

ВАКЦИН БИОБЭЛДМЭЛ ХАДГАЛАХ ХҮЙТЭН ХЭЛХЭЭНИЙ ТОНОГ ТӨХӨӨРӨМЖИЙН АЖЛЫН ПАРАМЕТРУУДЭД НӨЛӨӨЛӨХ ХҮЧИН ЗҮЙЛИЙН СУДАЛГАА

А.Амаржаргал¹, Д.Пүрэвдаш¹, Н.Наранбаатар^{1,2}

¹Монгол Улсын Шинжлэх Ухаан Технологийн Их Сургууль, Эрчим Хүчний Сургууль

²Халдварт Өвчин Судлалын Үндсэний Төв, Эмнэлгийн тоног төхөөрөмжийн тасаг

Хураангуй

Хөгжиж буй орнуудад хүйтэн хэлхээний төхөөрөмж (ХХТ)-ийн хэвийн ажиллагааг хангаж ажиллахад маш олон бэрхшээлтэй тулгардаг. Тулгамдаж буй асуудлыг шийдвэрлэхийн тулд Дархлаажуулалтын хүйтэн хэлхээний ажлын параметрт нөлөөлөх хүчин зүйлсийг тодорхойлж, цаашид авах хэмжээг боловсруулах шаардлагатай. Судалгаанд хөргөх болон халаах хэсгээс бүрдсэн, нийт ХХТ-ийн 51%-ийг эзэлж буй МК-074 загврын төхөөрөмжийг сонгон авч, туршилтын ажил хийсэн.

Хүйтэн хэлхээний төхөөрөмжийн хэмийн өөрчлөлтөнд цахилгаан тэжээлийн тасалдал маш хүчтэй, тухайн төхөөрөмжийн хаалга нээлттэй байх үеийн хугацаанаас хүчтэй хамааралтай, хаалга нээлттэй үеийн давтамжийн өөрчлөлт нь сөрөг сул хамааралтай байгааг туршилт, судалгаагаар нотлов.

Түлхүүр үг: хөргөлтийн тоног төхөөрөмж, хөргөлтийн үндэс, хэмийн өөрчлөлт

I. УДИРТГАЛ

Вакцин биобэлдмэл нь хэмийн өөрчлөлтөнд маш мэдрэг байдаг тул тэдгээрийг дархлаа тогтоох чадварыг алдагдуулахгүйгээр 2-8^oC хэмийн хооронд байлгах хэрэгтэй бөгөөд түүнийг хүйтэн хэлхээ гэж нэрлэдэг [1]. Шаардлагатай хэмийн хүрээнд вакциныг хадгалах явцад хүйтэн хэлхээний тоног төхөөрөмжид ашиглалтын явцад ХХТ-н хаалга нээх, хаах, цахилгаан тэжээлийн тасалдал, хэмжих хэрэгслийн зүй зохистой хэрэглээ, ачаалал, савлалтын төрөл, өрөөний хэмийн өөрчлөлт г.м хэд хэдэн хүчин зүйлсээс хамаарч хэмийн өөрчлөлтөд өртөх эрсдэлтэй байдаг. Дээрх хүндрэлүүд нь хязгаарлагдмал нөөцтэй үед гэмтэлтэй хөргөгчний эзлэх хувийг нэмэгдүүлэх бөгөөд вакцин, биобэлдмэлийн дархлаа тогтоох чадвар, дархлаажуулалтын үр нөлөөг буруулж болзошгүй юм [2]. Олон оронд дархлаажуулалтын ХХТ-ийн ашиглалт хангалтгүй байгаа нь дархлаажуулалтын үр дүнд сөргөөр нөлөөлсөөр байна [3–6]. Дэлхийн Эрүүл мэндийн байгууллага, Нэгдсэн Үндэсний Хүүхдийн Сангийн хамтарсан мэдэгдэлд ХХТ-ийн 14% нь ашиглалт хангалтгүй ба бага, дунд орлоготой 55 орны судалгаанд үндэслэн харахад 41% нь хангалтгүй ашиглалттай гарсан. Дээрх хүндрэлүүд нь санхүүгийн хязгаарлагдмал байдлаас нөөцийг үргүй зарцуулдаг [7-8].

ХХТ-ийн хэмийг тогтвортой барихын тулд тоног төхөөрөмжийн хэвийн ажиллагаанд нөлөөлөх хүчин зүйлсийг зөв тодорхойлж, оношлох шаардлагатай.

ДЭМБ-ын ажиллагаа, чанар, аюулгүй байдал (PQS)-ын тасаг нь ХХТ-ийн техникийн нөхцлийг тогтоож, тоног төхөөрөмж худалдан авахаас өмнө

PQS-ийн үзүүлэлтүүдийг хангаж байгааг баталгаажуулахын тулд бие даасан баталгаажуулалтыг ашигладаг [9]. НҮБ-ын Хүүхдийн сангийн хангамжийн хэлтэс нь үйлдвэрлэгчидтэй хамтран хэрэглэгч улс орнуудын мэдээлснээр тоног төхөөрөмжийн тодорхой асуудлуудыг шийдвэрлэж ажилладаг тул ХХТ-ийн хэвийн ажиллагаанд нөлөөлөх хүчин зүйлсийн талаарх мэдээлэл нь үйлдвэрлэгч болон хандивлагч байгууллага, улс орнуудад үнэ цэнэтэй мэдээлэл байх болно.

Судалгааны үр дүн нь ХХТ-ийн хэвийн ажиллагаанд нөлөөлөх хүчин зүйлсийн шалтгааныг олж тогтоох, тэдгээрийн мэдээллийг цуглуулах, дүн шинжилгээ хийх, үр дүнг холбогдох Дархлаажуулалтын өргөтгөсөн хөтөлбөр (EPI)-ийн ажилтнууд, тоног төхөөрөмж үйлдвэрлэгчид, худалдан авах ажиллагааны байгууллагууд, хандивлагч байгууллагуудад дамжуулах, мэдээлэх хариу арга хэмжээ авах боломжтой юм.

II. ОНОЛЫН ХЭСЭГ

Дархлаажуулалтын өргөтгөсөн хөтөлбөрт хэрэглэгддэг ХХТ-үүд нь гүйцэтгэл, чанар аюулгүй байдал (Performance, Quality and Safety-PQS)-ийн жагсаалтад багтсан мөсөн ханатай хөргөгч, хөлдөөгчийг ашигладаг [10].

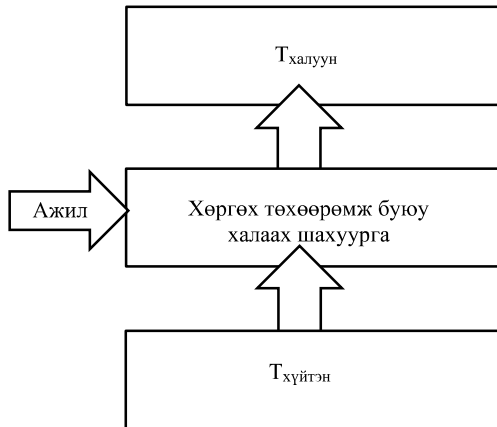
Мөсөн ханатай хөргөгч хөлдөөгч нь ахуйн болон лабораторид хэрэглэгдэж байгаа хөргөгч хөлдөөгчөөс

ялгаатай боловч хөргөх процесс, ажиллах зарчим нь адилхан байна.

Хөргөлтийн системд нам температурыг гурван төрлийн эх үүсвэрээр гаргаж авдаг. Үүнд:

- Байгалийн эх үүсвэр: Мөс, цас, орчны хэмийн өөрчлөлт г.м
- Механик хөргөлт
- Криоген үүсгэгч бодисууд.

Хөргөх процесс нь Термодинамикийн хуулиудад захирагдана. Халаах мотор нь бага хэмээс өндөр хэмийн эх үүсгэвэр рүү шилжүүлэх ажлыг хийх ба өндөр температурын эх үүсвэрт төхөөрөмжийг дулааны шахуурга, эсрэгээрээ бага температурын эх үүсвэрт төхөөрөмжийг "хөргөлтийн машин" гэж нэрлэнэ. (Зураг 1-д үзүүлэв.)



Зураг 1. Хөргөх төхөөрөмж буюу халаах шахуурга

Термодинамикийн I хуульд системд шилжүүлсэн дулаан системийн дотоод энергийг өөрчлөх болон системд гаднаас хийх ажилд зарцуулагдана.

$$Q = U_2 - U_1 + A \quad (1)$$

Дифференциал хэлбэр нь халуун хүйтэн

$$d'Q = dU + d'A \quad (2)$$

Термодинамикийн I хуулийг дараахь байдлаар томъёолж болно. Гаднаас өгсөн энерги илүү хэмжээтэй ажил хийдэг хөдөлгүүр буюу I төрлийн мөнхийн хөдөлгүүр байхгүй.

Хөдөлгүүр нь шахах буюу сорох үйлдлийг олон удаа давтан хийдэг шатлал бүхүй систем юм. Шатлалын явцад ажлын бие (хий) V_2 эзэлхүүнтэй болтлоо тэлсний дараа V_1 анхны эзэлхүүнтэй болтол шахна.

Шатлалын дараа ажлын бие анхны төлөвтөө орно. Иймээс дотоод энергийн өөрчлөлт 0 болно. Циклийн туршид ажлын биед өгсөн дулаан $Q_1 - Q_2'$ болно.

$$A = Q_1 - Q_2' \quad (3)$$

Q_1 – тэлэх үед ажлын биеийн авсан дулаан.

Q_2' – шахах үед авсан дулаан.

A – Шатлал туршид хийсэн ажил ба циклийн талбайтай тэнцүү

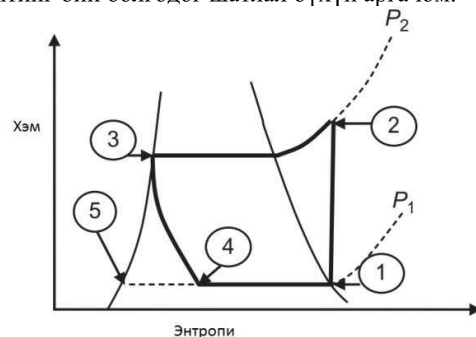
Гаднаас авсан дулаанаар ажил гүйцэтгэдэг хөдөлгүүрийг дулааны машин гэдэг. Ажлын томъёоноос харахад гаднаас авсан дулаан Q_1 – дулаан бүгд ашигтай ажилд зарцуулагдахгүй. Хөдөлгүүр циклээр ажиллах үед дулааны Q_2' хэсэг гадны орчимд буцааж өгөх шаардлагатай. Дулааны машины А.Ү.К – г

$$\eta = \frac{A}{Q_1} + \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} \quad (4)$$

Шатлалыг буцааж явуулбал хөргөгч машины шатлал гарна. Ийм машин T_2 температуртай биеэс Q_2 дулаан авч илүү их T_1 температуртай биед Q_1 ' дулаан өгнө. Циклийн үед A' ажил хийгдэнэ. Хөргөлтийн коэффициентийг тодорхойлохдоо хөрж байгаа биеэс авсан дулааны машиныг ажиллуулахад зарцуулагдах ажилд харьцуулж олно.

$$\text{Хөргөлтийн коэффициент} = \frac{Q_2}{A'} + \frac{Q_2}{Q_1 - Q_2} \quad (5)$$

Хүйтэн хэлхээн хөргөх явц механик хөргөлт дээр тулгуурлан явагдана. Механик хөргөлтийн хамгийн түгээмэл хэлбэрийн үндсэн зарчим бол Ранкине шатлал (William John Macquorn Rankine, 1820-72, Шотландын инженер) буюу уурыг шахах шатлалт термодинамик процесс юм. Ранкине шатлалт онолын урвууг Зураг 2-д T-S (температур-энтропи) график хэлбэрээр үзүүлэв. Энэхүү шатлал 4-н хэсгээс бүрдэнэ. Эхний шат ханасан уурыг P1-с (цэг 1) –с P2 (цэг 2) –руу шахна. Шахан уурыг бүрэн хөргөж, шингэн хэлбэрт оруулж өтгөрүүлэн (цэг 3) конденсацлах ба өтгөрүүлсэн уураас гарсан дулааныг агаар, ус гэх мэт хөргөх орчинд шилжүүлдэг. Шингэний даралтыг тохируулагчаар (Хавхлага, дамжуулах хоолойг өргөтгөх) P1 даралт хүртэл (цэг 4) буулгаах 3 дахь шатлал явагдана. Бүх шингэн дулааныг шингээн ууршин уурын холимог руу шилжүүлнэ (1-р цэг рүү буцах). Энэ бол ашигтай хөргөлтийг бий болгодог шатлал бүхүй арга юм.



Зураг 2. Уур шахах шатлал

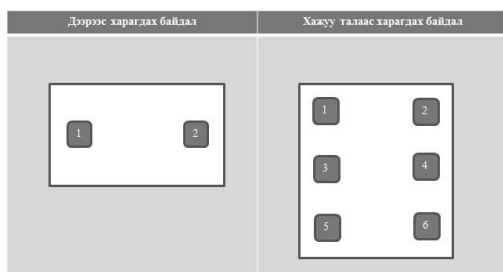
Шатлалд орж буй шингэнийг хөргөлтийн шингэн гэж нэрлэдэг. Ранкине шатлалт урвуу онолын хувьд ямар ч төрлийн хөргөх шингэн ашиглах боломжтой боловч практикт тодорхой төрлийн хольцтой шингэнг ашиглаж байна [11].

Ш. СУДАЛГААНЫ ХЭСЭГ

Туршилтанд нийт 6 ширхэг тоон хэм заагуур, 2 ширхэг мультилогийн мэдрэгчийг ашигласан ба тэдгээр нь бүгд гүйцэтгэл, чанар аюулгүй байдал (Performance, Quality and Safety-PQS)-ын жагсаалтад

багтсан хэмжих хэрэгслийг ашиглав [12]. Вакцин, биобэлдмэл хадгалах ХХТ-ийн ажлын параметр болох хэмийн өөрчлөлтөнд хэд хэдэн хүчин зүйлүүдийн туршилт, судалгаа хийхийг зорилоо. Судалгааны объект дархлаажуулалтын ХХТ-ийн 51%-ийг эзлэж буй мөсөн ханатай МК-074 загврын хөргөгчийг сонгосон болно.

Ашиглалтын явцад ХХТ-ийн хаалга нээх, хаах болон цахилгаан тэжээлийн тасалдалын нөлөөллийн хүчин зүйлийн хэмжилтийн цэгийг зураг 3-д үзүүлснээр дагуу мэдрэгчийг байрлуулж, хэмжилт, туршилтыг хийв.



Зураг 3. Туршилт явуулах үеийн мэдрэгчийн байрлал

Гүйцэтгэл чанарын аюулгүй байдал /PQS/-ийн шаардлага хангасан ХХТ нь орчны хэмээс хамаарч хэмийг 24-48 цаг барих чадвартай тул цахилгаан тэжээл тасарснаас 36 цагийн дараах утгуудыг авсан болно.

Хэмжилтийн утгуудаар статистик хамааралтай хоёр хэмжигдэхүүний корреляцийн хамаарлын хэлбэрийг илэрхийлсэн тэгшитгэл болох Регрессийн загваран тэгшитгэл бичиж, Корреляцийн коэффициентийг тодорхойлсон [13].

IV. ҮР ДҮН

1. ХХТ-н хэмийн өөрчлөлтөнд хаалгыг нээх, хаах хүчин зүйлийн нөлөөллийн шинжилгээ (хугацаанаас хамаарсан)

Мөсөн ханатай хөргөгч МК-074-г цахилгаан тэжээлд холбон 24 цагийн турш дотор хэмийг хянаж, шаардлагатай тохиргоог хийж 48 цагийн дараа хэмийг шалгахад доод хэм $4,6^{\circ}\text{C}$, дээд хэм $6,4^{\circ}\text{C}$ байсан тул вакцин биобэлдмэл хадгалах шаардлага хангасан гэж үзэв. Гадна орчны хэм 18°C -д туршилтыг явуулав. Хаалга онгойлгосоноос хойш 30 минутын дараагаас 8°C хэмд (хүснэгт 1) хүрсэн байна.

Хүснэгт 1. Хугацаанаас хамаарсан хэмжилт, туршилтын үр дүн

Д/д	Хугацаа (минут)	I Мэдрэгчийн хэм ($^{\circ}\text{C}$)	II Мэдрэгчийн хэм ($^{\circ}\text{C}$)	III Мэдрэгчийн хэм ($^{\circ}\text{C}$)	IV Мэдрэгчийн хэм ($^{\circ}\text{C}$)	V Мэдрэгчийн хэм ($^{\circ}\text{C}$)	VI Мэдрэгчийн хэм ($^{\circ}\text{C}$)	Дундаж хэмийн өөрчлөлт
1	0	5.8	5.5	5.9	6.1	7.2	7	6.25
2	10	6.7	7.3	6.8	6.6	7.1	7.4	6.98
3	20	7.6	8.7	7.4	7	7.3	7.6	7.60
4	30	8	9.3	7.6	7.3	7.3	7.1	7.77
5	40	8.5	9.5	7.6	7.4	7.3	7.5	7.97

6	50	8.9	10.5	7.7	7.5	7.4	7.8	8.30
7	60	9	10.6	7.7	7.5	7.5	7.8	8.35
8	70	9.1	10.7	7.8	7.6	7.4	7.8	8.40
9	80	9.1	10.8	7.7	7.6	7.4	7.8	8.40
10	90	9.1	10.8	7.7	7.6	7.4	7.7	8.38
11	100	9.1	10.8	7.7	7.5	7.5	7.7	8.38
12	110	9.1	10.9	7.7	7.6	7.5	7.7	8.42
13	120	9.2	10.8	7.7	7.5	7.5	7.7	8.40
14	130	9.2	10.8	7.7	7.5	7.4	7.7	8.38
15	140	9.2	10.9	7.7	7.5	7.4	7.1	8.30
16	150	9.2	10.9	7.7	7.5	7.4	7.7	8.40
17	160	9.2	10.9	7.7	7.6	7.4	7.7	8.42
18	170	9.2	10.9	7.7	7.5	7.4	7.7	8.40
19	180	9.2	10.9	7.7	7.6	7.4	7.7	8.42
20	190	9.1	10.8	7.6	7.5	7.4	7.7	8.35
21	200	9.1	10.8	7.6	7.5	7.4	7.7	8.35
22	210	9.1	10.8	7.6	7.5	7.5	7.7	8.37
23	220	9.1	10.8	7.6	7.5	7.4	7.7	8.35
24	230	9.1	10.8	7.7	7.5	7.4	7.7	8.37

Мөсөн ханатай хөргөгч МК-074-ийн хаалга онгойлсон хугацаанд хэмийн өөрчлөлтийг хамааруулан түүврийн аргаар судалсан. X нь хаалга онгорхой байсан хугацаа (минут), Y нь хэм ($^{\circ}\text{C}$)-г санамсаргүй түүврийн аргаар сонгож, түүврийн аргаар регрессийн тэгшитгэл байгуулав. Нийт 3 удаагийн $n=24$ давтамжтай туршилт хийж, мэдрэгч 1-ээс 6-ын дундаж утгаар хүснэгт 1-г байгуулсан. Мэдрэгч 1, 2 нь туршилт эхэлснээс хойш 30 минутын дараагаас хүйтэн хэлхээний дээд хязгаар болох 8°C -ийн хэмийг давсан байна. Y -ийн утгыг авахдаа 6 мэдрэгчийн дундаж хэмээр авсан. Хүснэгт 2-г ашиглан шугаман регрессийн тэгшитгэлийг бичилт хийв.

Хүснэгт 2. Хэмжилтийн өгөгдлийн корреляци

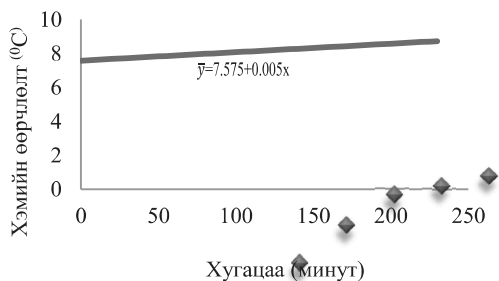
д/д	x_i	y_i	$x_i y_i$	x^2	y^2
1	0	6.25	0	0	39.0625
2	10	6.98	69.8	100	48.7204
3	20	7.6	152	400	57.76
4	30	7.77	233.1	900	60.3729
5	40	7.97	318.8	1600	63.5209
6	50	8.3	415	2500	68.89
7	60	8.35	501	3600	69.7225
8	70	8.4	588	4900	70.56
9	80	8.4	672	6400	70.56
10	90	8.38	754.2	8100	70.2244
11	100	8.38	838	10000	70.2244
12	110	8.42	926.2	12100	70.8964
13	120	8.4	1008	14400	70.56
14	130	8.38	1089.4	16900	70.2244
15	140	8.3	1162	19600	68.89
16	150	8.4	1260	22500	70.56
17	160	8.42	1347.2	25600	70.8964
18	170	8.4	1428	28900	70.56
19	180	8.42	1515.6	32400	70.8964
20	190	8.35	1586.5	36100	69.7225
21	200	8.35	1670	40000	69.7225
22	210	8.37	1757.7	44100	70.0569
23	220	8.35	1837	48400	69.7225
24	230	8.37	1925.1	52900	70.0569
Σ	2760	195.71	23054.6	432400	1602.383

b_0, b_1 коэффициентүүдийн олвол:

$$b_1 = \frac{23054.6 - \frac{2760 \cdot 195.71}{24}}{432400 - \frac{2760^2}{24}} \approx 0.005; b_0 = 7.575$$

болно. Эндээс шугаман регрессийн тэгшитгэл нь:
 $\bar{y} = 7.575 + 0.005x$

гэж гарч байна. Эх олонлогийн (x, y) элементүүдийн шугаман хамаарлыг уг олонлог дээрх (x_i, y_i) түүврээр төлөөлүүлэн байгуулсан графикийг зураг 4-д үзүүлэв.



Зураг 4. Регрессийн шулуун

Эндээс корреляцийн хамаарлыг олвол:

$$r = \frac{24 \cdot 23054.6 - 2760 \cdot 195.71}{\sqrt{24 \cdot 432400 - 2760^2} \cdot \sqrt{24 \cdot 1602.383 - 195.71^2}} = 0.636$$

Түүврийн коэффициентын тоон утга $-1 \leq 0.636 \leq 1$ гарч байгаа эерэг хүчтэй хамааралтай байна. Өөрөөр хэлбэл 18°C-д вакцин ачааллах үед ХХТ-ийн хаалгыг 10 минут нээлттэй байлгах үед дотор хэм 0,05°C-аар өсч байна.

Практикт вакцин хадгалах ХХТ-ийн хамгийн тохиромжтой хэм 4-6°C хэм байдаг. Орчны хэм 18°C байхад 60 минут хаалга нээлттэй үед 3°C-аар хэм нэмэгдэж, хүйтэн хэлхээний хэвийн ажиллагаа доголдож эхэлнэ.

2. ХХТ-н хэмийн өөрчлөлтөнд хаалгыг нээх, хаах хүчин зүйлийн болооллийн шинжилгээ (давтамжаас хамаарсан)

Мөсөн ханатай хөргөгч МК-074-г цахилгаан тэжээлд холбон 24 цагийн турш дотор хэмийг хянаж, шаардлагатай тохиргоог хийж 48 цагийн дараа хэмийг шалгахад доод хэм 4,3°C хэм, дээд хэм 6,4°C зааж байсан тул вакцин биобэлдмэл хадгалах шаардлага хангасан гэж үзнэ. Гадна орчин 20°C-д туршилтыг (хүснэгт 3) явуулав.

Хүснэгт 3. Давтамжаас хамаарсан хэмжилт, туршилтын үр дүн

Давтамж	1	2	3	4	5	6	7	8
Хэмийн зөрүү	0.	0.	0.	0.	0	0	0	0
Давтамж	9	10	11	12	13	14	15	
Хэмийн зөрүү	0	0	0	0	0.	0.	0.	
					1	1	1	

Мөсөн ханатай хөргөгч МК-074-ийн хаалга онгойлсон давтамжийг хэмийн зөрүүнээс нь

хамааруулан түүврийн аргаар судалсан. x нь хаалга онгойлгох давтамж, y нь хэмийн зөрүү (°C)-г санамсаргүй түүврийн аргаар сонгосон. тул түүврийн аргаар регрессийн тэгшитгэл байгуулая. 5 минут бүрт хөргөгчний хаалгыг 3 минут онгойлгох давтамжтай 5 удаагийн хэмжилт тэмдэглэж, хэмийн зөрүүний дундажийг авсан. Хэмжилт (хүснэгт 4)-ийг ашиглан шугаман регрессийн тэгшитгэлийг бичив. x нь хаалга онгойлгосон давтамж, y нь хэмийн өөрчлөлт (°C)-г санамсаргүй түүврийн аргаар сонгосон.

Хүснэгт 4. Хэмжилтийн өгөгдлийн корреляци

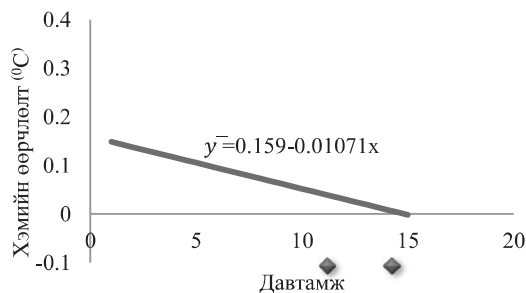
Д/д	x _i	y _i	x _i y _i	x ²	y ²
1	1	0.3	0.3	1	0.09
2	2	0.3	0.6	4	0.09
3	3	0.1	0.3	9	0.01
4	4	0.1	0.4	16	0.01
5	5	0	0	25	0.00
6	6	0	0	36	0.00
7	7	0	0	49	0.00
8	8	0	0	64	0.00
9	9	0	0	81	0.00
10	10	0	0	100	0.00
11	11	0	0	121	0.00
12	12	0	0	144	0.00
13	13	0.1	1.3	169	0.01
14	14	0.1	1.4	196	0.01
15	15	0.1	1.5	225	0.01
Σ	120	1.1	5.8	1240	0.23

b₀, b₁ коэффициентүүдийн олвол:

$$b_1 = \frac{5.8 - \frac{120 \cdot 1.1}{15}}{1240 - \frac{120^2}{15}} \approx -0.01071; b_0 = 0.159$$

болно. Эндээс шугаман регрессийн тэгшитгэл нь:
 $\bar{y} = 0.159 - 0.01071x$

гэж гарч байна. Эх олонлогийн (x, y) элементүүдийн шугаман хамаарлыг уг олонлог дээрх (x_i, y_i) түүврээр төлөөлүүлэн байгуулсан графикийг зураг 5-д үзүүлэв.



Зураг 5. Регрессийн шулуун

Эндээс корреляцийн хамаарлыг олвол:

$$r = \frac{15 \cdot 5.8 - 120 \cdot 1.1}{\sqrt{15 \cdot 1240 - 120^2} \cdot \sqrt{15 \cdot 0.23 - 1.1^2}} = -0.464$$

Түүврийн коэффициентын тоон утга $-1 \leq -0.464 \leq 1$ гарч байгаа сөрөг сул хамааралтай байна.

Практикт вакцинаатор нэг хүнд вакцин тарихад үйлчилүүлэгчийн талаарх шаардлагатай мэдээлэл авах, вакцин тариулахдаа бэлтгэл, тариа хийхэнд дунджаар 5-10 орчим минут, хөргөгчний хаалгыг 1-2 минут онгойлно гэж тооцвол хэмийн өөрчлөлтөд маш бага нөлөө үзүүлэхээр байна. Ашиглалтын явцад ХХТ-н хаалга нээх, хаах (давтамжаас хамаарсан) туршилтын дүн хүлээгдэж байсан үр дүнгээс өөр гарсан байна. Эхний туршилтаас харахад төхөөрөмжийн хаалгыг нээлттэй байлгахад дотор хэм өссөн бол 2 дахь туршилтанд буурсан байна. Энэ нь дараах үндсэн шалтгаантай байх магадлалтай. Эхний туршилттай харьцуулахад хөргөгчний хаалгыг бага хугацаанд онгойлсон. МК-074 загварын хөргөгч нь мөсөн ханыг хөлдөөж, дулааны тохируулагчаар халаах замаар дотор хэмийн шаардлагатай хэмжээнд барьдаг. Туршилтын явцад хаалга онгойлгох үед гадны дулааныг халаагч элементний мэдрэгч мэдэрч салгасанаар дотор хэм буурсан байх боломжтой юм.

3. ХХТ-н хэмийн өөрчлөлтөнд цахилгаан тэжээлийн тасалдах хүчин зүйлийн нөлөөллийн шинжилгээ

Мөсөн ханатай хөргөгч МК-074-г цахилгаан тэжээлд холбон 24 цагийн турш дотор хэмийг хянаж, шаардлагатай тохиргоог хийж 48 цагийн дараа хэмийг шалгахад доод хэм $4,6^{\circ}\text{C}$ хэм, дээд хэм $5,8^{\circ}\text{C}$ зааж байсан тул вакцин биобэлдмэл хадгалах шаардлага хангасан гэж үзнэ. Гадна орчны хэм 26°C -д туршилтыг хийв. Туршилтын үр дүн (хүснэгт 5)-ээс харахад цахилгаан тэжээл тасарсанаас 48 цагийн дараа хэмийн өсөлт ажиглагдаж байна.

Хүснэгт 5. Цахилгаан тэжээлийн тасалдалаас хамаарсан хэмжилт, туршилтын үр дүн

Д/д	Цаг Хэм	Цаг						
		0	3	6	9	12	15	18
1	Дээд	5	4.9	4.8	5.2	5.4	5.5	5.6
2	Доод	4	4.5	4.4	4.6	4.8	4.9	5.1
3	Дундаж	5	4.7	4.6	4.9	5.1	5.2	5.4
д/д	Цаг Хэм	Цаг						
		21	24	27	30	33	36	39
1	Дээд	6	6	6.6	6.8	7.3	7.5	8
2	Доод	5	5.4	6	6.6	7	7.1	7.6
3	Дундаж	6	5.7	6.3	6.7	7.2	7.3	7.8

Х нь цахилгаан тэжээл тасарсан хугацаа (цаг), Y нь хэм ($^{\circ}\text{C}$)-г санамсаргүй түүврийн аргаар сонгосон тул түүврийн аргаар регрессийн тэгшитгэл байгуулав. Нийт 2 удаагийн $n=9$ давтамжтай хэмийн

өөрчлөлтийг тэмдэглэн туршилт явуулж дээд хананд суурьлуулсан мэдрэгч 1, доод хэсэгт байрлуулсан мэдрэгч 6-ын дундаж утгаар хүснэгт 6-г байгуулсан. Мэдрэгч 1 нь туршил эхэлснээс 96 цагийн дараагаас хүйтэн хэлхээний дээд хязгаар болох 8°C хэмийн хязгаарыг давсан байна. Хүснэгт 6-г ашиглан шугаман регрессийн тэгшитгэлийг бичив.

Хүснэгт 6. Хэмжилтийн өгөгдлийн корреляци

Д/д	x_i	y_i	$x_i y_i$	x^2	y^2
1	0	4.5	0	0	20.25
2	3	4.7	14.1	9	22.09
3	6	4.6	27.6	36	21.16
4	9	4.9	44.1	81	24.01
5	12	5.1	61.2	144	26.01
6	15	5.2	78	225	27.04
7	18	5.4	97.2	324	29.16
8	21	5.5	115.5	441	30.25
9	24	5.7	136.8	576	32.49
10	27	6.3	170.1	729	39.69
11	30	6.7	201	900	44.89
12	33	7.2	237.6	1089	51.84
13	36	7.3	262.8	1296	53.29
14	39	7.8	304.2	1521	60.84
Σ	273	80.9	1750.2	7371	483.01

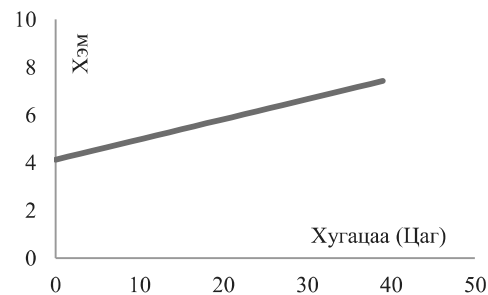
b_0, b_1 коэффициентүүдийн олвол:

$$b_1 = \frac{1750.2 - \frac{273 \cdot 80.9}{14}}{7371 - \frac{273^2}{14}} \approx 0.0845; b_0 \approx 4.13$$

болно. Эндээс шугаман регрессийн тэгшитгэл нь:

$$\bar{y}_x = 4.13 + 0.0845x$$

гэж гарч байна. Эх олонлогийн (x, y) элементүүдийн шугаман хамаарлыг уг олонлог дээрх (x_i, y_i) түүврээр төлөөлүүлэн байгуулсан графикийг зураг 6-д үзүүллэв.



Зураг 6. Регрессийн шулуун

Эндээс корреляцийн хамаарлыг олвол:

$$r = \frac{14 \cdot 1750.2 - 273 \cdot 80.9}{\sqrt{14 \cdot 7371 - 273^2} \cdot \sqrt{14 \cdot 483.01 - 80.9^2}} = 0.968$$

Түүврийн коэффициентын тоон утга $-1 \leq 0.968 \leq 1$ гарч байгаа эерэг маш хүчтэй хамааралтай байна. Практикт цахилгаан тэжээл тасарсан үед мөсөн ханатай ХХТ нь 24-48 цаг дотор хэм барих боломжтой ч орчны хэмээс хамаарч харилцан адилгүй байдаг. Хэрэв дээрх хугацааг тооцохгүй 26°C хэмд цахилгаан тэжээл тасарвал 12 цагт ХХТ-ийн дотор хэм $5,144^{\circ}\text{C}$ хэмээр нэмэгдэж байна. Тиймээс цахилгаан тэжээл тасарсан үед вакцин

зөөврийн саванд ашиглах мөсөн элементийн бэлэн байдлыг зүй зохистой ашиглах дадалыг эзэмшсэн байх шаардлагатай.

ДҮГНЭЛТ

Дунд болон бага орлоготой улс орнуудад хэрэгжүүлж байгаа дархлаажуулалтын хөтөлбөрт тоног төхөөрөмжийн ажлын параметруудад нөлөөлөх хүчин зүйлсийн шалтгааныг зөв тогтоож, Дархлаажуулалт хариуцсан ажилтан, Дэлхийн эрүүл мэндийн байгууллага, НҮБ-ийн хүүхдийн сан, GAVI зэрэг олон улсын донор байгууллагууд хооронд үнэн зөв мэдээлэл солилцох, цаашид авах арга хэмжээг зөв чиглүүлэх нь Дархлаажуулалтын хөтөлбөрийн үр ашиг, хүртээмжийг сайжруулахад уг судалгааны үр дүн оршино.

Цахилгаан тэжээлийн тасалдалаас хамаарсан туршилтад корреляцийн коэффициентын тоон утга r нь $-1 \leq 0.968 \leq 1$, ХХТ-н хэмийн өөрчлөлтөнд хаалгыг нээх, хаах хүчин зүйлийн нөлөөллийн шинжилгээ (хугацаанаас хамаарсан) туршилтад корреляцийн коэффициентын тоон утга r нь $-1 \leq 0.636 \leq 1$ тус тус гарч байгаа нь хэмийн өөрчлөлтөнд дээрх хүчин зүйлс хүчтэй хамааралтай болохыг нотолж байна. Иймд дархлаажуулалтын өрөө бүр цахилгаан дамжуулах утас бүрэн байх, хүчдэл тогтворжуулагч ашиглах г.м аюулгүй байдлыг хангаж ажиллах, шаардлагатай тохиолдолд хэрэглэх вакцин зөөврийн сав, мөсөн элементийг бэлэн байлгах, шаардлагагүй үед хаалга нээх үйлдэл хийхгүй байх зэрэг арга хэмжээг авч ажилласанаар ХХТ-ийн хэвийн ажиллагааг хангах нь судалгааны үр дүнгээс харагдаж байна.

НОМ ЗҮЙ

- [1] World Health Organization (WHO). Department of immunization, vaccines and biologicals. Temperature sensitivity of vaccines. Geneva: WHO; 2006.
- [2] WHO. Immunization supply chain and logistics: a neglected but essential system for national immunization programs. Call to action. Geneva: WHO; 2014.
- [3] WHO and United Nations Children's Fund. EVM global data analysis 2010–2013. Geneva: WHO; 2014.
- [4] Mallik S, Mandal PK, Chatterjee C, Ghosh P, Manna N, Chakrabarty D, et al. Assessing cold chain status in a metro city of India: an intervention study. Afr Health Sci 2011;11(1):128–33.
- [5] Ateudjieu J, Kenfack B, Nkontchou BW, Demanou M. Program on immunization and cold chain monitoring: the status in eight health districts in Cameroon. BMC Res Notes 2013;6:101.
- [6] Diamenu SK, Bosnu G, Abotsi F, Achiano AK, Sarpong F, Dadzie F, et al. Why

conduct effective vaccine management (EVM) assessment? Int J Vaccine Immunizat 2015;1(1)..

- [7] WHO, United Nations Children's Fund. Achieving immunization targets with the comprehensive effective vaccine management (cEVM) framework. Geneva: WHO; 2016.
- [8] Zaffran M, Vandelaer J, Kristensen D, Melgaard B, Yadav P, Antiwi-Agyei KO, et al. The imperative for stronger immunization supply and logistics systems. Vaccine 2013;31(2):B73–80.
- [9] WHO. PQS devices catalogue. Version date 11 March 2016. WHO website. Available from: http://apps.who.int/immunization_standards/vaccine_quality/pqs_catalogue/PdfCatalogue.aspx?cat_type=device. [accessed 22 March 2016].
- [10] The Vaccine cold chain, Module 2, WHO.
- [11] ASHRAE, 2006. 2006 ASHRAE Refrigeration Handbook. ASHRAE, New York.
- [12] Guidelines for manufacturers of temperature monitoring devices.
- [13] Магадлалын онол, математик статистик. : 200EE, S.MT201 Редактор(ууд): Я.Базарсад