛОГИЙН УРСАЦЫН ТООЦОО (М³/С)

4-Р ХҮСНЭГТ.

Сар	Уянга СДУ	Уянга ЭУ	Арвайхр СДУ	Арвайхр ЭУ	СО СДУ	СО ЭУ
1	0.054	0.054	0.014	0.014	0.042	0.042
2	0.019	0.019	0.018	0.018	0.076	0.076
3	0.073	0.073	0.368	0.368	0.471	0.471
4	0.568	0.568	1.774	0.831	1.792	0.772
5	1.804	0.801	1.909	0.831	1.125	0.772
6	2.529	1.012	2.321	0.929	1.259	0.772
7	4.337	1.735	4.171	1.668	3.190	1.276
8	4.814	1.926	3.787	1.515	4.648	1.859
9	3.081	1.233	2.594	1.038	2.493	0.997
10	1.921	0.801	1.678	0.831	1.554	0.772
11	0.750	0.750	0.643	0.643	0.427	0.427

Тайлбар: СДУ — сарын дундаж урсац; ЭУ — экологийн урсац; СО — Сайхан-Овоо

D. Жилийн гачиг үеийн динамик

Монтана аргын "сайн" ангиллын (ЖДУ-ын 30%) шалгуурт тулгуурлан гурван харуулын жилийн урсацын дутагдлын дүнг 5-р хүснэгтэд нэгтгэв.

ЖИЛИЙН ДУНДАЖ УРСАЦЫН ДУТАГДАЛ — МОНТАНА АРГЫН "САЙН" АНГИЛЛЫН ШАЛГУУР

5-Р ХҮСНЭГТ.

Үзүүлэлт	Уянга	Арвайхр	Сайхан-Овоо
Жилийн дундаж дутагдал	31.8%	29.7%	51.7%
Хамгийн хүнд гачиг (жил)	66% (2008)	66% (2005)	99% (2005)
Хамгийн бага гачиг (жил)	13% (2021)	6% (2014)	5% (2014)
Хамгийн хүнд үе	2004–2009	2002, 2005–2009	2005–2009; 2019–2020

2004–2009 оны хүнд гачиг үе нь Монгол орны нийт нутагт тохиолдсон хуурайшилтын үетэй давхцаж байна [12]. Сайхан-Овоо харуулд 2019–2020 онд дахин хүнд гачиг үе гарсан нь нэмэгдэж буй усны хэрэглээ болон уул уурхайн нөлөөтэй холбоотой байж болзошгүй юм.

E. Улирлын гачиг үеийн онцлог

Өвлийн саруудад (12–2 сар) бүх харуулд гол ёроолдоо хүртэл хөлддөг тул Монтана аргын "хамгийн доод" ангиллын (ЖДУ-ын 10%) шалгуурын ч доор байдаг. Хавар болон зуны хур борооны улиралд ЭУ-ын дутагдал хамгийн бага байдаг хэдий ч Сайхан-Овоо харуулд зуны (6–8 сар) хэдэн жилд урсац шалгууруа хангаж чадаагүй тохиолдол ажиглагдсан. Намрын (9–11 сар) гачиг үе нь суурь урсцын хурдан буурлаар тодорхойлогдоно.

V. ХЭЛЭЛЦҮҮЛЭГ

A. Аргуудын харьцуулалт

Монтана арга нь хэрэглэхэд хувьд хялбар боловч жилийн урсацын улирлын хэлбэлзлийг тохируулдаггүй, тухайлбал хур борооны оргил болон гачиг үед жилийн дундаж урсацын хувийг экологийн урсацын хувиар тооцдог. Тус арга нь Хойд Америкийн хэмжилтийн дүнд суурилсан тул хагас хуурай Монголын нөхцөлд ойролцооны үнэлгээ буюу таамаг авахад л тохиромжтой. Олон улсын судалгаанаас харахад БНТУ, Грек, Энэтхэгийн хагас хуурай голуудад туршиж үзсэн судалгааны ажлуудын дүгнэлттэй нийцэж байгаа юм [3, 4]. Сайхан-Овоо ус судлалын харуулын жилийн дундаж урсацын 30%-иас бага урсац жилийн дундажаар 51.7%-д тохиолддогийг харгалзан тооцвол тус арга нь Онги гол шиг хуурай улиралд голын адгаар шургадаг урсцын утгуулдыг дутуу тооцдог бол чийглэг улиралд хэт бага шаардлага тавьдаг нь зөвхөн ойролцооны үнэлгээний хэрэгсэл болохыг харуулж байна.

7 хоногийн Q10 арга нь гурван харуул бүрт тэгтэй тэнцсэн нь манай орны Төв Азийн гадаргш урсацгүй сав газрын голуудад энэ аргыг хэрэглэх боломжгүй болохыг харуулж байгаа нь Смахтин (2001) [10]-ийн тохиромжгүй нөхцлийн тодорхойлолттой бүрэн нийцэж байна. 10-аас дээш жил шургах магадлал бүхий голд 7Q10 аргыг хэрэглэхгүй болох нь 30 гаруй орны төрөл бүхий судалгаагаар харуулсан байдаг [10]. Онги гол 2004–2009, 2019–2020 онуудад олон жилийн дунджаас бага хур тунадастай үеэс шалтгаалж адаг хэсэгтээ урсац шургаж байсан нь 7Q10 аргын тохиромжгүй нөхцлүүдийн нэг баталгаа нь харагдаж байна.

Хопп (Q75) арга нь хамгийн консерватив үр дүнг өгдөг: Сайхан-Овоод 0.10 м³/с байхад Монтана “сайн” ангилал 0.58 м³/с байна. Урсацын гидрографын олон хэлбэлзэлтэй адаг хэсгийн голд Q75 хэт бага болох тул практик хяналтад хэрэглэхэд хязгаарлалт байна. Гэвч бага урсацын үеийг тодорхойлоход Q75 нь судалгаанд тогтсон байдаг [7] нь тооцоолох арга биш, харин уг үзүүлэлтийг экологийн урсцын үндсэн шалгуур болгон ашиглах явдал юм.

Тессман арга нь улирлын хэлбэлзлийг хур борооны улиралд өндөр, урсацын гачиг улиралд бага экологийн урсац тогтоодог тул манай орны Төв Азийн гадаргш урсацгүй сав газрын голуудад тохиромжтой байна. Дундад Азийн хагас хуурай голуудад хийсэн судалгаанууд [4] улирлын хэлбэлзлээр экологийн урсцыг тооцсон нь экосистемийн тогтвортой байдалтай хамгийн сайн уялдаг гэж дүгнэсэн байдаг. Байгуулах блок арга нь онолын хувьд хамгийн цогц боловч мэргэжлийн баг, биологийн мэдээ их шаарддаг тул зөвхөн Онги голд

хамаарахгүй, усны сав газар, судалгааны байгууллагуудын боловсон хүчин болон санхүүгийн нөөцийн боломжтой уялдсан практик бэрхшээл юм.

B. Голын тэжээгдлийн бүхэлдэхүүн ба экологийн урсцын хамаарал

Газрын доорх усны тэжээлийн хувь голын эхнээс адаг руу 41.2%-аас 34.6% болж буурч байгаа нь экологийн тогтвортой урсцын хувьд шууд хамааралтай. Өөрөөр бэлбэл суурь урсац нь хуурай улирлын голын экологийн урсацын горимыг тэтгэх гол хүчин зүйл тул газрын доорх усны нөөцийн менежментийг экологийн урсацын бодлоготой нягт уялдуулах шаардлагатай. Энэ хамаарал нь зөвхөн Онги голд биш, Монголын нийт тал хээрийн голуудад тохиолддог онцлог бөгөөд Улз, Хэрлэн голын судалгаанууд ч үүнтэй адил дүгнэлтэд хүрсэн байдаг [16, 17].

Цасны хайлалт нийт урсцын 5–8%-ийг эзэлдэг ч хаврын шар усны оргил үед (4–5 сар) энэ хувь 41–51%-д хүрдэг. Монголын нутгаар 1940–2010-аад оны хооронд агаарын дундаж температур 2.1–2.4°C-ээр нэмэгдсэн судалгааны үр дүнтэй харьцуулахад [13] цасан бүрхүүл нимгэрвэл хаврын шар усны оргил үе буурч хаврын гачиг үеийн экологийн урсацын хомсдлыг нэмэгдүүлэх эрсдэл болгож байгаа нь тооцоонд цаг уурын нөхцлүүдийг тусгах шаардлага тулгарч байна.

C. Монголын бусад голуудтай харьцуулсан дүн шинжилгээ

Онги голын экологийн урсацын судалгааны үр дүнг бодитоор үнэлэхийн тулд ижил уур амьсгалын бүс нутгийн бусад голуудтай харьцуулан авч үзэх нь зайлшгүй чухал юм. Сэлэнгэ мөрний экологийн урсацын дундаж нь 80–300 м³/с хүртэл [15] , Онги голын Уянга, Арвайхээр, Сайхан-Овоо ус судлалын харуулуудын жилийн дундаж урсац 1.93–2.08 м³/с байгаа нь зөвхөн хэмжээний зөрүүг илтгэх биш, экологийн урсацын хамгаалалтын шаардлага ч ялгаатайг харуулна.

Хэрлэн голд экологийн урсацын дундаж нь 30–100 м³/с, зуны халуун хуурай үеийн урсац харьцангуй бага бөгөөд экологийн урсацын хамгаалалтын ач холбогдол өндөр байдаг [16]. Онги болон Хэрлэн голын хооронд нийтлэг онцлог нь голын адгаар хагас хуурай бүсээр урсдаг, газрын доорх усны суурь тэжээлийн өөрчлөлтэд эмзэг байдаг. Хэрлэн голын сав газрын хэмжээ (~116,000 км²) болон жилийн дундаж урсац нь Онги голынхоос мэдэгдэхүйц их тул хүний үйл ажиллагааны дарамтыг харьцангуй амараар туулдаг.

Улз голын судалгааны үр дүнтэй харьцуулахад (ЖДУ 1.12–7.25 м³/с, урсгацын модуль 0.3–4.2 л/(с·км²)) [17] Онги голын Сайхан-Овоо харуулын урсгацын модуль (~0.024 л/(с·км²)) нь хамгийн бага байгаа нь тус голын адаг хэсэгт гадаргын усны хомсдол байгааг харуулж байна. Голоос авч ашиглах боломжийг байгалийн урсцын хувиас тогтоохын оронд голын биоценозын наад захын шаардлагад суурилсан хэрэгцээний тооцоо руу шилжиж байгаа [3] энэхүү судалгаа нь энэ чиглэлийн эхлэл болж чадна.

D. Практик менежментийн ач холбогдол ба цаашдын судалгааны чиглэл

Тессман улирлын арга нь Онги голын менежментэд хэрэглэхэд тооцооны алгоритм энгийн, олон жилийн урсцын үндэслэлтэй, улирлын динамикт суурилсан зарчмыг шууд дагаж мөрдөх боломжтой. Монгол Улсын Усны тухай хуульд усны нөөцийг экосистемийн тэнцвэрийг алдагдуулахгүй ашиглах зарчмаар тусгасан байдаг. Тэгвэл экологийн урсцыг хамгаалах үүрэг бүхий этгээдэд тооцооны тодорхой арга зүй заавал шаардагдах тул Тессман аргын нэгж хяналтад тохирсон байдал нь түүний давуу тал юм.

Цаашдын судалгааны чухал чиглэл сав газрын эхэн хэсгийн суурь урсцын хариу үйлдлийг тооцох, инэгснээр адаг хэсгийн экологийн урсацыг бодитоор үнэлнэ, жилийн дундаж урсацад суурилсан аргууд ирээдүйд шаардлагыг дутуу буюу хэтрүүлэн тооцоолох эрсдэлтэй тул уур амьсгалын өөрчлөлтийн нөлөөллийг тусгасан дасан зохицох экологийн тооцооны загвар боловсруулах шаардлага үүсч байна..

ДҮГНЭЛТ

Онги голын гурван ус зүйн харуулын дүн шинжилгээнд тулгуурлан дараах дүгнэлтийг гаргав:

1. Гурван харуулын жилийн дундаж урсац 1.93–2.08 м³/с байгаа бөгөөд голын дагуух ууршилт болон шүүрэлтийн улмаас урсац адаг руугаа бага зэрэг буурч байна.

2. Тэжээлийн эх үүсвэрийн хувьд хур борoо 52–57%, газрын доорх ус 35–41%, цасан хайлалт 5–8% эзэлдэг бөгөөд суурь урсацын индекс нь 0.47–0.50 байна.

3. Онги-Сайхан-Овоо харуулд Монтана аргын "сайн" ангиллын шалгуураас бага урсац жилийн дундажаар 51.7%-ийн хоногт тохиолддог бол 2005–2009 оны хүнд гачиг үед энэ хувь 85–99%-д хүрсэн байна.

4. 7 хоногийн Q_{10} арга нь Төв Азийн гадаргш урсацгүй сав газрын голуудад огт тохиромжгүй болох нь гурван харуул дээр тэгтэй тэнцсэн үр дүнгээр нотлогдлоо.

5. Тессман сарын арга нь улирлын хэлбэлзлийг хамгийн оновчтой тусгадаг тул Онги мэт Төв Азийн гадаргш урсацгүй сав газрын хагас хуурай бүсийн голд хэрэглэхийг санал болгоно.

6. Усны нөөцийн менежментийн баримт бичигт экологийн урсацын шалгуурыг тусгаж, голын дагуух усны ашиглалтыг зохицуулах цогц бодлого шаардлагатай.

АШИГЛАСАН МАТЕРИАЛ, НОМ ЗҮЙ

[1] Brisbane Declaration (2007). Environmental flows are essential for freshwater ecosystem health and human well-being. 10th International Rivers Symposium, Brisbane, Australia.

[2] Poff, N. L. and others (1997). The natural flow regime. BioScience, 47(11), 769–784.

[3] Tharme, R. E. (2003). A global perspective on environmental flow assessment. River Research and Applications, 19(5–6), 397–441.

[4] Tennant, D. L. (1976). Instream flow regimens for fish, wildlife, recreation and related environmental resources. Fisheries, 1(4), 6–10.

[5] Tessmann, S. A. (1980). Environmental assessment, technical appendix E. Water Resources Research Institute, South Dakota State University, USA.

[6] Vogel, R. M. & Fennessey, N. M. (1994). Flow-duration curves I: New interpretation and confidence intervals. Journal of Water Resources Planning and Management, 120(4), 485–504.

[7] Hoppe, P. & Uhlmann, R. (1998). Ecological flow estimation based on flow duration curves. Hydrobiologia, 386, 147–156.

[8] King, J. M. and others (2003). A scenario-based holistic approach to environmental flow assessments for rivers. River Research and Applications, 19(5–6), 619–639.

[9] Eckhardt, K. (2005). How to construct recursive digital filters for baseflow separation. Hydrological Processes, 19(2), 507–515.

[10] Smakhtin, V. U. (2001). Low flow hydrology: A review. Journal of Hydrology, 240(3–4), 147–186.

[11] EPA (1991). Technical support document for water quality-based toxics control. EPA/505/2-90-001. Washington DC.

[12] Гантулга, Б. нар (2020). Хагас хуурай бүсийн голын усны нөөцийн өөрчлөлт ба менежмент. МУША-ийн Мэдээ, 35(4), 112–128.

[13] ТЭЗҮ (2020). Онги голын урсац нэмэгдүүлэх 'Орхон-Онги' эко төслийн ТЭЗҮ. I боть. Улаанбаатар. 257 х.

[15] Observed Trends of Climate and River Discharge in Mongolia’s Selenga Sub-Basin of the Lake Baikal Basin (Dorjsuren B. et al., 2018)

[16] Spatial variation and long-term change of hydrological regime of Kherlen River basin, Mongolia (Kamimera H. et al., 2004)

[17] Энхтуяа, М нар “Ус зүйн аргад үндэслэсэн Улз голын экосистемийг тэтгэгч урсацыг тооцох” Усны шинжлэх ухаан ба инженерчлэл-2025 эрдэм шинжилгээний бүтээл. Улаанбаатар 2025.

САЛХИНЫ БАГА ХУРДНЫ ҮЕД САЛХИН ХӨДӨЛГҮҮРТ УС ТАТАХ ТӨХӨӨРӨМЖИЙН СЭНСНИЙ ХИЙЦИЙН СУДАЛГАА

Пүрэвсүрэнгийн БААСАНСҮРЭН[1]

[1]Монгол Улс, Улаанбаатар, ШУТИС, Механик инженер, тээврийн сургууль, Механик инженерчлэлийн тэнхим

Холбоо барих зохиогчийн и-мэйл хаяг: baaska@must.edu.mn[2]

Хураангуй: **Монгол орны говийн бүс нутагт салхины нөөц их. Иймээс салхин хөдөлгүүрт ус татах төхөөрөмж нь эрчим хүчний эх үүсвэргүй алслагдсан бүсэд тохиромжтой. Энэхүү судалгааны ажлын хүрээнд салхин хөдөлгүүрт ус татах төхөөрөмжийн сэнсний хийц болон аэродинамикийн үзүүлэлтэд далбааны тоо хэрхэн нөлөөлөхийг янз бүрийн тоотой далбаа бүхий сэнсний загваруудыг боловсруулан SolidWorks Flow Simulation программ ашиглан тоон симуляцийн аргаар шинжилгээ хийж оновчтой хувилбарыг тогтоосон нь судалгааны үр дүн болно**.

Түлхүүр үг: Сэнсний далбаа, салхины хурд, усны гарц

I. УДИРТГАЛ

Монгол улс нь өргөн уудам нутагтай, хүн ам сийрэг суурьшсан төвлөрсөн усан хангамж хүрэхгүй бүс нутаг олон байдаг.

Мал аж ахуй, хөдөө орон нутгийн усан хангамж нь ихэвчлэн гүний худгаас хамааралтай бөгөөд цахилгаан болон түлш ашигласан насос нь зардал өндөртэй байдаг. Монгол орон салхины нөөц их тул сэргээгдэх эрчим хүч ашиглах боломж өндөр[1]. Салхин сэнсээр ус татах төхөөрөмж нь энгийн бүтэцтэй эрчим хүчний зардалгүй алслагдсан бүсэд тохиромжтой. Иймээс салхины энергийг ашиглан ус татах төхөөрөмж зохион бүтээх нь эдийн засаг болон байгаль орчны хувьд чухал ач холбогдолтой судалгааны чиглэл болно[2].

Салхины бага урсгалд ажиллах боломжтой салхин сэнсний сайжруулсан хийц хийж бусад үзүүлэлтүүд болох салхины хурднаас хамаарсан усны гарц, чадлын үзүүлэлтүүдийг ихэсгэж сул зогсолтыг багасгаж илүү ашигтай ажиллах чадвартай сэнсний хийц гарган авах боломжтой.

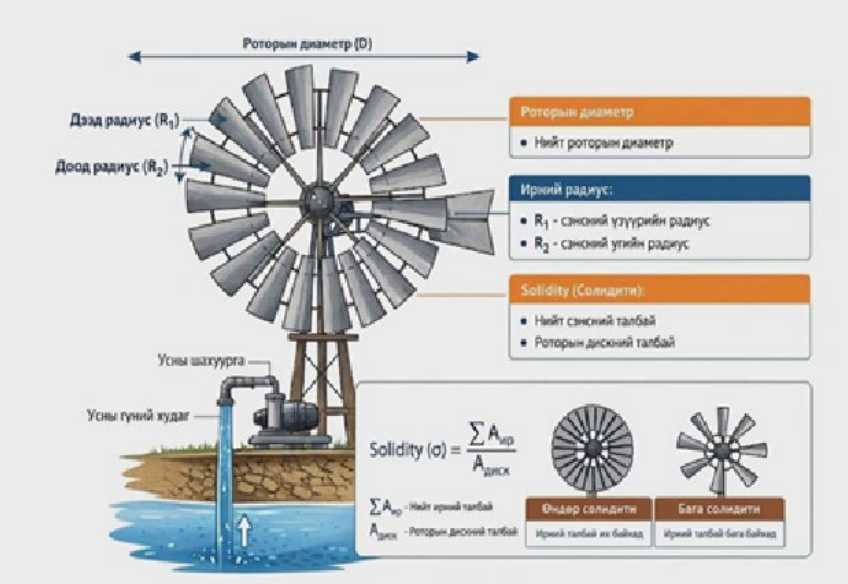
II. САЛХИН ХӨДӨЛГҮҮРТ УС ТАТАХ ТӨХӨӨРӨМЖИЙН БҮТЭЭМЖИЙГ ДЭЭШЛҮҮЛЭХ ЧИГЛЭЛД ХИЙГДСЭН СУДАЛГААНЫ АЖЛЫН ТОЙМ

Сүүлийн жилүүдэд сэргээгдэх эрчим хүчийг ашиглах нь эрчим хүчний тогтвортой байдлыг хангах, байгаль орчны бохирдлыг бууруулах чухал арга зам болж байна. Ялангуяа салхины эрчим хүч нь эдийн засгийн хувьд үр ашигтайгаас гадна хүлэмжийн хийн ялгарлыг бууруулах давуу талтай[1]. Салхин сэнс ашиглан ус татах төхөөрөмж нь салхины кинетик энергийг механик энергид хувирган, улмаар ус шахах зориулалтаар ашиглагддаг. Энэ төрлийн систем нь цахилгаан эрчим хүчний хангамжгүй болон алслагдсан бүс нутагт мал аж ахуй, газар тариалангийн усан хангамжийг шийдвэрлэхэд онцгой ач холбогдолтой[2]. Салхин сэнсний ажиллагаа болон гүйцэтгэлд дараах үндсэн параметрүүд нөлөөлдөг. Үүнд сэнсний эзлэх талбай, далбааны тоо, сэнсний далбаанд үүсэх агаарын урсгалын хурдны харьцаа, роторын диаметр зэрэг орно(1-р зураг)[3].Харин бага салхины хурданд ажиллуулахын тулд салхины үүсгэх мушгих момент их байх шаардлагатай бөгөөд энэ тохиолдолд сэнсний эзлэх талбай их, далбааг хөдөлгөх агаарын урсгалын хурд бага байх олон далбаатай загвар илүү тохиромжтой байдаг. Сэнсний далбааны тоо нэмэгдэхэд аэродинамик үр ашиг буурах хандлагатай боловч бага салхины хурданд эргэлт эхлүүлэх чадвар сайжирдаг. Өөрөөр хэлбэл, олон далбаатай сэнс нь бага хурданд илүү тогтвортой ажиллах боловч өндөр хурданд үр ашиг нь буурдаг[5]. Салхины хурд нэмэгдэхэд ус шахах чадал болон механик чадал өсдөг боловч системийн нийт үр ашиг тодорхой хэмжээгээр буурах боломжтой. Мөн роторын диаметрийг нэмэгдүүлэх нь илүү их энерги авах боломжийг бүрдүүлдэг ч төхөөрөмжийн өртөгийг нэмэгдүүлдэг. Дээрх төрлийн салхин сэнс нь бага салхины хурданд ажиллах чадвартай бөгөөд салхины хурд өсөхийн хэрээр ус шахах хэмжээ мэдэгдэхүйц нэмэгддэг. Энэ нь салхины хурд ба ажлын гүйцэтгэлийн хооронд шууд хамаарал байгааг илэрхийлж өгдөг[3,4,5]. Төрөл бүрийн далбангийн хэлбэрүүдийг харьцуулан судлахад муруй профиль бүхий, өргөн нь жигд өөрчлөгддөг далбаа нь аэродинамик болон механик үзүүлэлтүүдийн хувьд илүү тохиромжтой болох нь тогтоогдсон[3,4,5]. Иймээс дээрх профиль бүхий сэнс ашигласан ус татах төхөөрөмж нь бага салхины хурдтай нөхцөлд найдвартай ажиллах боломжтой бөгөөд зөв оновчтой загварчлал хийснээр усан хангамжийн байгальд ээлтэй, тогтвортой шийдэл болох боломжтой юм.

III. САЛХИН ХӨДӨЛГҮҮРТ УС ТАТАХ ТӨХӨӨРӨМЖИЙН СЭНСНИЙ ХИЙЦ, СИМУЛЯЦИЙН АЖЛЫН ҮР ДҮН

1. Салхин хөдөлгүүрт ус татах төхөөрөмжийн сэнсний хийц, аэродинамикийн тооцооны үр дүн

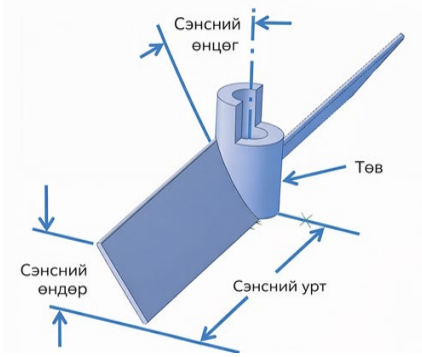
Салхин хөдөлгүүрт ус татах төхөөрөмжийн сэнсний хийцийг тодорхойлохдоо гадаадын судалгааны материалд тулгуурлан олон далбант сэнсний геометр хэлбэрийг сонгон авч, тухайн



1-р зураг. Ус татах төхөөрөмжийн сэнсний үндсэн параметрүүд

хийцийн аэродинамикийн давуу талыг хадгалах зорилгоор үндсэн хэмжээсүүдийг тодорхойлсон болно. Сонгосон хийц нь жигд хувьсах муруй бүхий далбан бөгөөд салхины урсгалаас үүсэх даралтын зөрүүг нэмэгдүүлж, эргэлтийн тэнхлэг дээр үүсэх мушгих моментийг ихэсгэхэд чиглэсэн онцлогтой.

Судалгаанд ашигласан сэнс нь бага оврын хийцтэй бөгөөд далбаны уртыг 450 мм байхаар сонгосон. Энэхүү хэмжээ нь лабораторийн нөхцөлд загварчлал, симуляцийн судалгаа хийхэд тохиромжтойгоос гадна аэродинамикийн үндсэн зүй тогтлыг тодорхойлох боломжийг хангаж өгдөг.



2-р зураг.Сэнсний параметрүүд

Сэнсний далбаны геометрийг тодорхойлохдоо их муруйлтын радиусыг 0.41 м, бага муруйлтын радиусыг 0.16 м байхаар авч үзсэн бөгөөд эдгээр параметрүүд нь далбаны гадаргуугаар урсах агаарын урсгалыг жигд чиглүүлэх, даралтын ялгааг нэмэгдүүлэхэд чухал нөлөө үзүүлдэг болох нь туршилтаар батлагдсан (2-р зураг). Мөн далбаны байрлалыг эргэлтийн тэнхлэгтэйхарьцуулахад ойролцоогоор 45° өнцгөөр байрлуулахаар сонгосон бөгөөд энэ нь салхины урсгалд далбаны идэвхтэй талбайг нэмэгдүүлж, өргөлтийн болон эсэргүүцлийн хүчний зохистой харьцааг бүрдүүлэхэд чиглэсэн болно. Иймөнцөг нь салхины энергийг илүү үр ашигтай ашиглах нөхцөлийг бүрдүүлж, бага хурдны салхинд ч хангалттай мушгих момент үүсгэх боломжийг олгож байна. Иймхүү сонгосон геометрийн параметрүүдийг тогтмол байлгаж, зөвхөн далбаны тоог өөрчлөх замаар аэродинамикийн симуляцийн шинжилгээг гүйцэтгэсэн бөгөөд энэ нь сэнсний хийцийн үндсэн хэлбэрийн нөлөөллийг хадгалсан нөхцөлд далбаны тооны нөлөөг бодитой үнэлэх боломжийг бүрдүүлсэн. Үүний үр дүнд сэнсний хийцийн геометрийн сонголт нь судалгааны зорилгод нийцсэн, харьцангуй оновчтой суурь загвар болсон гэж үзэж байна.

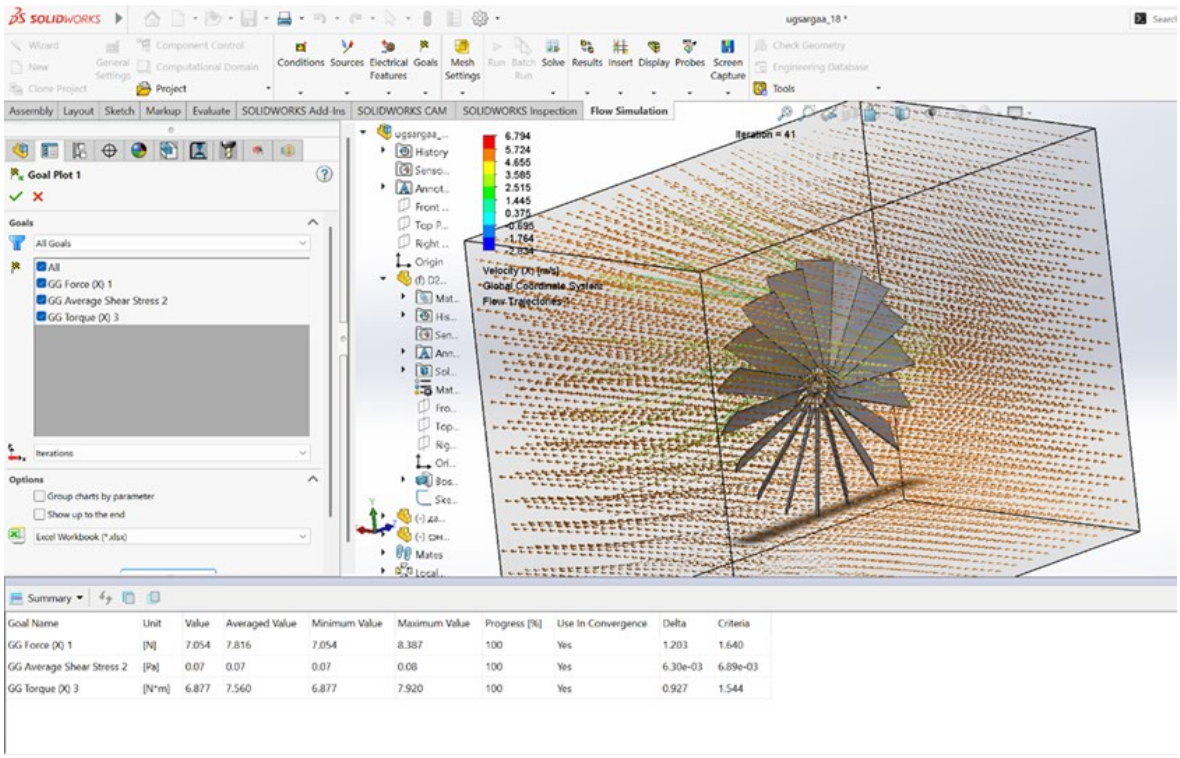
2. Салхин хөдөлгүүрт ус татах төхөөрөмжийн сэнсний бүтцийн далбаанаас хамаарах симуляци ба үр дүн

Салхин сэнсний аэродинамикийн шинжилгээг гүйцэтгэхдээ бодит орчны нөхцөлтэй ойролцоо параметрүүдийг сонгон авч, тоон симуляцийн аргаар судалгаа хийсэн болно. Судалгаанд агаарын урсгалыг тогтвортой (steady flow) горимд авч үзэж, орчны агаарын нягтыг 1.225 кг/м³ гэж тооцсон бөгөөд энэ нь стандарт атмосферийн нөхцөлд харгалзах утга юм.

Сэнсний ажиллагаанд үзүүлэх салхины нөлөөг тодорхойлох зорилгоор оролтын урсгалын хурдыг 5 м/с байхаар тогтоосон. Энэхүү хурд нь байгаль дээр түгээмэл тохиолддог дундаж салхины хурд бөгөөд

салхин ус өргүүрийн төхөөрөмжийн бодит ажиллах нөхцөлийг төлөөлөхүйц гэж үзсэн. Иймд сонгосон хурд нь судалгааны үр дүнг практик хэрэглээнд ойртуулах ач холбогдолтой юм.

Симуляцийн орчны хязгаарын нөхцлийг тодорхойлохдоо сэнсний урд хэсэгт (inlet) тогтмол хурдтай урсгал өгч, гаралтын хэсэгт (outlet) атмосферийн даралтын нөхцөл тавьсан. Мөн сэнсний эргэн тойрон дахь орон зайг хангалттай хэмжээгээр авч үзсэн нь урсгалын тархалтад хязгаарлалт үүсгэхгүй байх нөхцөлийг бүрдүүлсэн. Сэнсний



3-р зураг. 18 далбаатай сэнсний симуляцийн үр дүн

гадаргууг хатуу биет гэж үзэн “no-slip” нөхцлийг хэрэглэснээр агаарын урсгал далбааны гадаргуутай харилцан үйлчлэлцэх бодит нөхцөлийг дуурайлган загварчилсан. Салхин ус татах төхөөрөмжийн ажиллагааны үр ашиг нь сэнсний хийцийн оновчлол болон аэродинамикийн үзүүлэлтээс шууд хамааралтай байдаг бөгөөд ялангуяа ус өргөх механик системд өндөр эргэлтийн хурд бус, харин хангалттай их мушгих момент үүсгэх чадвар хамгийн чухал үзүүлэлт болдог.

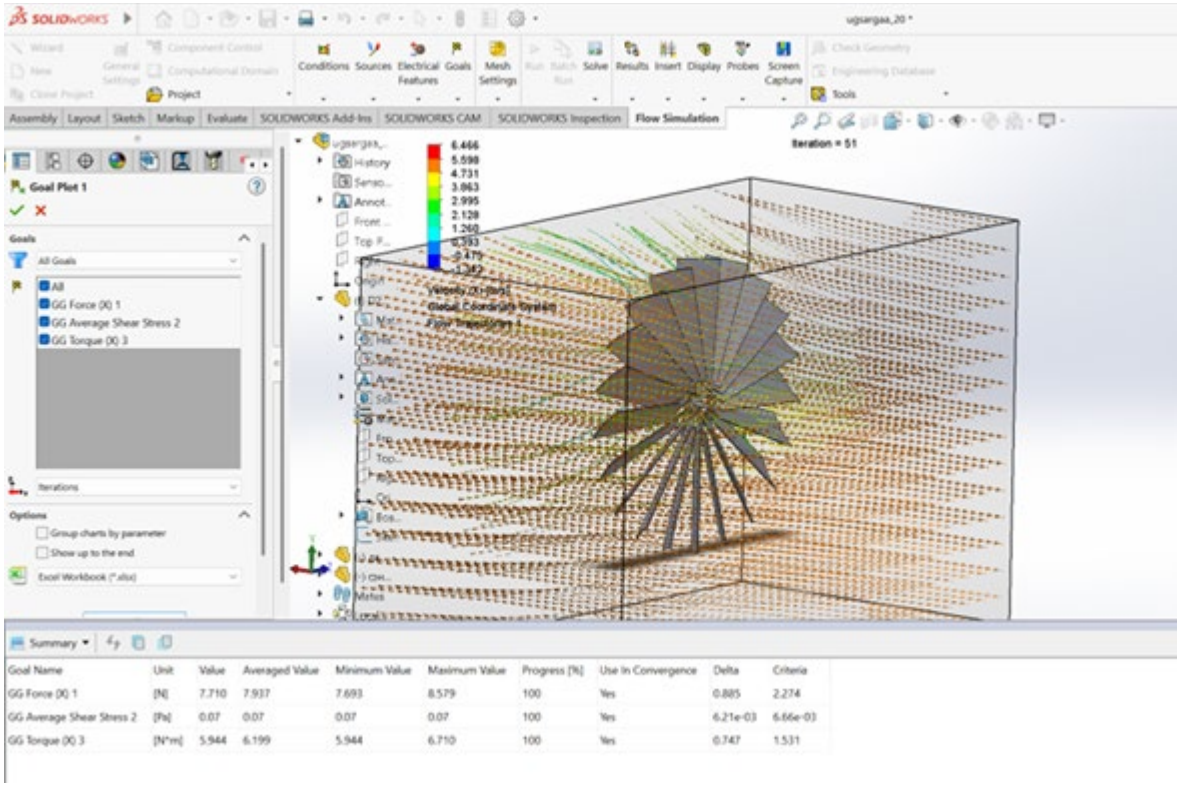
Иймээс энэхүү судалгааны ажлын хүрээнд олон далбаат салхин сэнсний хийцийг оновчлох зорилгоор далбааны тоо өөрчлөгдөхөд аэродинамикийн үзүүлэлт хэрхэн өөрчлөгдөхийг нарийвчлан судалж 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20 ширхэг далбаатай сэнсний загваруудыг боловсруулан SolidWorks Flow Simulation программ ашиглан тоон симуляцийн аргаар шинжилгээ хийж гүйцэтгэсэн болно(2, 3-р зураг).

Олон далбаат сэнсний хувьд далбааны тоо нэмэгдэхэд сэнсний салхины энергийг барих чадвар сайжирч, улмаар эргэлтийн тэнхлэг дээр үүсэх мушгих момент нэмэгдэх хандлагатай байдаг хэдий ч энэ нь хязгааргүй өсөх боломжгүй бөгөөд тодорхой тооноос хойш агаарын эсэргүүцэл нэмэгдэж, урсгалын алдагдал үүсэх замаар ерөнхий үр ашиг буурах нөхцөл бүрдэж байна.

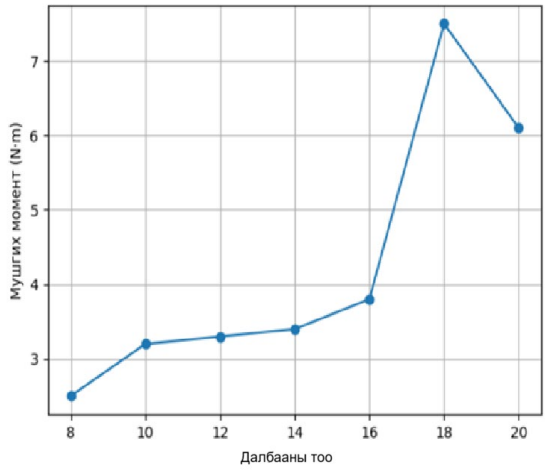
Салхин сэнсний далбааны тоог ихэсгэх замаар 5м/с хурдтай салхиар сэнсэнд нормалиар үйлчилсэн бөгөөд гаргах мушгих моментын утгыг ажиглан симуляци явуулсан, далбааны тоог ихэсгэх тусам момент дагаж өссөөр байсан бөгөөд 18 далбантай үед моментын утга 7.56 Н*м утгатай гарсан, харин 20 далбантай салхин сэнсний хувьд энэ утга гэнэт буурсан буюу 6.19 Н*м гэсэн утга гаргасан.

Судалгааны үр дүнгээс харахад бага буюу 8–10 далбаатай сэнсүүдийн хувьд урсгалын саад багатай, эргэлтийн хурд харьцангуй өндөр байсан хэдий ч мушгих моментын утга хангалтгүй байсан нь ус татах зориулалтад төдийлөн тохиромжгүй болохыг харуулсан. Харин 12–16 далбаатай сэнсүүд нь илүү тогтвортой ажиллагаатай, дундаж түвшний момент үүсгэж байсан боловч хамгийн оновчтой шийдэлд хүрээгүй байна. Далбааны тоог 18 болгож нэмэгдүүлэхэд сэнсний гадаргуугаар урсах агаарын урсгал илүү жигд тархаж, даралтын зөрүү хамгийн зохистой байдлаар бүрэлдэн тогтож, эргэлтийн тэнхлэг дээр үүсэх мушгих момент хамгийн өндөр утгад хүрсэн нь ажиглагдсан. Харин 20 далбаатай сэнсний хувьд далбааны нягтрал хэт ихэссэний улмаас урсгал хоорондоо саадлах, эргэлдэх урсгал(turbulence) нэмэгдэх, улмаар агаарын эсэргүүцэл өсөх үзэгдэл илэрч, үүний нөлөөгөөр нийт үр ашиг буурч, мушгих моментын өсөлт саарсан байна. Салхины 5м/с хурдны нөхцөлд далбаны тоо нэмэгдэхэд сэнсний мушгих момент хэрхэн өөрчлөгдөж байгааг графикаас харахад 18

далбантай үед хамгийн их утгад хүрч, түүнээс цааш өсөлт саарч байгааг илэрхийлнэ(2.5-р зураг).



4-р зураг. 18 далбаатай сэнсний симуляцийн үр дүн



5-р зураг. Сэнсний далбааны тоо болон мушгих моментын хамаарал

ДҮГНЭЛТ

Симуляцийн үр дүнгээс харахад

- Далбааны тоо нэмэгдэхийн хэрээр сэнсний үүсгэх мушгих момент өсөх хандлагатай байсан боловч тодорхой хязгаараас хойш агаарын эсэргүүцэл болон урсгалын алдагдал нэмэгдэж, үр ашиг буурах үзэгдэл ажиглагдсан.
- Цөөн далбаатай сэнсүүдийн хувьд эргэлтийн хурд өндөр байсан ч мушгих момент хангалтгүй байсан бол олон далбантай сэнсүүдийн хувьд эсэргүүцэл ихсэх сөрөг нөлөө илэрсэн.
- Харьцуулсан үр дүнгээс 18 далбантай сэнс нь аэродинамикийн хувьд хамгийн оновчтой үзүүлэлттэй болох нь тогтоогдож, хамгийн их мушгих момент үүсгэж, салхины энергийг үр ашигтай ашиглах боломжтой болох нь батлагдсан. Энэ нь салхин ус татах төхөөрөмжид шаардлагатай механик чадлыг хангахуйц бага хурдны салхины нөхцөлд тогтвортой ажиллах боломжийг бүрдүүлж байна.

АШИГЛАСАН МАТЕРИАЛ, НОМ ЗҮЙ

[1] Чадраа Б, Монгол оронд Сэргээгдэх эрчим хүчийг хөгжүүлэх, Илтгэл. Олон улсын конфернц 2000 оны 4сар 17.18

[2] Эрдэнэбаатар И, Салхин ус өргүүрийн бэлчээрийн усжуулалтанд ашиглах, Эрдэм шинжилгээний хурлын илтгэл

[3] Tauseef Aized, Syed Muhammad Sohial Rehman, Sajid Kamran, Ali Hussain Kazim and Sye Ubaid ur Rehman. Desing and analysis of wind pump for wind conditions in Pakistan , Advances in Mechanical Engineering 2019, Vol.11(9) 1-18.

[4] A.R.Jha, PhD. Wind Turbine Technologe, CRC PressTaylor and Francis Group 6000 Broken Sound Parkwya NW, Suite 300 Boca Raton, FL 33487-2742.

[5] Marta Molina and Abebayehu Assefa, Feasibility study of a wind powered water pumping system for rural Ethiopia Girma, 3(4):851-868. DOI:10.3934/energy. 2015.4.851.

УУЛ УУРХАЙН УС ХАНГАМЖИЙН ТУЛГАМДСАН АСУУДАЛ, ЭРСДЭЛ

Равшиг ПҮРЭВСҮРЭН [1], Чадраабал СУГАРРАГЧАА[2]

[1]Монгол Улс, Дархан-Уул аймаг, Дархан Политехникийн коллеж

[2]Монгол Улс, ШУТИС, Дархан-Уул аймаг дахь Технологийн сургууль

Холбоо барих зохиогчийн и-мэйл хаяг: sugaraa@stda.edu.mn[2]

Хураангуй: **Монгол орны өмнөд говийн бүс нь зэс, алт, нүүрсний томоохон орд, баяжуулах үйлдвэр, нүүрс угаах болон эрчим хүчний төлөвлөсөн төслүүд төвлөрсөн стратегийн бүс боловч усны нөөцийн хувьд хамгийн эмзэг орон зайн нэг юм. Говийн уул уурхайн ус хангамжийн өнөөгийн эх үүсвэр, эрэлт-нийлүүлэлтийн асуудал, газрын доорх усны ашиглалтын эрсдэл, ус дахин ашиглалтын туршлага, мониторинг ба бодлогын шийдлийг нэгтгэн шинжлэх шаардлагтай. Судалгааны баримтаас үзэхэд Монголын усны эх үүсвэрийн дийлэнх нь хойд ба баруун бүсэд төвлөрдөг, харин говийн уул уурхай нь гол төлөв гүний усанд тулгуурлаж байна. 2030 Water Resources Group-ийн тооцоогоор Тавантолгой бүсэд төлөвлөсөн төслүүд хэрэгжвэл 2040 онд өндөр хэрэгцээний хувилбарт 18.85 сая м³/жил буюу нийт хэрэгцээний 60 хувийн зөрүү үүсэх эрсдэлтэй. Оюу толгойн жишээнд үйлдвэрлэлийн ус дахин ашиглалт 2021-2023 онд 85.7-88.3 хувьтай байсан нь говийн уурхайн усны менежментийн чухал сайн туршлага боловч газрын доорх усны түвшин, хаягдлын сангийн шүүрэл, орон нутгийн худгийн усны чанар зэрэг асуудлыг тогтмол хянах шаардлагатай. Судалгааны дүгнэлтээр говийн уул уурхайн ус хангамжийг зөвхөн шинэ эх үүсвэр хайх бус, усны эрэлтийг бууруулах, эргэлтийн хэрэглээг нэмэгдүүлэх, хиймэл сэлбэлт ба цэвэршүүлсэн усны дахин ашиглалтыг үе шаттай нэвтрүүлэх, сав газрын нэгдсэн мониторингийг бэхжүүлэх зарчмаар шийдвэрлэх шаардлагатай.**

Түлхүүр үг: уул уурхай, газрын доорх ус, эрсдэл, усны менежмент

I. УДИРТГАЛ

Гүний хоолойн хотгор нь 2002 он хүртэл гидрогеологийн хувьд маш бага судлагдсан бүс нутагт хамаарч байв. Тус хотгорын ай савын хэмжээнд Өмнөговь аймгийн Усны аж ахуйг удирдах газраас бэлчээр усжуулах, сум болон багийн төвийн усан хангамжийг шийдвэрлэх зорилгоор хэсэгчилсэн буюу цэгийн цахилгаан хайгуулын гүний тандалт хийж байжээ. Эдгээр судалгааны үр дүнд газар доорх усны хуримтлал бүхий цэгүүдийг тодорхойлон, цөөн тооны гүний өрөмдмөл худаг, уурхайн худаг болон богино яндант худаг гаргаж, тухайн орон нутгийн усан хангамжийн хэрэгцээг хангаж ирсэн байна.

Монголын говийн бүс нь эдийн засгийн хувьд уул уурхайн гол бүс боловч гидрологийн хувьд усны хомсдолтой, хур тунадас бага, гадаргын усны байнгын урсац хязгаарлагдмал онцлогтой. Өмнөд цөлийн бүсийн жилийн дундаж хур тунадас ойролцоогоор 40 мм байдаг нь ус нөхөн сэргэх боломж маш бага гэсэн үг юм. Харьцуулбал, Монголын хойд бүсэд жилийн дундаж хур тунадас 400 мм-ээс давдаг гэж тайланд дурдсан. Өөрөөр хэлбэл, хойд бүсийн хур тунадас өмнөд говийнхоос ойролцоогоор 10 дахин их байна.

$$\frac{400\ \text{мм}}{40\ \text{мм}} = 10$$

Энэ нь өмнөд бүсэд бороо, цаснаас үүсэх гадаргын урсац бага, гол мөрөн тогтвортой урсах нөхцөл сул, газрын доорх усны нөхөн тэжээгдэл удаан явагддаг гэсэн үг. Ийм нөхцөлд говийн бүсийн усан хангамж ихэвчлэн газрын доорх уснаас хамаардаг. Гэвч газрын доорх ус нь богино хугацаанд хурдан нөхөн сэргээгдэх нөөц биш тул хэт их олборлолт хийвэл усны түвшин буурах, булаг шанд ширгэх, усны чанар муудах эрсдэлтэй [1]. Ийм нөхцөлд Оюу толгой, Тавантолгой, Нарийнсухайт, Цагаан суварга зэрэг уул уурхайн төслүүдийн усны хэрэгцээ нь газрын доорх усны орд, гүний худаг, ус дамжуулах шугам, дахин ашиглалтын системд ихээхэн хамаардаг.

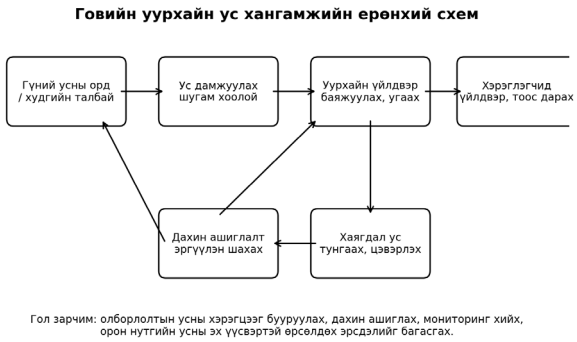
Уул уурхайн ус хангамжийн асуудал нь дан ганц техникийн асуудал биш. Энэ нь байгалийн нөөцийн даац, орон нутгийн малчдын худаг, булаг шанд, усны чанар, сав газрын засаглал, төлбөр хураамж, нийгмийн зөвшөөрөл, үйлдвэрлэлийн технологийн сонголттой шууд холбогдоно. Иймээс говийн уурхайн ус хангамжийг судлахдаа гидрогеологи, үйлдвэрлэлийн усны баланс, ус дахин ашиглалт, экологийн мониторинг, бодлогын зохицуулалтыг хамтад нь авч үзэх шаардлагатай.

Судалгааны ажлын зорилго говийн бүсэд ашиглагдаж буй уул уурхайн ус хангамжийн өнөөгийн байдал, эрсдэл, шийдлийн боломжийг шинжлэхэд оршино. Энэхүү зорилгын хүрээнд дараах зорилтуудыг дэвшүүлэв.Үүнд:

- говийн усны нөөц ба уул уурхайн хэрэглээний онцлогийг тодорхойлох.
- Тавантолгой болон Оюу толгойн жишээгээр усны эрэлт-нийлүүлэлтийн зөрүү, дахин ашиглалтын үр ашгийг үнэлэх.
- ус хангамжийн үндсэн эрсдэлийг ангилах.
- усны менежментийн инженер, технологи, бодлогын шийдлийг санал болгох

Судалгаанд баримт бичгийн шинжилгээ, харьцуулсан дүн шинжилгээ, тоон мэдээллийн график боловсруулалт, кейс судалгааны аргыг ашиглав. Эх сурвалжид эрдэм шинжилгээний

өгүүлэл, олон улсын байгууллагын тайлан, Оюу толгойн хяналт-шинжилгээний тайлан, говийн уурхайн усны эрэлт-нийлүүлэлтийн судалгааг хамруулав[1,2,3,4]. Тавантолгой бүсийн 2040 оны усны зөрүүний тооцоонд 2030 Water Resources Group-ийн тайланд өгөгдсөн усны нөөц, хэрэгцээ, зөрүүний тоог ашигласан[5]. Оюу толгойн ус дахин ашиглалтын графикт 2021, 2022, 2023 оны ус дахин ашиглалтын үр ашгийн хувь болон KPI босгыг ашиглав[6].



Зураг 1. Говийн уул уурхайн ус хангамжийн ерөнхий схем

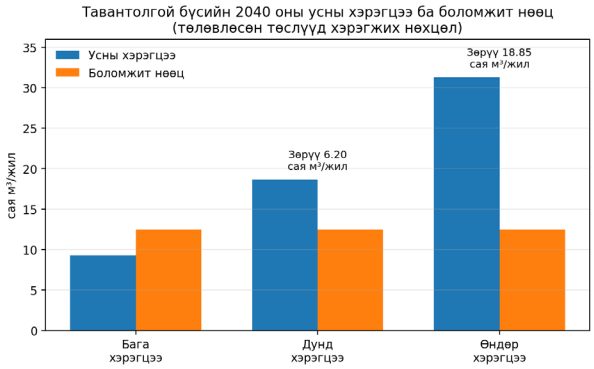
II. Говийн уул уурхайн ус хангамжийн байгалийн ба үйлдвэрлэлийн нөхцөл

Говийн бүсийн гол онцлог нь хур тунадас бага, ууршилт өндөр, гадаргын усны байнгын эх үүсвэр ховор, газрын доорх усны нөхөн сэргэх хугацаа удаан байдагт оршино. Монгол Улсын усны нийт нөөцийг 100 нэгж гэж үзвэл газрын доорх ус ердөө ойролцоогоор 1.9–2 нэгж буюу нийт нөөцийн маш бага хэсгийг эзэлдэг. Гэвч Монгол Улсын усны хэрэглээний 70–90%, түгээмэл дундаж утгаар 80 орчим хувь нь газрын доорх уснаас хамаардаг [1]. Энэ нь говийн уурхайн ус хангамжийн системийг гидрогеологийн хувьд эмзэг болгож, ус таталтын горим, мониторинг, эргэлтийн хэрэглээний шаардлагыг нэмэгдүүлдэг.

Уурхайн үйлдвэрлэлд ус дараах үндсэн зориулалтаар хэрэглэгдэнэ. Үүнд баяжуулах үйлдвэр, нүүрс угаах үйлдвэр, тоос дарах, зам талбай услах, өрөмдлөг ба технологийн туслах хэрэглээ, ахуйн хэрэглээ, зарим тохиолдолд дулааны цахилгаан станцын хөргөлт орно. Говийн нүүрсний бүсэд цаашид нүүрс угаах, цахилгаан станц, нүүрс-хими зэрэг нэмүү өртөг шингэсэн төслүүд нэмэгдэхэд усны хэрэгцээ огцом өсөх магадлалтай.

- **Тавантолгой бүсийн усны эрэлт-нийлүүлэлтийн зөрүү**

2030 Water Resources Group-ийн 2016 оны судалгаанд Тавантолгой бүсийн усны боломжит нөөцийг 12.46 сая м³/жил гэж авч, 2040 оны усны хэрэгцээг бага, дунд, өндөр хувилбараар үнэлсэн. Төлөвлөсөн төслүүдийг оруулсан үед усны хэрэгцээ 2040 онд бага хувилбарт 9.27 сая м³/жил, дунд хувилбарт 18.66 сая м³/жил, өндөр хувилбарт 31.31 сая м³/жил болж өсөхөөр тооцогджээ [2]. Энэ тохиолдолд дунд хувилбарт 6.21 сая м³/жил, өндөр хувилбарт 18.85 сая м³/жил усны дутагдал үүснэ.

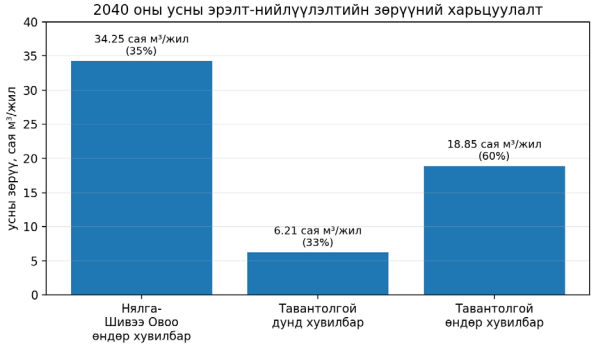


Зураг 2. Тавантолгой бүсийн 2040 оны усны хэрэгцээ ба боломжит нөөцийн харьцуулалт.(2030 WRG, 2016)

Зураг 2-оос харахад Тавантолгой бүсийн одоогийн батлагдсан нөөц ба дахин ашиглалт, уурхайн ус шавхалтын боломж нийлсэн ч өндөр өсөлтийн хувилбарт усны хэрэгцээг бүрэн хангахгүй. Ялангуяа нүүрс угаах үйлдвэр, цахилгаан станц, нэмэлт олборлолтын төслүүд зэрэг ус их шаарддаг үйлдвэрлэл зэрэгцэн хөгжвөл ус нь үйлдвэрлэлийн хүчин чадлын хязгаарлагч хүчин зүйл болох эрсдэлтэй.

- **Тавантолгойн усны эрэлт нийлүүлтийн зөрүүний харьцуулалт**

Говийн нүүрсний бүсүүдэд усны асуудал зөвхөн нэг ордын хүрээнд бус бүсчилсэн шинжтэй байна. Судалгаанд Нялга-Шивээ Овоо бүсэд төлөвлөсөн төслүүд хэрэгжвэл 2040 оны өндөр хэрэгцээний хувилбарт 34.25 сая м³/жил буюу 35 хувийн зөрүү, Тавантолгой бүсэд дунд хувилбарт 6.21 сая м³/жил буюу 33 хувийн зөрүү, өндөр хувилбарт 18.85 сая м³/жил буюу 60 хувийн зөрүү үүсэхийг тооцсон [2].



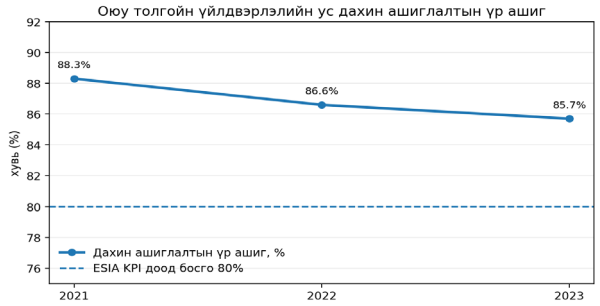
Зураг 3. 2040 оны усны эрэлт-нийлүүлэлтийн зөрүүний харьцуулалт. (2030 WRG, 2016)

Энэ харьцуулалт нь усны асуудлыг зөвхөн худгийн тоог нэмэх замаар шийдвэрлэх боломжгүйг харуулна. Нэг талаас гүний усны шинэ эх үүсвэрийг хайх шаардлагатай боловч нөгөө талаас усны эрэлтийг бууруулах технологи, хуурай аргаар нүүрс баяжуулах, тоос дарах усны хэрэглээг оновчлох, үйлдвэрийн эргэлтийн усны системийг сайжруулах зэрэг demand management арга хэмжээг зэрэг хэрэгжүүлэх шаардлагатай.

- **Оюу толгой: Газрын гүний усны орд ба ус дахин ашиглалтын туршлага**

Оюу толгойн ус хангамжийн үндсэн эх үүсвэр нь Өмнөговь аймгийн Ханбогд сумын нутаг дахь гүний хоолойн газрын доорх усны орд юм. Компанийн мэдээллээр усны эх үүсвэр нь уурхайн тусгай зөвшөөрлийн талбайгаас хойд зүгт ойролцоогоор 35-70 км зайд байрлаж, баяжуулах үйлдвэрийн усны ихэнх хэрэглээнд ашиглагддаг бөгөөд процессын усны ойролцоогоор 87 хувийг дахин ашиглаж байна [3].

2024 оны хараат бус байгаль орчин, нийгмийн аудитын тайланд газрын гүний бүсийн усны түвшний бууралт ерөнхийдөө 2015 оны “Base Storage Scenario” загварын таамаглалтай нийцэж байгаа боловч нэг цэг дээр усны түвшин бага нөөцийн хувилбараас доогуур ажиглагдсан, мөн Оюу толгой 2015 оны загварыг шинэчилж нөөцийн дахин үнэлгээнд ашиглахаар ажиллаж байгааг дурдсан [4]. Тус тайланд 2023 онд газрын гүний сав газраас авсан усны 90 орчим хувь нь 1, 2, 3-р кластеруудаас, үлдсэн 10 хувь нь 4, 5-р кластеруудаас бүрдсэн гэж тэмдэглэсэн [4].



Зураг 4. Оюу толгойн үйлдвэрлэлийн ус дахин ашиглалтын үр ашиг 2021-2023 он. (IESC Audit Report, 2024)

Зураг 4-т нь Оюу толгойн ус дахин ашиглалт 80 хувийн KPI босгоос тогтвортой өндөр байгааг харуулж байна. Гэвч усны үр ашиг өндөр байх нь усны эрсдэл бүрэн арилсан гэсэн үг биш. Хаягдлын сангийн шүүрэл, гүний усны түвшний мониторинг, малчдын худгийн түвшин ба чанарын хяналт, ус таталтын горимын шинэчилсэн загварчлал зэрэг ажлууд үргэлжлэх шаардлагатай.

III. УСНЫ ЧАНАР, ОРОН НУТГИЙН ХЭРЭГЛЭГЧ БА ЭКОЛОГИЙН ЭРСДЭЛ

Говийн уул уурхайн ус хангамжийн асуудал нь зөвхөн усны тоо хэмжээгээр хязгаарлагдахгүй. Усны чанар, худгийн түвшин, давсжилт, хүнд металл, тоосжилтоос үүдэх бохирдлын эрсдэл зэрэг нь орон нутгийн иргэд, мал аж ахуй, экосистемийн хувьд чухал үзүүлэлт юм. 2025 онд хэвлэгдсэн судалгаанд 2024 оны 7-8 дугаар сард Оюу толгой, Эрдэнэс Тавантолгой орчимд газрын доорх ус болон хөрсний дээж авч, Ханбогд ба Цогтцэций сумдын уул уурхайн бүсийн ус-экологийн төлөвийг үнэлсэн байна. Судалгаанд 20 газрын доорх усны дээж, 30-аас дээш хөрсний дээж авсан бөгөөд худгийн гүн 2.5-10 м, цооногийн гүн 13-120 м хүрч байжээ [5]. Энэ төрлийн судалгаа нь орон нутгийн гүехэн худгууд ба уурхайн гүн усны ордын хоорондын гидравлик холбоо, бохирдлын тархалтын эрсдэл, хяналтын цэгийн зохистой байрлал зэргийг тодорхойлоход чухал. Говийн нөхцөлд гүехэн уст давхарга нь малчдын худгийн үндсэн эх үүсвэр байх нь элбэг тул уурхайн гүн уст давхаргын ашиглалттай шууд холбогдох эсэхийг урт хугацааны мониторинг, изотопын болон гидрохимийн судалгаагаар баталгаажуулах шаардлагатай.

Говийн уул уурхайн ус хангамжийн тулгамдсан асуудлын статистик ба найдвартай ажиллагааны үнэлгээ нь говийн бүсийн уул уурхайн ус хангамжийн асуудлыг зөвхөн чанарын байдлаар тайлбарлах нь хангалтгүй. Иймээс усны нөөц, чанар, технологийн хэрэглээ, засаглал, уур амьсгалын хүчин зүйлүүдийг эрсдэлийн магадлал, нөлөөллийн зэрэг, найдвартай ажиллагаа, тасалдал үүсэх давтамж, ус хангамжийн бэлэн байдал зэрэг үзүүлэлтээр үнэлэх шаардлагатай.

1. Үнэлгээний үндсэн аргачлал

Асуудал бүрийг дараах үндсэн 3 үзүүлэлтээр үнэлнэ.

$$R = P \times C$$

Энд:R— эрсдэлийн оноо, P— асуудал үүсэх магадлал, C— үр дагаврын ноцтой байдал

Мөн найдвартай ажиллагааны талаас ус хангамжийн системийн бэлэн байдлыг дараах томьёогоор илэрхийлнэ.

$$A = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$$

Энд: A— ус хангамжийн системийн бэлэн байдал, $MTBF$— саатал хоорондын дундаж хугацаа, $MTTR$— саатлыг арилгах дундаж хугацаа

Хэрэв системийн доголдлын эрчим тогтмол гэж үзвэл найдвартай ажиллагааг дараах байдлаар тооцож болно.

$$R(t) = e^{-\lambda t}$$

Энд:$R(t)$— тухайн хугацаанд сааталгүй ажиллах магадлал, λ— саатлын эрчим, t— хугацаа

Говийн бүсэд уурхайн ус хангамжийн системд жилд дунджаар 4 удаа тасалдал гардаг гэж үзье. Нэг тасалдлыг арилгахад дунджаар 18 цаг зарцуулдаг бол:

$$MTBF = \frac{365 \times 24}{4} = 2190 \text{ цаг}$$

$$MTTR = 18 \text{ цаг}$$

$$A = \frac{2190}{2190 + 18} = 0.9918$$

$$A = 99.18\%$$

Дээрх тохиолдолд ус хангамжийн системийн техникийн бэлэн байдал 99.18% байна. Энэ нь зөвхөн насос, шугам хоолой, худаг, цахилгаан хангамж зэрэг техникийн системийн талаарх үзүүлэлт юм. Харин усны нөөцийн бууралт, усны чанарын муудалт, хур тунадасны багасалт зэрэг байгалийн хүчин зүйлүүдийг хамруулбал бодит найдвартай байдал үүнээс бага гарч байна.

Говийн уул уурхайн ус хангамжийн тулгамдсан асуудлыг статистик болон найдвартай ажиллагааны үүднээс үнэлэхэд нөөцийн хомсдол, усны чанарын доройтол, технологийн усны өндөр хэрэглээ, засаглалын мэдээллийн зөрүү, уур амьсгалын хуурайшилт зэрэг хүчин зүйлүүд голлох эрсдэл болж байна. Эдгээр хүчин зүйлс нь тус бүрдээ ус хангамжийн системийн найдвартай ажиллагаанд нөлөөлөх бөгөөд эрсдэлийн оноог $R = P \times C$томьёогоор, техникийн бэлэн байдлыг $A = MTBF/(MTBF + MTTR)$томьёогоор, эх үүсвэрийн тогтвортой байдлыг $R(t) = e^{-\lambda t}$хамаарлаар үнэлж болно.

Жишиг үнэлгээгээр нөөцийн хомсдолын эрсдэлийн оноо хамгийн өндөр буюу $R = 25$, усны чанар болон уур амьсгалын эрсдэл тус бүр $R = 20$гарч байгаа нь говийн уул уурхайн бүсэд усны хязгаарлагдмал нөөц, газрын доорх усанд хэт түшиглэх байдал, хур тунадас багатай уур амьсгал, нөхөн тэжээгдлийн удаан явц зэрэг хүчин зүйлс ус хангамжийн найдвартай байдлыг бууруулж байгааг харуулж байна.

Иймээс говийн уул уурхайн ус хангамжийн төлөвлөлтөд зөвхөн усны эх үүсвэрийн хэмжээг тооцохоос гадна усны түвшний бууралт, чанарын өөрчлөлт, тасалдлын давтамж, засварын хугацаа, эргэлтийн усны хувь, мониторингийн мэдээллийн найдвартай байдал зэрэг үзүүлэлтүүдийг хамтад нь үнэлэх шаардлагатай. Ус хангамжийн найдвартай байдлын индексийн жишээ тооцоогоор $WRI = 0.588$ гарсан нь тухайн системийг дунд эрсдэлтэй ангилалд оруулж болохыг харуулж байна. Иймээс говийн уул уурхайн ус хангамжийн төлөвлөлтөд зөвхөн усны эх үүсвэрийн хэмжээг тооцохоос гадна усны түвшний бууралт, чанарын өөрчлөлт, тасалдлын давтамж, засварын хугацаа, эргэлтийн усны хувь, мониторингийн мэдээллийн найдвартай байдал зэрэг үзүүлэлтүүдийг хамтад нь үнэлэх шаардлагатай. Ус хангамжийн найдвартай байдлын индексийн жишээ тооцоогоор $WRI = 0.588$ гарсан нь тухайн системийг дунд эрсдэлтэй ангилалд оруулж болохыг харуулж байна. Иймээс нөхцөлд усны эрэлтийн менежмент, хаалттай эргэлтийн усны систем, хаягдлын сангийн усны дахин ашиглалт, гидрохимийн тогтмол мониторинг, хиймэл сэлбэлт болон орон нутаг–уурхайн хамтарсан хяналтын тогтолцоог нэвтрүүлэх нь ус хангамжийн найдвартай ажиллагааг дээшлүүлэх үндсэн арга хэмжээ болно.

Дүгнэлт

1. Говийн бүсийн уул уурхайн ус хангамжийн тулгамдсан асуудлыг статистик болон найдвартай ажиллагааны үүднээс үнэлэхэд нөөцийн хомсдол, усны чанарын доройтол, технологийн усны өндөр хэрэглээ, засаглалын мэдээллийн зөрүү, уур амьсгалын хуурайшилт зэрэг хүчин зүйлүүд голлох эрсдэл болж байна. Эдгээр хүчин зүйлс нь тус бүрдээ ус хангамжийн системийн найдвартай ажиллагаанд нөлөөлөх бөгөөд эрсдэлийн оноог $R = P \times C$томьёогоор, техникийн бэлэн байдлыг $A = MTBF/(MTBF + MTTR)$томьёогоор, эх үүсвэрийн тогтвортой байдлыг $R(t) = e^{-\lambda t}$хамаарлаар үнэлэхэд нөөцийн хомсдолын эрсдэлийн оноо хамгийн өндөр буюу $R = 25$, усны чанар болон уур амьсгалын эрсдэл тус бүр $R = 20$гарч байгаа нь говийн бүсийн уул уурхайн бүсэд усны хязгаарлагдмал нөөц, газрын доорх усанд хэт түшиглэх байдал, хур тунадас багатай уур амьсгал, нөхөн тэжээгдлийн удаан явц зэрэг хүчин зүйлс ус хангамжийн найдвартай байдлыг бууруулж байгааг харуулж байна.

2. Говийн бүсийн уул уурхайн ус хангамжийн төлөвлөлтөд зөвхөн усны эх үүсвэрийн хэмжээг тооцохоос гадна усны түвшний бууралт, чанарын өөрчлөлт, тасалдлын давтамж, засварын хугацаа, эргэлтийн усны хувь, мониторингийн мэдээллийн найдвартай байдал зэрэг үзүүлэлтүүдийг хамтад нь үнэлэх шаардлагатай. Ус хангамжийн найдвартай байдлын индексийн жишээ тооцоогоор $WRI = 0.588$ гарсан нь тухайн системийг дунд эрсдэлтэй ангилалд оруулж болохыг харуулж байна. Иймээс нөхцөлд усны эрэлтийн менежмент, хаалттай эргэлтийн усны систем, хаягдлын сангийн усны дахин ашиглалт, гидрохимийн тогтмол мониторинг, хиймэл сэлбэлт болон орон нутаг–уурхайн хамтарсан хяналтын тогтолцоог нэвтрүүлэх нь ус хангамжийн найдвартай ажиллагааг дээшлүүлэх үндсэн арга хэмжээг авах шаардлагатай.

АШИГЛАСАН МАТЕРИАЛ, НОМ ЗҮЙ

[1] OECD/AWC. (2025). Water Demand Management in Mongolia. OECD Publishing.

[2] 2030 Water Resources Group. (2016). Prioritized solutions to close the water gap in Mongolia's mining regions.

[3] Erdenes Oyu Tolgoi LLC. Environment, Water Supply.

[4] Independent Environmental and Social Consultant. (2024). Oyu Tolgoi Mine IESC Operational Phase Monitoring Report.

[5] Gagarinova, O. et al. (2025). Environmental conditions in the mining areas of the Tavan Tolgoi and Oyu Tolgoi deposits. Mongolian Journal of Geography and Geoecology.

[6] Badarch, A., Ariya, E., Dashjamts, A.-E., & Gansukh, B. (2021). Projected water demand by 2050 in South Gobi region of Mongolia. Proceedings of the Mongolian Academy of Sciences.

[7] Jackson, S. L. (2018). Abstracting Water to Extract Minerals in Mongolia's South Gobi Province. Water Alternatives, 11(2), 336-356.

[8] Түвдэндорж.А, Өлзийбаяр.Г, & нар, У. О. (2011). Оюу толгой төслийн усны мониторингийн тайлан. Ханбогд: Оюу толгой ХХК.

[9] Түвдэндорж.А, Өлзийбаяр.Г, & нар, У. С.-Э. (2012). Оюу толгой төслийн усны мониторингийн тайлан. Ханбогд: Оюу толгой ХХК.

[10] Түвдэндорж.А, Уганбаяр.П, & нар, С.-Э. (2013). Оюу толгой төслийн усны мониторингийн тайлан. Ханбогд: Оюу толгой ХХК.

[11] Түвдэндорж.А, Санждорж.С, & Өлзийбаяр.Г. (2008). Гүний хоолойн газар доорхи усны ордын хайгуулын ажлын тайлан. 2008: Оюу толгой ХХК.

[12] Environmental monitoring with the participation of the population of the settlement of Khotolbor, Non-governmental organization, "Monkh Nogoon Galba, hamtyn oroltsootoy baigal orchny khyanal tshinjilgee khotolbor," Tsogttsetsii, Umnugovi, pp.23, 2023.

[13] N.V. Glotova, Monitoring the environment. Chelyabinsk Publishing house of SUSU, 2006.

[14] ISO 11885 (GOST R 57165-2016), Water quality — Determination of selected elements by inductively coupled plasma optical emission spectrometry (ICP-OES), National Standard of the Russian Federation, 2018. Accessed on: March 10, 2025. [Online]. Available: https://docs.cntd.ru/document/1200140392

[15] ISO 14869, Soil quality — Dissolution for the determination of total element content, 2017. Accessed on: March 15, 2025. [Online]. Available: https://nd.gostinfo.ru/document/6267384.aspx

ГОВИЙН БҮСИЙГ УСЖУУЛАХ МЕГА ТӨСЛҮҮД: ЭДИЙН ЗАСАГ, ЭРСДЭЛ БА ХҮНИЙ НӨӨЦ

Ренчинбямбын СЭДДОРЖ[1] Баатарцэндийн БАЯРЖАВХЛАН[2],
[1]Монгол Улс, ШУТИС, Геологи, уул уурхайн сургууль
[2]Монгол Улс, Өмнөговь аймаг, ШУТИС-ийн харьяа Өмнөговь аймаг дахь Технологийн дээд сургууль
Холбоо барих зохиогчийн и-мэйл хаяг: bayarjavkhlanbaatartsend@gmail.com

Хураангуй: **Монгол Улсын өмнийн говийн бүс нутагт уул уурхай, аж үйлдвэр, эрчим хүч, логистик, хот суурины хөгжлийн төвлөрөл эрчимжиж байгаа боловч усны нөөцийн хязгаарлагдмал байдал нь бүс нутгийн тогтвортой өсөлтийг хязгаарлагч үндсэн хүчин зүйл хэвээр байна. Энэхүү өгүүлэлд Хэрлэн–Тооно болон Онги–Цагаанбургастай ус дамжуулах мега төслүүдийн урьдчилсан техник, эдийн засгийн үндэслэл, төслийн танилцуулгын өгөгдөл, олон улсын усны менежментийн туршлага, эрсдэлийн хүчин зүйлс, хүний нөөцийн шаардлагыг нэгтгэн шинжлэв. Судалгааны онцлог нь усны мега төслүүдийн хэрэгжилтийн эрсдэлийг Т параметрт тулгуурлан тайлбарлаж, өсөлт, эрсдэл, хүний нөөцийн чадавхын хоорондын тэнцвэрийг үнэлсэнд оршино. Судалгаанд баримт бичгийн шинжилгээ, харьцуулсан тоон шинжилгээ, хоёрдогч үзүүлэлтийн тооцоо, Т параметрт суурилсан сценари үнэлгээний аргыг ашигласан. Үр дүнгээс харахад говийн ус дамжуулах төслүүдийн хэрэгжилт нь зөвхөн усан сангийн багтаамж, дамжуулах шугамын урт, хөрөнгө оруулалт, тарифын нөхцөлөөс бус, эрсдэлийг удирдах институцийн чадавх, хил дамнасан усны зөвшилцөл, технологийн найдвартай байдал, орон нутгийн инженер-техникийн хүний нөөцийн бэлтгэлээс шууд хамаарч байна. Т параметрийн үнэлгээ нь хэт хурдан хэрэгжүүлэхээр зорих үед эрсдэл нэмэгдэх, харин хэт удаан хэрэгжүүлэх үед эдийн засгийн өгөөж буурах боломжтойг харуулсан. Иймээс усны мега төслүүдийг амжилттай хэрэгжүүлэхэд эрсдэлийн удирдлага, хүний нөөцийн үе шаттай бэлтгэл, технологийн ашиглалт, усны засаглалын уялдаа шийдвэрлэх ач холбогдолтой. Судалгааны гол дүгнэлт нь эдгээр төслийг өрсөлдүүлэх бус, богино болон дунд хугацааны ус хангамж, урт хугацааны стратегийн усны нөөц, орон нутгийн хүний нөөцийн чадавхыг хослуулсан төслийн багцын хандлагаар төлөвлөх шаардлагатай гэсэн санаанд төвлөрч байна.**

Түлхүүр үг: усны мега төсөл, Т параметр, эрсдэлийн үнэлгээ, хүний нөөцийн чадавх, усны засаглал

I. Оршил

Говийн бүсийн эдийн засгийн өсөлт нь уул уурхайн олборлолт, баяжуулалт, тээвэр логистик, эрчим хүч, аж үйлдвэрийн парк болон хот суурины хөгжлийн тэлэлттэй шууд уялдаж байна. Ялангуяа Өмнөговь, Дорноговь, Говьсүмбэрийн чиглэлд уул уурхайн томоохон ордууд, боловсруулах үйлдвэрлэлийн төлөвлөлт, экспортын дэд бүтэц төвлөрч байгаа нь бүс нутгийн хөгжлийн стратегийн ач холбогдлыг нэмэгдүүлж байна. Гэвч энэ өсөлтийн үндсэн хязгаарлагч нь усны хүртээмж, усны чанар, ус ашиглалтын засаглал, мөн алсын зайд ус дамжуулах дэд бүтцийн техник-эдийн засгийн хэрэгжилтийн боломж юм.

Говийн бүсийн онцлог нь хур тунадас багатай, гадаргын усны тогтмол эх үүсвэр хязгаарлагдмал, газрын доорх усны нөхөн сэргэх хугацаа удаан, үйлдвэрлэлийн усны эрэлт өсөн нэмэгдэж буй нөхцөлөөр тодорхойлогдоно. Ийм нөхцөлд зөвхөн газрын доорх усны нөөцөд түшиглэсэн өсөлтийн загвар нь экологийн болон эдийн засгийн эрсдэл дагуулна. Тиймээс гадаргын усны урсацыг тохируулах, хуримтлуулах, алсын зайд дамжуулах, усны хэрэглээний үр ашгийг нэмэгдүүлэх хосолсон бодлого шаардлагатай байна.

Энэ хүрээнд Хэрлэн–Тооно болон Онги–Цагаанбургастай төслүүд нь говийн бүсийн ус хангамж, аж үйлдвэрийн хөгжлийн ирээдүйн суурь дэд бүтэц болохоор төлөвлөгдөж буй хоёр томоохон хувилбар юм.

Онги–Цагаанбургастай төсөл нь Орхон голын урсацыг тохируулан Онги гол болон Улааннуурын урсацыг тэтгэх, улмаар Тавантолгой болон Өмнөговийн усны хэрэгцээнд дэмжлэг үзүүлэх зорилготой.

Хэрлэн–Тооно төсөл нь Хэрлэн голын урсацын тохируулга, усан сан, УЦС, Сайншандын аж үйлдвэрийн парк болон зүүн-өмнөд говийн хэрэглээтэй уялдсан стратегийн хувилбар юм (Усны газар, 2025a, 2025b, 2025c).

Эдгээр төслүүдийг зөвхөн “ус дамжуулах хоолой” гэж үзвэл бодлогын үнэлгээ дутуу болно. Үнэн хэрэгтээ тэдгээр нь бүс нутгийн эдийн засгийн бүтэц, аж үйлдвэрийн кластер, уул уурхайн ус ашиглалт, хүн амын суурьшил, экосистемийн урсац, хил дамнасан усны хэлэлцээр, орон нутгийн инженерийн хүний нөөцийн чадавхтай холбогдсон нийлмэл систем юм. Иймээс төслийн үр ашиг нь хөрөнгө оруулалт болон инженерийн шийдлээс гадна засаглал, хүний капитал, технологийн ашиглалт, эрсдэлийн хяналтын чанараас хамаарна.

Энэхүү судалгааны зорилго нь өгөгдсөн урьдчилсан ТЭЗҮ, төслийн танилцуулга, холбогдох судалгааны материалд тулгуурлан Хэрлэн–Тооно ба Онги–Цагаанбургастай төслүүдийн техник-эдийн засгийн үзүүлэлт, тодорхойгүй байдал, эрсдэл, хүний нөөцийн шаардлагыг урьдчилсан байдлаар харьцуулан дүгнэхэд оршино. Судалгаа нь аль

төслийг эцэслэн сонгох шийдвэр гаргах бус, харин эцсийн ТЭЗҮ гарахаас өмнө ямар мэдээлэл, ямар бодлогын хүчин зүйлсийг зайлшгүй анхаарах шаардлагатайг тодорхойлох зорилготой.

II. Судалгааны шинэлэг тал

Энэхүү өгүүллийн шинэлэг тал нь Хэрлэн–Тооно ба Онги–Цагаанбургастай төслүүдийн ТЭЗҮ-ийн тоон мэдээллийг зөвхөн тайлбарлах бус, харин нэг стандарт харьцуулалтын хүрээнд оруулж, хоёрдогч үр ашгийн үзүүлэлтүүдийг тооцож, шинжилгээ хийхэд оршино. Тухайлбал, жилд дамжуулах ус/км, усан сангийн багтаамж/км, ОРЕХ/м³, ОРЕХ/боломжит орлого, усан сангийн эргэлтийн харьцаа, орон нутгийн хүний нөөцийн боломжит хувь зэрэг үзүүлэлтээр төслүүдийг харьцуулсан.

Мөн τ-сценарийн логикоор өсөлт, эрсдэл, хүний нөөцийн тэнцвэрийг тайлбарлаж, усны мега төслийн амжилттай хэрэгжихийг зөвхөн инженерийн байгууламж бус, хүний капитал, технологи, усны засаглалын нийлмэл тогтолцоо гэж авч үзсэн нь өгүүллийн бодлогын гол хувь нэмэр юм.

III. Онолын хүрээ ба судалгааны байрлал

Судалгааны онолын суурь нь дөрвөн чиглэлд төвлөрнө. Нэгдүгээрт, Integrated Water Resources Management (IWRM) буюу усны нөөцийн нэгдсэн менежмент нь ус, газар болон холбогдох нөөцийг эдийн засаг, нийгэм, байгаль орчны тэнцвэртэй байдлаар хамтад нь удирдах хандлага юм. Говийг усжуулах төслүүдийн хувьд IWRM нь усны эх үүсвэрийн инженерийн шийдлийг хэрэглэгчийн бүтэц, экологийн доод урсац, уул уурхайн эрэлт, хүн амын унд-ахуйн хэрэгцээ, хил дамнасан усны зохицуулалттай холбож өгдөг үндсэн хүрээ болно (Global Water Partnership, 2011; OECD, 2015).

Хоёрдугаарт, эндоген өсөлтийн онолын дагуу эдийн засгийн өсөлт нь дэд бүтэц, технологи, хүний капитал, институцийн чадавх зэрэг дотоод хүчин зүйлсүүдийн нэгдлээр тодорхойлогдоно. Усны мега төсөл нь үйлдвэрлэлийн хүчин чадлыг өсгөх, усны хязгаарлалтыг бууруулах, аж үйлдвэрийн төрөлжилтийг дэмжих сувгаар бүс нутгийн өсөлтөд нөлөөлнө. Гэвч хүний нөөц, засвар үйлчилгээ, удирдлагын систем хангалтгүй бол дэд бүтцийн бодит өгөөж буурна (Lucas, 1988; Romer, 1990).

Гуравдугаарт, Human Capital Theory нь боловсрол, ур чадвар, туршлага нь эдийн засгийн өсөлтийн гол капитал болохыг тайлбарладаг. Алсын зайд ус дамжуулах системүүд нь гидротехник, насос станц, ус цэвэршүүлэлт, SCADA [1], телеметр, эрчим хүч, автоматжуулалт, засвар үйлчилгээний өндөр түвшний мэргэжилтэн шаарддаг. Тиймээс инженерийн хүний нөөц нь төслийн туслах хүчин зүйл бус, харин хэрэгжилтийн үндсэн хязгаарлагч хувьсагч юм (Becker, 1964).

Дөрөвдүгээрт, risk–return tradeoff буюу эрсдэл–өгөөжийн солилцооны хандлагаар өндөр өгөөжтэй хөрөнгө оруулалт өндөр эрсдэл дагуулдаг. Усны мега төслүүдийн хувьд эрсдэл нь зөвхөн санхүүгийн бус, мөн ус зүй, уур амьсгал, байгаль орчин, хил дамнасан усны хэлэлцээр, газар, нийгмийн зөвшөөрөл, технологийн найдвартай байдал, хүний нөөцийн хангалтаар тодорхойлогдоно.

Олон улсын туршлагаас авч үзэхэд, усны хомсдолтой бүсүүдийг амжилттай усжуулсан нь технологи, бодлого, хүний нөөц гэсэн гурван тулгууртай байдаг. Тухайлбал, Израилийн туршлага ус дахин ашиглалт, дуслын усалгаагаар хэрэглээний үр ашгийг нэмэгдүүлэх боломжийг ашигласан, Австралийн усны зах зээлийн тогтолцоо ус ашиглах эрх, квот, хэмжилтээр усны эдийн засгийн үнэ цэнийг бий болгосон бол, Хятадын South–North Water Transfer Project нь бүс хоорондын том хэмжээний ус дамжуулалт нь зөвхөн инженерийн биш, хүчтэй институц, санхүүжилт, хүний нөөцийн систем шаарддаг болохыг харуулдаг (Murray–Darling Basin Authority, n.d.; United States Environmental Protection Agency, 2023).

IV. Өгөгдөл ба арга зүй

Судалгаанд гурван төрлийн эх сурвалж ашиглав. Нэгдүгээрт, Хэрлэн–Тооно, Онги–Цагаанбургастай төслийн урьдчилсан ТЭЗҮ болон төслийн танилцуулгад туссан тоон мэдээлэл, хоёрдугаарт, τ параметрийн сценари ба хүний нөөцийн загвар, гуравдугаарт, ус дамжуулах болон усны менежментийн олон улсын туршлагын баримт бичгийн мэдээлэл. Тоон мэдээллийг харьцуулалтын нэгдсэн суурьт оруулахын тулд ус дамжуулах жилийн хэмжээг сая м³/жил, секундийн урсацыг л/сек, шугамын уртыг км, ашиглалтын зардлыг тэрбум төгрөг/жил, усны тарифыг төгрөг/м³ нэгжээр ижилсүүлэн боловсруулав. Энэ нь төслүүдийн техникийн хүчин чадал, зардлын бүтэц, тарифын нөхцөл, нэгж дэд бүтцэд ногдох ус дамжуулалтын бүтээмжийг харьцуулах арга зүйн үндэс болсон.

Энэхүү судалгаа нь эцсийн байдлаар баталгаажсан техник, эдийн засгийн үндэслэлд тулгуурлаагүй тул хөрөнгө оруулалтын шийдвэр гаргах түвшний санхүүгийн иж бүрэн үнэлгээнд ашиглах боломжгүй юм. Харин урьдчилсан ТЭЗҮ болон төслийн танилцуулгад туссан мэдээлэлд үндэслэн харьцуулан тооцох боломжтой хоёрдогч үзүүлэлтүүдийг боловсруулж, төслүүдийн урьдчилсан бүтээмж, ашиглалтын зардлын ачаалал, мэдээллийн тодорхойгүй байдал, хүний нөөцийн шаардлагыг үнэлэхийг зорив. Иймд эдгээр үзүүлэлт нь төслийн эцсийн эдийн засгийн үр ашгийг нотлох хэмжүүр бус, харин цаашдын нарийвчилсан ТЭЗҮ, санхүүгийн загварчлал, эрсдэлийн үнэлгээнд ашиглаж болох бодлогын түвшний туслах харьцуулалтын хэрэгсэл болно.

Харьцуулалтын үндсэн үзүүлэлтүүд нь усан сангийн багтаамж, дамжуулах шугамын урт, жилд дамжуулах усны боломжит хэмжээ, секундэд дамжуулах урсац, УЦС-ийн хүчин чадал, хөрөнгө

[1] Supervisory Control and Data Acquisition гэдэг нь хяналт, удирдлага ба өгөгдөл цуглуулах автоматжуулсан систем

оруулалтын мэдээллийн бүрэн байдал, ашиглалтын зардал, тариф, нөхөх хугацаа, газар болон барилга угсралтын төлөв байдал юм.

Хоёрдогч үзүүлэлтүүдийг дараах байдлаар тооцсон:

- Жилд дамжуулах ус/шугамын урт = жилд дамжуулах ус ÷ шугамын урт;
- Усан сан/шугамын урт = усан сангийн багтаамж ÷ шугамын урт;
- OPEX/м³ = жилийн ашиглалтын зардал ÷ жилд дамжуулах ус;
- OPEX/боломжит орлого = жилийн OPEX ÷ боломжит жилийн орлого × 100;
- Усан сангийн эргэлтийн харьцаа = жилд дамжуулах ус ÷ усан сангийн багтаамж × 100;
- Орон нутгийн хүний нөөцийн боломжит хувь = орон нутгаас бэлтгэх мэргэжилтэн ÷ ашиглалтын цөм хүний нөөц × 100.

τ-сценарийн хувьд $\tau \in \{0, 1, 3, 5, 10\}$ гэсэн таван хувилбарыг авч үзсэн. τ бага үед өсөлтийн хурд өндөр боловч эрсдэл их, τ их үед эрсдэл буурч хамгаалалтын шинж нэмэгдэх боловч эдийн засгийн өсөлтийн эрч саарна гэж үзсэн. τ-сценарийн хүснэгтэд ашигласан G, R, Y, S, Z үзүүлэлтүүд нь ТЭЗҮ-д шууд туссан бодит тоон өгөгдөл бус, харин өсөлт–эрсдэл–хүний нөөцийн харьцангуй өөрчлөлтийг харуулах зорилгоор зохиогчийн боловсруулсан нормчилсон индекс юм.

V. ТЭЗҮ-ИЙН ҮНДСЭН ТООН ХАРЬЦУУЛАЛТ

Хоёр төслийн үндсэн өгөгдлүүдийг нэгдсэн суурьт оруулах харьцуулахад Хэрлэн–Тооно нь стратегийн усны багтаамж болон дамжуулалтын хэмжээгээр том хувилбар, харин Онги–Цагаанбургастай нь богино–дунд хугацааны тодорхой хэрэглэгч болон экологийн нөхөн сэргээх зорилттой илүү ойр хувилбар гэж харагдаж байна. Гэвч хоёр төслийг “аль нь сайн” гэсэн энгийн дүгнэлтээр үнэлэх боломжгүй. Учир нь эцсийн CAPEX, NPV, IRR, ус зүйн баталгаажсан simulation, БОННҮ, хил дамнасан усны зөвшилцөл зэрэг шийдвэрлэх өгөгдлүүд ашиглагдаагүй байна.

ХОЁР ТӨСЛИЙН ҮНДСЭН ҮЗҮҮЛЭЛТ

1-р хүснэгт

д/д	Үзүүлэлт	Хэрлэн–Тооно	Онги–Цагаанбургастай	Урьдчилсан тайлбар
1	Усан сангийн багтаамж	1.6 тэрбум м³	663 сая м³	Хэрлэн–Тооно 2.4 дахин их багтаамжтай.
2	Дамжуулах үндсэн шугам	235 км	509 км	Онги–Цагаанбургастай илүү урт шугам шаардана.
3	Жилд дамжуулах ус	50–127 сая м³/жил	12.8–25.2 сая м³/жил	Хэрлэн–Тооно 3.9–5.0 дахин их ус дамжуулах боломжтой.
4	Урсац	1585–4024 л/сек	405.1–800 л/сек	Урсацын хүчин чадлын хувьд Хэрлэн–Тооно өндөр.
5	УЦС-ийн хүчин чадал	6–7 МВт	2–4 МВт	Хэрлэн–Тооно дагалдах эрчим хүчний хүчин чадлаар өндөр.
6	Тарифын тооцоо	3000 ₮/м³	6000 ₮/м³	Онги–Цагаанбургастай төсөл өндөр тарифын нөхцөл дээр богино нөхөх хугацаа тооцсон.
7	Ашиглалтын зардал	28.0 тэрбум ₮/жил	35.0 тэрбум ₮/жил	Онги–Цагаанбургастай төслийн жил тутмын OPEX өндөр.
8	Нөхөх хугацаа	15 жил	5.6 жил	Урьдчилсан тариф, эрэлт, санхүүгийн нөхцөлөөс хамаарна.
9	Нийт хөрөнгө оруулалт	Бүрэн дүн өгөгдөөгүй	1.1 их наяд ₮	CAPEX-ийн бүрэн харьцуулалт хийхэд Хэрлэн–Тооно талын дата дутуу.
10	Хил дамнасан зөвшилцөл	БНХАУ-тай	ОХУ-тай	Аль аль нь хил дамнасан усны засаглалын эрсдэлтэй.

Эх сурвалж: Усны газар (2025a, 2025b, 2025c); зохиогчийн нэгтгэл.

Хүснэгт 1-ийн гол утга нь хоёр төслийн үүрэг ялгаатай байгаад оршино. Хэрлэн–Тооно төсөл нь том усан сан, богино үндсэн шугам, дамжуулах урсацын хүчин чадал өндөр тул урт хугацааны аж үйлдвэр, хотжилт, олон хэрэглэгчийн системийн хувилбар болж харагдана. Онги–Цагаанбургастай төсөл нь дамжуулах усны хэмжээ харьцангуй бага боловч Тавантолгой чиглэлийн тодорхой хэрэглэгч, Онги–Улааннуурын экологийн сэргээх зорилттой шууд уялдаж байна.

VI. НЭМЭЛТ ТООЦООЛЛЫН ҮЗҮҮЛЭЛТҮҮД

НЭМЭЛТ ТООЦООЛЛЫН ГОЛ ҮЗҮҮЛЭЛТҮҮД

2-р хүснэгт

д/д	Үзүүлэлт	Хэрлэн–Тооно	Онги–Цагаанбургастай	Тайлбар
1	Жилд дамжуулах ус / км	0.213–0.540 сая м³/км/жил	0.025–0.050 сая м³/км/жил	Дамжуулах дэд бүтцийн бүтээмжийн урьдчилсан харьцаа.
2	Усан сан / км	6.81 сая м³/км	1.30 сая м³/км	1 км шугамд ногдох стратегийн ус хуримтлал.
3	OPEX / м³	220–560 ₮/м³	1389–2734 ₮/м³	Ашиглалтын зардлын ойролцоо нэгж өртөг.
4	Боломжит жилийн	150–381 тэрбум ₮	76.8–151.2 тэрбум ₮	Тариф болон дамжуулах усны

д/д	Үзүүлэлт	Хэрлэн–Тооно	Онги–Цагаанбургастай	Тайлбар
	орлого			хэмжээнээс хамаарна.
5	ОРЕХ/боломжит орлого	7.3–18.7%	23.1–45.6%	Ашиглалтын зардлын ачаалалын урьдчилсан харьцаа.
6	Усан сангийн эргэлтийн харьцаа	3.1–7.9%	1.9–3.8%	Жилд дамжуулах ус усан сангийн хэдэн хувьтай тэнцэхийг харуулна.
7	Усан сангийн онолын хангалтын жил	12.6–32.0 жил	26.3–51.8 жил	Зөвхөн багтаамж/жилийн усны механик харьцаа; ус зүйн баталгаа биш.
8	Орон нутгийн хүний нөөцийн боломжит хувь	20–42.9%	20–42.9%	8–10 жилд 200–300 хүн бэлтгэж, 700–1000 цөм ажилтантай харьцуулсан тооцоо.

Эх сурвалж: Усны газар (2025a, 2025b, 2025c); зохиогчийн тооцоолол.

Хүснэгт 2-ын үзүүлэлтүүд нь төслийн эцсийн ашигт ажиллагааг батлахгүй. Харин дэд бүтцийн бүтээмж, ашиглалтын зардлын ачаалал, тарифын мэдрэмж, нөөцийн ашиглалтын хандлагыг урьдчилсан байдлаар харьцуулахад хэрэглэгдэх туслах хэмжүүр юм.

ОРЕХ/м³ үзүүлэлтээр Хэрлэн–Тооно төсөл бага зардлын давуу талтай мэт харагдаж байгаа боловч нийт САРЕХ бүрэн тодорхойгүй тул санхүүгийн эцсийн дүгнэлт хийх боломжгүй. Онги–Цагаанбургастай төслийн хувьд тариф өндөр тул боломжит жилийн орлого өндөр харагдаж болох боловч 6000 ₮/м³ тарифыг хэрэглэгч урт хугацаанд тогтвортой төлөх чадвартай эсэхийг stress test-ээр шалгах шаардлагатай.

VII. БЭЛТГЭЛ ҮЕ ШАТНЫ МЭДЭЭЛЛИЙН МАТРИЦ БА ЭРСДЭЛИЙН ШИНЖИЛГЭЭ

Энэхүү матриц нь төслийн хэрэгжилтийн бэлэн байдлыг хувь хэмжээгээр үнэлэх зорилготой индекс бус, харин эцсийн ТЭЗҮ гарахаас өмнөх мэдээллийн бүрэн байдал, тодорхойгүй байдал, эрсдэлийн төвлөрлийг харуулах чанарын шинжилгээний хэрэгсэл юм. Харин эцсийн ТЭЗҮ гарахаас өмнө аль чиглэлд мэдээлэл дутуу, аль чиглэлд эрсдэл төвлөрч байгааг харуулах зорилготой.

ГОЛ ЭРСДЭЛИЙН ЧАНАРЫН МАТРИЦ

3-р хүснэгт

д/д	Эрсдэлийн бүлэг	Хэрлэн–Тооно	Онги–Цагаанбургастай	Бууруулах арга
1	Санхүүжилт	Нийт САРЕХ бүрэн тодорхой бус, 15 жилийн нөхөх хугацаа урьдчилсан	1.1 их наяд ₮ хөрөнгө оруулалт дурдагдсан боловч эх үүсвэрийн баталгаа сул	PPP + улсын төсөв + хэрэглэгчийн урт хугацааны гэрээ + stress test
2	Хил дамнасан ус	БНХАУ-тай хэлэлцээр	ОХУ-тай хэлэлцээр	Олон улсын усны эрх зүй, экологийн доод урсацын баталгаа
3	Байгаль орчин	Хэрлэн голын урсацын тохируулга, усан сангийн нөлөөлөл	Орхон, Онги, Улааннуурын экосистемийн нөлөөлөл	Сав газрын доод урсацын стандарт, БОННҮ
4	Технологи	Насос, SCADA, УЦС, ус цэвэршүүлэлт	Урт далд шугам, насос станц, засвар үйлчилгээ	Asset management, digital twin, telemetry
5	Хүний нөөц	Өндөр ур чадвартай инженер, оператор шаардлагатай	Барилга, ашиглалт, засвар үйлчилгээний том эрэлттэй	Орон нутгийн инженерийн хөтөлбөр, dual/co-op training

Эх сурвалж: Зохиогчийн боловсруулалт.

VIII. Т-ПАРАМЕТРТ СУУРИЛСАН СЦЕНАРИ ШИНЖИЛГЭЭ

τ параметр нь энэ судалгаанд бодлогын сонголтын эрчим ба хамгаалалтын түвшинг зэрэг илэрхийлэх нормчилсон хэмжүүр юм.

τ=0 нь хамгийн өндөр эрсдэлтэй хөрөнгө оруулалтын хувилбар, τ=1 нь өндөр өсөлттэй боловч эрсдэл дунджаас өндөр хувилбар, τ=3 нь өсөлт ба эрсдэлийн тэнцвэртэй хувилбар, τ=5 нь хамгаалалт давамгайлсан хувилбар, τ=10 нь эрсдэл бага боловч өсөлт саарсан хувилбар гэж тайлбарлагдана.

Эдгээр утга нь ТЭЗҮ-ийн албан тооцоо биш, харин бодлогын сонголтын логикийг ойлгуулах нормчилсон сценари юм.

Т-СЦЕНАРИЙН НОРМЧИЛСОН ҮР ДҮН

4-р хүснэгт

τ	G өсөлт	R эрсдэл	Үлэвэр үр ашиг	Инженер	Техникч	S,үр чадвар	Z,λ=1
0	100	100	0	600	1000	0.40	80
1	92	60	32	1200	3000	0.60	180
3	75	35	40	1000	2800	0.80	170
5	60	25	35	700	2000	0.85	140
10	40	15	25	400	1200	0.90	100

Эх сурвалж: Зохиогчийн нормчилсон сценари;

τ=1 үед эдийн засгийн өсөлтийн индекс өндөр хэвээр, нийлмэл үр ашиг хамгийн их боловч эрсдэлийн индекс 60 нэгж буюу хяналт шаардсан түвшинд байна.

τ=3 үед өсөлт 75 хүртэл буурч байгаа ч эрсдэл 35 болж буурч, цэвэр үр ашиг 40 гэсэн тогтвортой үзүүлэлттэй байна.

Иймээс бодлогын хувьд τ=1–3 мужийг “идэвхтэй боловч хяналттай хэрэгжилтийн боломжит бүс” гэж үзэж болно. Гэхдээ энэ нь аль төслийг шууд сонгох

шийдвэр бус, харин өсөлт–эрсдэл–хүний нөөцийн тэнцвэрийг ойлгох туслах хүрээ юм.

IX. ХҮНИЙ НӨӨЦИЙН СТРАТЕГИ БА ӨМНӨГОВИЙН БОЛОВСРОЛЫН ҮҮРЭГ

Усны мега төслүүдийн нийт хүний нөөцийн хэрэгцээг 3500–6500 хүн гэж авч үзэх нь барилга угсралт, ханган нийлүүлэлт, шууд бус үйлчилгээ, түр ажлын байрны оргил ачааллыг хамарсан өргөн хүрээний тооцоо юм. Харин ашиглалтын үеийн байнгын инженер-техникийн цөмийг 700–1000 хүн гэж үзвэл орон нутгийн боловсролын байгууллагын бодит оролцоо илүү нарийвчлалтай тодорхойлогдоно.

Өмнөговь аймаг дахь дээд болон техник, мэргэжлийн боловсролын байгууллагуудыг усны инженерчлэл, уул уурхайн ус ашиглалт, автоматжуулалт, SCADA, насос станцын засвар үйлчилгээ, ус цэвэршүүлэлт, цахилгаан хангамж, геомэдээлэл, өгөгдөлд суурилсан мониторингийн чиглэлээр үе шаттай чадавхжуулах шаардлагатай. Хэрэв жилд 20–30 инженер, техникчийн цөм мэргэжилтэн бэлтгэж, 8–10 жилийн хугацаанд 200–300 төгсөгч гаргавал 700–1000 хүний ашиглалтын цөмд 20.0–42.9 хувийн орон нутгийн нийлүүлэлт үүснэ. Хурлын бодлогын түвшинд консерватив байдлаар 20–30 хувийг бодит зорилтот түвшин гэж авч үзэж болно.

ХҮНИЙ НӨӨЦИЙН ҮЕ ШАТТАЙ СТРАТЕГИ

5-р хүснэгт

д/д	Хугацаа	Стратегийн чиглэл	Гол үйл ажиллагаа	Хүлээгдэх үр дүн
1	2026–2028	Сургалтын суурь бэлтгэл	Усны инженерчлэл, насос станц, SCADA, гидравлик тооцооны модуль	Жилд 20–30 суурь мэргэжилтэн
2	2028–2032	Барилга угсралтын дэмжлэг	Дадлага, со-ор, ханган нийлүүлэлтийн ажиллах хүч, чанарын хяналт	Орон нутгийн ажиллах хүчний оролцоо өснө
3	2032–2040	Ашиглалтын цөм хүний нөөц	Оператор, засвар үйлчилгээ, телеметр, усны чанарын лаборатори	Байнгын 700–1000 цөм ажилтны 20–30 хувийг хангах зорилт
4	2040+	Инноваци ба судалгаа	Digital twin, AI-based water optimization, эрчим хүчний үр ашиг	Бүсийн усны инженерийн кластер

Эх сурвалж: Зохиогчийн боловсруулалт.

Өмнөговь аймгийн хувьд усны мега төслүүд нь зөвхөн уул уурхайн ус хангамжийн асуудал биш юм. Эдгээр нь аж үйлдвэрийн төрөлжилт, хот суурины өсөлт, мал аж ахуй, экологийн нөхөн сэргэлт, орон нутгийн инженерийн хүний нөөцийн бодлоготой шууд холбогдоно. Иймээс аймгийн түвшинд усны дэд бүтцийн бодлого, хүний нөөцийн бодлого, мэргэжлийн боловсрол, уул уурхайн компаниудын нийгмийн хариуцлагын хөтөлбөрийг нэгтгэсэн “Говийн ус–хүний нөөц–хөгжил” цогц хөтөлбөр шаардлагатай.

ДҮГНЭЛТ

Энэхүү судалгаагаар Хэрлэн–Тооно болон Онги–Цагаанбургастай ус дамжуулах мега төслүүдийг урьдчилсан ТЭЗҮ, төслийн танилцуулгын өгөгдөл, нэмэлт тооцооллын үзүүлэлт, τ параметрт суурилсан эрсдэлийн тайлбар, хүний нөөцийн стратегийн хүрээнд харьцуулан шинжиллээ. Судалгааны үр дүн нь хөрөнгө оруулалтын эцсийн шийдвэрийн үндэслэл болох санхүүгийн иж бүрэн үнэлгээ бус, харин ТЭЗҮ бүрэн эцэслэгдэхээс өмнөх бодлогын түвшний урьдчилсан харьцуулсан дүгнэлт болно.

Нэгдүгээрт, Хэрлэн–Тооно болон Онги–Цагаанбургастай төслүүдийг нэгийг нь нөгөөгөөр орлуулах хувилбар гэж үзэх нь оновчгүй байна. Хоёр төсөл нь ус дамжуулах хүчин чадал, хэрэглэгчийн бүтэц, хэрэгжих хугацаа, санхүүжилтийн нөхцөл, экологийн зорилт, эрсдэлийн шинжээр ялгаатай тул тэдгээрийг говийн бүсийн усны аюулгүй байдлыг хангах төслийн багцын бүрэлдэхүүн хэсэг болгон авч үзэх шаардлагатай. Энэ хүрээнд Онги–Цагаанбургастай төсөл нь Тавантолгой чиглэлийн усны хэрэгцээ болон Онги гол–Улааннуурын экосистемийн нөхөн сэргээлтийн зорилттой уялдах боломжтой богино болон дунд хугацааны хувилбар бол Хэрлэн–Тооно төсөл нь Сайншандын аж үйлдвэрийн парк, зүүн-өмнөд говийн олон хэрэглэгч, стратегийн ус хуримтлалтай холбоотой урт хугацааны хувилбар гэж үзэх боломжтой.

Хоёрдугаарт, урьдчилсан тооцооллоор Хэрлэн–Тооно төсөл нь усан сангийн багтаамж, жилд дамжуулах усны хэмжээ, жилд дамжуулах ус/км, усан сан/км, ОРЕХ/м³ зэрэг үзүүлэлтээр харьцангуй том хүчин чадлын хувилбар болох хандлагатай байна. Гэвч нийт хөрөнгө оруулалтын хэмжээ, насосны өргөлт, эрчим хүчний хэрэглээ, ус зүйн баталгаажсан тооцоо, байгаль орчны нарийвчилсан үнэлгээ, санхүүжилтийн эх үүсвэр, хил дамнасан усны зөвшилцөл зэрэг шийдвэрлэх мэдээлэл бүрэн тодорхой болоогүй тул уг давуу талыг төслийн эцсийн эдийн засгийн өгөөж гэж шууд дүгнэх боломжгүй. Харин Онги–Цагаанбургастай төслийн хувьд хөрөнгө оруулалтын дүн, тариф, ашиглалтын зардлын зарим үзүүлэлт харьцангуй тодорхой боловч өндөр тариф, урт дамжуулах шугам, ашиглалтын зардлын ачаалал, ОХУ-тай холбоотой хил дамнасан усны зөвшилцөл, уул уурхайн худалдан авагчийн урт хугацааны гэрээний тогтвортой байдал зэрэг эрсдэл хэвээр байна.

Гуравдугаарт, нэмэлт тооцооллын үзүүлэлтүүд нь төслийн эцсийн ашигт ажиллагааг батлахгүй боловч дэд бүтцийн бүтээмж, ашиглалтын зардлын ачаалал, тарифын мэдрэмж, нөөцийн ашиглалтын хандлага, хүний нөөцийн шаардлагыг харьцуулахад чухал туслах хэмжүүр болж байна. Иймээс жилд дамжуулах ус/км, усан сан/км, ОРЕХ/м³, ОРЕХ/боломжит орлого, усан сангийн эргэлтийн харьцаа, орон нутгийн хүний нөөцийн боломжит хувь зэрэг үзүүлэлтийг цаашдын

эцсийн ТЭЗҮ-д NPV, IRR, BCR, эрэлтийн хувилбар, уур амьсгалын өөрчлөлтийг тооцсон ус зүйн загварчлалтай хамтад нь ашиглах шаардлагатай.

Дөрөвдүгээрт, τ параметрт суурилсан сценари шинжилгээ нь хоёр төслийн аль нэгийг шууд сонгох шийдвэрийн арга биш, харин өсөлт, эрсдэл, хүний нөөцийн чадавхын тэнцвэрийг бодлогын түвшинд ойлгох туслах хүрээ юм. Судалгааны хүрээнд Т параметрийн бага утга нь хэрэгжилтийн хурд, эдийн засгийн өсөлтийн хүлээлтийг нэмэгдүүлэх боловч санхүүжилт, байгаль орчин, хил дамнасан усны зөвшилцөл, технологийн найдвартай байдал, хүний нөөцийн бэлэн байдлын эрсдэлийг өсгөх боломжтойг харуулж байна. Харин Т параметрийн өндөр утга нь эрсдэлийг бууруулах ч хэрэгжилтийн хурд болон эдийн засгийн өгөөжийг сааруулах магадлалтай. Иймээс τ=1–3 орчим мужийг идэвхтэй боловч хяналттай хэрэгжилтийн боломжит бодлогын бүс гэж тайлбарлаж болох боловч энэ нь зохиогчийн нормчилсон сценари тул эцсийн ТЭЗҮ-ийн нарийвчилсан тооцоог орлохгүй.

Тавдугаарт, усны мега төслүүдийн амжилт нь зөвхөн инженерийн байгууламж, хөрөнгө оруулалт, тарифын тооцоогоор тодорхойлогдохгүй. Говийн бүсийн нөхцөлд эдгээр төслүүдийн бодит үр ашиг нь усны засаглал, экологийн доод урсац, хил дамнасан зөвшилцөл, технологийн найдвартай байдал, эрчим хүчний үр ашиг, усны хэрэглээний бүтээмж, өгөгдөлд суурилсан хяналт, засвар үйлчилгээний тогтолцоо, орон нутгийн инженер-техникийн хүний нөөцийн бэлтгэлээс шууд хамаарна. Тиймээс SCADA, телеметр, насос станц, ус цэвэршүүлэлт, усны чанарын хяналт, автоматжуулалт, өгөгдлийн шинжилгээ зэрэг чиглэлээр мэргэшсэн хүний нөөцийг төслийн туслах бүрэлдэхүүн бус, үндсэн хэрэгжилтийн нөхцөл гэж үзэх шаардлагатай.

Зургаадугаарт, Өмнөговь аймаг болон говийн бүсийн боловсролын байгууллагууд усны мега төслүүдийн хүний нөөцийн суурийг бүрдүүлэх стратегийн үүрэгтэй. Хэрэв орон нутгийн түвшинд жил бүр 20–30 инженер, техникчийн цөм мэргэжилтэн бэлтгэж, 8–10 жилийн хугацаанд 200–300 хүний чадавх бүрдүүлж чадвал ашиглалтын үндсэн инженер-техникийн цөмийн тодорхой хувийг орон нутгаас хангах боломжтой. Энэ нь зөвхөн ажиллах хүчний нийлүүлэлт бус, харин төслийн ашиглалтын найдвартай байдал, засвар үйлчилгээний тогтвортой байдал, технологийн мэдлэгийн нутагшуулалт, бүс нутгийн хүний капиталын өсөлттэй шууд холбоотой.

Эцэст нь, говийн бүсийн усны мега төслүүдийг төлөвлөхдөө зөвхөн ус дамжуулах дэд бүтцийн өнцгөөс бус, усны засаглал, бүс нутгийн хөгжил, технологийн найдвартай байдал, хүний нөөцийн чадавх, байгаль орчны эрсдэл, хил дамнасан усны зөвшилцлийг хамарсан нэгдсэн бодлогын хүрээнд авч үзэх шаардлагатай. Иймээс Хэрлэн–Тооно ба Онги–Цагаанбургастай төслүүдийг өрсөлдүүлэх бус, богино болон дунд хугацааны ус хангамж, урт хугацааны стратегийн усны нөөц, эрсдэлийн удирдлага, хүний нөөцийн үе шаттай бэлтгэлийг хослуулсан төслийн багцын хандлагаар төлөвлөх нь зүйтэй. “ГОВЬ–УС–ХӨГЖИЛ” эрдэм шинжилгээний хурлын хүрээнд энэхүү судалгааны гол ач холбогдол нь усны мега төслийг зөвхөн техникийн байгууламж бус, харин говийн бүсийн хөгжил, хүний нөөц, технологи, усны засаглалын нийлмэл бодлогын асуудал болгон дэвшүүлж байгаад оршино.

СУДАЛГААНЫ ХЯЗГААРЛАЛТ БА ЦААШДЫН СУДАЛГАА

Энэхүү судалгааны гол хязгаарлалт нь өгөгдөл урьдчилсан бөгөөд ТЭЗҮ-ийн бүрэн санхүүгийн загвар, ус зүйн нарийвчилсан өгөгдөл, NPV/IRR, discount rate, насосны эрчим хүчний зардал, усны чанарын үзүүлэлт, хэрэглэгчийн гэрээний нөхцөл, экологийн доод урсацын нарийвчилсан тооцоо хангалттай нээлттэй бус байгаад оршино. Иймээс энэхүү өгүүлэл нь бодлогын түвшний харьцуулсан шинжилгээ бөгөөд төслийн эцсийн хөрөнгө оруулалтын шийдвэрийг дангаар орлохгүй.

Цаашдын судалгаанд динамик усны эрэлтийн загвар, climate-adjusted hydrological simulation, NPV/IRR-ийн мэдрэмжийн шинжилгээ, multi-criteria decision analysis, real options analysis, хүний нөөцийн нийлүүлэлтийн econometric forecast, хиймэл оюунд суурилсан усны хуваарилалтын оновчлол зэргийг тусгах шаардлагатай.

АШИГЛАСАН МАТЕРИАЛ, НОМ ЗҮЙ

[1] Asian Development Bank, *Making Water Available in Mongolia*, ADB Brief No. 140, 2020.

[2] K. J. Arrow, “The economic implications of learning by doing,” *Review of Economic Studies*, vol. 29, no. 3, pp. 155–173, 1962.

[3] G. S. Becker, *Human Capital: A Theoretical and Empirical Analysis, with Special Reference to Education*, Chicago: University of Chicago Press, 1964.

[4] Global Water Partnership, *What is Integrated Water Resources Management?*, 2011.

[5] R. E. Lucas, “On the mechanics of economic development,” *Journal of Monetary Economics*, vol. 22, no. 1, pp. 3–42, 1988.

[6] Murray–Darling Basin Authority, *Water Markets*, n.d.

[7] OECD, *OECD Principles on Water Governance*, Paris: Organisation for Economic Co-operation and Development, 2015.

[8] P. M. Romer, “Endogenous technological change,” *Journal of Political Economy*, vol. 98, no. 5, pp. S71–S102, 1990.

[9] R. M. Solow, “A contribution to the theory of economic growth,” *Quarterly Journal of Economics*, vol. 70, no. 1, pp. 65–94, 1956.

[10] UNESCO World Water Assessment Programme, *The United Nations World Water Development Report 2024: Water for Prosperity and Peace*, Paris: UNESCO, 2024.

[11] United States Environmental Protection Agency, *From Water Stressed to Water Secure: Lessons from Israel’s Water Reuse Approach*, 2023.

[12] World Bank, *Mongolia: Groundwater Assessment of the Southern Gobi Region*, Washington, DC: World Bank, 2011.

[13] World Bank Group and 2030 Water Resources Group, *2030 Water Resources Group in Mongolia: Program Overview*, 2023.

[14] Усны газар, *“Хэрлэн–Тооно” төсөл: Төслийн танилцуулга*, Улаанбаатар, 2025.

[15] Усны газар, *“Орхон–Онги” буюу “Онги–Цагаанбургастай” төсөл: Төслийн танилцуулга*, Улаанбаатар, 2025.

[16] Усны газар, *“Хэрлэн–Тооно, Орхон–Онги төсөл”: Нэгдсэн танилцуулга*, Улаанбаатар, 2025.

[17] Өгөгдсөн ноорог судалгааны материал, *Говийн бүсийн усны мега төслүүдийн эдийн засгийн оновчлол ба хүний нөөцийн стратеги*, 2026.

[18] Өгөгдсөн ноорог судалгааны материал, *Говийн усны төслүүдийн амжилт = зөв τ + бэлтгэгдсэн хүний нөөц*, 2026.

[19] Өгөгдсөн олон улсын туршлагын материал, *Ус дамжуулах төслүүдийн олон улсын туршлага*, 2026.

ГОВИЙН БҮСИЙН УС БА ЭДИЙН ЗАСГИЙН ХӨГЖЛИЙГ СИСТЕМИЙН ДИНАМИК ЗАГВАРЧЛАЛЫН АРГААР СУДЛАХ НЬ

Арьяагийн ЭЛБЭГЖАРГАЛ[1], Нямжавын БОЛДБААТАР[2], Буянжаргалын НАНДИН-ЭРДЭНЭ[1], , Мижиддоржийн БАНЗРАГЧ[3]

[1]Монгол Улс, Улаанбаатар, ШУТИС, Хэрэглээний шинжлэх ухааны сургууль, Математикийн тэнхим

[2]Монгол Улс, Улаанбаатар, ШУТИС, Барилга, Архитектурын сургууль, Усны барилга байгууламжийн тэнхим

[3] Монгол Улс, Улаанбаатар, ШУТИС, Менежментийн сургууль, Менежмент, стратегийн тэнхим

Холбоо барих зохиогчийн и-мэйл хаяг: elbegjargal@must.edu.mn[1]

Хураангуй: **Монгол орны говийн бүс нь усны нөөц хомс, газрын доорх усны нөхөн сэргэх чадвар сул бүс бөгөөд уул уурхай, хүнд үйлдвэрийн хөгжил нь усны хэрэглээ, дарамтыг эрчимтэй нэмэгдүүлж байна. Ялангуяа Өмнөговь, Дундговь, Дорноговь аймагт хэрэгжиж буй томоохон төслүүд усны эрэлт-нийлүүлэлтийн урт хугацааны тэнцвэрт байдалд эрсдэл үүсгэж байна. Энэхүү судалгаанд говийн бүсийн усны нөөц, уул уурхайн ус ашиглалт болон усны тогтвортой менежментийн харилцан хамаарлыг системийн динамик загварчлалын аргаар судлав. Судалгаанд учир шалтгааны гогцоот болон нөөц-урсгалын систем динамик загвар боловсруулж, газрын доорх ус, гадаргын ус, уул уурхайн аж ахуйн нэгжүүд, бүс нутгийн ДНБ, хүн ам, усны эрэлт, ус дахин ашиглалт болон төрийн бодлогын нөлөөллийг хамруулан 2025–2035 оны симуляцийн шинжилгээ хийсэн. Үр дүнгээс харахад суурь хувилбарын үед говийн бүсийн ДНБ өсөх боловч газрын доорх усны олборлолт эрчимжиж, 2033 он гэхэд усны нөөц шавхагдах эрсдэлтэй байна. Харин уул уурхайн салбарын усны хэрэглээний 20 хувийг дахин ашиглах, хаалттай эргэлтийн менежмент нэвтрүүлснээр усны баланс 2035 он хүртэл алдагдахгүй байж, эдийн засгийн тогтвортой өсөлтийг хангах боломжтой гэж үзэв. Судалгааны үр дүн нь ус дахин ашиглалт, ус хэмнэлттэй технологи болон усны нэгдсэн менежмент нь говийн бүсийн тогтвортой хөгжлийн үндсэн нөхцөл болохыг харуулж байна.**

Түлхүүр үг: ***Системийн динамик загварчлал, говийн бүс, усны менежмент, сисмем динамик, тогтвортой хөгжил***

I. УДИРТГАЛ

Дэлхийн хэмжээнд усны нөөцийн хомсдол нь XXI зууны хамгийн тулгамдсан байгаль орчин, нийгэм-эдийн засгийн асуудлуудын нэг болоод байна [1]. Хүн амын өсөлт, хотжилт, аж үйлдвэржилт болон уур амьсгалын өөрчлөлтийн нөлөөгөөр дэлхийн усны эрэлт тогтмол нэмэгдэж байгаа бөгөөд 2050 он гэхэд өнөөгийн түвшнээс 20–30 хувиар өсөх төлөвтэй байна [2]. НҮБ болон FAO-гийн судалгаагаар дэлхийн нийт усны хэрэглээний дийлэнх хэсгийг хөдөө аж ахуй болон аж үйлдвэрийн салбар эзэлж байгаа бөгөөд үйлдвэрлэлийн усны хэрэглээ цаашид эрчимтэй өсөх хандлагатай байна [3–5]. Үүнтэй зэрэгцэн газрын доорх усны хэт ашиглалт, усны бохирдол болон усны экосистемийн доройтол нь усны аюулгүй байдлын эрсдэлийг нэмэгдүүлж байна [6]. Ялангуяа уул уурхайн салбар нь усны өндөр хэрэглээтэй тул усны нөөцийн тогтвортой ашиглалтад ихээхэн дарамт учруулдаг салбарын нэг юм.

Монгол Улсын хувьд усны нөөцийн тархалт жигд бус бөгөөд нийт нөөцийн ихэнх хэсэг нь хойд болон төвийн бүсэд төвлөрсөн байдаг [7]. Харин говийн бүс нутаг болох Өмнөговь, Дундговь, Дорноговь аймагт гадаргын усны нөөц хомс тул хүн ам, үйлдвэрлэл болон уул уурхайн усны хэрэгцээг голчлон газрын доорх усаар хангаж байна [8,9]. Тус бүс нь хур тунадас багатай, ууршилт өндөртэй, газрын доорх усны нөхөн сэргэх чадвар сул хуурай бүсийн онцлогтой тул усны нөөцийн тогтвортой байдалд эмзэг нөхцөл бүрдэж байна [10].

Сүүлийн жилүүдэд говийн бүсэд уул уурхай, боловсруулах үйлдвэр болон хүнд үйлдвэрийн төслүүд эрчимтэй хөгжиж, бүс нутгийн усны эрэлт тогтмол өсөх болсон. Оюу толгой, Таван толгой зэрэг стратегийн ач холбогдол бүхий ордуудыг түшиглэсэн үйлдвэрлэлийн хөгжил нь эдийн засгийн өсөлтөд чухал хувь нэмэр оруулж байгаа боловч газрын доорх усны нөөцөд үзүүлэх дарамтыг нэмэгдүүлж байна [11,12]. Судалгаагаар өмнөд говийн бүсэд хэрэгжиж буй болон төлөвлөгдөж буй уул уурхай, эрчим хүч, боловсруулах үйлдвэрийн томоохон төслүүд нь усны эрэлт-нийлүүлэлтийн тэнцвэрт байдалд урт хугацааны эрсдэл үүсгэж байгааг онцолсон байдаг [12].

Монгол Улс “Алсын хараа–2050”, “Тогтвортой хөгжлийн үзэл баримтлал–2030”бодлогын баримт бичгүүддээ усны нөөцийн хамгаалалт, усны нэгдсэн менежмент, ус дахин ашиглалт болон ус хэмнэлттэй технологийг хөгжүүлэх зорилтуудыг тусгасан [13,14]. Мөн Орхон–Онги, Хэрлэн–Тоонот зэрэг ус дамжуулах төслүүдийг хэрэгжүүлэхээр төлөвлөж байгаа бөгөөд эдгээр нь говийн бүсийн өсөн нэмэгдэж буй усны эрэлтийг хангах стратегийн ач холбогдолтой юм [15]. Үүний зэрэгцээ тойрог эдийн засгийн зарчимд тулгуурласан ус дахин ашиглалт, хаалттай эргэлтийн систем болон ус хэмнэлттэй

технологийг уул уурхайн салбарт нэвтрүүлэх нь усны нөөцийн тогтвортой байдлыг хангах чухал нөхцөл болж байна [16,17].

Хэдийгээр Монгол Улсад усны нөөцийн хамгаалалт, усны нэгдсэн менежмент болон ус дахин ашиглалтыг дэмжих чиглэлээр тодорхой бодлого, хөтөлбөрүүд хэрэгжиж байгаа боловч говийн бүсийн уул уурхайн усны хэрэглээ, газрын доорх усны нөөцийн өөрчлөлт болон бодлогын арга хэмжээнүүдийн харилцан хамаарлыг системийн динамик түвшинд цогцоор нь үнэлсэн судалгаа харьцангуй хязгаарлагдмал хэвээр байна. Иймээс энэхүү судалгаа нь говийн бүсийн усны нөөц, уул уурхайн үйлдвэрлэлийн ус ашиглалт болон усны тогтвортой менежментийн харилцан хамаарлыг системийн динамик загварчлалын аргаар судалж, урт хугацааны бодлогын хувилбаруудын үр нөлөөг үнэлэхэд чиглэж байна.

Энэхүү судалгааны зорилго нь Монгол орны говийн бүсийн усны нөөц, уул уурхайн үйлдвэрлэлийн усны хэрэглээ болон бүс нутгийн эдийн засгийн өсөлтийн харилцан хамаарлыг системийн динамик загварчлалын аргаар тодорхойлж, 2025–2035 оны хугацаанд усны эрэлт-нийлүүлэлтийн тэнцвэрт байдалд үзүүлэх нөлөөллийг үнэлэхэд оршино. Мөн ус дахин ашиглалт, усны менежмент болон төрийн бодлогын хувилбаруудын усны нөөцийн тогтвортой байдалд үзүүлэх үр нөлөөг симуляцийн аргаар харьцуулан үнэлэхийг зорьсон.

1.1 Судалгааны орон зай ба оруулж буй хувь нэмэр

Олон улсын хэмжээнд усны нөөцийн тогтвортой менежмент, уул уурхайн ус ашиглалт, газрын доорх усны нөөцийн хамгаалалт болон усны эрэлт-хангамжийн үнэлгээтэй холбоотой олон судалгаа хийгдсэн байдаг [18]. Ялангуяа хуурай болон хагас хуурай бүс нутгуудад усны нөөцийн хомсдол, уул уурхайн үйлдвэрлэлийн өсөн нэмэгдэж буй усны Энэхүү судалгааны шинэлэг тал нь говийн бүсийн усны нөөц, уул уурхайн үйлдвэрлэл, эдийн засгийн өсөлт, хүн амын өсөлт болон төрийн бодлогын харилцан уялдаа холбоог системийн динамик загварчлалын аргаар нэгдсэн байдлаар авч үзсэнд оршино. Өмнөх судалгаанууд ихэвчлэн гидрогеологийн үнэлгээ, статистик тооцоолол эсвэл усны балансын шинжилгээнд төвлөрч байсан бол энэхүү судалгаанд:усны нөөцийн урт хугацааны динамик өөрчлөлтийг, уул уурхайн өсөлтийн нөлөөг, ус дахин ашиглалтын бодлогын үр ашгийг,усны нөөц шавхагдах эрсдэлийг нэгтгэсэн системийн загвараар симуляц хийж үнэлсэн нь онцлог юм.

Усны нөөцийн асуудал нь шугаман шалтгаан-үр дагаврын энгийн хамаарлаар тайлбарлагдах боломжгүй, олон хүчин зүйлсийн харилцан үйлчлэл бүхий динамик шинж чанартай тул системийн дотоод бүтэц, эргэх холбооны гогцоо (feedback loops), хугацааны хоцрогдол болон бодлогын нөлөөллийг хамтад нь авч үзэх шаардлагатай байдаг. Системийн динамик загварчлал нь уул уурхай үйлдвэрлэл, усны эрэлт, газрын доорх усны нөөц, ус дахин ашиглалт, технологийн шинэчлэл болон төрийн бодлогын хоорондын харилцан үйлчлэлийг ойлгох чухал хэрэгсэл бөгөөд эдгээр хүчин зүйлсийн нийлбэр нь урт хугацаанд усны системийн динамик хандлагын төлөвийг тодорхойлдог.

II. СУДЛАГДСАН БАЙДАЛ

Ялангуяа хүн амын өсөлт, хотжилт, аж үйлдвэржилт, уул уурхайн Дэлхийн хэмжээнд усны нөөцийн хомсдол нь XXI зууны хамгийн тулгамдсан байгаль орчин, нийгэм-эдийн засгийн сорилтуудын нэг болж, усны нөөцийн тогтвортой менежментийн асуудал олон улсын судалгааны чухал чиглэл болж байна [18]. Хүн амын өсөлт, хотжилт, аж үйлдвэржилт, уул уурхайн үйлдвэрлэлийн өргөжилт болон уур амьсгалын өөрчлөлтийн нөлөөгөөр усны эрэлт тогтмол нэмэгдэж, усны нөөцийн тогтвортой ашиглалтад ихээхэн дарамт учруулж байна. Судлаачид ус нь эдийн засгийн өсөлт, үйлдвэрлэлийн хөгжлийн үндсэн нөхцөл болохын зэрэгцээ байгалийн нөөцийн хэт ашиглалт нь экосистемийн тэнцвэрт байдлыг алдагдуулах эрсдэлтэйг онцолсон байдаг [19,20]. Ялангуяа уул уурхайн салбар нь усны өндөр хэрэглээ болон саарал усны ул мөр ихтэй байдгаас шалтгаалан усны хомсдлыг нэмэгдүүлдэг салбарын нэг гэж үздэг [21].

Сүүлийн жилүүдэд тойрог эдийн засгийн бодлого нь усны нөөцийн менежментийн судалгаанд өргөн хэрэглэгдэх болсон [22]. Тойрог эдийн засгийн үндсэн зорилго нь нөөцийн үр ашгийг нэмэгдүүлэх, хаягдлыг бууруулах, дахин ашиглалт болон дахин боловсруулалтыг дэмжих замаар байгаль орчин, эдийн засаг, нийгмийн тогтвортой байдлыг зэрэг хангахад оршино [23]. Энэ хүрээнд усны дахин ашиглалт, бохир ус цэвэршүүлэх технологи болон хаалттай эргэлтийн системийг усны тогтвортой менежментийн чухал шийдэл гэж үзэж байна [24]. АНУ, Итали болон Газар дундын тэнгисийн орнуудын туршлагаас харахад цэвэршүүлсэн хаягдал усыг үйлдвэрлэл, хөдөө аж ахуй болон ногоон байгууламжийн усалгаанд ашигласнаар усны хэрэглээг бууруулж, усны нөөцийн тогтвортой байдлыг сайжруулж байгааг тогтоосон [25].

Усны нөөцийн урт хугацааны өөрчлөлт, бодлогын нөлөөллийг үнэлэхэд системийн динамик аргачлалыг өргөн ашиглаж байна. Усны нөөцийн асуудал нь олон хүчин зүйлсийн харилцан үйлчлэл, эргэх холбоо, хугацааны хоцрогдол бүхий динамик шинжтэй тул системийн динамик загварчлал нь усны эрэлт, үйлдвэрлэлийн өсөлт, технологийн өөрчлөлт болон бодлогын арга хэмжээнүүдийн харилцан нөлөөллийг судлахад үр дүнтэй арга хэрэгсэл болдог [26].

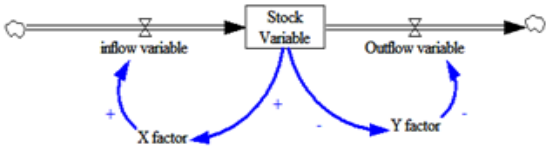
Плучинотта болон бусад Английн хотын усны хэрэглээг системийн динамик загварчлалаар судалж, бодлогын арга хэмжээний нөлөөгөөр ундны усны хэрэглээг бууруулах боломжтойг харуулсан [27]. Мөн Хаку болон бусад Бангладешийн үйлдвэрлэлийн салбарын усны менежментийг

судалж, үйлдвэрлэлийн усны төлөвлөлтийн хэрэгсэл ашигласнаар гүний ус, эрчим хүч болон үйлдвэрлэлийн зардлыг бууруулах боломжтойг тогтоосон [28]. Эдгээр судалгаанууд нь усны тогтвортой менежментэд системийн динамик аргачлал болон бодлогын хувилбарын үнэлгээ чухал ач холбогдолтойг харуулж байна.

2.1 Судалгааны арга зүй

Системийн динамикийн ойлголтыг анх 1950-иад онд АНУ-ын Массачусетсийн Технологийн Их Сургуулийн судлаач Жэй Форрестер болон түүний судалгааны баг хөгжүүлэгдсэн. Системийн динамик нь нарийн төвөгтэй системийн бүтэц, динамикийг ойлгох боломжийг олгодог хэтийн төлөв болон үзэл баримтлалын цогц хэрэгсэл юм. Мөн энэ нь нарийн төвөгтэй системийн албан ёсны компьютер симуляцийг бүтээх, улмаар тэдгээрийг илүү үр дүнтэй бодлого, байгууллагын бүтцийг боловсруулахад ашиглах боломжийг олгодог ихээхэн үр дүнтэй загварчлалын арга юм. Энэ арга зүй нь хүчин зүйлсийг хамтад нь "удирдлагын нислэгийн симулятор" буюу орон зай, цаг хугацааг шахаж эсвэл удаашруулж болох жижиг ертөнцийг бий болгодог. Ингэснээр бид гаргасан шийдвэрийнхээ урт хугацааны дагалдах үр нөлөөг мэдэрч, суралцах үйл явцыг хурдасган, нарийн төвөгтэй системийн талаарх ойлголтоо гүнзгийрүүлж, илүү их амжилтад хүрэх бүтэц, стратегиудыг боловсруулах боломжтой болдог [29]. Энэхүү арга нь удирдлагын системийн зарчим, техникүүдийг байгууллагын болон нийгэм-эдийн засгийн асуудалд ашигладаг. Систем динамик загварыг боловсруулахад эхлээд учир шалтгааны диаграммыг байгуулж түүн дээрээс үндэслэн нарийн төвөгтэй системийг танин мэдэж динамик загварыг байгуулдаг. Хүчин зүйлсүүд хоорондын хамааралыг тогтоож хамааралтай бол хооронд нь сумаар холбох бөгөөд сумны эхлэл нь сумны сүүлийн холбоост нөлөөлөх байдлаар байгуулдаг. Сумын тэмдэг (+) байвал хүчин зүйл нь эерэг нөлөө үзүүлж нэмэгдүүлдэг бол тэмдэг (-) байвал бууруулах нөлөө үзүүлдэг байна. Эдгээр хүчин зүйлсүүдийг холбосоор учир шалтгааны диаграммыг байгуулна. Энэ учир шалтгааны диаграмм нь динамик загвар байгуулах суурь болно. Нөөц-Урсгалын диаграм нь системийн динамикийн загварын үндсэн хэлбэр бөгөөд систем дэх элементүүдийн хоорондын хамаарлыг харуулдаг. Нөөц-Урсгалын диаграм зурах нь системийн динамикийн загварчлалын гол бүрэлдэхүүн хэсэг бөгөөд хувьсагчдын харилцан үйлчлэл, цаг хугацааны явцад хэрхэн нөлөөлж байгааг дүрслэн үзүүлдэг. 1-р зурагт урсгалын диаграмын үндсэн бүтэц үзүүлэв. Системийн динамик загварын мөн чанар нь хоцрогдол бүхий нэгдүгээр эрэмбийн дифференциал тэгшитгэл (1)-д оршино.

$$stock_t = \int_{t_0}^{t} (inflow_t - outflow_t)\, dt + stock(t_0) \quad (1)$$



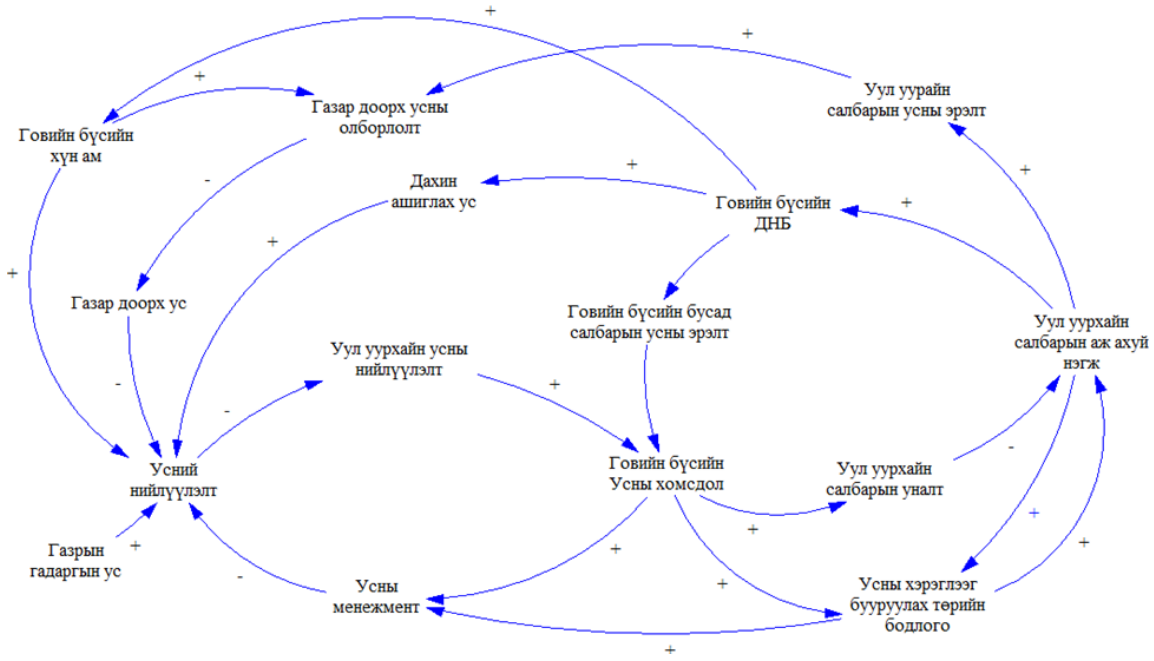
Зураг 1 Нөөц ба урсгалын диаграмм

Байгуулсан динамик дээр загварыг бодит мэдээлэлд тулгуурлан баталгаажуулсаны дараа туршилт симуляци хийж бодлогын шийдлийг гаргах боломжтой байдаг.

III. ГОВИЙН БҮСИЙН УСНЫ СИСТЕМИЙН ДИНАМИК ЗАГВАРЧЛАЛ

3.1 Учир шалтгааны гогцоот диаграмм

Учир шалтгааны гогцоот диаграм нь системийн динамик загварын гол холбогдох бүтцийг хялбаршуулсан байдлаар харуулсан. Говийн бүсийн усны загварчлалд Газар доорх ус, гадарга дээрх ус, Бүс нутгийн ДНБ, хүн ам, Говийн бүсийн уул уурхайн аж ахуй нэгжүүд гэсэн гол хүчин зүйлсээс хамааруулан дүрсэлсэн. Доорх зурагт эдгээр дэд загваруудын хоорондын уялдаа холбоог харуулсан ба сумнууд нь шалтгаан болон үр дагаврын хамаарлыг харин “+” , “–” тэмдэг нь эерэг ба сөрөг нөлөөг илтгэдэг.



Зураг 2 Говийн бүсийн усны менежментийн учир шалтгааны диаграмм

Энэхүү загварт дараах гол буцах холбооны гогцоо тодорхойлогдсон байна:

1. Уул уурхайн салбарын аж ахуй нэгж →(+) Уул уурхайн салбарын усны эрэлт →(+) Газар доорх усны олборлолт →(-) Газар доорх ус →(-) Усны нийлүүлт →(-) Уул уурхайн салбарын усны нийлүүлт →(+) Уул уурхайн салбарын уналт →(-)Уул уурхайн салбарын аж ахуй нэгж (Сөрөг буцах холбоо)

2. Уул уурхайн салбарын аж ахуй нэгж →(+) Говийн бүсийн ДНБ→(+) Дахин ашигласан ус →(-) Усны нийлүүлт →(+) Уул уурхайн салбарын усны нийлүүлт →(-) Уул уурхайн салбарын уналт →(+)Уул уурхайн салбарын аж ахуй нэгж (Эерэг холбоо)

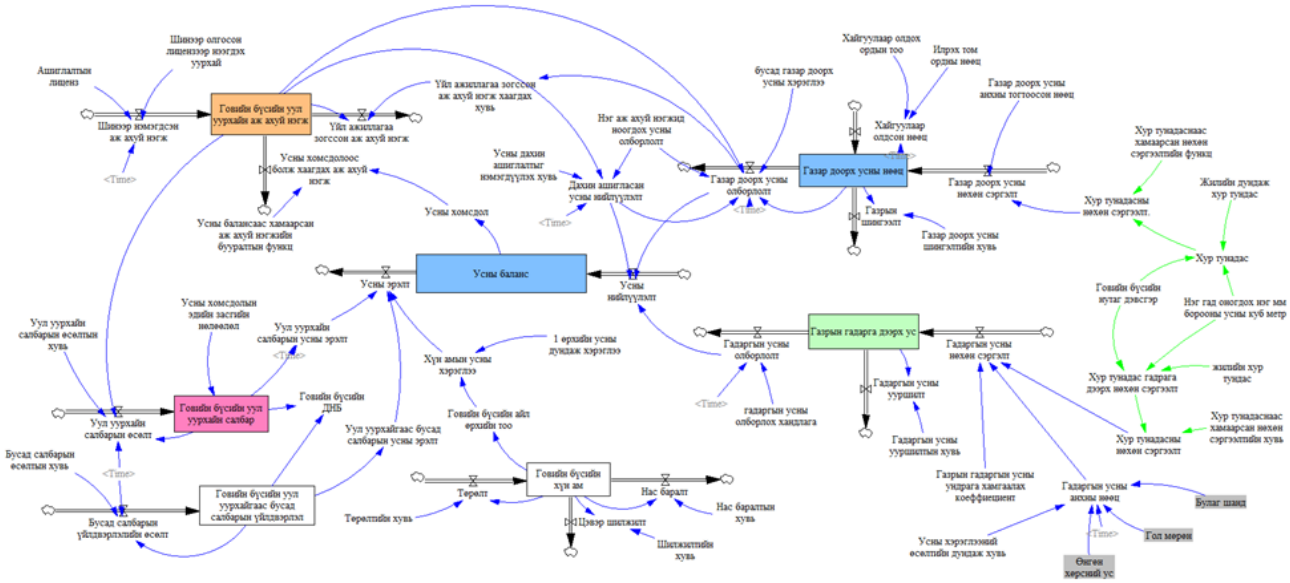
3. Төрийн бодлого→(+) Усны менежмент →(+) Усны нийлүүлт →(+) →(+) Уул уурхайн салбарын усны нийлүүлт →(-) Уул уурхайн салбарын уналт →(+)Уул уурхайн салбарын аж ахуй нэгж →(+)Төрийн бодлого

Учир шалтгааны гогцоот диаграмыг байгуулсаны дараа нөөц ба урсгалын диаграмыг байгуулдаг бөгөөд загварын бүтцийг учир шалтгааны диаграммаас илүү нарийвчлалтай харуулдаг. Эдгээр диаграмд хүчин зүйлсийн хамааралаас гадна загварын динамик төлөв байдал, хурд, туслах хувьсагч болон тогтмол параметрүүдийг мөн харуулдаг. Нөөцийн хувьсагч нь системийн төлөв байдлыг тодорхойлж, шийдвэр гаргахад үндэслэсэн мэдээллийг үүсгэдэг. Эдгээр шийдвэрүүд нь урсгалын хурдыг өөрчилдөг. Энэ загварт Газрын доорх усны нөөц ба газар дээрх усны нөөц, Уул уурхай ба бусад үйлдвэрлэлийн үйлдвэрлэл, уул уурхайн үйлдвэрлэлийн аж ахуй нэгжүүд, Говийн бүсийн хүн ам гэсэн таван хувьсагч байгаа бөгөөд тэдгээрийг тэгш өнцөгт хэлбэрээр харуулсан болно (Зураг 3-г үзнэ үү). Бусад хувьсагчид нь хурд ба туслах хувьсагчид бөгөөд эхнийх нь цаг хугацааны явцад нэг нөөцийн хувьсагчийн өөрчлөлтийг харуулахад, сүүлийнх нь загварыг тодорхойлох, хялбарчлахад ашиглагддаг. Ерөнхийдөө нөөцүүд нь тэдгээрийн орох ба гарах урсгалын зөрүүг хуримтлуулдаг. Иймээс нэг орох урсгал болон нэг гарах урсгалтай нөөцийг математикаар дараах байдлаар томъёолж болно.

$$\text{ГДУН} = \int_{t_0}^{t} (\text{ГДУНС}_t - \text{ГДУО}_t - \text{ГШ}_t + \text{ХОН}_t)\, \boldsymbol{dt} + \text{АН}_{t_0} \quad (2)$$

ГДУН-Газар доорх усны нөөц, ГДУНС- Газар доорх усны нөхөн сэргэлт, ГДУО- Газар доорх усны олборлолт, ГШ- Газрын шингээлт, ХОН-Хайгуулаар олдсон нөөц, АН-Анхны нөөц юм.

Энэ байдлаар Говийн бүсийн усны загвар нь 5 дифференциал тэгшитгэлийн динамик систем бөгөөд харалцан хамааралтай байна.



Зураг 3 Говийн бүсийн усны динамик загвар

IV. ЗАГВАРЫН БАТАЛГААЖУУЛАЛТ

Загварын баталгаажуулалт нь дараах функцийг хамгийн бага байлгахыг (минимумчлахыг) хэлнэ.

$$F(x)=min(БӨ(x)-ЗУД(x))$$
$$a \leqslant x \leqslant b \qquad (3)$$

Үүнд a ба b хүчин зүйлсийн дээд болон доод хазгаар байна. *БӨ-Бодит өгөгдөл, ЗУД-Загварын үр дүн* Загварын үр дүнг "Dynamics Approach for Water Resource Management: A Case Study of the South Gobi, Mongolia судалгааны үр дүнтэй харьцуулахад зөрөө нь 10 хувиас бага байна. Аж ахуй нэгжийн тоо мэдээлэл 1212.mn авсан бөгөөд алдааны хувь 13 хувьтай байсан. ДНБ болон хүн амын тоо загварын хувь хамгийн бага алдаатай 8 хувь байна.

V. СИМУЛЯЦИЙН СЦЕНАРИНУУД

Энэхүү судалгаанд Говийн бүсийн усыг эрэлт, нийлүүлэлт балансаас хамаарсан эдийн засгийн нөлөөллийг загварчлан төрийн бодлогын нөлөөгөөр усны менежментыг хэрэгцээ шаардлага, ус хэрэглэгч аж ахуй ухамсарыг нэмэгдүүлэх шаардлагын ойлголтыг системээр нь судласан. Эдгээрийн хамаарлын нөлөөллийг 4 хувилбараар харьцуулан харуулсан.

Суурь хувилбар (Current): Одоогийн говийн бүсийн уул уурхайн салбарын үйлдвэрлэл түүнээс хамаарсан олборлолт эдийн засгийн өсөлтийг динамикаар 2035 он хүртэлх үеийн үр дүнг харуулна.

Хувилбар 1 (Test-1): Шинээр уул уурхайн салбарын аж ахуй нэгжийг 10-20 хувиар нэмэгдүүлэхэд усны олборлолт нөөцөөс хамаарсан гарах үр дүнг харуулсан.

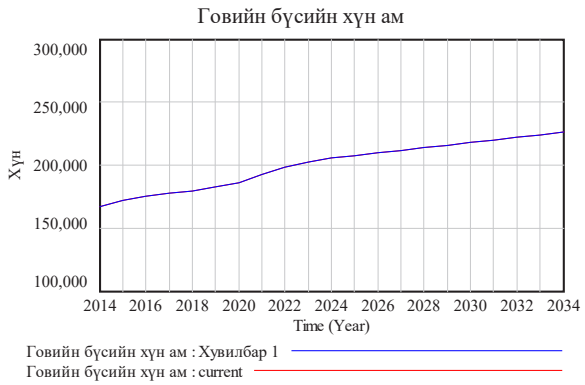
Хувилбар 2 (Test-2): Уул уурхайн салбарын аж ахуй нэгжүүдийн 20 хувийн усны хэрэглээг дахин ашиглуулж ТЭЗ бодлого хэрэгжүүлсэн.

Хувилбар 3 (Test-3): Хувилбар 2 ба 3 хувилбарыг хамт хэрэгжүүлэх менежментийн үр дүнг харуулсан.

5.1 Хувилбар 1 (Test-1)

Говийн бүсийн гурван аймаг буюу говийн бүсийн ДНБ нь 2025 онд 6,1 их наяд байсан бол 2035 онд 17,03 их наяд болж өсөх бол хүн амын тоо 226300 орчим болох динамик хандлагатай байна.

Зураг 4 Говийн бүсийн уул уурхайн салбар



Зураг 5 Говийн бүсийн хүн ам

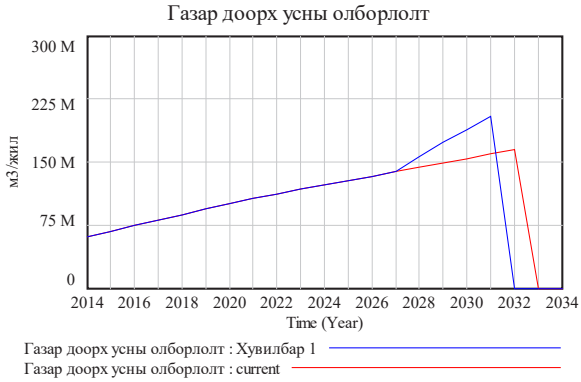
Харин газрын доорх усны нөөц нь 2033 онд судалгааны үр дүнд дуусах хандлагатай байна. Энэ нь бидний “Dynamics Approach for Water Resource Management: A Case Study of the South Gobi, Mongolia.” Судалгааны үр дүнтэй нийцэж байна.

Зураг 6 газар доорх усны нөөц

5.2 Хувилбар 2 (Test-2)

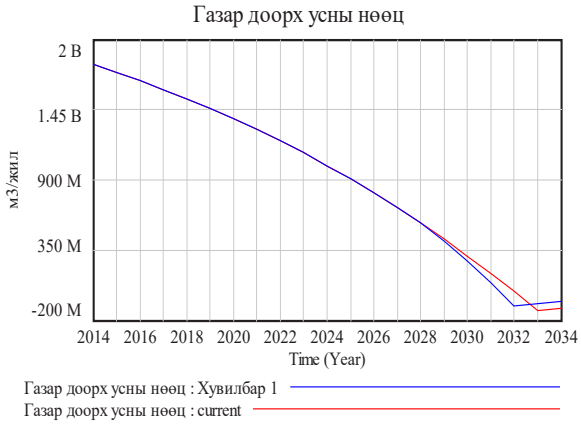
Улсаас олгож буй лицензын тооноос хамаарсан шинээр нэмэгдэх уул уурхайн салбарын жил бүр 20 хувиар нэмэгдүүлэхэд 2032 онд 70 аж ахуй нэгжээр нэмэгдэх боловч 2033 онд усны нөөц дууссанаар уул уурхайн салбар уналтанд орж байна. Үүнээс хамааран гарын дооор усны нөөц 3032 онд олборлолт зогсож усны нөөц байгалын нөхөн сэргээлтээр бага зэрэг буцан өсөж байна.

Зураг 7 Говийн бүсийн уул уурхайн аж ахуй нэгж

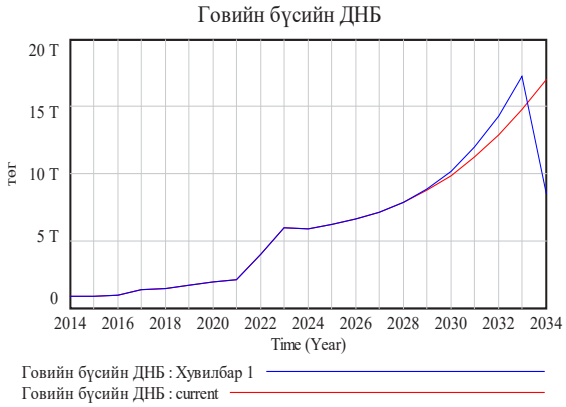


Зураг 8 Газар доорх усны олборлолт

Энэ усны хомсдолоос хамааран аж ахуй нэгжүүдийн үйл ажиллагаа хаагдахад Говийн бүсийн Уул уурхайн салбарын үйлдэрлэл нэг жилийн дараа уналтанд орж байна.



Зураг 9 Газар доорх усны нөөц

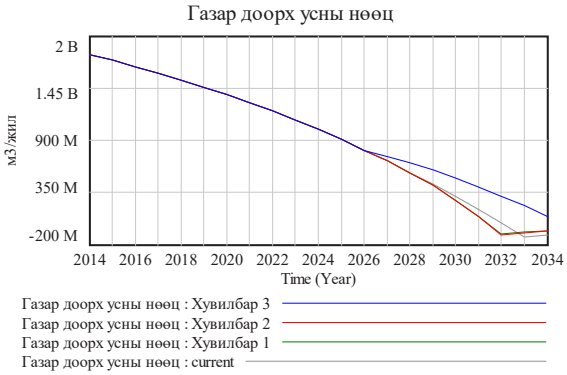


Зураг 10 Говийн бүсийн ДНБ

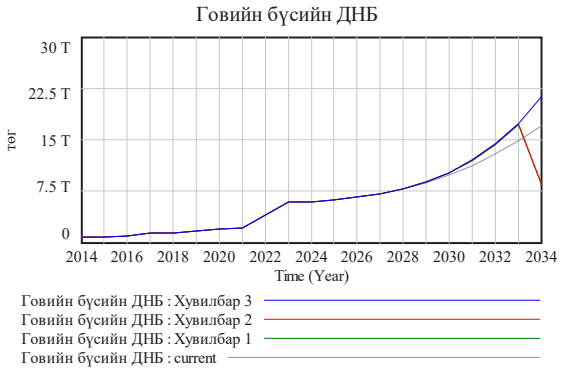
Эндээс дүгнэхэд уул уурайн салбарын өсөлтийг усны нөөцийн хэрэглээ болон нөхөн сэргэлтийн хурдаас хамааруулан системтэйгээр тооцоолох шаардлагатайг харуулж байна.

5.3 Хувилбар 3 (Test-3)

Хувилбар 2 ба 3 хувилбарыг хамт хэрэгжүүлэх энэ нь усыг дахин ашиглах менежментийг шинээр уул уурхайн салбарт аж ахуйн нэмэгдүүлэх өөрөөр хэлбэл уул уурхайн салбарт хөрөнгө оруулалтыг нэмэгдүүлэхэд усны хэрэглээнд ихээхэн ахаарч байна гэсэн үг юм.



Зураг 11 Газар доорх усны нөөц



Зураг 12 Говийн бүсийн ДНБ

Хувилбар 3-ыг хэрэгжүүлснээр Говийн бүсийн ДНБ 2035 он гэхэд 21.23 ихнаяд болохоор байна. Харин усны баланс 2035 он хүртэл алдагдахгүй байна.

VI. Дүгнэлт

Энэхүү судалгаагаар Монгол орны говийн бүсийн усны нөөц, уул уурхайн үйлдвэрлэлийн усны хэрэглээ болон усны тогтвортой менежментийн харилцан хамаарлыг системийн динамик загварчлалын аргаар судалж, 2025–2035 оны урт хугацааны өөрчлөлтийг үнэллээ. Судалгааны үр дүнгээс харахад уул уурхайн үйлдвэрлэлийн өсөлт, эдийн засгийн тэлэлт болон хүн амын өсөлт нь газрын доорх усны хэрэглээг эрчимтэй нэмэгдүүлж, усны нөөцийн тогтвортой байдалд ноцтой дарамт үүсгэж байгааг тогтоов. Суурь хувилбарын үр дүнгээр говийн бүсийн ДНБ 2035 он гэхэд 17.03 их наяд төгрөгт хүрэхээр байсан боловч газрын доорх усны нөөц 2033 оноос аюултай түвшинд хүрэх эрсдэлтэй болох нь тогтоогдсон.

Системийн динамик загварын үр дүнгээс уул уурхайн аж ахуйн нэгжүүдийн тоо өсөх тусам усны эрэлт нэмэгдэж, энэ нь газрын доорх усны олборлолтыг хурдасган, улмаар үйлдвэрлэлийн тогтвортой байдалд сөрөг нөлөө үзүүлж байгааг тодорхойлов. Ялангуяа уул уурхайн өсөлтийг эрчимжүүлсэн хувилбарын үед усны нөөцийн хомсдол үүсэж, олборлолт болон эдийн засгийн өсөлт саарах эрсдэлтэй болох нь харагдсан.

Харин ус дахин ашиглалт болон тойрог эдийн засгийн бодлогыг хэрэгжүүлсэн хувилбарын үр дүнгээр уул уурхайн усны хэрэглээний тодорхой хэсгийг дахин ашиглах технологиор орлуулах нь усны балансын тогтвортой байдлыг хадгалах боломжтой болохыг тогтоов. Энэ нөхцөлд эдийн засгийн өсөлт болон усны нөөцийн тогтвортой байдлыг зэрэг хангах боломж бүрдэх бөгөөд ус дахин ашиглалт, хаалттай эргэлтийн систем, ус хэмнэлттэй технологи нь говийн бүсийн тогтвортой хөгжлийн стратегийн чухал шийдэл болохыг судалгаа харууллаа.

Иймээс говийн бүсийн уул уурхай, хүнд үйлдвэрийн хөгжлийг усны нөөцийн даац, нөхөн сэргэлтийн түвшинтэй уялдуулан төлөвлөх шаардлагатай байна. Энэхүү судалгааны үр дүн нь усны нөөцийн нэгдсэн менежмент, ус дахин ашиглалт болон бодлогын зохицуулалтыг урт хугацааны тогтвортой хөгжлийн үндсэн нөхцөл болохыг харуулсан бөгөөд цаашдын бодлого боловсруулах, усны эрэлт-нийлүүлэлтийн төлөвлөлтөд онол, практикийн ач холбогдолтой юм.

Ашигласан материал, ном зүй

[1]. Boretti, A., & Rosa, L. (2019). Reassessing the projections of the World Water Development Report. npj Clean Water, 2(15).
[2]. UNESCO. (2024). The United Nations World Water Development Report 2024: Water for Prosperity and Peace. Paris: UNESCO.
[3]. R. Weerasooriya, L. Liyanage, R. Rathnappriya, W. Bandara, T. Perera, M. Gunarathna, G. Jayasinghe, Industrial water conservation by water footprint and sustainable development goals: a review, Environ. Dev. Sustain. (2021) 1–49.
[4]. J. Willet, K. Wetser, J. Vreeburg, H. Rijnaarts, Review of

methods to assess sustainability of industrial water use, Water Resour. Ind. 21 (2019) 100110.
[5]. UN-Water. (2024). Water Scarcity. United Nations.
[6]. Батмөнх, Д. (2014.02.27). Монгол орны усны нөөц, ашиглалт, ус хэрэглээ. Mongolian Mining Journal. https://www.mongolianminingjournal.com/a/54418
[7]. Баярмаа, П. (2023, September 29). *Тухайн ордын газрын доорх усны нөхцөлийг тодорхойлж, усны нөөц хүрэлцэх эсэхийг тогтоосны үндсэн дээр ажлыг эхлүүлдэг*. Mongolian Mining Journal. https://www.mongolianminingjournal.com/
[8]. М. Ринзаан, З. Бямбасүрэн, О. Онон, Г. Удвалцэцэг. (2015) Өмнөд говийн бүсийн газрын доорх усны нөөцийн үнэлгээний асуудал. Газарзүй геоэкологийн хүрээлэн. Монгол орны геоэкологийн асуудал. 11(13), х.60-67.
[9]. . Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2012). Coping with Water Scarcity. Rome: FAO.
[10]. A. Cournoyer, L. Bazinet, Electrodialysis processes an answer to industrial sustainability: toward the concept of eco-circular economy?—A review, Membranes 13 (2) (2023) 205.
[11]. Одонтуяа, Г., Ичинноров, А., Хурэлбаатар, О., Дуламсүрэн, Г., Дариймаа, Б., & Оюунцэцэг, Д. (2024). Говийн бүсийн гүний худгийн усны фторын ионы судалгаа. Bulletin of the Institute of Chemistry and Chemical Technology, 12, 28–34.
[12]. Долгорсүрэн, Г., Орхонтуул, Б., Krinstein, I., & Fawcett, C. (2020). Монголын өмнөд говийн уул уурхай, хүнд үйлдвэрийн бүсийн усны эрэлт-хангамжийн гидроэкономик шинжилгээ. 2030 Усны Нөөцийн Бүлэг, Дэлхийн банк.
[13]. Монгол Улсын Их Хурал. (2016). Монгол Улсын тогтвортой хөгжлийн үзэл баримтлал–2030. Улаанбаатар, Монгол Улс.
[14]. Монгол Улсын Их Хурал. (2020). “Алсын хараа–2050” Монгол Улсын урт хугацааны хөгжлийн бодлого. Улаанбаатар, Монгол Улс.
[15]. Байгаль орчин, уур амьсгалын өөрчлөлтийн яам. (2023). Говийн бүсийн ус хангамж болон усны нөөцийн менежментийн бодлого, хэрэгжүүлж буй арга хэмжээ. Улаанбаатар, Монгол Улс.
[16]. P. Morseletto, C.E. Mooren, S. Munaretto, Circular economy of water: definition, strategies and challenges, Circ. Econ. Sustain. (2022) 1–15.
[17]. R. Marimuthu, B. Sankaranarayanan, S.M. Ali, A.B.L. de Sousa Jabbour, K. Karuppiah, Assessment of key socio-economic and environmental challenges in the mining industry: implications for resource policies in emerging economies, Sustain. Prod. Consum. 27 (2021) 814–830.
[18]. United Nations. (2023). The United Nations World Water Development Report 2023: Partnerships and cooperation for water. Paris: UNESCO.
[19]. Thornton, P. K., Kristjanson, P., Forch, W., Barahona, C., Cramer, L., & Pradhan, S. (2018). Agricultural adaptation to global change in lower-income countries. Global Environmental Change, 52, 37–48.
[20]. D. Sun, M. Shi, J. Wei, Z. Chen, Economic contribution and rebound effect of industrial water: the case of the Yangtze River Delta, Water Res. Econ. 42 (2023) 100222.
[21]. A. Zare, M. Hajamini, M.A. Feizpour, Analysis of trend of water consumption in Iranian industries: divisia index decomposition approach, New Econ. Trad 17 (2) (2022) 69–101.
[22]. E. Lorek, A. Lorek, Circular economy in sustainable water management–theory and practice, Econ. Environ. 67 (4) (2018), 10-10.
[23]. Nika, C., Vasilaki, V., Exposito, A., & Katsou, E. (2020). Water cycle and circular economy: Developing a circularity assessment framework for complex water systems. Water Research, 187, 116423.
[24]. A. Taghipour, W. Akkalatham, N. Eaknarajindawat, A.I. Stefanakis, The impact of government policies and steel recycling companies’ performance on sustainable management in a circular economy, Resour. Policy 77 (2022) 102663.
[25]. C. Nika, V. Vasilaki, A. Exposito, E. Katsou, Water cycle and circular economy: developing a circularity assessment framework for complex water systems, Water´Res. 187 (2020) 116423.
[26]. Ghafourian, M., Nika, C.-E., Mousavi, A., Mino, E., Al-Salehi, M., & Katsou, E. (2022). Economic impact assessment indicators of circular economy in decentralized water systems. Science of the Total Environment, 822, 153602.
[27]. I. Pluchinotta, A. Pagano, T. Vilcan, S. Ahilan, L. Kapetas, S. Maskrey, V. Krivtsov, C. Thorne, E. O’Donnell, A participatory system dynamics model to investigate sustainable urban water management in ebbsfleet garden city, Sustain. Cities Soc. 67 (2021) 102709.
[28]. M.S. Haque, N. Nahar, S.M. Sayem, Industrial water management and sustainability: development of SIWP tool for sand and gravel minesindustries of Bangladesh, Water Resour. Ind. 25 (2021) 100145.
[29]. Sterman, J. D. (2000). Business Dynamics: Systems Thinking and Modeling for a Complex World. Boston: McGraw-Hill.

АГААРЫН ЧИЙГИЙГ АШИГЛАН ХУУРАЙ САЙРЫН БООМТ БҮХИЙ ЗОХИОМОЛ БАЯН БҮРД ҮҮСГЭХ БОЛОМЖИЙН СУДАЛГАА

Ганбаатар СОДЖАВХЛАН[1], Наранцогт НАСАНБАЯР[2]

[1]Монгол Улс, Улаанбаатар, ШУТИС, Барилга архитектурын сургууль, Инженерийн байгууламжийн салбар

sodjavkhlanganbaatar10@gmail.com[1] nasanbayar.narantsogt@must.edu.mn[2]

Хураангуй: **Үерийн жилийн давтамж болоод орох хур тунадасны хэмжээ эрс нэмэгдэж буй сүүлийн жилүүдэд говийн цөлөрхөг хуурай бүс нутгийн хөрс, ургамал нь гэнэтийн их урсцыг шингээж амжилгүй үр ашиггүй урсгаж байна. Хөрсөнд шүүрэл, нэвчилт хийж амжаагүй хур тунадас шууд урсац болж хот суурин газарт хохирол учруулах, байгаль орчинд эерэг үр өгөөжөө хүртээж амжилгүй ууршиж гэх мэт асуудлыг үүсгэж буйн үнэн болно. Үер, байгаль орчин, ногоон байгууламж, уст цэгийн хомсдол зэрэг асуудлуудыг байнгын ундаргатай гол горхи булаг шанд багатай говийн бүс нутагт тус бүрчлэн энгийн үерийн хамгаалалтын байгууламж, хөв цөөрмөөр түшиглэн шийдвэрлэх нь эдийн засгийн хувьд хүндрэлтэй. Иймд булаг түшиглэх шаардлагагүй, хүний оролцоогүй байнгын ажиллагаатай, үерээс хамгаалах, уст цэг бүхий зохиомол баян бүрдийг цөлжилттэй тэмцэж буй улс орнуудын туршлагад тулгуурлан Монгол оронд байгуулах боломжийг судлав. Өмнөговь аймгийн Ханбогд сум, бургас сайр дээр байгуулагдаж буй хуурай сайрын боомтыг агаарын чийгшлээс ус гарган авах төхөөрөмжөөр тоноглож, орчин буй газартаа чийгшлийг нэмэгдүүлж тогтоон барих, ган гачиг ихтэй үед хэрэглээний болон ундны зориулалтаар ашиглах боломжтой цэвэр усны нөөцийг бүрдүүлэх, зэрлэг амьтад болон бэлчээрийн усан хангамжийн хүрэлцээг гадаргын усаар хангаж газрын доорх усанд сэргэх хугацааг олгох чадамжтай зохиомол баян бүрд болгох боломжтойг батлав.**

Түлхүүр үг: Өмнөговь, Ус, Үер, Ханбогд, Чийг

I. УДИРТГАЛ

Агаарын чийгшил нь Монгол орны зарим голууд болох Хонгорын гол, Мухарын голуудыг конденсицлагдах үзэгдлээр тэжээдэг болно. Тус үзэгдэл нь нүх сүв ихтэй элсэрхэг газарт дулааны улиралд үдэш, өглөөд ихээр явагдах ба элсний нүх сүвээр дамжин орсон чийг агаарын болоод газрын доорх температурын зөрүүгээр шингэн төлөвт шилжиж хуримтлагдан нүдэлсээр дээр дурдагдсан голууд руу цутгадаг. Гадаргууд гол болон урссан усны тодорхой хувь нь эргэн ууршиж агаарт буй чийгшилтэй нийлэн дахин тус дамжлагыг давтсанаар орчин буй байгальдаа ургамал ургахад шаардлагатай чийг болоод усны нөөцийг бүрдүүлж өгдөг.

1-р зураг. Мухартын гол

Энэ зохилдолгооноос үүдэн ургасан ургамалууд нь хүртэл илүүдэл усаа ялгаруулан агаарын чийгшилд эргэн нийлүүлдэг тул хий төлөвт оршин буй тус усны нөөц нь өргөн цар хүрээгээрээ шавхагдашгүй нөөц мөн. Иймд хуурай халуун бүс Энэ зохилдлогооноос үүдэн ургасан ургамлууд нь хүртэл илүүдэл усаа ялгаруулан агаарын чийгшилд эргэн нийлүүлдэг тул хий төлөвт оршин буй тус усны нөөц нь өргөн цар хүрээгээрээ шавхагдашгүй нөөц мөн. Иймд хуурай халуун бүс нутагт энэ эргэлтийг бий болгож зохистой ашиглах хэмжээг тодорхойлж өгч чадвал ган гачиг галт түймрээс урьдчилан сэргийлэх, зэрлэг ан амьтадыг услах, шаардлагатай үед ундны болоод хэрэглээний усанд ашиглах боломжтой уст цэгийг бүрдүүлэх, байнгын өндөр чийгшилтэй ногоон бүсийг байгуулах боломжтой.

2-р зураг. Хонгорын гол

Тус үзэгдлийг технологиор орлуулан хүссэн газраа зохиомлоор үүсгэх боломжтой нь техникийн хувьд дангаараа байгаль болоод хүнд өгөх үр ашиг нь цаг уурын олон талт нөхцөл байдлаас шалтгаалан хэлбэлзэх учир тэнцвэрт байдлыг хадгалж өгөх үүднээс үерийн усыг хураан хуримтлуулах зориулалт бүхий хуурай сайрын боомттой хослуулан ашиглах боломжийг тус боломж хэрэгжихэд хамгийн хүндрэлтэй Монгол орны хамгийн халуун цэг болох Өмнөговь аймгийн Ханбогд сумын мэдээллээр судлав.

Зорилго: Гадаргын усны нөөц хомсдолтой хуурай халуун говийн бүс нутагт булаг түшицгүй боловч байнгын ундаргатай уст цэг бүхий усны нөөцийг бүрдүүлэх судалгааг хийж Монгол орны нөхцөлд тохирсон шийдэл боловсруулах.

II. АРГА ЗҮЙ

1. Хуурай сайрын боомт

Хуурай сайрын боомт нь үерийн усыг лаг хагшааснаас салган томоохон бичил биетнүүдээс шүүн авч ууршилтаас сэргийлэн хөрсөн доор хуримтлуулан байгаль орчныг сэргээх зориулалттай байгууламж бөгөөд шаардлагатай үед уст цэг болгон ашиглах боломжтой усны барилга байгууламж юм [1].

Инженер геологи-байгаль цаг уурын нөхцөл

А. Геоморфологийн хэв шинж

Судалгааны талбай Монгол орны геологи, тектоникийн мужлалаар өмнөд Монголын атриат системийн төв хэсэгт орших ба ГовьЗүүн-Монголын сэвсгэр хурдсаар хучигдсан хадан илэрц бүхий тэгш тал бүхий Говь Хэрлэнгийн гэсгэлэн ба гэсгүүн хөрс тархсан Ханбогд, Сайншандын мужид багтана. Судалгааны талбар дээрх сайрууд гадаргын нам хэсгийг даган хойд, зүүн хойд зүгт Гүний хоолой хүртэл үргэлжилнэ.

В. Гидрогеологийн нөхцөл

Газрын доорх усны түвшин гадаргад ойр байх тусам түүний тэжээлийн тодорхой хэсэг шууд ба ургамлаар дамжсан ууршилтаар алдагдана. Бургас голын сайр нь уул, толгодын хоорондох хөндийд орших ба өмнөх инженер геологийн судалгааны ажлын хүрээнд өрөмдсөн цооногт газрын доорх усны түвшин 1.2 метр гүнд илэрсэн байна. Газрын доорх усны урсац хойш буюу зүүн хойш чиглэлтэй байна [2].

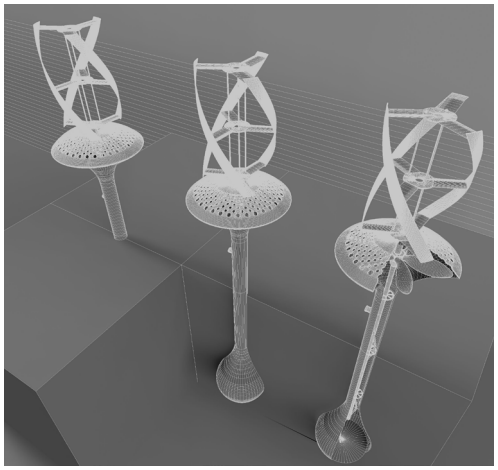
С. Уур амьсгал

Уур амьсгалын үзүүлэлт	Ханбогд
Жилийн дундаж агаарын температур, 0С	7.3
Агаарын үнэмлэхүй хамгийн их температур, 0С	43.0
Агаарын үнэмлэхүй хамгийн бага температур, 0С	-31.1
VII сарын үнэмлэхүй ихийн дундаж, 0С	36.5
I сарын үнэмлэхүй бага дундаж, 0С	-25.4
Салхины тооцооны их хурд, газраас дээш 10 метрээр, м/с	
- 5 жилд 1 удаа	42
-10 жилд 1 удаа	44
- 20 жилд 1 удаа	55
Хоногийн хамгийн дулаан цагийн харьцангуй чийгшил, %	
-халуун сар	34
-хүйтэн сар	45
Хур тунадас, мм	
-жил	94.44
-дулааны үе	86.9
-Хоногийн хамгийн их	47.7
Жил, сарын салхины дундаж хурд м/сек	
-жилийн дундаж	4.2
-өвлийн дундаж	4.2
Гадна агаарын тооцооны температур, 0С	
-1 хоногийн	-24.2
-3 хоногийн	-22.6
-5 хоногийн	-20.9
Хамгийн халуун үеийн 1 хоногийн	30.8
Барилгын уур амьсгалын бүсийн дугаар	III
Галлагаа	14.X
-эхлэх	12.VI
-дуусах	
Цасны ачаалал кг/м2	30

3-р зураг. Ханбогд сумын уур амьсгалын үзүүлэлт

2. Агаарын чийгшлээс ус гарган авах төхөөрөмж

Агаарын чийгшлээс ус гарган авах төхөөрөмжөөр хөдөө орон нутагт байршуулахад тохиромжтой арчилгаа бага шаардах, хүний оролцоогүй бүрэн механик ажиллагаатай “Усны зөнч” загварыг сонгон авсан агаад бүрэлдэхүүн хэсгүүдийн урт, өргөн болон бусад хэмжээстүүдийг судалгааны талбарт тааруулан өөрчилсөн болно. Мөн тус төхөөрөмжийн найдвартай байдлыг хангах үүднээс зарим хэсэглэлийг бүрэн өөрчилж шаардлагатай эд ангиудаар орлуулав.



4-р зураг. “Усны зөнч” Төхөөрөмжийн хөндлөн огтлол

Е. Шүүдэр цэгийг олох

Шүүдэр цэг нь ус конденсацлагдах боломжит температурийг олох зорилготой ба үүнээс үүдэн гадаргаас дооших конденсаци явагдах гүнийг тодорхойлж төхөөрөмжийг суурилуулах зай болон нийт өндрийг тодорхойлох үүрэгтэй.

$$T_d = \frac{b_\gamma(T,RH)}{a - \gamma(T,RH)} = 18.1$$

Үүнд:

Магнусийн эмпирик тогтмол $a = 17.27$

Магнусийн эмпирик тогтмол $b = 237.7$

үнэмлэхүй ихийн дундаж температур $T = 36.5$

Хоногийн хамгийн дулаан цагийн харьцангуй чийгшил $RH = 34$

Иймд газрын гадаргуугаас дооших хөрс 18.1 градус дулаантай байх үед зуны улиралд конденсац явагдах нөхцөл бүрдэх тул хөрсний дулааныг шүүдэр цэгийн дулаанаас бага температуртай байхаар тооцож авна.

F. Конденсац явагдах гүнийг тодорхойлох

$$A_0 = 36.5 - 7.3 = 29.2$$

Жилийн дундаж температур T=7.3

Хамгийн их температур T=36.5

Хуурай сайрын боомтыг элсэрхэг хуурай хөрсөөр дүүргэлт хийнэ гэж үзвэл.

$$\alpha = 0.5 * 10^{-6} \text{м}^2/\text{с}$$

Жилийн мөчлөгийн өнцгийн давтамж нь

$$\omega = 1.99 * 10^{-7} s^{-1}$$

Унтрах гүн нь

$$d = \sqrt{\frac{2\alpha}{\omega}} = 2.24\text{м}$$

Байх учир хөрсний температурыг гүнээс хамааруулан доорх томьёонд орлуулан жагсаавал.

$$T_{(2)} = T + A_0 e^{-z/d}$$

ХӨРСНЫ ДУЛААНЫ ХҮЧНЭГТ

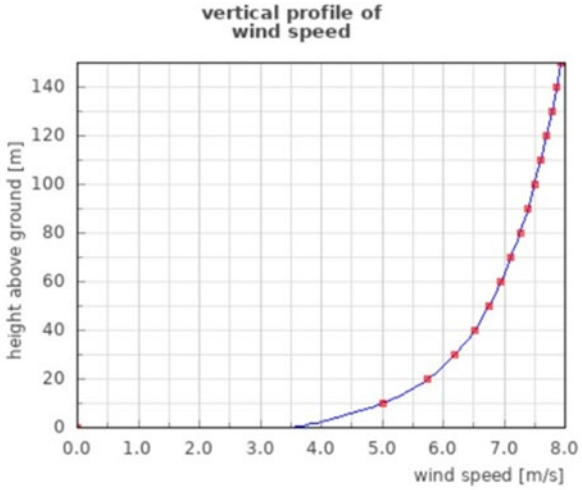
1-Р ХҮЧНЭГТ

Дэс дугаар	Гүн(м)	Температур
1	0.5	30.66
2	1.0	25.99
3	1.5	22.25
4	2.0	19.26
5	2.5	16.86
6	3.0	14.95

Иймд шүүдэр цэгээс доош буюу 2.5 метр хүртэл гүнд суурилуулах нь ашигтай гэж дүгнэв.

F. Агаар оруулах сэнсний өндрийг тодорхойлох

Агаар оруулах сэнс нь төвөөс зугтах доош чиглэлтэй сэнс байх ба өндөрлөг хэсэгт байрлаж салхины өөрийн түрэлтээр нь механик хөдөлгөөнд орж шүүдэр цэгээс гүнд байрлалтай конденсаци явагдах хэсэгт агаарыг үлээж оруулах зориулалттай бүрэлдэхүүн хэсэг юм.



5-р зураг. Газраас дээших өндөр болон салхины хурдын хамаарлын график

Тус хэсгээр дамжин өнгөрөх агаарын хэмжээ нь шингэн хэлбэрт үлдээх боломжит усны хэмжээтэй шууд хамааралтай тул сайтар төлөвлөх шаардлагатай. Иймд техникийн нөхцөлөөс гадна байгаль орчны нөлөөг ашиглан сорогдон орох агаарын хэмжээг нэмэгдүүлэх боломжтой. Газрын гадаргаас дээш 10 метрт салхины хурд 1 ээс 1.5 м/с ээр нэмэгдэх боломжтой бөгөөд үүнээс дээш өндөрт салхины хурд нэмэгдэх магадлал огцом буурдаг учир эдийн засаг болоод үр ашгийн хамгийн тохиромжтой өндөр болох 10 метрээр ил дамжуулах хоолойн уртыг тогтоов [3].

G. Оруулах болон гаргах хоолойн диаметр

10 метр урттай ил дамжуулах хоолой болон 2.5 метр урттай далд дамжуулах хоолой нь нийт 12.5 метр үргэлжлэхдээ 2 давхар орох болон гарах турбагаар агаар конденсацлагдах мужтай холбогдох бөгөөд тус хэсгээр ямар нэгэн саадгүй өнгрөх нь чийглэг ихтэй агаар хурдацтай чийгээ үлдээж гадагшлах буюу гарцын хэмжээ ихсэхэд чухал үүрэгтэй юм. Иймд сорох болон гадагшлуулах амсрын хэмжээг зөв тодорхойлж өгөх нэн шаардлагатай.

Агаарын дулаан 30 градус 100 хувь чийгшилтэй байх үед 1м^3 агаарт 25.95 грамм ус агуулагдана. Үүнийг газар орны өгөгдөл болох 34 хувиар авч үзвэл 1м^3 агаарт 8.82 грамм ус агуулагдана [4].

$$\frac{1}{0.00882\text{литр}} = 113.37\text{м}^3$$

Буюу 1 литр ус гаргаж авахын тулд 113.37м^3 агаар шаардлагатай.

$$113.37\text{м}^3 * 1000\text{литр} = 113370\text{м}^3$$

Буюу 1000 литр ус гарган авахын тулд 113370м^3 агаар шаардлагатай. Мөн ашиглалтын коэффициентын 30 хувь гэж үзэх юм бол .

$$113370 * 3.33 = 377522\text{м}^3$$

$$377522\text{м}^3/24\text{ цаг} = 15730\text{м}^3/\text{цаг}$$

Цагт дунджаар 15730м^3 агаар татан оруулах чадамж бүхий оролтын хэсэг мөн түнийг саадгүй эргэн гаргах гаралтын нүхтэй байснаар хоногт 1000 литр чийгшил хуримтлуулах боломжтой байна. Иймд ийм хэмжээний агаар оруулах боломжтой нүхийг салхины хурдны дундаж утгаар эрэлхийлэв.

$$\frac{15730}{3600} = 4.36\text{м}^3/\text{с}$$

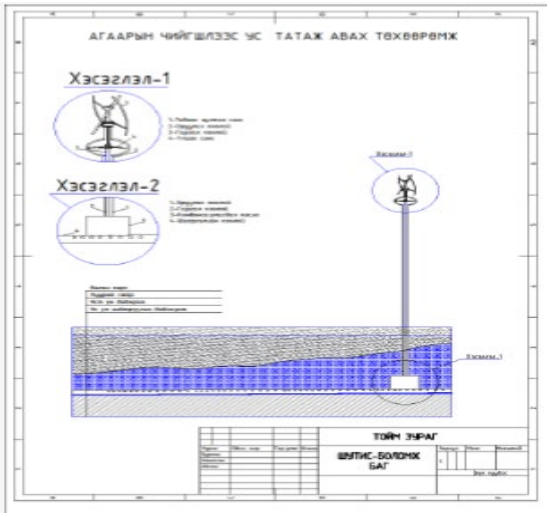
Тус хоолой газраас дээших 10 метр өндөрт байрлах учир салхины хурдыг 1м/с ээр нэмэгдүүлэн авав.

$$D_Г = \sqrt{\frac{4.36\ \text{м}^3}{3.14 * 5\text{м/с}}}$$

$$D_Г = 0.52\text{м}$$
$$s_Г = 0.331\text{м}^2$$
$$D = 1.596\text{м}$$

Гэх мэт тооцооллоор үндсэн бүрэлдэхүүн хэсгийн хэмжээснүүдийг гарган авав.

Хэрэв судалгааны талбарт тус хэмжээс бүхий төхөөрөмжийг байршуулбал 7-р сард хамгийн багадаа 980 литр усыг агаараас татан авах боломжтой байна.



6-р зураг. Агаарын чийгшлээс ус татан авах төхөөрөмж болон хуурай сайрын боомт дагуу огтлол

III. ҮР ДҮН

Өмнөговь аймаг Ханбогд сумын Бургас голын сайр гэдэг газарт баригдаж буй хуурай сайрын боомтыг агаарын чийгээс ус татан авах төхөөрөмжөөр тоноглосон тохиолдолд хамгийн халуун буюу 7-р сард хоногт дунджаар 1000 литр агаарын чийгшлийг шингэн хэлбэрт хөрвүүлэн хуурай сайрын ёроолд ууршилтаас сэргийлэн хадгалж ургамалд шүүрүүлэн хүргэх болон шаардлагатай тохиолдолд зориулан хөрсөн доор хуримтлуулж хэрэглээний болон ундны усанд бүр цаашлаад бэлчээрийн усан хангамжид ашиглах боломжтой байнгын ундраг бүхий уст цэг болох боломжтой байна.

Энэ нь үерийн үеэс бусад үед найдвартай усны эх үүсвэр болох боломжгүй хуурай сайрын боомтын хувьд асар бага төсвөөр байнгын ажиллагааг хангаж зохиомол баян бүрд үүсэж буй хэрэг мөн болно. Мөн шүүдэр цэг багатай болович дулааны бусад улирлуудад 3 аас 1400 литр чийгшлийг татан авах хүчин чадалтай болно.

IV. ХЭЛЭЛЦҮҮЛЭГ

Олон улсад хуурай сайрын боомт болон агаарын чийгшлээс ус татан авах технологийг хослуулан ашиглаж байсан туршлага одоогоор байхгүй. Мөн усны зөнч төхөөрөмжийг бодит амьдрал дээр үзүүлэх үр дүн нь тооцооноос хол зөрсөн гэх судалгааны ажлууд олон байдаг.

Үүнээс нэмэлт хөдөлгүүр болон хөргүүргүй идэвхгүй загварууд усны гарц орчны чийгшлээс бүрэн хамаарч өдөрт заримдаа 3 хүртэл литр ус гарган авах боломжтой гэж үзсэн байна [5].

Мөн их биеийг тусгай зориулалтын материалаар хийж дулаан дамжуулан чадварыг ихэсгэх боломж мөн байгаа боловч өртөг хэт өндөр юм [6].

ДҮГНЭЛТ

Үерийн үед хуурай сайрын боомт шууд урсцыг хүлээн авч хуримтлуулах үүрэгтэй боловч хур тунадас багатай говийн бүс нутагт устай байх нь ховор. Иймд байнгын урсац бүхий уст цэгийг үл шавхагдах нөөц болох агаарын чийгшлээр дамжуулан шийдвэрлэх нь хамгийн цогц агаад үр ашигтай, Байгальд ээлтэй боломж мөн.

АШИГЛАСАН МАТЕРИАЛ, НОМ ЗҮЙ

[1] Ruth Quinn a b Ken Rushton c, Alison Parker a “An examination of the hydrological system of a sand dam during the dry season leading to water balances”

[2] Н.Насанбаяр “ Өмнөговь аймаг, Ханбогд сум, Бургас сайр элсэн боомт байгуулах ажлын зураг төсөл”

[3] Wind data

[4] "Handbook of Thermodynamics", "Atmospheric Science: An Introductory Survey"

[5] Hasan Nikkhah a b , Wan Mujiburahman Bin Wan Azmi a , Ali Nikkhah c , Amir Mohammad Najafi “A comprehensive review on atmospheric water harvesting technologies: From thermodynamic concepts to mechanism and process development”

[6] Hasila Jarimi, Richard Powell and Saffa Riffat “Review of sustainable methods for atmospheric water harvesting”

ГОВИЙН БҮСИЙН УНДНЫ УСНЫ ХҮНЦЭЛ, ФТОРЫН АГУУЛАМЖИЙН ХҮНИЙ ЭРҮҮЛ МЭНДЭД ҮЗҮҮЛЭХ НӨЛӨӨ: БИО-МОНИТОРИНГИЙН СУДАЛГАА

[1]Ч.Өнөрцэцэг, [2]Б.Мөнгөнцэцэг, [3]Э.Бүдээ, [4]Г.Хандсүрэн, [5]А.Анударь, [6]Б.Амгалан, [7]Ц.Жавзандулам, [8]Л.Буджав, [9]М.Еркебулан, [10]Н.Буянхишиг, [11]Чимидмаа,[12]Д.Намуун, [13]Л.Оюунтогос, [14]Э.Эрдэнэчимэг, [15]Л.Ундрам

[1, 9, 12-15]Нийгмийн эрүүл мэндийн сургууль, АШУҮИС, [2-7]Эрүүл мэндийн газар, Өмнөговь аймаг
[8]Эрүүл ахуй, хор судлалын лаборатори, [10]Геологи, уул уурхайн сургууль, ШУТИС
[11]Их өгөгдөл судалгааны алба, Эрүүл мэндийн хөгжлийн төв

Холбоо барих зохиогчийн и-мэйл хаяг: unurtsetseg@mnums.edu.mn

Хураангуй **Ундны усны химийн бохирдол нь хүн амын эрүүл мэндэд сөргөөр нөлөөлөх чухал эрсдэлт хүчин зүйл болдог. Монгол орны говийн бүсийн гүний усанд хүнцэл (As), фтор (F)-ын агууламж өндөр илэрдэг талаар өмнөх судалгаанууд мэдээлсэн боловч био-мониторингийн нотолгоо хязгаарлагдмал байна. Энэхүү судалгааны зорилго нь говийн бүсийн аймгуудын ундны усны хүнцэл, фторын агууламжид эрүүл ахуйн үнэлгээ хийж, хүний үс, шээсний био-сорьцод үзүүлэх нөлөөг тодорхойлоход оршино. Судалгаанд Говьсүмбэр, Дорноговь, Дундговь, Өмнөговь аймгийн 47 сумын 217 худгийн усны шинжилгээний хоёрдогч өгөгдлийг ашиглав. Усны хүнцэл, фторын агууламжийг ICP-MS аргаар тодорхойлсон. Мөн Өмнөговь аймгийн 15 сумын 242 насанд хүрэгчийг агшны судалгаанд хамруулж, үс болон шээсний био-сорьцод хүнцлийн агууламжийг шинжилсэн. Судалгааны үр дүнд ундны усны дээжийн 24%-д хүнцлийн агууламж, 66.8%-д фторын агууламж тус тус MNS 0900:2018 стандартын зөвшөөрөгдөх дээд хэмжээнээс хэтэрсэн байна. Фторын агууламж өндөртэй бүсүүдэд шүдний флюороз болон кариесийн тархалт өндөр байв. Судалгаанд оролцогчдын 41.7%-д шээсний шинжилгээгээр, 30.6%-д үсний шинжилгээгээр хүнцлийн өртөлт илэрсэн. Ундны усны хүнцлийн агууламж нь шээсэн дэх хүнцлийн концентраци (r=0.385, p=0.001), мөн үсэн дэх хүнцлийн агууламжтай (r=0.269, p=0.001) статистикийн ач холбогдол бүхий шууд хамааралтай байв. Говийн бүсийн зарим аймгийн ундны усанд агуулагдах хүнцэл, фторын агууламж нь хүн амын эрүүл мэндэд эрсдэл үүсгэж байгааг био-мониторингийн судалгаагаар тогтоолоо.**

Түлхүүр үг: Хүний үс, шээс, ICP, шүдний өвчлөл

I.УДИРТГАЛ

Дэлхийн усны хөгжлийн 2023 оны тайлангаар сүүлийн 40 жилийн хугацаанд усны хэрэглээ жилд 1 хувиар нэмэгдэж байна. Бага, дунд, өндөр орлоготой орнуудын аль алинд нь усны чанартай холбоотой эрсдэлийн шинж тэмдгүүд байдаг. Бага, дунд орлоготой орнуудын байгалиасаа усны чанар муу, ус цэвэршүүлэлтийн түвшин багатай тэр түсмаа Ази, Африкийн бүүрай хөгжилтэй орнуудад усны чанарын мэдээлэл, судалгаа нарийвчилсан биш, голдуу мониторинг хийх, тайлагнах байдал ажиглагдаж байна [1].

Монгол улсын “Алсын хараа-2050” урт хугацааны хөгжлийн бодлогын ***Зорилт 2.5.*** Амьдралын хэрэгцээг хангасан эрүүл, ая тухтай, таатай орчныг бүрдүүлж баталгаат хүнсээр хангах, Тогтвортой хөгжлийн бодлогын 6.3-д шаардлага хангасан ундны усны эх үүсвэрээр хангагдсан хүн амыг 2030 онд 90 хувьд хүргэхээр олон талт арга хэмжээг хэрэгжүүлэн ажиллах хэрэгцээ шаардлагатай тулгарч байна [2].

Усны тухай хуулийн 3.1.21."усны чанарын стандарт" гэж усны хими, физик, биологийн шинж чанарын үзүүлэлтүүд нь хүний эрүүл мэнд, усан орчинд сөрөг нөлөө үзүүлэхгүй байх хэм хэмжээг эрх бүхий байгууллагаар баталгаажуулсан байх, ***Эрүүл мэндийн тухай*** хуулийн 10.1.4.харьяалах нутаг дэвсгэрийн хүн амын эрүүл мэндийг хамгаалах, дэмжих арга хэмжээнд төрийн болон төрийн бус байгууллага, иргэний хамтын оролцоог хангаж, үйл ажиллагааг нь уялдуулан зохицуулах; ***Нийгмийн эрүүл мэндийн тусламж үйлчилгээний тухай*** хуулийн 12.2.2.хүн амын эрүүл мэндэд нөлөөлөх орчны хүчин зүйлийг тогтоох, тандалт, судалгаа хийх, урьдчилан сэргийлэх, хянах, холбогдох арга хэмжээг нутаг дэвсгэрийн хэмжээнд төлөвлөн зохион байгуулах; ***Байгаль орчинд нөлөөлөх байдлын үнэлгээний тухай*** хуулийн 8.4.5 байгаль орчны нөлөөллийн ерөнхий үнэлгээнд эрсдэлийн үнэлгээ хийхээр заасан бол төслийн үйл ажиллагаанаас хүний эрүүл мэнд, байгаль орчинд үзүүлэх нөлөөллийн эрсдэлийн үнэлгээ хийх зэрэг шаардлагатай [3-6].

Дэлхийн эрүүл мэндийн байгууллагаас 2020 онд нийгмийн эрүүл мэндэд аюул учруулах, анхаарал хандуулах шаардлагатай химийн гаралтай 10 бохирдол болох агаарын бохирдол, ***хүнцэл,*** асбест, бензол, кадми, ди-оксин, ***фторын хэт ихсэлт,*** хар тугалга, мөнгөн ус, хортой пестицидийг гэж зарласан [7].

Монгол улсад хүн амын ундны усны чанарын хяналтыг хийхэд Ундны ус. Эрүүл ахуйн шаардлага, чанар, аюулгүй байдлын үнэлгээ MNS 0900:2018 стандартыг мөрдлөг болгодог ба хүн амын ундны усанд хүнцэл (As)-ийн агууламж 0.01 мг/л (10 мкг/л)-

ээс хэтрэхгүй харин ундны усанд фтор (F)-ын агууламж 0.7-1.5 мг/л байхаар заасан байдаг [8].

Манай улсад 2004-2022 онуудад хийсэн судалгаа, шинжилгээний үр дүнгүүдээр Говь, тал хээрийн бүс нутгийн усанд хүнцэл болон фторын агууламж зөвшөөрөгдөх дээд хэмжээнээс их, стандартын шаардлага хангахгүй байгааг тогтоосон [9-12].

СУДАЛГААНЫ ЗОРИЛГО

Говийн бүсийн аймгуудын хүн амын ундны усны хүнцэл, фторын агууламжид эрүүл ахуйн үнэлгээ хийж, үс, шээсний био-сорьцод эрүүл мэндийн нөлөөг тодорхойлох

ЗОРИЛТ

1. Хүн амын ундны усны хүнцэл, фторын агууламжид эрүүл ахуйн үнэлгээ хийх
2. Ундны усны фторын агууламжийг шүдний өвчлөл (*Флюороз, Кариес*)-ийн тархалттай холбон судлах
3. Ундны усны хүнцэл, хүний эрүүл мэндэд үзүүлэх нөлөөг хүний үс, шээсний био-сорьцод тодорхойлох

Судалгааны арга зүй

Зорилт 1-ийн хүрээнд Баримтын судалгааны аргаар Монгол орны төв, суурин газрын хүн амын ундны усны хүнцэл, фторын агууламжийг 2021-2022 оны хооронд ХСУХАТАҮЗ, ШУА-аас хийсэн судалгаанд Газарзүй-Геоэкологийн хүрээлэн, Хими, химийн технологийн хүрээлэнд Индукцийн холбоотой плазмын масс спектромер (ICP-MS) багажаар тодорхойлсон шинжилгээний дүнд тулгуурласан [13-16].

Хот, суурины ус хангамж, ариутгах татуургын ашиглалт, үйлчилгээг зохицуулах хорооноос (албан бичиг №01/290) эрдэм шинжилгээний зориулалттай ашиглах зөвшөөрөлтэйгөөр судалгааны тайлангаас Говийн бүсийн 4 аймгийн 47 сумын 217 худгийн усны ундны усанд хүнцэл, фтор тодорхойлсон шинжилгээ үр дүн, худгийн мэдээллийн хамт түүж, мэдээллийн сан үүсгэн, хоёрдогч боловсруулалтыг хийсэн.

Зорилт 2-ын хүрээнд Говийн бүсийн аймгуудын хүн амын шүдний өвчлөл (*Флюороз, Кариес*)-ийн түвшин, тархалтыг Эрүүл мэндийн хөгжлийн төвийн Их өгөгдлийн дата санд тулгуурлан ундны усны фторын агууламжтай холбон судалсан. Мөн Үндэсний статистикийн хорооны 2023 оны хүн амын тооны үзүүлэлтийг ашигласан.

Зорилт 3-ын хүрээнд Агшны судалгааны загвараар Өмнөговь аймгийн 15 сумаас шалгуурын дагуу насанд хүрсэн 242 хүнийг хамруулж, ундны уснаас үүдэлтэй хүнцэл хүний эрүүл мэндэд үзүүлэх нөлөөг био-мониторингийн аргаар үс, шээсний био-сорьцод хүний эрүүл мэндэд үзүүлэх нөлөөг магадлан итгэмжлэгдсэн эрүүл ахуй, хор судлалын лабораторид хийв.

Хүнийг хамруулсан Био-Анагаахын судалгааны аргачлалыг АШУҮИС-ийн Судалгааны ёс зүйн хяналтын хорооны №21-25/06-02 тоот хурлын шийдвэрээр ёс зүйн зөвшөөрөл авсан.

СУДАЛГААНЫ ҮР ДҮН

Ундны усны хүнцэл, фторын агууламж, эрүүл ахуйн үнэлгээ

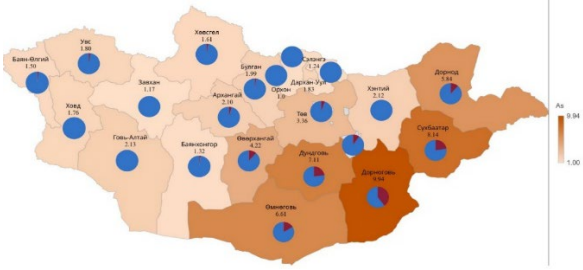
Монгол улсын Ундны усны MNS 0900-2018 стандарт болон Дэлхийн эрүүл мэндийн байгууллагын Ундны усны чанарын удирдамжийн ундны усны хүнцлийн зөвлөмж утга 10 мкг/литрээс хэтрээгүй байхаар тусгасан байдаг. Говийн аймгуудын 47 сумын ундны усны эх үүсвэр 217 худгийн усны дээжийн 24% -д нь хүнцлийн агууламж стандартад заасан хүлцэх хэмжээнээс хэтэрсэн илэрсэн.

УНДНЫ УСНЫ ХҮНЦЛИЙН АГУУЛАМЖ, ЭРҮҮЛ АХУЙН ҮНЭЛГЭЭ

ХҮСНЭГТ 1.

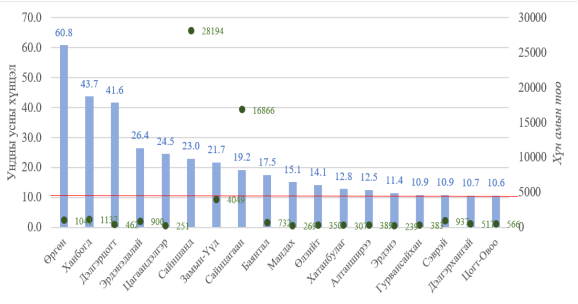
№	Аймаг	Дээжийн тоо	Хүнцэл As ≤10 µg/L		Хүнцэл As≥10 µg/L	
			*Стандарт		Илүүдэл	
			n	%	n	%
1	Говьсүмбэр	31	28	90.3	3	9.7
2	Дорноговь	63	38	60.3	25	39.7
3	Дундговь	57	44	77.2	13	22.8
4	Өмнөговь	66	55	83.3	11	16.7
	Нийт	**217**	**165**	**76**	**52**	**24%**

Монгол орны газар зүйн бүсчлэлээр нь авч үзэхэд Говийн болон Зүүн аймгуудын ундны усны эх үүсвэр болох гүний худгийн усанд хүнцлийн агууламж их илэрч байна.



Зураг 1. Монгол орны ундны усны хүнцлийн тархац

Говийн 4 аймгийн 18 сумын усны эх үүсвэр худгийн усанд хүнцэл (As≥10 µg/L)-ийн агууламж ЗДХ-ээс их илэрсэн ба ундны усны эрүүл ахуйн шаардлагын стандартыг хангахгүй байна. Тухайн 18 сумын төвд оршин суугаа 57 589 хүн амд урт хугацааны архаг эрүүл мэндийн нөлөө үзүүлж байх магадлалтай байна.



Зураг 2. Ундны усны хүнцэл стандартад заасан хүлцэх хэмжээнээс их илэрсэн, сумд

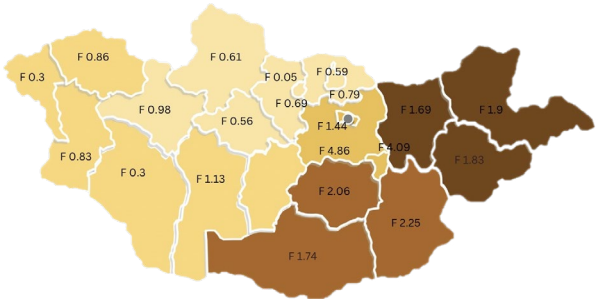
Говийн 4 аймгийн 47 сумын төвийн хүн амын ундны усны шинжилгээний химийн үзүүлэлтийн дүнгээр нийт шинжилсэн 217 дээжийн 66.8% буюу 145 дээжид Фторын агууламж дунджаар 2.06 мг/л илэрсэн байгаа нь MNS 0900:2018 стандартын шаардлага зөвшөөрөгдөх дээд хэмжээ 0.75-1.5 мг/л-ээс их байна.

УНДНЫ УСНЫ ФТОР, ЭРҮҮЛ АХУЙН ҮНЭЛГЭЭ

ХҮСНЭГТ 2.

№	Аймаг	Дээж	Дундаж	Хэвийн Фтор 0.7-1.5		Илүүдэл Фтор 1.51 их	
				n	%	n	%
1	Говьсүмбэр	31	1.9	6	19.4	25	80.6
2	Дорноговь	63	2.25	20	31.7	43	68.3
3	Дундговь	57	2.26	20	35.1	37	64.9
4	Өмнөговь	66	1.73	26	39.4	40	60.6
	Нийт	**217**	**2.06**	**72**	33.2	145	**66.8**

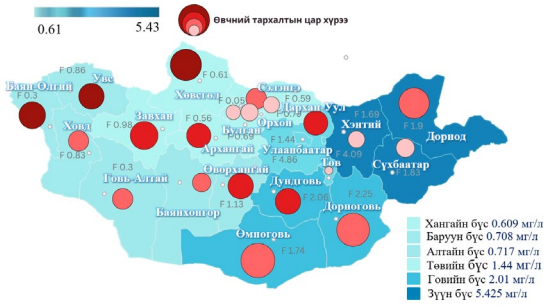
Говийн 4 аймгийн 34 сумын 74267 хүн амын ундны усанд фторын агууламж стандартад заасан зөвшөөрөгдөх дээд хэмжээ 0.75-1.5 мг/л-ээс их илэрсэн ба Дундговь аймгийн Сайнцагаан, Өлзийт, Эрдэнэдалай сумд, Өмнөговь аймгийн Ханбогд, Ханхонгор, Цогт-Овоо сумд, Дорноговь аймгийн Дэлгэрэх, Даланжаргалан, Эрдэнэ, Хатанбулаг сумд хамгийн их байна.



Зураг 3. Ундны усны фторын дундаж агууламж

Доктор И.Болормаа нарын Ундны усны фтор, иодын эрүүл ахуйн үнэлгээ, НЭМХ, 2001 оны судалгаагаар “Ундны усны фтор нь хүний шүдний өвчлөл (Флюороз-К00.3 болон Кариес-К02)-ийн тархалтад шууд хүчтэй хамааралтай” болохыг тогтоосон.

Ундны усны фтор ба шүдний өвчлөлийн тархалтыг холбон судлахад Усанд агуулагдаж буй фтор, хүн амын шүдний өвчлөлийн тархалтад нөлөөлж байв.



Зураг 4. Усны фторын агууламж ба Кариес өвчний тархалт

Иймд фторын нутагшмал тархалттай бүс нутгийнхан амны хөндийн эрүүл ахуйн хэрэглэгдэхүүн “ОО”-ны хэрэглээг оновчтой сонгох нь чухал юм. Говийн бүсийн хүн амд фторгүй шүдний ОО-г зөвлөж, хэрэглүүлэх нь ач холбогдолтой. Энэ нь хүн амын дунд шүдний өвчлөлийн тархалт, улмаар шүдний өвчлөлөөс үүдэлтэй эрүүл мэндийн дарамт, эдийн засагт эерэг нөлөө үзүүлэх нийгмийн эрүүл мэндийн нөлөөтэй байдаг [11,17-18].

Зорилт 3-ын хүрээнд Ундны усны хүнцэл, хүний эрүүл мэндэд үзүүлэх нөлөөг хүний үс, шээсний биосорьцод тодорхойлох шинжилгээ Өмнөговь аймгийн 15 сумын насанд хүрсэн (дундаж нас 38.8±6.9) 242 хүнийг хамруулсан.

Шээсэнд хүнцэл (As) тодорхойлсон дүн

Хүний шээсэнд нийт хүнцэл (As)-ийн түвшинг 10 мкг/л хэмжээг лавламж утгын хүрээнд гэж лавламж утгатай харьцуулан үнэлгээ өгөв. Судалгаанд оролцсон насанд хүрсэн хүний шээсэнд хүнцэл (As) дунджаар 12.7 мкг/л тодорхойлогджээ.

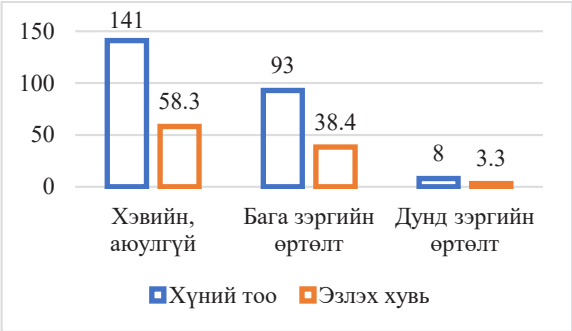
ШЭЭСЭНД ХҮНЦЭЛ (AS) ТОДОРХОЙЛСОН ТОЙМ СТАТИСТИК, ХҮЙСЭЭР

ХҮСНЭГТ 3.

№	Төвийн хандлагын үзүүлэлт	Эрэгтэй (n=98)	Эмэгтэй (n=144)	Нийт
1	Дундаж (Me)	12.6	12.9	12.7
2	Голч утга (Med)	5.9	8.3	7.1
3	Стандарт хазайлт (SD)	20.2	15.4	17.47
4	Хамгийн бага утга (Min)	0.69	0.69	0.69
5	Хамгийн их утга (Max)	156	86.2	156

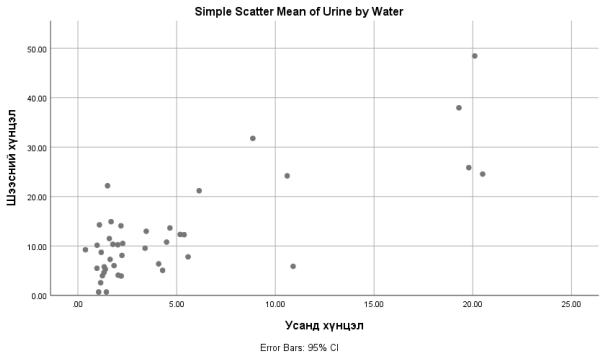
Шээсэнд хүнцэл (As) тодорхойлсон шинжилгээний дүнгээр нийт оролцогчдын 58.3% нь <10 мкг/литрээс бага буюу хэвийн ауулгүй харин 38.4% нь бага зэргийн өртөлттэй буюу бага хэмжээгээр удаан хугацаанд өртөж буй хүн ам, 3.3%

нь дунд зэргийн өртөлттэй удаан хугацаанд өндөр тунгаар өртөж байгааг илэрхийлж байна.



Зураг 5. Хүний шээсэнд нийт хүнцэл (As)-ийн түвшин, мкг/л

Ундны усанд агуулагдаж буй хүнцэл (As) нь тухай усыг уусан хүмүүсийн шээсний ялгарал дахь хүнцлийн түвшинг нэмэгдүүлэхэд нөлөөлөх эрсдэл болж байна Ундны усны хүнцлийн агууламж стандартад заасан зөвшөөрөгдөх хэмжээнээс хэтэрсэн усыг хүн амд ундандаа хэрэглэх нь эрүүл мэндийн эрсдэлтэй буюу шээсэнд илрэх хүнцлийн концентраци нь шууд хамааралтай байна *(r=0.385, p=0.001)*.



Зураг 6. Усэнд хүнцэл (As) тодорхойлсон дүн

Хүний үсэнд хүнцэл (As)-ийн түвшинг 1 мкг/граммаас хэмжээг лавламж утгын хүрээнд гэж лавламж утгатай харьцуулан үнэлгээ өгөв. Судалгаанд оролцсон насанд хүрсэн хүний үсэнд хүнцэл (As)-ийн дунджаар 0.78 мкг/г байсан.

ҮСЭНД ХҮНЦЭЛ (AS) ТОДОРХОЙЛСОН СТАТИСТИК, ХҮЙСЭЭР

ХҮСНЭГТ 4.

№	Төвийн хандлагын үзүүлэлт	Нийт
1	Дундаж (Me)	0.78
2	Голч утга (Med)	0.23
3	Стандарт хазайлт (SD)	1.2
4	Хамгийн бага утга (Min)	0.06
5	Хамгийн их утга (Max)	12.24

Судалгаанд оролцсон эрэгтэй, тамхи татдаг хүмүүсийн үсэнд хүнцэл (As)-ийн дунджаар их илэрсэн. Нийт оролцогчдын 30.6% нь үсэнд хүний эрүүл мэндэд үзүүлэх нөлөөгээр багаас дээш өртөлт илэрсэн.

ХҮСНЭГТ 5. ХҮНИЙ ҮСЭНД ХҮНЦЭЛ (AS)-ИЙН ТҮВШИН, МКГ/Г

Лавламж утга [19-21].	**Түвшин**	**Хүний тоо**	**Эзлэх хувь**
<1 мкг/г	Лавламж утгын хүрээнд	168	69.4
1.1–3 мкг/г	Бага зэргийн өртөлт	68	28.1
3–10 мкг/г	Дунд зэргийн өртөлт	5	2.1
>10 мкг/г	Их хэмжээний өртөлт	1	0.4
Нийт		**242**	**100**

Хүний үсэнд илэрсэн хүнцлийн агууламж нь тэдний ууж буй усанд агуулагдаж буй хүнцлийн агууламжтай шууд, сул хамааралтай байна (*r=0.269, p=0.001)*.

УНДНЫ УСНЫ ХҮНЦЭЛ БОЛОН ХҮНИЙ БИО-СОРЬЦОД ХҮНЦЛИЙН ХАМААРАЛ

ХҮСНЭГТ 6.

Үзүүлэлт		Үсэнд хүнцэл	Шээсэнд хүнцэл	Нас	Усанд хүнцэл
Үсэнд хүнцэл	Pearson Correlation	1			
	Sig. (1-tailed)				
	Нийт	242			
Шээсэнд хүнцэл	Pearson Correlation	0.064	1		
	Sig. (1-tailed) p утга	0.160			
	Нийт	242	242		
Нас	Pearson Correlation	-0.040	-0.075	1	
	Sig. (1-tailed) p утга	0.268	0.122		
	Нийт	242	242	242	
Усанд хүнцэл	Pearson Correlation	***.269****	***.385****	-0.004	1
	Sig. (1-tailed) p утга	***0.001***	***0.001***	0.473	
	Нийт	242	242	242	242

Өмнөговь аймгийн 15 сумдын хүн амын ундны усны 76 худгийн усанд хүнцэл (As)-ийн шинжлэхэд 16.7 хувьд нь ЗДХ 0.01 мг/л-ээс хэтэрсэн байв. Иймд Өмнөговь аймгийн зарим сумдын ундны усны хүнцэл, түүний хүний эрүүл мэндэд үзүүлэх архаг нөлөөг тандах судлах болсон билээ.

ДҮГНЭЛТ

Говийн бүсийн 4 аймгийн 18 сумын хүн амын ундны усанд агуулагдах хүнцэл, мөн 34 сумын ундны усанд агуулагдах фтор агууламж стандартад заасан зөвшөөрөгдөх дээд хэмжээнээс хэтэрч, ундны усны чанарын шаардлагад нийцэхгүй байна.

Ундны усанд агуулагдах фторын илүүдэл нь хүн амын дунд шүдний нутагшмал флюороз болон кариесийн өвчний тархалтад нөлөөлөх хүчин зүйлс болж байна.

Ундны усны хүнцлээс үүдэлтэйгээр судалгаанд хамрагдсан насанд хүрэгчдийн 30.6%-д нь үсний шинжилгээнд, 41.7%-д шээсний шинжилгээгээр хүнцлийн өртөлт тус тус илэрсэн.

ТАЛАРХАЛ:

Бидний судалгаанд хамрагдаж био-сорьц болох үс, шээсний шинжилгээ өгч оролцсон иргэдэд гүн

тархал илэрхийлье. Мөн Өмнөговь аймгийн Эрүүл мэндийн газрын зохион байгуулалтын дэмжлэгтэйгээр Сум, Өрхийн эрүүл мэндийн төвийн хамт олны манлайлан оролцсон хамтын ажиллагаанд тархал илэрхийлье.

Ундны уснаас үүдэлтэй хүн амын эрүүл мэндийн нөлөөг биомониторингийн лабораторийн аргаар анхны судалгаа хийх боломжийг бүрдүүлж, санхүүгийн дэмжлэг үзүүлсэн Говийн Оюу хөгжлийг дэмжих сан, түүний хамт олон, орон нутгийн удирдлага болон ажлын албаны бүх хүмүүст тархал илэрхийлье.

АШИГЛАСАН МАТЕРИАЛ, НОМ ЗҮЙ

[1]. UNESCO, НҮБ-ын Дэлхийн усны хөгжлийн 2023 оны тайлан, Улаанбаатар: 2024

[2]. Монгол улсын их хурлын 52-р тогтоол, Алсын хараа-2050 Монгол улсын урт хугацааны хөгжлийн бодлого, Улаанбаатар: 2020

[3]. Усны тухай хууль. Усны тухай хууль. Улаанбаатар: Төрийн мэдээлэл; 2012.

[4]. Эрүүл мэндийн тухай хууль. Эрүүл мэндийн тухай хууль. Улаанбаатар: Төрийн мэдээлэл; 2011.

[5]. Нийгмийн эрүүл мэндийн тусламж үйлчилгээний тухай хууль. Төрийн мэдээлэл; 2024.

[6]. Байгаль орчинд нөлөөлөх байдлын үнэлгээний тухай хууль. Төрийн мэдээлэл; 2012.

[7]. WHO, Guidelines for drinking-water quality: fourth edition incorporating the first andsecond addenda, 2022

[8]. Монгол улсын Стандартчиллын Үндэсний Зөвлөл, MNS 0900:2018 Хүрээлэн буй орчин. Эрүүл мэндийг хамгаалах. Аюулгүй байдал. Ундны ус. Эрүүл ахуйн шаардлага, чанар, аюулгүй байдлын үнэлгээ, Улаанбаатар: Стандарт, хэмжилзүйн газар, 2018

[9]. ЭМЯ, НЭМХ бусад, Хөдөөгийн хүн амын ус хангамж, ариун цэвэр, эрүүл ахуй, УБ, 2007

[10]. ЭМЯ, НЭМХ, НҮБ-ын Хүүхдийн сан, Монгол дахь Хүнцлийн тархалтын судалгаа, 2005

[11]. Ч.Өнөрцэцэг, Э.Эрдэнэчимэг, И.Болормаа нарын Говийн аймгуудын ундны усны химийн зарим элементийн агууламж, эрүүл ахуйн үнэлгээ, УБ, 2013

[12]. И.Болормаа, Л.Нарантуяа, Х.Цолмон. (2001) “Ундны усны фтор,иодын эрүүл ахуйн үнэлгээ” АШУҮИС

[13]. Өмнөговь аймгийн төв болон сум, суурин газрын ундны усны чанарын судалгаа, дүгнэлт, зөвлөмж- судалгааны тайлан 2021, ХСУХАТАҮЗХ

[14]. Дорноговь аймгийн төв болон сум, суурин газрын ундны усны чанарын судалгаа, дүгнэлт, зөвлөмж- судалгааны тайлан 2022, ХСУХАТАҮЗХ

[15]. Дундговь аймгийн төв болон сум, суурин газрын ундны усны чанарын судалгаа, дүгнэлт, зөвлөмж- судалгааны тайлан 2021, ХСУХАТАҮЗХ,

[16]. Говьсүмбэр аймгийн төв болон сум, суурин газрын ундны усны чанарын судалгаа, дүгнэлт, зөвлөмж- судалгааны тайлан 2022, ХСУХАТАҮЗХ

[17]. Yomna Nassar, Melina Brizuela (2023) “The Role of Fluoride on Caries Prevention”, StatPearls–NCBI BookshelF

[18]. Kamil Pajor, Lukasz Pajchel, Joanna Kolmas (2019) “Hydroxyapatite and Fluorapatite in Conservative Dentistry and Oral Implantology”

[19]. Sun, G. (2004). Arsenic contamination and arsenicosis in China. *Toxicology and Applied Pharmacology*, 198(3), 268–271. https://doi.org/10.1016/j.taap.2003.10.008

[20]. Krishnan K, Carrier R. The use of exposure source allocation factor in the risk assessment of drinking-water contaminants. *J Toxicol Environ Health B Crit Rev*. 2013;16(1):39-51. doi:10.1080/10937404.2013.769419

[21]. McCarty KM, Hanh HT, Kim KW. Arsenic geochemistry and human health in South East Asia. *Rev Environ Health*. 2011;26(1):71-78. doi:10.1515/reveh.2011.010