

№25(14)361

ОЮУТНЫ ЭРДЭМ ШИНЖИЛГЭЭНИЙ ИЛТГЭЛИЙН ЭМХЭТГЭЛ



МОНГОЛ УЛСЫН ШИНЖЛЭХ УХААН
ТЕХНОЛОГИЙН ИХ СУРГУУЛЬ

MONGOLIAN UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY

ОЮУТНЫ ЭРДЭМ ШИНЖИЛГЭЭНИЙ ИЛТГЭЛИЙН ЭМХЭТГЭЛ

№25(14)
361

УЛААНБААТАР ХОТ
2025 ОН

МОНГОЛ УЛСЫН ШИНЖЛЭХ УХААН,
ТЕХНОЛОГИЙН ИХ СУРГУУЛЬ

**ОЮУТНЫ ЭРДЭМ
ШИНЖИЛГЭЭНИЙ ИЛТГЭЛИЙН
ЭМХЭТГЭЛ**

№25(14)361

УЛААНБААТАР ХОТ
2025 он

ISSN 1560-8794

Эмхэтгэсэн: Ц.Болдбаатар ОУА
Хэвлэлтэд бэлтгэсэн: Э.Дэнсмаа

Хуудасны хэмжээ: А4
Бодит хэвлэлийн хуудас: 27.25
Үсгийн ганитур: Times new roman
Тоо хэмжээ: 12 ш

ШУТИС-ийн Хэвлэлийн газарт хэвлэв.

ГАРЧИГ**ТЕХНИК, ТЕХНОЛОГИЙН САЛБАРЫН ИЛТГЭЛҮҮД**

1. “УНД-АХУЙН УСНЫ ЧАНАРЫГ САЙЖРУУЛАХ СУДАЛГАА /МАЛЫН ЯСААР ҮНСЭН ШҮҮЛТҮҮР ХИЙХ ТҮҮНИЙГЭЭ БУСАД АРГУУДАЙ ХОСЛУУЛАХ НЬ”
Илтгэгч: А.Дархан-Эрдэнэ, Удирдсан багш: О.Мядаг 10
2. “ТӨМРИЙН БАЯЖМАЛААС МАГНЕТИТ ФАЗ ҮҮСГЭХ БОЛОМЖИЙН СУДАЛГАА”
Илтгэгч: Г.Алтангэрэл, Г.Намуунзаяа, Удирдсан багш: М.Дэлгэрмаа 16
3. “ЭРГЭЛТИЙН БИЕИЙГ ТЭНЦВЭРЖҮҮЛЭХ ТУРШИЛТЫН ТӨХӨӨРӨМЖИЙН ТӨСӨЛ”
Илтгэгч: Н.Эрдэнэсант, Удирдсан багш: Д.Батсүх 21
4. “KOMATSU HD 1500-8 ӨӨРӨӨ БУУЛГАГЧ АВТОМАШИНЫ ТЭВШНИЙ ЭЛЭГДЛИЙН СУДАЛГАА”
Илтгэгч: Б.Лхагвадорж, Удирдсан багш: Б.Пүрэвдорж 27
5. “АЮУЛЫГ МЭДЭЭЛЭХ ХАМГААЛАЛТЫН ДУУЛГАНЫ СУДАЛГАА, ХӨГЖҮҮЛЭЛТ”
Илтгэгч: Л.Одлхагва, Б.Уянга, Удирдсан багш: А.Түвшинжаргал 33
6. “КАРГО ТЭЭВРИЙН БИЧИГНЭЭС МЭДЭЭЛЭЛ ГАРГАН АВАХ УХААЛАГ СИСТЕМ”
Илтгэгч: М.Түмэн-Аюуш, Ч.Мичидгоо, С.Батмөнх, Удирдсан багш: С.Өлзийбаяр 38
7. “МОНГОЛ ХЭЛ ДЭЭРХ ТЕКСТИЙГ ОНОВЧТОЙ ХУРААНГУЙЛАХ АРГЫН СУДАЛГАА”
Илтгэгч: Б.Амартүвшин, Н.Гантөмөр, Удирдсан багш: Б.Золзаяа 49
8. “ӨМХӨРСӨН ШИНЭС АШИГЛАН ШИНЭ МАТЕРИАЛ ГАРГАН АВАХ СУДАЛГАА”
Илтгэгч Г.Алтаниагай, С.Одбаяр, Удирдсан багш: А.Тунгалаг 59
9. “ХӨНГӨРҮҮЛСЭН ТӨМӨР БЕТОН, ДАМ НУРУУНЫ ДААХ ЧАДВАРЫН СУДАЛГАА”
Илтгэгч: Э.Сундуй, Удирдсан багш: Т.Үдбал 62
10. “ШУТИС-ИЙН VIII БАЙРНЫ АВТО ЗАМЫН ӨНДӨРЖИЛТ ТӨЛӨВЛӨЛТИЙН АСУУДЛЫН ТАЛААРХ СУДАЛГАА”
Илтгэгч: Н.Болорзаяа, М.Сүрэнжав, Б.Өнөрмаа, Б.Баасанжаргал, Удирдсан багш: П.Лувсандагва 67
11. “HD785 МАРКИЙН ХӨРС ТЭЭВРИЙН АВТО САМОСВАЛЫН РАМАНД ҮҮССЭН ЦУУРАЛТЫН ШАЛТГААНЫГ ТОДОРХОЙЛОХ, ТҮҮНИЙ ТЕХНИКИЙН БАЙДЛЫГ ҮНЭЛЭХ СУДАЛГАА”
Илтгэгч: Х.Жолжаксы, Б.Билгүүн, Д.Дамцаг, Д.Эрдэнэболд, Удирдсан багш: Г.Энхжаргал 74
12. “ЗИГЛЕР НИКОЛЬСИЙН АРГААР ПИД КОНТРОЛЛЕРЫГ ХӨГЛӨХ СУДАЛГАА”
Илтгэгч: Б.Отгонбилэг, Удирдсан багш: Д.Үлэмж 84
13. “НАРНЫ ХАВТАНГИЙН НАЛАЛТЫН ӨНЦӨГ НЬ АШИГЛАЛТ, ЗАСВАРТ ҮЗҮҮЛЭХ НӨЛӨӨЛЛИЙН СУДАЛГАА”
Илтгэгч: Н.Мөнхсаран, Удирдсан багш: Г.Мөнгөниагай 88
14. “ДОХИОНЫ ХЭЛИЙГ АВТОМАТЖУУЛАХ БОЛОМЖИЙН АСУУДАЛ”
Илтгэгч: Т.Анхбаяр, Удирдсан багш: Д.Пүрэвдаш 92

БАЙГАЛИЙН УХААН, ЭКОЛОГИЙН САЛБАР ХУРАЛДААНЫ ИЛТГЭЛҮҮД:

15. “ТОВИЙН БҮСЭД АГААРЫН ЧИЙГИЙГ АШИГЛАН ҮҮСГЭМЭЛ ГРУНТИЙН УСТ ДАВХАРГАТАЙ ХУУРАЙ САЙРЫН ДАЛАН БАЙГУУЛАХ БОЛОМЖИЙН СУДАЛГАА”
Илтгэгч: Г.Соджавхлан, Удирдсан багш: Н.Насанбаяр 100
16. “ЗАЙНААС ТАНДАН СУДЛАЛЫН АРГАД ҮНДЭСЛЭН БЭЛЧЭЭРИЙН ТӨЛӨВЛӨЛТӨД АШИГЛАХ СУУРЬ ЗУРАГЛАЛЫГ БОЛОВСРУУЛАХ НЬ”
Илтгэгч: Г.Хулангоо, Д.Маралмаа, Удирдсан багш: Б.Жавзандулам 103
17. “ӨМНӨД МОНГОЛЫН ЭХ ГАЗРЫН ЦЭНГЭГ УСНЫ ОСТРАКОД БА БИОСТРАТИГРАФИ”
Илтгэгч: О.Ижлмөрөн, Удирдсан багш: Ж.Ундаръяа 111

18. “ШАЛГАЛТЫН МАТЕРИАЛЫН ТҮВШИНГ БОДЛОГО БҮРЭЭР ТОДОРХОЙЛОХ НЬ” <i>Илтгэгч: М.Тамир, Удирдсан багш: Т.Гэрэлтуяа</i>	114
19. “СЭЛЭНГЭ АЙМГИЙН МАНДАЛ СУМЫН УСНЫ ХИМИЙН НАЙРЛАГЫН СУДАЛГАА” <i>Илтгэгч: Ч.Номин, Удирдсан багш: Т.Баттөмөр</i>	118
20. “МОЛИБДЕНЫ ДИСЕЛЕНИДИЙН ГАДАРГУУГИЙН ОНОЛЫН СУДАЛГАА” <i>Илтгэгч: Р.Саруултуяа, Удирдсан багш: Д.Отгонбаяр</i>	123
21. “ЭМИЙН ЖОР БИЧЭЭЧ УХААЛАГ СИСТЕМ” <i>Илтгэгч: Г.Магван-Эрдэнэ, Ү.Мөнхтуяа, Удирдсан багш: Б.Долгорсүрэн</i>	127
22. “УУРАГЛАГ ЦАГААН ИДЭЭНИЙ ЧАНАРЫН ҮЗҮҮЛЭЛТИЙН СУДАЛГАА” <i>Илтгэгч: О.Пүрэвханд, Удирдсан багш: С.Дэлгэрмаа, Х.Мөнхзаяа</i>	132
23. “420 МВТ ЧАДАЛТАЙ ЦӨМИЙН ЦАХИЛГААН СТАНЦЫГ АШИГЛАН УСТӨРӨГЧ ҮЙЛДВЭРЛЭХ СУДАЛГАА” <i>Илтгэгч: Ч.Хонгор, Удирдсан багш: Ш.Энхбаяр</i>	136
24. “НАРНЫ ЦАХИЛГААН ҮҮСГҮҮРИЙГ ДАХИН БОЛОВСРУУЛАХ ТЕХНОЛОГИЙН СУДАЛГАА” <i>Илтгэгч: С.Маргад, Ч.Наранзул, Д.Батдорж, Удирдсан багш: Э.Мөнхтуяа</i>	144
25. УУЛ УУРХАЙН ХАЯГДАЛ ШАВРЫГ АШИГЛАН, КЕРАМИК МЕМБРАН ГАРГАН АВАХ СУДАЛГАА <i>Илтгэгч: А.Оюунцоож, Р.Долгоржав</i>	151

НИЙГЭМ, ХҮМҮҮНЛЭГ, ДИЗАЙНЫ САЛБАР ХУРАЛДААНЫ ИЛТГЭЛҮҮД:

26. “ТЭР СУУЦЫН ШИНЭЧИЛСЭН ТӨЛӨВЛӨЛТИЙН ШИЙДЛЭЭР ДАМЖУУЛАН АМЬДРАХ ОРЧНЫГ САЙЖРУУЛАХ БОЛОМЖИЙН ТАЛААРХ СУДАЛГАА” <i>Илтгэгч: Х.Арайлым, М.Бямбасүрэн, Х.Намуун, Удирдсан багш: Б.Түвшин</i>	158
27. “АЮУЛТАЙ АЧАА ТЭЭВРИЙН МАРШРУТЫГ ГРАФ БҮТЭЦ АШИГЛАН ОНОВЧЛОХ НЬ” <i>Илтгэгч: Х.Ариунзаяа, Удирдсан багш: Б.Долгорсүрэн</i>	163
28. “КОМПЬЮТЕР ГРАФИКААР ХУВЦАСНЫ БОДИТ ХӨДӨЛГӨӨН БҮТЭЭХ НЬ” <i>Илтгэгч: Д.Ариунбилэг, Удирдсан багш: Л.Эрдэнэбаяр</i>	170
29. “АВТО ТЭЭВРИЙН ХЭРЭГСЛИЙН НЭР ТОМЬЁОНЫ ОРЧУУЛГЫН АСУУДАЛД” <i>Илтгэгч: М.Анарши, Удирдсан багш: Ц.Цэцэгмаа</i>	173
30. “ИХ СУРГУУЛИЙН ОЮУТНЫ ХИЧЭЭЛ, БИЕ ДААЛТЫН АЖИЛД СНАТГРТ ХЭРЭГЛЭХ НЬ” <i>Илтгэгч: Г.Цолмон, Удирдсан багш: Б.Дэлгэрмаа</i>	180
31. “МОНГОЛ ҮНДЭСНИЙ УРАН БИЧВЭРЭЭР ФОНТ БҮТЭЭХ НЬ” <i>Илтгэгч: О.Эрдэнэчимэг, Удирдсан багш: Б.Мэндсайхан</i>	189
32. “АЯЛАЛ ЖУУЛЧЛАЛЫН САЛБАРТ НӨЛӨӨЛӨГЧ МАРКЕТИНГИЙГ ХӨГЖҮҮЛЭХ БОЛОМЖИЙН СУДАЛГАА” <i>Илтгэгч: Б.Эрдэнэсайхан, Удирдсан багш: Г.Булгамаа</i>	193
33. “СОГТУУРУУЛАХ УНДААНЫ ХУДАЛДАА, ҮЙЛЧИЛГЭЭНИЙ ХУУЛИЙН ХЭРЭГЖИЛТИЙГ “НУУЦЛАГ ҮЙЛЧЛҮҮЛЭГЧ” ТАНДАЛТ СУДАЛГААНЫ АРГААР ҮНЭЛЭХ НЬ” <i>Илтгэгч: Б.Анужин, С.Баярмаа, Удирдсан багш: Т.Оюунбилэг</i>	205
34. “ОЮУТНЫ СУРАЛЦАХ ИДЭВХЭД НОЙРНЫ ЧАНАР НӨЛӨӨЛӨХ НЬ” <i>Илтгэгч: Ц.Нандинчимэг, Удирдсан багш: Ж.Каламхас</i>	213

ӨМНӨХ ҮГ

ШУТИС-ийн оюутны “Эрдмийн XXIV” чуулган шилдэг өгүүлэл шалгаруулах хурал 2025 оны 04 дүгээр сарын 04-ний өдөр Техник, технологийн салбарт 14 өгүүлэл, Байгалийн ухаан, экологийн салбарт 10 өгүүлэл, Нийгэм, хүмүүнлэг, дизайны салбарт 9 өгүүлэл хэлэлцүүлэв.

Хурлын комиссын бүрэлдэхүүнд дараах багш нар ажиллав.

Комиссын даргаар Н.Эрдэнэхүү (Сургалт, оюутны хөгжил эрхэлсэн проректор доктор (Ph.D), профессор)

Комиссын нарийн бичгийн даргаар Ц.Болдбаатар (Оюутны үйлчилгээний албаны мэргэжилтэн)

I. Техник, технологийн салбар зөвлөлд

- Н.Баяржавхлан (Барилга, архитектурын сургуулийн Барилгын инженерийн салбарын багш, доктор (Ph.D))
- М.Цолмон (Эрчим хүчний инженерчлэлийн сургуулийн Цахилгаан техникийн салбарын ахлах багш, доктор (Ph.D))
- С.Өлзийбаяр (Мэдээлэл, холбооны технологийн сургуулийн Мэдээллийн Технологийн салбар ахлах багш доктор (Ph.D))
- П.Цэрэнчимэд (Механик инженер, тээврийн сургуулийн Техникийн механикийн тэнхимийн доктор (Ph.D), дэд профессор)
- Я.Алтанцэцэг (Хүнс, хөнгөн үйлдвэрлэл, дизайны сургуулийн Хүнсний инженерчлэлийн тэнхимийн профессор, доктор (Ph.D))

II. Байгалийн ухаан, экологийн салбар зөвлөлд

- Д.Тэргэл (Барилга, архитектурын сургуулийн Хүрээлэн буй орчны инженерийн салбарын дадлагажигч багш)
- Ж.Ундаръяа (Геологи, уул уурхайн сургуулийн Геологи, гидрогеологийн салбарын багш, доктор (Ph.D))
- Д.Батнасан (Хэрэглээний шинжлэх ухааны сургуулийн Математикийн тэнхимийн ахлах багш, доктор (Ph.D))
- Э.Нарантуяа (Мэдээлэл, холбооны технологийн сургуулийн Холбооны салбарын ахлах багш, доктор (Ph.D), дэд профессор)
- Б.Баярцэцэг (Хүнс, хөнгөн үйлдвэрлэл, дизайны сургуулийн Хөнгөн үйлдвэрлэлийн технологи, инженерчлэлийн тэнхимийн дэд профессор, доктор (Ph.D))

III. Нийгмийн ухаан, хүмүүнлэг, дизайны салбар зөвлөлд

- Б.Дэлгэрцэцэг (Хүнс, хөнгөн үйлдвэрлэл, дизайны сургуулийн Дизайны тэнхимийн дэд профессор, доктор (Ph.D))
- Ц.Цэцэгмаа (Гадаад хэлний сургуулийн Хэрэглээний хэл шинжлэлийн тэнхимийн профессор, доктор (Ph.D), дэд профессор)
- О.Болормаа (Нийгэм, хүмүүнлэгийн сургуулийн Түүх, соёл, аялал жуулчлалын тэнхимийн Тэнхимийн эрхлэгч, доктор (Ph.D), дэд профессор)
- М.Ариунтуяа (Барилга, архитектурын сургуулийн Архитектурын салбарын багш)
- С.Туяа (Нийгэм, хүмүүнлэгийн сургуулийн Нийгмийн ухааны тэнхимийн Ахлах багш, доктор (Ph.D), дэд профессор)

РЕДАКЦЫН ЗӨВЛӨЛ

- С.Баасанжаргал (Гадаад хэлний сургуулийн Ази судлалын салбарын багш)
- Р.Бигэрмаа (Гадаад хэлний сургуулийн Ази судлалын салбарын ахлах багш доктор (Ph.D), дэд профессор)
- Г.Уранчимэг (Гадаад хэлний сургуулийн Ази судлалын салбарын ахлах багш доктор (Ph.D), дэд профессор) нар ажиллав.

ШҮҮГЧДИЙН ҮНЭЛГЭЭГЭЭР:

ТЕХНИК, ТЕХНОЛОГИЙН САЛБАРТ:

ТЭРГҮҮН БАЙРАНД

“KOMATSU HD 1500-8 ӨӨРӨӨ БУУЛГАГЧ АВТОМАШИНЫ ТЭВШНИЙ ЭЛЭГДЛИЙН СУДАЛГАА” сэдвээр

Илтгэгч: Б.Лхагвадорж (Эцдс Авто Инженер-III курс)

Удирдсан багш: Б.Пүрэвдорж (PhD), дэд профессор

ДЭД БАЙРАНД

“ДОХИОНЫ ХЭЛИЙГ АВТОМАТЖУУЛАХ БОЛОМЖИЙН АСУУДАЛ” сэдвээр

Илтгэгч: Т.Анхбаяр (ЭХИС-ийн ЭТТ IV курс)

Удирдсан багш: Доктор (Ph.D), дэд профессор Д.Пүрэвдаш

ГУТГААР БАЙРАНД

“АЮУЛЫГ МЭДЭЭЛЭХ ХАМГААЛАЛТЫН ДУУЛГАНЫ СУДАЛГАА, ХӨГЖҮҮЛЭЛТ” сэдвээр

Илтгэгч: Л.Одлхагва, Б.Уянга (ЭЦДС-ийн Цахилгаан Систем Автоматжуулалт-III курс, Мэдээллийн технологи III Курс)

Удирдсан багш: А.Түвшинжаргал (MSc)

БАЙГАЛИЙН УХААН, ЭКОЛОГИЙН САЛБАРТ:

ТЭРГҮҮН БАЙРАНД

“ӨМНӨД МОНГОЛЫН ЭХ ГАЗРЫН ЦЭНГЭГ УСНЫ ОСТРАКОД БА БИОСТРАТИГРАФИ” сэдвээр

Илтгэгч: О.Ижилмөрөн (ГУУС-ийн Геологи-гидрогеологийн салбар)

Удирдсан багш: Ж.Ундаръяа (ГУУС, Геологи, гидрогеологийн доктор (PhD), салбарын ахлах багш)

ДЭД БАЙРАНД

“ЭМИЙН ЖОР БИЧЭЭЧ УХААЛАГ СИСТЕМ” сэдвээр

Илтгэгч: Г. Магван-Эрдэнэ, Ү.Мөнхтуяа (МХТС-ийн МТС,МС-ын III курс)

Удирдсан багш: (Мэдээлэл технологийн салбарын дэд профессор, доктор (Ph.D), Б.Долгорсүрэн)

ГУТГААР БАЙРАНД

“420 МВТ ЧАДАЛТАЙ ЦӨМИЙН ЦАХИЛГААН СТАНЦЫГ АШИГЛАН УСТӨРӨГЧ ҮЙЛДВЭРЛЭХ СУДАЛГАА” сэдвээр

Илтгэгч: Ч.Хонгор (ЭХИС-ийн дулааны цахилгаан станцын инженерчлэл IV курс)

Удирдсан багш: Ш.Энхбаяр (ахлах багш, Доктор (PhD))

НИЙГЭМ, ХҮМҮҮНЛЭГ, ДИЗАЙНЫ САЛБАРТ:

ТЭРГҮҮН БАЙРАНД

“МОНГОЛ ҮНДЭСНИЙ УРАН БИЧВЭРЭЭР ФОНТ БҮТЭЭХ НЬ”

Илтгэгч: О.Эрдэнэчимэг (ХХҮДС-ийн Компьютер график дизайн - IV)

Удирдсан багш: Б.Мэндсайхан (Ахлах багш)

ДЭД БАЙРАНД

“АВТО ТЭЭВРИЙН ХЭРЭГСЛИЙН НЭР ТОМЬЁОНЫ ОРЧУУЛГЫН АСУУДАЛД”

Илтгэгч: М.Анарши (ГХС-ийн Гадаад хэлний орчуулга хөтөлбөр, Техник, технологийн орчуулагч, IV курс)

Удирдсан багш: Ц.Цэцэгмаа (Хэрэглээний хэл шинжлэлийн салбарын профессор, (доктор, дэд профессор))

ГУТГААР БАЙРАНД

“ИХ СУРГУУЛИЙН ОЮУТНЫ ХИЧЭЭЛ, БИЕ ДААЛТЫН АЖИЛД СНАТГРТ ХЭРЭГЛЭХ
НЬ”

Илтгэгч: Г.Цолмон (ГХС-ийн Гадаад хэлний орчуулга хөтөлбөр, Техник, технологийн
орчуулагч, III курс)

Удирдсан багш: Б.Дэлгэрмаа (Ази судлалын салбарын ахлах багш, (доктор))

ШИЛДЭГ УДИРДАГЧ БАГШААР:

Б.Пүрэвдорж (ЭЦДС-ийн багш (Ph.D), дэд профессор)

Ж.Ундарьяа (ГУУС, Геологи, гидрогеологийн доктор (PhD), салбарын ахлах багш)

Б.Мэндсайхан (ХХҮДС-ийн Ахлах багш)

ТЕХНИК, ТЕХНОЛОГИЙН САЛБАР

Унд, ахуйн усны чанарыг сайжруулах судалгаа /малын ясаар үнсэн шүүлтүүр хийх түүнийгээ бусад аргуудтай хослуулах нь/

А.Дархан-Эрдэнэ¹, О.Мядаг¹, А.Зул²

Монгол улс, Улаанбаатар, ШУТИС, Барилга архитектурын сургууль, Хүрээлэн буй орчны инженерийн салбар

E-mail: ddarhanerdene@gmail.com

Хураангуй: Энэхүү судалгаа нь Монгол Улсын мал аж ахуйн салбараас гарч буй нэг том асуудал болсон боловсруулалт хийгдсэн малаас гарах их хэмжээний малын ил болон хөрсөн дор хаях хаягдал ясны асуудлаас болж хөрсөн дэх хүнд металлын агууламж тодорхой хэмжээнд нэмэгдэж, улмаар хөрсний гүний усны чанарт нөлөөлж, Улаанбаатар хотын гүний усыг бохирдуулах нэг том хүчин зүйл болж байгаа асуудлыг эдийн засгийн хувьд ашигтай мөн байгальд ээлтэйгээр шийдэх арга зам буюу говийн бүсийн аймгийн унд, ахуйн усны стандартын үзүүлэлтээс давсан фторын агууламжийг бууруулахад ашиглах малын ясаар үнсэн шүүлтүүр хийх талаар эдийн засгийн болон хүрээлэн буй орчны судалгаан дээр суурилж шүүлтүүр хийж лабораторийн орчинд туршиж эдийн засгийн хувьд хэр үр дүнтэй болохыг тооцож үзсэн судалгаа юм. Харин нөгөө талаас Малын ясаар усны фторыг бууруулах арга нь хямд, байгальд ээлтэй боловч үр ашиг нь хязгаарлагдмал. Тиймээс энэ аргыг бусад аргуудтай хослуулан ашиглах нь илүү үр дүнтэй байж болно. Усны фторыг бууруулахын тулд тухайн бүс нутгийн нөхцөл, усны чанарыг харгалзан тохирох аргыг сонгох нь чухал юм.

Түлхүүр үг: Фосфат, фтор, MNS 0900:2018, эдийн засаг, боловсруулалт, байгаль орчин

I. Удиртгал

Монгол Улсын хэмжээнд жилдээ 22 сая толгой мал нядалдаг гэсэн статик тоо гарсан. Нядалсан малын 40 хувь нь мах болж хүнсэнд хэрэглэгддэг, үлдсэн 60 хувь нь арьс шир, яс, дайвар бүтээгдэхүүн юм. Хүрээлэн буй орчны нөхцөл байдалд сөргөөр нөлөөлж буй Эмээлтээс гарч буй малын хаягдал ясыг ил задгай хаях, эсвэл зарим хэсгийг газар булдаг. Энэ нь хөрс болон гүний усыг бохирдуулан байгаль орчинд хор учруулж, халдварт өвчин үүсэх нөхцөлийн нэг нь болдог [1]. Харин малын ясыг шатааж, боловсруулалт хийснээр фосфат болон кальцийн карбонат, нүүрстөрөгч ялгардаг байна.

Фосфат нь өөрөө фторын агууламжийг бууруулдаг [2] тул говийн бүсийн унд, ахуйн стандартаас давсан зарим уст цэгийн усны фторын агууламжийг бууруулахад ашигласнаар говийн бүс нутагт импортын үнэтэй техник технологи, шүүлтүүр биш дотооддоо үйлдвэрийн боловсруулалтад оруулж малын яснаас нүүрсэн шүүлтүүр хийж унд, ахуйн усны чанарыг сайжруулж, цаашлаад экспортолж эдийн засгийн үр ашгийг нэмэгдүүлэх боломжтой. Иймд манай оронд буй эдгээр түүхий эдийг хаях биш эцсийн бүтээгдэхүүн болоход туслалцаа үзүүлэх зорилгоор хийсэн судалгаа юм.

II. Сэдвийн судлагдсан байдал

Олон улсад: Танзани улсад гахай болон үхрийн ясыг шатааж ясны идэвхжүүлсэн нүүрс гаргаж хүнцэл болон хар тугалгыг уснаасаа зайлуулдаг. [3]

III. Онолын хэсэг

Монголын говь, тал, хээрийн бүсийн газрын доорх усанд фторын агууламж өндөр байдаг. Энэ нь флюритын томоохон орд газруудтай уялдаж фторын агууламж их байхаас гадна цэрдийн хурдас тархсан газруудын хлор, сульфатын ангийн, натрийн бүлгийн /хатуулаг дотроо магнийн ион зонхилсон/ усанд фторын агууламж өндөр байдаг байна [4]. Ясны нүүрсийг боловсруулахад малын ясыг модны нүүрсээр ажилладаг, тусгай, агаар бага нэвтрүүлдэг зууханд шатаадаг. Найрлага нь хэрхэн хийгдсэнээс хамаарч өөр өөр байдаг. Гэхдээ голчлон гуравласан фосфат (эсвэл гидроксипатит) 57-80%, кальцийн карбонат 6-10%, нүүрстөрөгч 7-10% байдаг [5].

IV. Арга зүй ба өгөгдлүүд

А.Шинжилгээний аргачлал

2,5 мг/л хүртэлх фторын агууламж бүхий 100 мл шинжлэх ус, эсвэл 100 мл хүртэл нэрмэл усаар шингэлсэн бага агууламжтай усан дээр 5 мл ализарин улаан ба 5 мл оксихлорид цирконилын хүчиллэг уусмал нэмнэ. Сайн хольж, холимгийг тасалгааны температурт 1 цаг тавьсны дараа фотоколориметр/ спектромер/ дээр 520-550 нм долгионы уртад /ногоон гэрэл шүүгч бүхий/ 1-2 см зузаантай кювет ашиглан гэрлийн нягтыг хэмжинэ. Жишиг муруйгаас шинжилж буй усан дахь фторын агуулгыг олно.

А.1.Тооцоо хийх

Фторын ионы хэмжээг /X/, мг/л-ээр , дараах томъёогоор тооцоолно.

$$X = \frac{C \times 100}{Y} \quad (1)$$

Энд:

С-жиших муруйгаас олсон фторын агууламж, мг/л

100-стандарт уусмалын эзлэхүүн, мл

Y-Шинжилгээнд авсан сорьцын эзлэхүүн , мл

А.2.Жиших муруй байгуулах

100 мл-ийн багтаамжтай хэмжээт колбонд 0.0, 1.0, 3.0, 5.0, 10.0, 15.0, 20.0, 25.0, 50.0, мл ажлын уусмалд 0.0, 0.05, 0.15, 0.25, 0.5, 0.75, 1.0, 1.25, 2.5 мг/л фтор агуулагдана. Стандарт уусмалуудад сорьцын адил урвалжуудыг нэмж 1 цагийн дараа гэрлийн нягтыг хэмжинэ. Стандарт уусмалуудын шингээлтийн холбогдлоос тэг уусмалын шингээлтийн утгыг хасаж гаргасан шингээлтийн тоон холбогдол ба фтор ионы концентрацаас хамааруулан жишиг муруйг байгуулна.

Ализарин улаан С, цирконилын давсны уусмал шинээр бэлтгэх бүртгээ жиших муруйг дахин байгуулах шаардлагатай. [6]

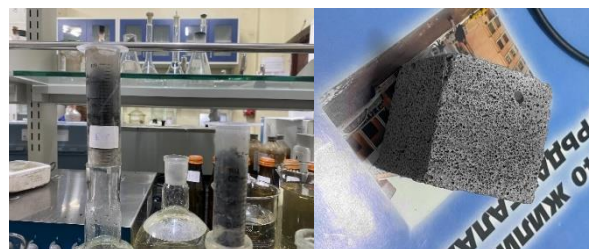
Улаанбаатар хотын нутагт орших Баянзүрх дүүрэг дэх “Баянзүрх” захын малын хаягдал ясыг бод болон бог малаар нь ялган цуглуулж, агаар багатай орчинд хар модыг түлш болгон түлж, 150-200°C орчим ясаа тоосгон зуухан дээр химийн шатаах боловсруулалтад оруулж зарим нэг органик хольцоос нь салгана. Бэлтгэсэн нүүрсээ бутлан жижиглэн шинэ төрлийн шүүгч материалыг гарган авав.



Зураг 1. ясаа тоосгон зуухан дээр химийн шатаах боловсруулалтад оруулж байгаа үйл явц.



Зураг 2.Боловсруулсан ясаа буталж шүүлтүүр ашиглаж ширхгээр нь таван хэсэгт хуваасан



Зураг 3.Шүүлтүүрийн жижиг хувилбар хийсэн

Б.1.Судалгааны объект /Шүүлтүүр/

Б.2.Судалгааны объект /Унд-ахуйн /

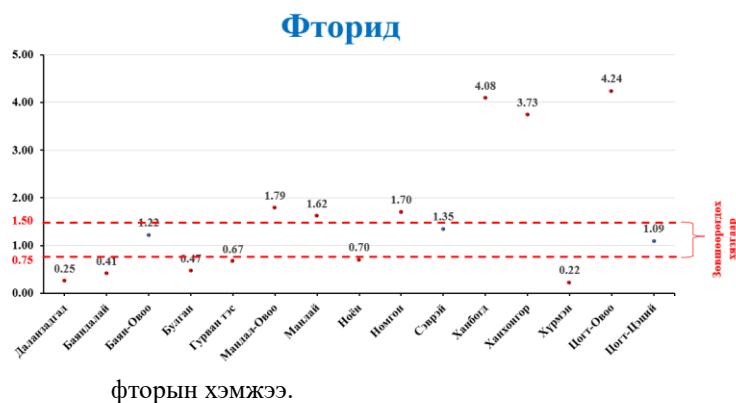
Усны шинжилгээг хийхдээ усны шинж чанар, тэдгээрийн үзүүлэлтийг усан дахь ууссан хий, ионуудын тэнцвэр алдагдах, органик бодис, бичил биетүүдийн задрал явагдахаас өмнө тодорхойлох нь шинжилгээний ажил үнэн зөв гарахад нөлөөлдөг учир усны температур, рН, цахилгаан дамжуулах чанар гэх мэт амархан хувирамтгай үзүүлэлтүүдийг газар дээр нь тодорхойлох шаардлагад нийцүүлэн, Шинжлэх Ухаан Технологийн Их Сургууль (ШУТИС)-ийн 2-101 тоот лабораторийн цоргоны усыг орчин үеийн арга аргачлалаар, батлагдсан стандартын дагуу задлан, шинжилгээ хийж гүйцэтгэв.

Б. Монгол Улсын ундны усны чанарын судалгааны өгөгдөл

Энэхүү судалгааны хүрээнд хот, суурин ус хангамж ариутгах татуургын ашиглалт, үйлчилгээг зохицуулах хорооноос Монгол Улсын ундны усны чанарын судалгаагаар нийт 21 аймгийн 360 суманд 3582 уст цэгийн сорьцод ерөнхий физик-хими, бичил амьсудлал, цацрагийн аюулгүйн шинжилгээгээр 88 үзүүлэлтээр тодорхойлоход 1367 сорьц стандартын шаардлага хангаагүй байна./2018-2022/ [7].

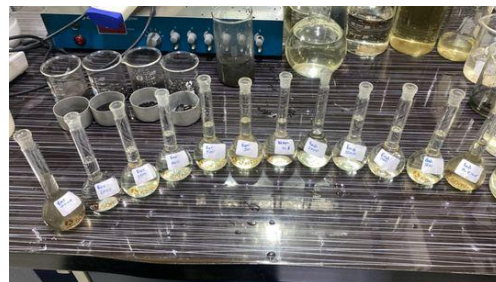
Үүнээс энэхүү эрдэм шинжилгээний өгүүллийн тооцоонд хэрэглэх өгөгдөл бол усны фторын тоо хэмжээ юм.

График 1. Өмнөговь аймаг дахь унд, ахуйн усны



V.Үр дүн ба хэлэлцүүлэг

Шинээр гарган авсан бод болон бог малын ясны нүүрсэн шүүлтүүрээр ШУТИС-ийн 2-101 тоот лабораторийн өрөөний цоргоноос гарах усанд тавьсан шинэ шүүлтүүрийн бохирдлыг тооцон 12 усан дээр шинжилгээ хийсэн.



Зураг 5.Усны ерөнхий шинжилгээ хийх

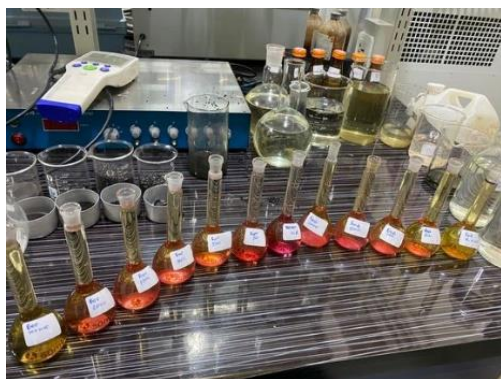
усаа бэлдэж дугаарласан байдал

Туршилтын 12 дээж усны ерөнхий шинж чанарыг тодорхойлохдоо MNS 900:2005 стандарттай харьцуулж усны шинж чанарыг тодорхойлж үр дүнг тодорхойлон гаргасан. Туршилтыг ШУТИС-ийн 2-101 тоот лабораторийг ашиглаж явуулсан.

Усны фтор тодорхойлохдоо MNS 6272:2011 стандартын дагуу хийж гүйцэтгэсэн.



Зураг 6. Усны фтор тодорхойлоход шаардагдах урвалж. Баруун талаасаа/Ализарин улаан С,Фторт натрийн үндсэн стандарт уусмал, Фторт натрийн ажлын стандарт уусмал,Оксихлорид цирконил/



Зураг 7.Бэлтгэсэн урвалжаа шинжлэх устайгаа хольсон байдал



Зураг 8.Усны фтор тодорхойлохдоо ашигласан (Palintest үйлдвэрийн 9100 UV-Vis загварын) спектромер

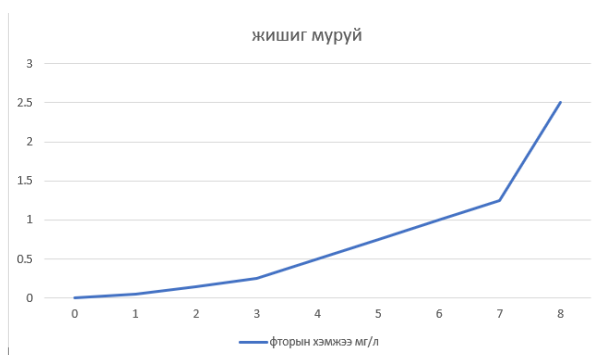


График 2: Фтор тодорхойлохдоо MNS 6272:2011 стандартын дагуу хийсэн фтор ионы концентрацаас хамааруулсан жишиг муруй.

Дээж болгон авсан унд, ахуйн уснуудын физик ба фторын тоо хэмжээ

Усны физик үзүүлэлт						Усан дахь шим бохирдлын үзүүлэлт
Дэс дугаар	Үзүүлэлт,хэмжих нэгж	Амт,балл	Үнэр,балл	pH	Цахилгаан дамжуулах чанар,mS/cm	Фтор,мг/л
	MNS 900:2018 стандартад заасан ЗДХ	2	2	6.5-8.5	1	0.7-1.5
1	Дээж	0	0	7.43	0.094	2.564
2	Ш.БГ-50	0	0	7.82	0.16	2.436
3	Ш.БГ-500	0	0	7.7	0.14	2.364
4	Ш.БГ-1000	0	0	7.5	0.139	2.36
5	Ш.БГ-1500	0	0	7.53	0.138	1.85
6	Ш.БГ-2000	0	0	7.57	0.123	1.84
7	БД.Ш-500	0	0	7.48	0.106	2.432
8	БД.Ш-1000	0	0	7.56	0.167	2.25
9	БД.Ш-1500	0	0	7.51	0.142	1.87
10	БД.Ш-2000	0	0	7.49	0.132	1.25
11	Х.Б.Д	0	0	8.68	0.48	2.58
12	Х.Б.Г	0	0	8.45	0.46	2.65

Хүснэгт 1:Судалгааны үр дүн

12.бэлтгэсэн-Урвалжийн товчлол

- Дээж:ШУТИС-ийн 2-р байрны 102 тоот өрөөний цоргоноос авсан дээжин дээр фторын ажлын урвалж нэмсэн ус
- Ш.БГ-50:Бог малын ясаар хийсэн үнсэн шүүлтүүрийг 50мл усаар угааж шүүсэн 500 мл ус
- Ш.БГ-500: Бод малын ясны нүүрстэй хольсон ус
- Ш.БГ-1000: Бог малын ясаар хийсэн үнсэн шүүлтүүрийг 500мл усаар угааж шүүсэн 500 мл ус
- Ш.БГ-1500: Бог малын ясаар хийсэн үнсэн шүүлтүүрийг 1000мл усаар угааж шүүсэн 500 мл ус
- Ш.БГ-2000: Бог малын ясаар хийсэн үнсэн шүүлтүүрийг 1500 мл усаар угааж шүүсэн 500 мл ус
- БД.Ш-500: Бод малын ясаар хийсэн үнсэн шүүлтүүрээр шүүсэн 500 мл ус
- БД.Ш-1000: Бод малын ясаар хийсэн үнсэн шүүлтүүрийг 500мл усаар угааж шүүсэн 500 мл ус
- БД.Ш-1500: Бод малын ясаар хийсэн үнсэн шүүлтүүрийг 1000мл усаар угааж шүүсэн 500 мл ус
- БД.Ш-2000: Бод малын ясаар хийсэн үнсэн шүүлтүүрийг 1500мл усаар угааж шүүсэн 500 мл ус
- Х.Б.Д-Бод малын ясны нүүрстэй хольсон ус
- Х.Б.Г-Бог малын ясны нүүрстэй хольсон ус

Г.Бод болон бог малын ясны нүүрсэн шүүлтүүр

Уг шүүлтүүрийг тоосгон зуух ашиглан 150-200⁰С-д химийн шатаах боловсруулалтад оруулсан. Нийт 12 усыг дээж болгон авч лабораторийн орчинд туршилт хийхэд Ш.БД-2000 дээжийн ус фторын хэмжээг 2.05 дахин бууруулсан гэж үзэж байна. Тухайн шүүлтүүрийг угаах хүчин чадлыг шалгахад зуун грамм шүүлтүүрээр 120 литр ус шүүхэд тодорхой хэмжээнд чанараа алдаж байсан

Энэхүү аргаар туршиж үзсэн шүүлтүүрийг Өмнөговь аймгийн унд, ахуйн усны фторыг бууруулахад ашиглана гэж үзвэл фторын хэмжээ ихэдсэн зургаан сумаас гурав нь нэг давхар нүүрсэн шүүлтүүрээр үлдсэн гурав нь хоёр давхар шүүлтүүрээр дамжин MNS 900:2018 стандартын үзүүлэлтэд нийцэхээр байна [8].

VI.Эдийн засгийн тооцоолол

Нэг тонн ясыг шатаахад найман зуун тавин килограмм нүүрсэн шүүлтүүр гардаг. Энэ жилийн байдлаар нэг тонн яс тавин мянгаас зуун мянган төгрөгийн хооронд зарагдаж байна. Ясны нийлүүлэлтийн хэмжээ улирлаас хамаарч өөр өөр байдаг ч өдөрт арван тонноос дээшээ нийлүүлэх хэмжээнд одоогийн эдийн засгийн хүрээнд илүүдэл үүсээд байгаа билээ [9]. Бог болон бод малын яс дунджаар 2600 кг/м³ [10] гэж үзээд:

$$V = \frac{m}{\rho} \quad (2)$$

Энд:

V-Эзлэхүүн [м³]

m-Масс [кг]

ρ -нягт [кг/м³]

Малын нягтаас хамаарч найман зуун тавин килограмм нүүрсэн шүүлтүүр хэр хэмжээтэйг олбол:

$$V = \frac{850}{2600} = 0.327 \text{ м}^3$$

Үүнээс дүгнэвэл нэг метр куб эзлэхүүнтэй нүүрсэн шүүлтүүр хийхэд ашиглах түүхий эдээ гурван зуун мянган төгрөгөөр авахаар байна.



Зураг 9.LD үйлдвэрийн LDF100 загварын температурын тохируулгатай шатаах зуух

зуухны үнэ :19,850,432 төгрөг

/2024 оны 3 сарын 2-ны вольтоор тооцоолов/

Хүчин чадал нь: 1 т/ц

Баталгаат хугацаа:15 жил [10]

Үйлдвэрийн барилгын зардал :

Төслийн хүрээнд гэж тооцоолон:120,000,000

Тээвэрлэлтийн зардал : 15,000,000

Ажилчны цалинг үйлдвэрлэлийн дараагийн шатны зардал гэж үзэн тооцоонд оруулалгүй орхив.

Нийт үйлдвэрийн зардал:154,850.432

Үүнээс үзвэл үйлдвэрлэлийн зардлыг тооцолгүй нэг тонн ус цэвэрлэхэд зарцуулагдах нүүрсэн шүүлтүүрийн өртөг 365.4төгрөг байна.

VII.Дүгнэлт

Ундны усны үндсэн найрлагын эрдэсжилт, хатуулаг, кальци, иодын хэмжээ нь усны фторын агууламжийн хэмжээнд шууд нөлөөлдөг [12]. Их эрдэсжилттэй усыг ууж дасаагүй хүн гэнэт цочир хэрэглэхэд бие тухгүйтэх, ам цангах, биеийн хүчил шүлтийн тэнцвэр өөрчлөгдөх, зүрхний ажиллагаа сулрах, ходоод гэдэсний архаг зарим өвчин хурцдах зэрэг шинж тэмдэг илэрдгийг мэргэжилтнүүд тогтоожээ. Мөн эмч нарын үзэж байгаагаар цусны эргэлтийн тогтолцооны өвчнүүд (ЦЭТӨ) тухайлбал цусны даралт ихсэх, зүрхний шигдээс, атеросклероз (судас хатуурах), хоол боловсруулах эрхтний өвчин (ХБЭӨ) тухайлбал:

ходоод, нарийн бүдүүн гэдэсний үрэвсэлт өвчин, элэг цэсний архаг өвчин мөн бөөр шээсний замын чулуужих өвчин (БШЗЧӨ) зэрэг нь эрдэсжилтээс шалтгаалах өвчин эмгэгт хамаардгийг эрдэмтэд тогтоосон байдаг. Эрдэсжилт багатай ус нь ихтэйгээсээ сөрөг нөлөөлөл харьцангуй бага байдаг бөгөөд ундны усны эрдэсжилтийн хэмжээ нэмэгдэхэд хүний биеийн ус давсны тэнцвэр алдагддаг. Ус давсны солилцоо алдагдахад янз бүрийн өвчин үүсэх нөхцөл бүрдэнэ.[13]

Бод болон бог малын ясыг шатаах процессоор боловсруулж үнсэн шүүлтүүр хийхэд бод малын яс илүү сайн фтор шүүж чадаж байна. Фторын хэмжээг 2.05 дахин бууруулах боломжтойг энэхүү судалгаагаар илрүүлсэн ба цаашдаа малаас гарах ясны хаягдлыг зөв боловсруулж үнсэн шүүлтүүр хийснээр байгаль болон эдийн засгийн хувьд ихээхэн ач холбогдолтой гэж дүгнэв.

Ашигласан материал, ном зүй

- [1] “ПРОМОН ТРЕЙД” ХХК Монгол орны бэлчээрийн мал аж ахуйн түүхий эдийг ашиглан боловсруулсан “Бордоо”, “Ясны тос” болон “Мах, Ясны гурил”-н үйлдвэрийн судалгаа
- [2] https://ru.wikipedia.org/wiki/Животный_уголь
- [3] Mjengera , Н.Мkongo (Appropriate deflouridation technology for use in flourotic areas in Tanzania)
- [4] <https://igg.ac.mn/c/1003754?content=1384186>
- [5] https://en.wikipedia.org/wiki/Bone_char
- [6] MNS 6272 : 2011 стандарт
- [7] Монгол улсын ундны усны чанарын судалгаа/Өмнөговь аймаг/
- [8] MNS 900:2018 стандарт
- [9] Хөдөө аж ахуйн салбарын танилцуулга судалгаа 2023 он
- [10] <https://lvduincinerator.en.made-in-china.com/>
- [11] <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/9737346>
- [12] Ундны усны фтор,иодын агууламжийн харьцаа И.Болормаа,Л.Нарантуяа
- [13] Монгол улсын шинжлэх ухааны академи-усны эрдэс-эрүүл мэнд

Төмрийн баяжмалыг магнетит фазад хувиргах боломжийн судалгаа

Ганчимэг Алтангэрэл , Ганзориг Намуунзаяа , Мангал Дэлгэрмаа
Монгол улс , Улаанбаатар , ШУТИС , Механик инженер тээврийн сургууль , Машин
үйлдвэрлэлийн салбар , Металлурги , металлын технологи
altangerelg000@gmail.com , ganzorignamuunzaya6@gmail.com

ХУРААНГУЙ

Энэхүү туршилт судалгааны ажлаар өндөр температурын муфелийн зуух болон SPS (spark plasma sintering) технологи ашиглан дулааны боловсруулалтаар төмрийн баяжмалыг магнетит фазад хувиргах боломжийг судаллаа. Өмнөх судлагдсан байдлаас үзэхэд температур, эцсийн температурт барих хугацаа болон даралт гэсэн гурван хүчин зүйл магнетит үүсэхэд өндөр нөлөөтэй байсан. Энэ гурван хүчин зүйлийн хамаарлаар үндсэн шатаалтын горимоо гаргаж туршилт хийсэн. Туршилтын үр дүнг фазын өөрчлөлтийг тодорхойлогч XRD багажаар хэмжсэн.

Түлхүүр үг: фаз, шахах, нунтаг, шатаах, шинжилгээ

II. ОРШИЛ

Магнетит (Fe_3O_4) нь төмрийн исэл бөгөөд байгальд өргөн тархсан, соронзон шинж чанартай эрдэс юм. Энэ нь хүний соёл иргэншлийн түүхэнд чухал үүрэг гүйцэтгэж, төмөр гарган авах, соронзон материал үйлдвэрлэхэд ашиглагдаж ирсэн. Магнетит нь ферримагнетик шинж чанартай бөгөөд энэ нь түүнийг судлах, хэрэглэнд нэвтрүүлэх чухал үндэслэл болдог. Түүний шинж чанар нь ферримагнетик ба **нягт** нь 5.17 г/см^3 , хайлах температур нь 1597°C байдаг. Магнетит нь Fe^{2+} ба Fe^{3+} ионуудын хольцтой байдаг бөгөөд энэ нь түүний цахилгаан болон соронзон шинж чанарт онцгой нөлөө үзүүлдэг. Магнетитын **ферримагнетик** шинж нь төмрийн ионуудын чиглэлтэй холбоотой байдаг. Магнетит нь **Кюригийн температур** ($\sim 585^\circ\text{C}$) хүртэл соронзон шинж чанараа хадгалдаг. Магнетит нь **Кюригийн температур** ($\sim 585^\circ\text{C}$) хүртэл соронзон

шинж чанараа хадгалдаг. **Магнетитыг** ган үйлдвэрлэх гол түүхий эд болгон ашиглахаас гадна хатуу диск, цахилгаан мотор, генераторт хэрэглэх соронз, MRI-д ашиглах, **соронзон нано биетүүдийг** үйлдвэрлэхэд, ус цэвэршүүлэх болон хүнд металлыг зайлуулахад ашиглах зэрэг олон салбарт хэрэглэж байна.

Магнетит (Fe_3O_4) нь төмрийн исэлдэлтийн нэг хэсэг бөгөөд төмөр-хүчилтөрөгчийн нэгдлийн кристал бүтэцтэй хатуу фаз юм. Магнетитыг хүн төрөлхтөн эрт дээр үеэс шинж чанарыг судлан практикт ашиглаж байсан. 8-р зуунд үүнийг Хятадууд навигацын төхөөрөмж болгон ашиглаж байсныг баримтжуулсан байдаг [2.3]-[5].

Сүүлийн жилүүдэд технологи, шинжлэх ухааны хөгжлийг дагаад магнетитын нийлэгжилтийн хэд хэдэн аргыг судлаачид судалж байгаа ба эдгээрээс их цэвэршилттэй, өөр өөр хэмжээ, хэлбэр бүхий бөөмс, тухайлбал, октаэдр тоосонцор [4], микро бөмбөлөг хэлбэртэй

нунтаг, нано нунтаг зэргийг гаргаж авахын тулд илүү судалсан. Хамгийн сайн синтезийн аргуудаас тунадасжуулах, урвуу тунадасжуулах, дулаанаар задлах, микро эмульс, гидротермаль синтез, соронзлох, шатаах, бусад аргууд орно [5]. Магнетит нь өндөр соронзон шинж чанартай, маш сайн цэвэршүүлэх чадвартай, өндөр үзүүлэлттэй хар пигмент болдог зэрэг олон давуу талтай. Иймд газар тариалан, эмнэлгийн тоног төхөөрөмж, соронзон үйлдвэрлэлд өргөн ашигладаг.

Монгол Улсын зарим үйлдвэр магнетитыг импортоор өндөр үнээр авч ашиглаж байгаа ба харин төмрийн баяжмалыг маш хямд экспортод гаргаж байна. Үүнийг өндөр үнээр экспортоор авахгүйгээр SPS технологи ашиглан магнетит болгон гаднын улсууд руу экспортлох нь эдийн засгийн хувьд маш өгөөжтэй ба шинэлэг технологи юм.

Тиймээс бид энэхүү судалгаагаар Хутагтын төмрийн баяжмалыг өндөр температурын зууханд 2 төрлийн дээжид шатаалт хийж боловсруулах ба SPS технологи ашиглан боловсруулах технологийн горим болон гарган авсан материалын шинж чанарыг судалж тогтоолоо.

III. СУДАЛГААНД АШИГЛАСАН МАТЕРИАЛ, АРГА ЗҮЙ

Судалгаанд Fe-63.8% агууламжтай Хутагтын төмрийн баяжмалыг ашигласан. Төмрийн баяжмал дахь эрдсийн шинжилгээг XRD төхөөрөмж ашиглан судалсан ба 16.84% магнетит, 25.15% гематит, 4.18 % магнийн оксид, 46.44% кальцийн төмрийн силикат, 9.37% цахиурын оксид илэрсэн.

Гарган авсан фазыг илүү бат бөх болгох зорилгоор кобальтыг жингээр хувьд нь 5% байхаар нэмж ашигласан.



Зураг 1. Төмрийн баяжмал

Шатаахад бэлэн болсон 5% кобальттай дээжийг сонгож авч туршилтад ашигласан. Туршилтад LABOX - 650F SPS төхөөрөмж болон өндөр температурын зуух ашиглав. Өндөр темдературын зуухны горимыг 1000 градус цельсийн температурт 30 минут барилт хийж гүйцэтгэсэн. Харин SPS аргаар туршилтыг явуулахдаа нэвчүүлэх температурыг 327–750°C шатааж, эцсийн температурт, барих хугацааг 5 минут байхаар туршив. Холимгийг бэлтгэхийн тулд холимгийн хуулиар

$$\rho_c = \rho_{\text{баяжмал}} \times f_{\text{баяжмал}} + \rho_{\text{Co}} \times f_{\text{Co}}$$

тооцоог хийж баяжмал болон кобалтын нунтгуудыг хэмжиж, нягт болон эзлэхүүний хувийг тооцож бүх дээжүүдийг бэлтгэсэн ба дээж тус бүрийг босоо хүрдэт гаргин бөмбөлөгт тээрэмд 100 эрг/мин хурдтайгаар 1 удаагийн амралттай 1 цаг тээрэмдэх замаар хольсон. Өндөр температурын зуухан боловсруулах аргыг судлахдаа төмрийн баяжмал болон кобальтын холимог дээжийг нунтаг байдлаар болон шахмал болгож боловсруулсан.

SPS аргаар боловсруулахдаа нунтаг баяжмалыг 20мм диаметртэй графит хэвд хийж урьдчилан 2Н хүчээр шахаж бэлтгэнэ. Урьдчилан бэлтгэсэн дээжийг (I) тасалгааны температураас 327°C хүртэл 163.5°C/мин хурдтай халааж, (II) 327°C температурт 2 минут барьж, (III) 327°C –

аас 570°C хүртэл 173°C/мин хурдтай халааж 1 минут барьж, (IV) 570-750°C хүртэл 173°C /минут хурдтай халааж, (VI) эцсийн температурт 5, 10, 15 минутаар барилт хийж, (VII) 750-400°C хүртэл 5 минут хөргөж, (VIII) 400°C -тасалгааны температур хүртэл 5 минут хөргөсөн. Төхөөрөмжийн шахах даралтыг 7.85КлН -р явуулсан.



2-р зураг. SPS шахахад бэлтгэх үйл явц

XRD (X-Ray Diffraction) төхөөрөмж буюу рентген дифрактометр ашиглан фазын анализ хийсэн. Төхөөрөмжийг ажиллуулахдаа 30-40А гүйдлээр 15-90° өнцөг хооронд 0.05° алхамтай тусахаар 40 минутын хугацаанд туяагаар шаран гүйцэтгэнэ. Туршилтын үр дүнг PDF 5+ программаар боловсруулан фазын анализ хийнэ.



3-р зураг : Дээжийг бэлтгэсэн байдал

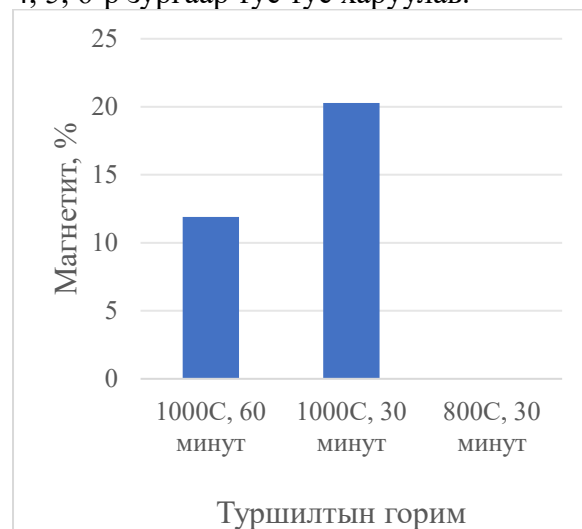
IV. ҮР ДҮН БА ХЭЛЭЛЦҮҮЛЭГ

Магнетит фазын үүсэлт температураас хамаарах хамаарал

Магнетит фазын үүсэлт температураас хамаарах хамаарлыг 2 арга дээрээ судлахдаа туршилт хийсэн температурыг урьд өмнө судлаачдын гүйцэтгэж байсан

судалгааны ажил дээр үндэслэн сонгож авсан. Өндөр температурын зууханд (муфельний зууханд) температурыг 1000°C-д хийсэн ба SPS технологийн аргын үед температурыг 327-750°C хооронд байхаар сонгож авч судалсан.

SPS технологийн давуу тал нь хайлах температураас бага температурт боловсруулалт явуулдаг мөн өндөр хурдтай температурын өсөлтийн орчинд явагддаг учир температурын дээрх утгад магнетит фаз үүсэх боломжтой гэж үздэг. Өндөр температурын муфельний зууханд хийсэн туршилтын үр дүнг -р зургаар, SPS технологийг ашиглан гарган авсан магнетит фазын үр дүнг 1-р хүснэгт болон 4, 5, 6-р зургаар тус тус харуулав.



4-р зураг. Температур болон эцсийн температурт барих хугацаанаас магнетит фаз үүсэх хамаарал /нунтаг дээжид хийсэн туршилт/

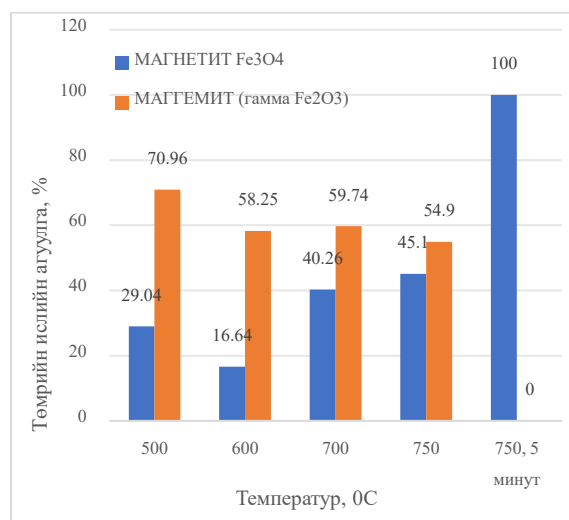


5-р зураг. Температур болон эцсийн температурт барих хугацаанаас магнетит фаз үүсэх хамаарал /шахсан дээжид хийсэн туршилт/

2-р зургаас харахад өндөр температурын муфельний зууханд нунтаг дээжийг шатаахад шахмал дээж шатааснаас илүү өндөр агуулгатай магнетит фаз үүссэн ба 1000 °C-д 30 минут барилт хийхэд хамгийн их 20.29% үүссэн. Энэ нь нунтаг дээж нь шахмал дээжээ бодвол сийрэг, нүх сүвтэй, агаарын урсгал чөлөөтэй нэвтрэх боломжтой учир шаталт сайн явагдаж магнетит үүсэлт илүү өндөр байна гэж үзлээ.

1-р хүснэгт. XRD шинжилгээний үр дүн

Туршилтын горим	Магнетит (%)	Гематит (%)
500°C-т 15 минут 5%Co 7.85 КН	29.04%	
600°C-т 15 минут 5%Co 7.85 КН	16.64%	
700°C-т 15 минут 5%Co 7.85 КН	40.26%	
750°C-т 15 минут 5%Co 7.85 КН	45.1%	
750°C-т 5 минут 5%Co 7.85 КН	100%	
Баяжмал	14.86%	25.1\5%



6-р зураг. SPS технологиор боловсруулах үеийн үр дүн

Харин 6-р зургаас харахад SPS технологиор боловсруулсан дээжид магнетит фазын үүсэлт хамгийн багадаа 16.64% хамгийн ихдээ 100% магнетит үүссэн байлаа. Энэ нь SPS технологиор боловсруулах үед нэвчүүлэлт болон шахалт зэрэг явагдах ба энэ үед нунтгуудын хооронд атомын холбоос үүсэж фазын хувирал илүү сайн явагдсан байна гэж үзлээ. Мөн 750°C-д 15 минут барилт хийсэн болон 750°C-д 5 минут барилт хийсэн дээжүүдийг харьцуулан үзэхэд 5 минут барилт хийсэн дээжид илүү их 100 % магнетит фаз үүссэн. Энэ нь эцсийн температурт бага хугацаанд барилт хийх нь магнетит фазын тогтворжилтод илүү нөлөөтэй байна. Харин удаан хугацаанд барилт хийх нь буцаад магнетит фаз задарч маггемит фаз үүсэхэд нөлөөлж байна гэдэг нь харагдаж байна.

V. ДҮГНЭЛТ

- Төмрийн баяжмалаас магнетит нунтаг үүсгэх боломжийг 2 аргаар туршихад аль аль аргаар магнетит фазыг үүсгэх боломжтой гэдэг нь батлагдлаа. Гэхдээ технологийн горим чухал болох нь харагдаж байна.
- Уламжлалт аргаар муфельний зууханд шатаалт хийхэд 1000C шатааж, 60 минут барилт хийсэн үед 20.29% Fe₃O₄ үүссэн.
- SPS аргаар туршилт хийсэн үр дүнгээс харахад 750C -д 7.85 КН даралтаар шахаж, 5 минут барилт хийхэд хамгийн үр дүнтэй буюу 100% Fe₃O₄ үүссэн.
- SPS аргаар магнетит фаз үүсгэх нь уламжлалт аргаар магнетит фаз үүсгэснээс нам температурт, бага хугацаанд үүсгэх боломжтой байгаа нь харагдаж байна.

based on iron isotope fractionation”
https://www.researchgate.net/publication/286807477_A_study_on_the_mechanism_of_magnetite_formation_based_on_iron_isotope_fractionation

- SM Yuan нар “Preparation and Lithium Storage Performances of Mesoporous Fe₃O₄ Microcapsules” 2011; American Chemical Society; Volume: 3; Issue: 3, 10.1021/am1010095, ISSN 1944-8252
- B. Li нар “Superparamagnetic Fe₃O₄ nanocrystals graphene composites for energy storage devices” J. Mater. Chem. (2011)
- S. Xuan нар “Synthesis of biocompatible, mesoporous Fe₃O₄ nano/microspheres with large surface area for magnetic resonance imaging and therapeutic applications” ACS Appl Mater. Interfaces (2011)

VI. ЗОХИОГЧИД:

М.Дэлгэрмаа Metallургийн инженер мэргэжилтэй. Машин үйлдвэрлэлийн салбарын профессор. Эрдэс түүхий эдийн боловсруулалт, металлургийн чиглэлээр судалгаа хийдэг.

Ганчимэг Алтангэрэл, Ганзориг Намуунзаяа нар Машин үйлдвэрлэлийн салбарын Металлурги, металлын технологи 2-р дамжааны оюутнууд. Төмрийн баяжмалыг боловсруулж магнетит фаз үүсгэх технологийн судалгаа сэдвээр судалгааны ажил гүйцэтгэдэг.

VII. АШИГЛАСАН МАТЕРИАЛ

- Rayanne de Jesus Andrade Fidelis нар “Magnetite: Properties and applications – A review” Journal of Magnetism and Magnetic Materials Volume 614, 15 February 2025, 172770
- P. Roonasi нар, “A study on the mechanism of magnetite formation

ЭРГЭЛТИЙН БИЕИЙГ ТЭНЦВЭРЖҮҮЛЭХ ТУРШИЛТЫН ТӨХӨӨРӨМЖИЙН ТӨСӨЛ

Дагвадорж Батсүх¹, Наранцэцэг Эрдэнэсант²

¹ Монгол улс, Улаанбаатар, ШУТИС, Механик инженер, тээврийн сургууль, Механик, мехатроникийн салбар

Холбоо барих зохиогчийн и-мэйл хаяг: d.batsukh@must.edu.mn¹

Хураангуй: Эргэлдэгч машин механизмын тэнхлэгийн буруу байрлал болон тэнцвэржилт алдагдах нь үйлдвэрлэлийн тоног төхөөрөмжийн гэмтэл, эрчим хүчний хэт хэрэглээ, элэгдэл зэрэг ноцтой асуудлуудыг үүсгэдэг гол шалтгаануудын нэг юм. Энэхүү судалгааны ажилд эргэлтийн биеийг тэнцвэржүүлэх туршилтын төхөөрөмжийн төслийг боловсруулж, тэнхлэгийн тохиргоо алдагдлын төрөл, түүний үр дагавар, тэнцвэржүүлэлтийн онолын үндсийг судалсан. Судалгаагаар тэнхлэгийн зөв тохируулга, статик болон динамик тэнцвэржүүлэлт нь тоног төхөөрөмжийн ашиглалтын хугацааг уртасгаж, засвар үйлчилгээний зардлыг бууруулдаг болохыг тогтоосон. Мөн олон улсад өндөр өртөгтэй лазерин төвлөлтийн системийн оронд хямд өртөгтэй, нарийвчлалтай хэмжилт хийх боломжтой төхөөрөмжийг зохион бүтээх санааг дэвшүүлж, индукцийн болон гироскопын мэдрэгч ашиглан X, Y, Z тэнхлэгийн дагуу алдааг тохируулах загварыг танилцуулсан.

Түлхүүр үг: Тэнхлэгийн тохиргоо, тэнцвэржүүлэлт, эргэлтийн бие, буруу байрлал, статик тэнцвэржүүлэлт, динамик тэнцвэржүүлэлт, механик ачаалал.

I. УДИРТГАЛ

Эргэлдэгч машин механизмын найдвартай ажиллагаа, ашиглалтын хугацаа, эрчим хүчний үр ашгийг хангахад тэнхлэгийн тохиргоо болон тэнцвэржилт чухал үүрэгтэй. Дэлхий дахинд үйлдвэрлэлийн салбарт тэнхлэгийн буруу байрлалаас үүдэлтэй гэмтэл, эвдрэл жил бүр олон тэрбумаар хэмжигдэх хэмжээний санхүүгийн алдагдал дагуулж байна. Тэнхлэгийн тохируулга алдагдсанаас чичиргээ, элэгдэл, эрчим хүчний хэт хэрэглээ зэрэг асуудал үүсдэг бөгөөд энэ нь тоног төхөөрөмжийн ашиглалтын хугацааг богиносгож, засвар үйлчилгээний зардлыг нэмэгдүүлдэг. Энэхүү судалгааны ажлын гол зорилго нь эргэлтийн биеийг тэнцвэржүүлэх туршилтын төхөөрөмжийн төслийг боловсруулж, тэнхлэгийн тохиргооны онолын үндэс, алдааны төрлүүд, тэнцвэржүүлэлтийн аргыг судлахад оршино. Түүнчлэн, зах зээл дээрх өндөр өртөгтэй төхөөрөмжүүдийн оронд хямд, үр ашигтай хувилбарыг санал болгох замаар үйлдвэрлэлийн тасралтгүй ажиллагааг дэмжих, эдийн засгийн үр өгөөжийг нэмэгдүүлэх боломжийг тодорхойлохоор ажилласан.

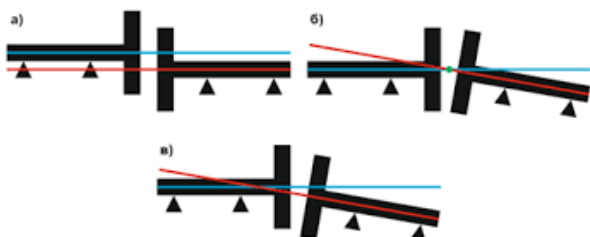
байрлалаас болж тэрбум тэрбум долларын алдагдал хүлээж байна гэдгийг онцлон тэмдэглэж болно. Гол зорилгуудын нэг бол холхивч, тэнхлэг, холбогчийн байрлалыг нарийвчлалтай хангах явдал бөгөөд энэ нь эргэлдэгч машинуудын ашиглалтын хугацааг дизайны хязгаарын хооронд ажиллуулснаар нэмэгдүүлэх боломжтой [2]. Зөв системийн байрлал нь тэнхлэгийн болон радиаль хүчийг бууруулж, улмаар машиныг үр ашигтай ажиллуулж, эргэлдэгч хэсгүүдийн элэгдлийн явцыг багасгадаг гэж болно. Мэдээж тэнцвэржүүлэлт хийгдэхийн өмнө эхлээд заавал голын тохируулга буюу төвлөлт хийгдэх ёстой.

Байрлалыг ихэвчлэн машины бүрэлдэхүүн хэсгийг тохируулах эсвэл хөдөлгөх, эсвэл хоёуланд нь хослуулан хийдэг. Зорилго нь хоёр холбогдсон тэнхлэгийн хувьд тэнцвэртэй нийтлэг эргэлтийн тэнхлэгийг олж авах явдал юм [3].

II. ОНОЛЫН ХЭСЭГ ТӨВЛӨЛТ

Эргэлдэгч машин механизмын гол гэмтлийн шалтгаануудын нэг нь буруу байрлалын нөхцөл байдал юм [2]. Дэлхий дахинд үйлдвэрлэл жил бүр үйлдвэрийн машинуудын тэнхлэгийн буруу

Буруу байрлалыг засах хоёр тохиолдол байдаг: босоо болон хэвтээ зай. Тиймээс хамгийн багадаа хоёр машинаас бүрдэх холболтын системийн хувьд дөрвөн төрлийн буруу байрлал үүсэж болно: босоо шилжилт, босоо өнцгийн хазайлт, хэвтээ шилжилт болон хэвтээ өнцгийн хазайлт. Эдгээр нь ямар ч хослолоор тохиолдож болох бөгөөд ихэнх тохиолдолд дөрвүүлээ хамтдаа байдаг [3].



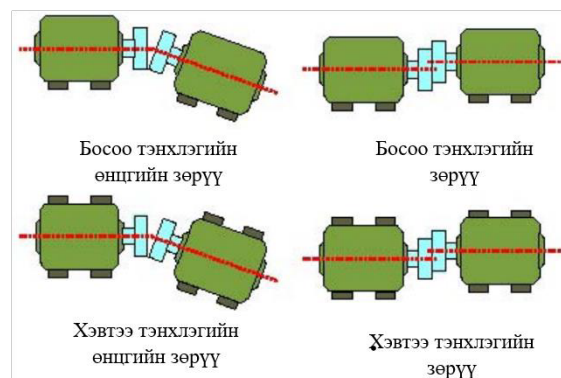
1-р зураг. Тэнхлэгийн алдааны төрлүүд.

Тэнхлэгийн тохиргоо алдагдах төрлүүд ба шалтгаанууд

Тэнхлэгийн тохиргоо алдагдах гэдэг нь хөтлөгч машин болон хөтлөгдөх машины голууд нэг төв шугам дээр байрлаагүй нөхцөл байдал юм. Төвийн зөрүү нь параллель тохиргоо алдагдал, өнцгийн тохиргоо алдагдал эсвэл эдгээрийн хосолсон хэлбэртэй байж болно (Зураг 2-д үзүүлсэн). Параллель тохиргоо алдагдлыг цаашид хэвтээ болон босоо тохиргоо алдагдал гэж ангилна. Хэвтээ тохиргоо алдагдал нь моторын голыг шахуургын голоос хэвтээ чиглэлд зөрүүлэн хөдөлгөхөд үүсдэг бөгөөд хоёулаа ижил хэвтээ хавтгайд үлдэх боловч параллель биш болдог. Босоо тохиргоо алдагдал нь моторын голыг шахуургын голоос босоо чиглэлд зөрүүлэн хөдөлгөхөд үүсдэг бөгөөд хоёулаа ижил босоо хавтгайд үлдэх боловч параллель биш болдог.

Өнцгийн тохиргоо алдагдлыг цаашид хэвтээ болон босоо тохиргоо алдагдал гэж хувааж болно. Хэвтээ өнцгийн тохиргоо алдагдал нь моторын гол шахуургын голтой өнцөг үүсгэх үед үүсдэг боловч хоёулаа ижил хэвтээ хавтгайд ажилласаар байдаг. Босоо өнцгийн тохиргоо алдагдал нь моторын гол шахуургын голтой босоо хавтгайд өнцөг үүсгэх үед үүсдэг бөгөөд хоёулаа ижил босоо хавтгайд ажилласаар байдаг. Тэнхлэгийн тохиргоо ноцтой алдагдах нь параллель тохиргоо алдагдал, өнцгийн тохиргоо алдагдал, эсвэл эдгээрийн хосолсон хэлбэрээс үүдэлтэй байж болно.

Голын тохиргоо алдагдал нь эргэлдэгч машин механизмын эвдрэлийн нийт зардлын 50 хүртэлх хувийг бүрдүүлдэг. Голыг нарийвчлалтай тохируулах нь ихэнх төхөөрөмжийн эвдрэлийг урьдчилан сэргийлэхээс гадна, үйлдвэрлэлийн алдагдал үүсгэх гэнэтийн сул зогсолтыг мэдэгдэхүйц бууруулах боломжтой.[1]



2-р зураг. Тэнхлэгийн үндсэн гурван зөрүү.

а.) тэнхлэгийн зөрүү, б.) өнцгийн зөрүү, в.) хосолсон зөрүү

Тэнхлэгийн тохиргоо алдагдлын үр дагавар ба чичиргээний онцлог

Голыг зөв тохируулаагүй тохиолдолд төхөөрөмжид нэмэлт механик ачаалал үүсэж, улмаар дараах асуудлууд гарах эрсдэлтэй бөгөөд энэ нь төхөөрөмжийн үйл ажиллагаанд ноцтой сөрөг нөлөө үзүүлж болзошгүй:

- Үрэлт нэмэгдэж, эрчим хүчний хэрэглээ ихсэх, улмаар тоног төхөөрөмж хугацаанаас өмнө эвдрэх. Судалгаагаар 75 кВт-ын ердийн шахуургын тэнхлэг 1.25 мм зөрөхөд эрчим хүчний хэрэглээ 9%-иар нэмэгддэг.
- Холхивч болон битүүмжлэлийн хэт элэгдэл, хугацаанаас өмнө эвдрэх.
- Битүүмжлэлийн тосолгооны материал хэт их алдагдах.
- Холболт болон суурийн боолт гэмтэж, эвдрэх.
- Холболт болон голын хэсэгт хэт их дулаан үүсэх.
- Чичиргээ болон дуу чимээ нэмэгдэх.

Тэнхлэгийн тохиргооны ач холбогдол

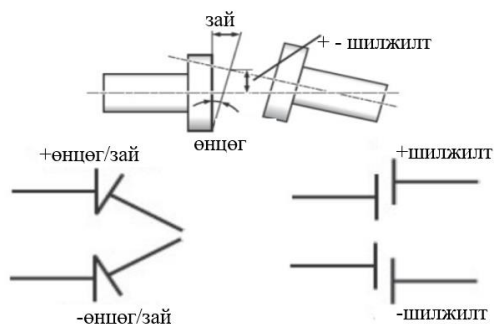
Тохиргоо гэдэг нь хөтлөгч болон хөтлөгдөх голын эргэлтийн тэнхлэгийг хүч дамжуулах цэг дээр нэг шугамд (коллинеар) байлгах үйл явц гэж тодорхойлогддог. Тэнхлэгийн зөв тохиргооны гол давуу талууд:

1. Тоног төхөөрөмжийн ашиглалтын бүтээмж нэмэгдэх – Эвдрэл гарах магадлал буурдаг.
2. Эрчим хүчний хэрэглээ багасах.
3. Холболт болон холхивчийн ашиглалтын хугацаа уртсах – Урвалын хүч буурснаар элэгдэл багасдаг.
4. Засвар үйлчилгээ, хөдөлмөрийн зардал буурах.
5. Дулаан үүсэлт багасах.
6. Ажиллагаа жигд, тогтвортой болох.
7. Ажилчдын болон үйлдвэрийн аюулгүй байдал сайжрах.

Тэнхлэгийн тохиргооны зөвшөөрөгдөх хязгаар

Тэнхлэгийн тохиргоо алдагдлын хэмжээг тодорхойлохын тулд хоёр үндсэн параметр ашигладаг: зөрүү (offset) болон өнцөг (angularity). Өнцгийн тохиргоо алдагдал (angularity) нь градусын хэмжигдэхүүнээр (degree) илэрхийлэгдэх эсвэл хүрээний диаметр (rim diameter)-т харьцуулсан завсрын хэмжээ (Gap, мм эсвэл mil) байдлаар тодорхойлогддог. Жишээлбэл, 100 мм диаметртэй хүрээ дээр 1 мм-ийн завсар (gap) үүсвэл, өнцгийн тохиргоо алдагдал нь $1/100 = 0.01$ мм/100 мм болно. (Метрийн системд 100 мм, Британийн системд 10 инч ашиглагдана.)

Хэрэв өөрөөр заагаагүй бол, зөрүүний тохиргоо алдагдал (offset misalignment) нь холболтын тэнхлэгийн төв дээрх голын эргэлтийн төв шугамуудын хоорондын зайг илэрхийлнэ (Зураг 3-д үзүүлсэн).



3-р зураг. Өнцгийн болон зөрүүний тохиргоо алдагдлын дүрслэл.

Туршлагад үндэслэн Prüftechnik компани тэнхлэгийн тохиргооны хүлцлийн ерөнхий удирдамжийг боловсруулсан бөгөөд үүнийг Хүснэгт 1-д үзүүлсэн болно. Эдгээр тэнцвэржүүлэлтийн хүлцлүүд нь ерөнхий үйлдвэрлэлийн стандартууд бөгөөд хэтрүүлж болохгүй.

ТЭНХЛЭГИЙН ТОХИРГОО АЛДАГДЛЫН ХҮЛЦЭЛ

1-Р ХҮСНЭГТ

Холболтын төрлүүд	Эргэлтийн тоо (эрг/мин)	хэмжээ (мм)		хэмжээ (in ch)	
		0.06 мм		2	
		зөвшөөрөгдөх	маш сайн	зөвшөөрөгдөх	маш сайн
	600			9	5
	750	0.19	0.09		
	1500	0.09	0.06		
	1800			3	2
	3000	0.06	0.03		
	3600			1.5	1
	6000	0.03	0.02		
	7200			1	0.5
	600			15	10

	750	0.13	0.09		
	1500	0.07	0.05		
	1800			5	3
	3000	0.04	0.03		
	3600			3	2
	6000	0.03	0.02		
	7200			2	1
	600			3	1.8
	750	0.25	0.15		
	1500	0.12	0.07		
	1800			1	0.6
	3000	0.07	0.04		
	3600			0.5	0.3
	6000	0.03	0.02		
	7200			0.3	0.2

(Тэмдэглэл: Хэрэв тоног төхөөрөмж эсвэл холболтын үйлдвэрлэгч нь илүү нарийвчилсан тохиргооны хүлцэл шаардсан бол, тэрхүү шаардлагыг дагах ёстой.)[1]

ТЭНЦВЭРЖҮҮЛЭЛТ

Эргэлтийн эд ангийг зохион бүтээх явцад технологийн шаардлагаар массыг нь жигд бус хуваарилах тохиолдол цөөнгүй байдаг. Жишээ нь эргэлтийн эд ангийн зарим хэсгийг зузаан, нимгэн хийх, зарим хэсэгт нь нүх гаргах г.м. Массын энэ жигд бус хуваарилалтаас шалтгаалан уг эд ангийн эргэлтийн үед түүний тулгуурт нэмэлт динамик ачаалал үүсдэг. Энэ ачааллын улмаас механизмын кинематик хосуудад үүсэх реакци ихсэж, эд ангиудад нэмэлт хүчдэл үүсэх, тулгуурууд дахь үрэлт ихсэх, суурь их биед нь чичиргээ, доргио үүсэх, хэлбэлзэл бий болох зэрэг сөрөг нөлөөлөл бий болно. Иймээс нэмэлт динамик ачааллыг арилгахын тулд эд ангийг тэнцвэржүүлэх буюу тулгуурууд дахь динамик реакци үүсэхгүй байхаар массыг нь дахин хуваарилах шаардлага гардаг.

Тэнцвэржүүлэлтийн бодлогод эргэлтийн эд ангиудыг тэдгээрийн техникийн зориулалтаас үл хамааран ротор гэж нэрлэдэг. 2-холхивч дээр тогтмол өнцөг хурдтайгаар эргэх 1- ротор авч түүний эргэлтийн тэнхлэгт перпендикуляр, дураараа сонгож авсан I, II хавтгай татъя. Эдгээр хавтгайн роторын тэнхлэгтэй огтлолцож буй цэгийг O_1O_2 гэж тэмдэглээд O_1 цэг дээр эхтэй тэгш өнцөгт координатын хөдөлгөөнгүй O_1xyz систем авч үзье.

Роторын m_i масстай i -р эгэл хэсэгт үүсэх инерцийн төвөөс зугтаах $\vec{\Phi}_i^n$ хүчний хэмжээ

$$\vec{\Phi}_i^n = m_i \vec{r}_i \omega^2 \quad (1)$$

энд $\vec{r}_i$ – эргэлтийн тэнхлэгээс тухайн эгэл хэсгийн байрлал тодорхойлох радиус-вектор.

I хавтгайд $\vec{\Phi}_i^n$ хүчийг зөөхийн тулд O_1 дээр $\vec{\Phi}_i^n$ хүчтэй хэмжээгээрээ тэнцүү, түүнтэй параллель, эсрэг чиглэлтэй, тэнцвэржсэн хоёр хүч үйлчлүүлье. Үүний дунд O_1 цэгт үйлчилсэн $\vec{\Phi}_i^n$ хүч болон $M_i^\Phi = \vec{\Phi}_i^n \cdot \vec{z}_1$ момент бүхий хос хүчнээс бүрдсэн хүчний систем үүснэ. $\vec{\Phi}_i^n$ болон хос хүчний M_i^Φ моментыг координатын тэнхлэгүүдэд проекцолъё.

$$\vec{\Phi}_{ix}^n = \vec{\Phi}_i^n \cos \alpha_i,$$

$$M_{ix}^\Phi = \vec{\Phi}_i^n \cdot \vec{z}_1 \sin \alpha_i,$$

$$\vec{\Phi}_{iy}^n = \vec{\Phi}_i^n \sin \alpha_i,$$

$$M_{iy}^\Phi = \vec{\Phi}_i^n \cdot \vec{z}_1 \cos \alpha_i,$$

$$\vec{\Phi}_{iz}^n = 0 \quad M_{iz}^\Phi = 0,$$

Энд (1)-ийг тооцвол:

$$\vec{\Phi}_i^n = m_i \vec{r}_i \omega^2 \cos \alpha_i = m_i x_i \omega^2$$

$$M_{iz}^\Phi = m_i y_i z_i \omega^2$$

$$\vec{\Phi}_i^n = m_i \vec{r}_i \omega^2 \sin \alpha_i = m_i y_i \omega^2$$

$$M_{iz}^\Phi = m_i x_i z_i \omega^2$$

Эдгээрийг ашиглан роторт үүсэх инерцийн төвөөс зугтаах хүчний системийн $\vec{\Phi}^n$ гол вектор $\vec{M}^\Phi$ гол моментын $O_1 x$ $O_1 y$ тэнхлэг дээрх байгуулагчийг дараах байдлаар олж болно.

$$\begin{cases} \Phi_x^n = \sum \Phi_{ix}^n = \omega^2 \sum m_i x_i \\ \Phi_y^n = \sum \Phi_{iy}^n = \omega^2 \sum m_i y_i \end{cases} \quad (2)$$

$$\begin{cases} \Phi_x^n = \sum \Phi_{ix}^n = \omega^2 \sum m_i y_i z_i \\ \Phi_y^n = \sum \Phi_{iy}^n = \omega^2 \sum m_i x_i z_i \end{cases} \quad (3)$$

Энд: $\sum m_i x_i$, $\sum m_i y_i$ -массын статик моментын проекцууд, $\sum m_i y_i z_i$, $\sum m_i x_i z_i$ -инерцийн төвөөс зугтаах моментын проекцууд. (2), (3) -ийг ашиглан $\vec{\Phi}^n$ гол вектор, $\vec{M}^\Phi$ гол моментын хэмжээг олбол:

$$\begin{aligned} \vec{\Phi}^n &= \omega^2 \sqrt{(\sum m_i x_i)^2 + (\sum m_i y_i)^2} \\ \vec{M}^\Phi &= \omega^2 \sqrt{(\sum m_i y_i z_i)^2 + (\sum m_i x_i z_i)^2} \end{aligned} \quad (4)$$

Эндээс ротортой хамт эргэж, хэмжээ, чиглэл нь өөрчлөгдөх $\vec{\Phi}^n$ хүч болон $\vec{M}^\Phi$ моментын улмаас уг роторын тулгууруудад нэмэлт динамик ачаалал үүсдэг байна.

Энэ нэмэлт динамик ачааллыг арилгахын тулд $\vec{\Phi}^n$ хүч болон $\vec{M}^\Phi$ моментыг тэгтэй тэнцүү байхаар массыг дахин хуваарилах бөгөөд энэ үйл явцыг **роторын тэнцвэржүүлэлт** гэж нэрлэдэг.

Зарим тохиолдолд $\vec{M}^\Phi$ гол моментыг тооцолгүй зөвхөн $\vec{\Phi}^n$ гол векторыг тэнцвэржүүлдэг. Ийм тэнцвэржүүлэлтийг **статик тэнцвэржүүлэлт** гэнэ. Статик тэнцвэржүүлэлтийг эргэлтийн хурд багатай, богино (бүх төрлийн арав, дамар, эрчлүүр, дугуй, одон араа г.м) эд ангиудад хийдэг. Роторын массыг m , хүндийн S төвийн координатыг x_S, y_S гэж тэмдэглэвэл:

$$\begin{aligned} \sum m_i x_i &= m x_S \\ \sum m_i y_i &= m y_S \end{aligned} \quad (5)$$

Статик тэнцвэртэй байхын тулд $\vec{\Phi}^n = 0$ гэдгийг (4)-д тооцвол $\omega^2 \neq 0$ учир $\sum m_i x_i = 0$, $\sum m_i y_i = 0$ буюу энд (5)-ийг тооцвол:

$$\begin{cases} m x_S = 0 \\ m y_S = 0 \end{cases} \quad (6)$$

(6.6)-аас үзэхэд $m \neq 0$ учир $x_S = 0$, $y_S = 0$ буюу роторын хүндийн S төв эргэлтийн тэнхлэг дээрээ оршиж байвал төвөөс зугтаах инерцийн хүчний гол вектор тэгтэй тэнцүү, ротор статик тэнцвэртэй байна. Өөрөөр хэлбэл статик тэнцвэржүүлэлтийг роторын эргэлтийн тэнхлэг инерцийн төв тэнхлэгтэй давхцаж байхаар хийх шаардлагатай.

Эргэлт ихтэй, тэнхлэгийн дагуух хэмжээ их роторт статик тэнцвэржүүлэлтээр түүний тулгуурууд дахь нэмэлт динамик ачааллыг арилгаж чадахгүй. Ийм тохиолдолд төвөөс зугтаах инерцийн хүчний гол моментыг тэнцвэржүүлэх шаардлагатай.

(4) томъёонд $\vec{M}^\Phi = 0$, $\omega^2 \neq 0$ байхыг тооцвол:

$$\begin{aligned} I_{yz} &= \sum m_i y_i z_i = 0 \\ I_{xz} &= \sum m_i x_i z_i = 0 \end{aligned} \quad (7)$$

буюу төвөөс зугтаах инерцийн хүчний гол момент тэгтэй тэнцүү байхын тулд инерцийн төвөөс зугтаах I_{yz} , I_{xz} моментууд тэгтэй тэнцүү байна. Тэнцвэржүүлэлтийн энэ хэлбэрийг **динамик тэнцвэржүүлэлт** гэнэ. Динамик тэнцвэржүүлэлтийг эргэлт ихтэй, урт, статик тэнцвэржсэн ротор хийх бөгөөд үүний дунд I_{yz} , I_{xz} моментууд тэгтэй тэнцүү болж, роторын эргэлтийн тэнхлэг инерцийн гол тэнхлэгтэй давхцсан байх шаардлагатай. Тэгшитгэл (6), (7)-г нэгэн зэрэг хангахаар тооцох тэнцвэржүүлэлтийг **бүрэн тэнцвэржүүлэлт** гэнэ.

Эргэлт ихтэй, урт, статик тэнцвэржээгүй роторт бүрэн тэнцвэржүүлэлт хийх бөгөөд үүний дунд роторын эргэлтийн тэнхлэгийг түүний инерцийн төв, гол тэнхлэгтэй давхцана.

Роторын тэнцвэржүүлэлтийг **эсрэг ачааны аргаар** хийдэг.

Роторт зөвхөн статик тэнцвэржүүлэлт хийхэд тэнцвэржүүлэх нэг эсрэг ачаа шаардлагатай. Энэ ачааг тухайн эд анги дээр, боломжгүй тохиолдолд түүний эргэлтийн тэнхлэг дээр дурын байрлалд байж болох залруулгын хавтгайд бэхэлдэг. Аль болох үрэлт багатай тулгуур (хэвтээ байрлалтай призм чиглүүлэгч г.м) дээр роторыг байрлуулж, түүний статик тэнцвэржсэн эсэхийг шалгах бөгөөд тэнцвэржсэн бол эргэлтийн янз бүрийн байрлалд тэнцвэрийн байдлаа хадгалах ёстой. Динамик болон бүрэн тэнцвэржүүлэлтийг хоёр эсрэг ачааны тусламжтай хийж, тэнцвэржүүлэх зориулалтын төхөөрөмж ашиглан шалгадаг. Гол моментыг I, II хавтгайнууд дээр орших хос хүчээр сольж болох бөгөөд энэ хос хүчний моментыг хэмжээ гол моментыг хэмжээтэй тэнцүү байхаар тэнцвэржүүлэгч хос хүч үүсгэх хоёр эсрэг ачааг I, II хавтгайд байрлуулна. Өөрөөр хэлбэл динамик тэнцвэржүүлэлтийг I, II хавтгайд 180° -аар солбиж байрласан хоёр эсрэг ачаагаар хийж болно.

Бүрэн тэнцвэржүүлэлтийн үед роторын инерцийн хүчний гол векторыг тэнцвэржүүлэх эсрэг ачааг дээрх хоёр хавтгайн аль нэг дээр нэмж бэхэлбэл гурван эсрэг ачаагаар хийх болж байна. Гэвч нэг хавтгайд орших хоёр эсрэг ачааг тэнцүү үйлчлэгч нэг ачаагаар сольж болох учир ϵ хавтгайнуудад 180° -тай тэнцүү биш өнцгөөр солбиж байрласан хоёр эсрэг ачаагаар роторыг бүрэн тэнцвэржүүлж болно. Эсрэг ачаа байрлах I, II хавтгайг **залруулгын хавтгай** гэж нэрлэдэг.

Эргэлтийн эд ангийг тэнцвэржүүлэх дараах хоёр тохиолдол байна. Үүнд:

1. тэнцвэржээгүй массын хэмжээ, байрлах байрлал нь тодорхой.
2. тэдгээрийн хэмжээ, байрлах байрлал тодорхой бус байх. [4]

III. ТООЦООНЫ ХЭСЭГ

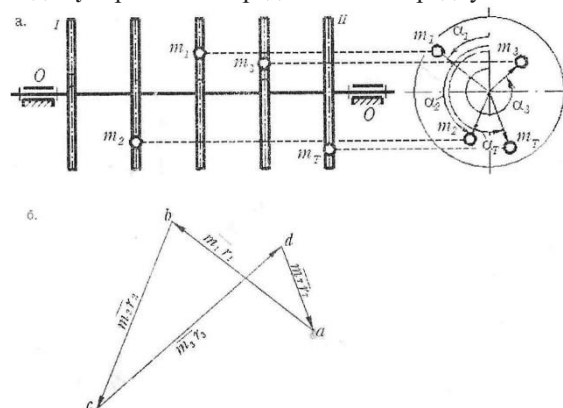
Тэнцвэржээгүй массын хэмжээ, байрлал тодорхой роторыг статик тэнцвэржүүлэх

Эргэлтийн тэнхлэгт нь перпендикуляр хавтгайнуудад байрласан m_1, m_2, m_3 т, та, ту массын хэмжээ өгөгдсөн, байрлал нь $\vec{r}_i, \alpha_i$ координатаар өгөгдсөн юм гэж үзье (4а-р зураг)

Эдгээр массыг байрлуулснаар уг роторын эргэлтийн үед тулгуурт нь нэмэлт динамик ачаалал үүсэх тул өмнө дурдсаны дагуу эргэлтийн тэнхлэгт перпендикуляр, залруулгын I, II хавтгайн аль нэг дээр байрлах m_T масс бүхий эсрэг ачааны тусламжтайгаар статик тэнцвэржүүлэе. Энэ эсрэг ачааны массын хэмжээ (6) нөхцөл хангасан байх ёстой бөгөөд уг системийн хувьд тэнцвэрийн тэгшитгэлийг дараах хэлбэрээр бичиж болно.

$$\overline{m_1 r_1} + \overline{m_2 r_2} + \overline{m_3 r_3} + \overline{m_T r_T} = 0 \quad (8)$$

Энд: $\vec{r}_i$ - i -р массын хүндийн төвийн радиус-вектор.



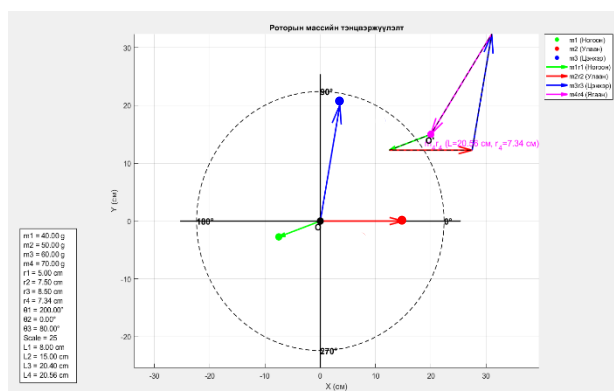
4-р зураг.

$\overline{m_i r_i}$ вектор нь харгалзах $\vec{r}_i$ радиус-векторын дагуу чиглэх тул (8) дах $\overline{m_1 r_1}, \overline{m_2 r_2}, \overline{m_3 r_3}$ статик моментыг хэмжээ, чиглэл мэдэгдэх бөгөөд $\overline{m_T r_T}$ - ийн хэмжээ, чиглэл тодорхойгүй буюу уг тэгшитгэл хоёр үл мэдэгдэгчтэй. Иймээс энэ тэгшитгэлийн дагуу статик моментыг план байгуулж эсрэг ачааны m_T массыг тодорхойлж болно. (8) тэгшитгэлийн дагуу 4б-р зурагт статик моментыг планыг μ_{cm} [гр · см/мм] масштабаар байгуулсан юм гэвэл $\overline{m_T r_T}$ векторын хэмжээ

$$m_T r_T = \mu_{cm} \cdot da, [\text{гр} \cdot \text{см}] \quad (9)$$

Энд: da план дээр $\overline{m_T r_T}$ векторыг дүрслэх хэрчмийн урт, мм.

m_T массын хэмжээг тодорхой утгаар сонгон авч (9)-өөс r_T радиусын хэмжээг олж болно. $\overline{m_T r_T}$ вектортой параллель, $\vec{r}_T$ радиусыг 4а-р зураг дээр татаж, залруулгын хавтгайд m_T массын байрлах α_T өнцгийг тодорхойлно. Тухайн ажлын үр дүнг шалгахдаа лабораторийн ТММ-35М багаж ашиглана.[4]

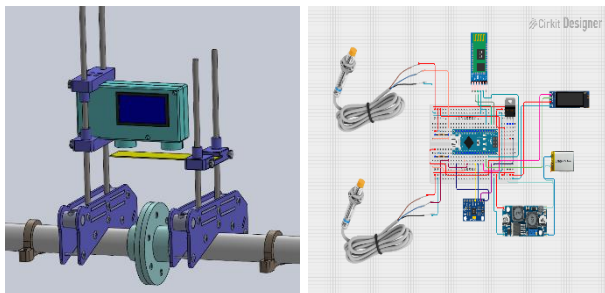


5-р зураг. Матлаб программ дээр хийсэн туршилтын үр дүн

ДҮГНЭЛТ

Эргэлтийн механизмын голуудын төвлөлт болон тэнцвэржилт нь аж үйлдвэрийн тоног төхөөрөмжийн найдвартай ажиллагаа, аюулгүй байдал, бүтээмжийг хангахад үндсэн суурь үзүүлэлт болдог. Судалгааны явцад төвлөлтийн алдаанаас үүдэлтэй чичиргээ, элэгдэл, тоног төхөөрөмжийн эвдрэл зэрэг олон сөрөг үр дагавар гардаг болох нь судалгаагаар тогтоогдсон.

Судалгаагаар лазерын төвлөлтийн аргыг судалж, өндөр нарийвчлалтай хэмжилт хийх боломжтойг харуулсан боловч олон улсад 2000-6000\$-ийн үнэтэй борлуулагддаг нь өртөг өндөртэйг илтгэж байгаа тул ижил түвшний нарийвчлалтай, хямд өртөгтэй хэмжих багажийг зохион бүтээх шаардлага, боломжийг тодорхойлсон. Одоогоор судалгаа нь индукцийн мэдрэгч болон гироскоп мэдрэгчийн хэмжилтээр X,Y,Z тэнхлэгийн дагуу хэмжилтийг хийж 6 төрлийн алдааны зөрүүг тохируулах боломжтойгоор хийцлэгдэж байгаа бөгөөд цаашдаа тэнцвэржилтийг оношлох аргаар бүрэн тэнцвэржилт хийх бололцоотойгоор төлөвлөж байгаа.



Тус төхөөрөмж нь одоогоор төвлөлт хийх үе шатандаа явж байгаа бөгөөд хийцийн ерөнхий байдлын зураг болон электроникийн холболтыг зурагт харуулсны дагуу хийхээр төлөвлөж байна. Энэхүү төхөөрөмж маань үнэ өртгийн хувьд эхний ээлжийн судалгаагаар 1.5 сая төгрөгийн өртгөөр бүтээгдэх боломжтой байгааг судалж олон улсад тус төрлийн төхөөрөмж борлуулагддаг дундаж өртгөөс 70-75% хямд байх бололцоотой гэж үзэж байгаа юм. Энэхүү судалгаа нь эргэлтийн системийн найдвартай байдал, засвар үйлчилгээний зардлыг бууруулах, үйлдвэрлэлийн тасралтгүй ажиллагааг хангахад үнэтэй хувь нэмэр оруулах юм гэж дүгнэж байна.

АШИГЛАСАН МАТЕРИАЛ, НОМ ЗҮЙ

- [1] https://www.researchgate.net/publication/319164861_Dynamic_Balancing_and_Shaft_Alignment
- [2] J. Piotrowski, Shaft alignment handbook, 3rd ed. Boca Raton: CRC Press, 2007.
- [3] <https://kh.aquaenergyexpo.com/wp-content/uploads/2022/12/A-Practical-Guide-to-Shaft-Alignment.pdf>
- [4] ШУТИС-ийн Механизмын дизайны хичээлийн лабораторийн гарын авлага

KOMATSU HD 1500-8 ӨӨРӨӨ БУУЛГАГЧ АВТОМАШИНЫ ТЭВШНИЙ ЭЛЭГДЛИЙН СУДАЛГАА

Баттөрийн ЛХАГВАДОРЖ¹, Батхүүгийн ПҮРЭВДОРЖ², Лхагвасүрэнгийн УНДРАА²

¹ Монгол улс, Улаанбаатар, ШУТИС, Эрдэнэт цогцолбор дээд сургууль, Авто инженерчлэл-III ангийн оюутан

² Монгол улс, Улаанбаатар, ШУТИС, Эрдэнэт цогцолбор дээд сургууль, Механикийн тэнхим

E-mail: purevdori@erdenetis.edu.mn

Хураангуй: “Эрдэнэт үйлдвэр” ТӨҮГ-т шинээр 140 тн даацтай KOMATSU HD1500-8 өөрөө буулгагч автомашиныг парк шинэчлэлийн хүрээнд шинээр нэвтрүүлсэн ба одоогоор хөрс тээвэрлэхэд ашиглаж байна. Хүнд ачааг ачиж, буулгах явцад тэвш нь хөрстэй их хэмжээний үрэлтэд орсны улмаас элэгдлийн процессыг улам эрчимжүүлдэг. Тэвшний элэгдэл нэмэгдэх нь ашиглалтын хугацааг багасгаж засвар үйлчилгээний зардлыг нэмэгдүүлдэг. Тиймээс элэгдэлд нөлөөлөх хүчин зүйлсийг ойлгож түүнийг бууруулах боломжит арга хэмжээг тодорхойлох нь чухал юм. Уг ажлын хүрээнд тэвшний элэгдлийн хэмжилтийн үр дүнг ашиглан түүнд нөлөөлөх хүчин зүйлсийг судалж үрэлтийн хүчийг онолын болон туршилтын аргаар тодорхойлсон. Үр дүнгээс харахад ачаа тээвэрлэх явцад тэвшний тодорхой хэсгүүд, бусад хэсгээс илүү их хэмжээнд элэгдэж байна. Үүнд үрэлтийн хүчний хэмжээ материалын механик шинж чанар шууд нөлөөтэй тул KOMATSU HD1500-8 өөрөө буулгагч автомашины тэвшний элэгдлийн зүй тогтлыг оновчлох, материал сонголт, элэгдлээс хамгаалах, эдийн засгийн үр ашигтай байх шийдлийг боловсруулах зорилгоор гүйцэтгэв.

Түлхүүр үг: үрэлтийн хүч, уул уурхайн тээвэр

I. УДИРТГАЛ

Уул уурхайн салбарт түгээмэл ашиглагддаг БелАЗ, KOMATSU зэрэг хүнд даацын өөрөө буулгагч автомашинуудын тэвш нь өндөр механик ачаалал цохилт үрэлтээс үүдэлтэй элэгдэлд ордог [1]. “Эрдэнэт Үйлдвэр” ТӨҮГ-ын АТЦ-д БелАЗ-75131 маркийн 47 ш, KOMATSU HD 1500-8 маркийн 10 ш автосамосвал ашиглагдаж байна. Паркийн дундаж насжилт 5.4 жил, дундаж ачилт 120-122 тн, даац ашиглалтын итгэлцүүр 0.96 байна. БелАЗ-75131 маркийн автосамосвалын ажлын үндсэн элемент болох тэвш нь хүдрийн биеттэй тасралтгүй харилцан үйлчлэлцсэний улмаас механик үрэлтэд орж элэгдлийн процесс эрчимтэй явагддаг. Ашиглалтын нийт хугацаанд томоохон эвдрэл гэмтэл үүсэх, гэнэтийн урт, богино хугацааны зогсолтоос сэргийлэхийн тулд үйлдвэрлэгчийн хийц дээр нэмэлтээр металл хийцээр бүрэн хуяглаж өгдөг билээ. Гэвч уг хуяг нь элэгдлийн хугацаа өндөр, хуурч хөндийрөх тохиолдол нэлээд их улмаас Баяжуулах үйлдвэрийн хүдрийн агуулах руу унаж бутлуурыг гэмтээх, автомашины өөрийн жинг нэмэгдүүлж, автомашины зүтгэх хүчийг бууруулах, энергийн зарцуулалтыг нэмэгдүүлэх зэргээр сөрөг нөлөө үзүүлж байна. Энэ нь төлөвлөгөөт засварын цагт нэмэлт ажил гаргаж, зогсох хугацааг уртасгаж, энергийн зарцуулалт нэмэгдсэнээр түлшний хувийн зарцуулалтыг нэмэгдүүлэх, АҮК буурах зэргээс гадна эдийн засгийн хувьд багагүй өртөгтэй байдаг [2].

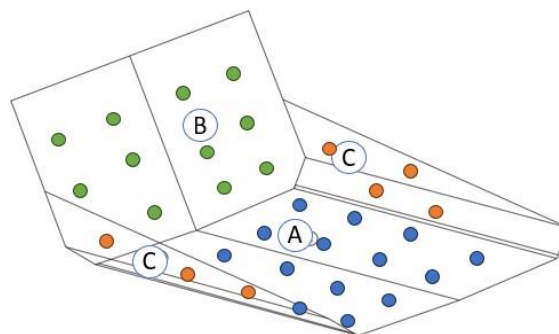
Шинээр нэвтрүүлсэн KOMATSU HD 1500-8 автосамосвалыг мөн адил хуяглах шаардлага үүсвэл бүтэн биш элэгдэл эрчимтэй явагдаж буй хэсгүүдэд зөв материалаар хуяглах шийдлийг боловсруулахын тулд энэ сэдвийг судлах үндэслэл болсон. Тиймээс тэвшний элэгдлийн механизмыг судалж үрэлтийн

хүчийг тодорхойлох замаар ашиглалтын үр ашгийг нэмэгдүүлэх нь чухал асуудал болж байна. Энэхүү судалгааны зорилго нь өөрөө буулгагч автомашины элэгдэлд нөлөөлөх хүчин зүйлсийг судалж үрэлтийн хүчийг тодорхойлох замаар элэгдлийг бууруулах боломжит арга хэмжээг боловсруулахад оршино.

II. СУДАЛГААНЫ ХЭСЭГ

2.1. Тэвшний элэгдлийн хэмжилт

“Эрдэнэт үйлдвэр” ТӨҮГ -ын 2024 оны 8-р сард орж ирсэн KOMATSU HD1500-8 маркийн өөрөө буулгагч автомашины шинэ байх үеийн тэвшний зузааныг хэмжсэн. Ингэхдээ тэвшийг шалны 16 цэг (А), аравчны 12 цэг (В), хоёр хажуугийн 8 цэгт (С) хэмжилт хийсэн. Үүний дараагаар ашиглалтад орсны дараах 62 хоног болон 100 хоногийн дараах элэгдлийг хэмжсэн (1-р зураг).



1-р зураг. Тэвшний хэмжилт хийсэн схем зураг

Тэвшний зузаан нь харилцан адилгүй байсан ба хамгийн зузаан хэсэг нь шалны хэсэг 18 мм, аравчны хэсэг 12 мм, хоёр хажуу 8 мм зузаантай. Хэсэг тус

бүрийн элэгдлийн цэгүүд дээр хэмжилт хийхэд, хэсэг бүр дэх хэмжилтийн утга өөр гарч байв. Эдгээр хэмжилтийн утгыг дараах 1, 2, 3-р хүснэгтээр харуулав. Эдгээр хэмжилтийн утгыг ашиглан тэвшний элэгдлийн эпюрийг 2-р зургаар харуулав.

ТЭВШНИЙ ХЭМЖИЛТИЙН УТГА

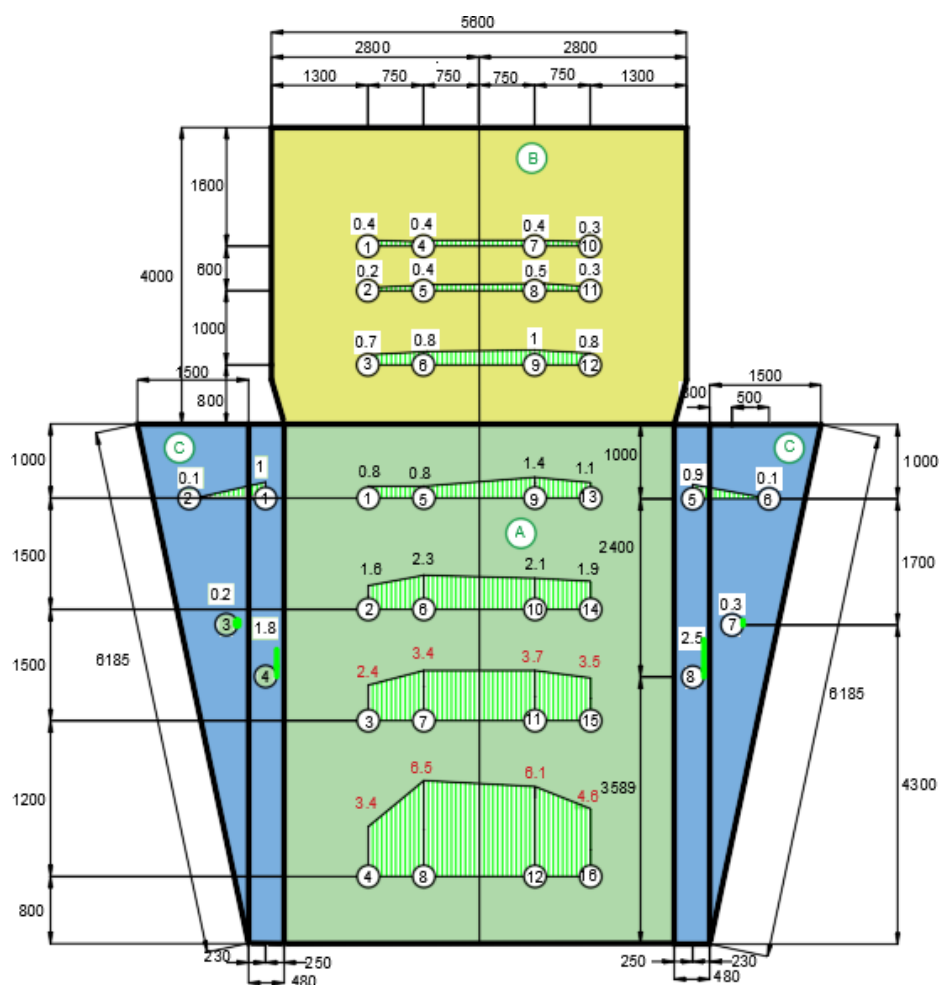
1-Р ХҮСНЭГТ.

Элэгдлийн цэгүүд	Шалны зузаан				Элэгдэл			Нийт	Хувь
	Шинэ	83 хоног	38 хоног	80 хоног	83 хоног	38 хоног	80 хоног	201 хоног	201 хоног
1	18.5	18.2	17.7	17.7	0.3	0.5	0	0.8	4.32
2	18.5	17.9	17.6	16.9	0.6	0.3	0.7	1.6	8.65
3	18.5	17.4	17.3	16.1	1.1	0.1	1.2	2.4	12.97
4	18.6	16.9	16.6	15.2	1.7	0.3	1.4	3.4	18.28
5	18.5	18.2	17.7	17.7	0.3	0.5	0	0.8	4.32
6	18.5	17.3	17.3	16.2	1.2	0	1.1	2.3	12.43
7	18.5	17.5	16.2	15.1	1	1.3	1.1	3.4	18.38
8	18.5	16.9	15.3	12	1.6	1.6	3.3	6.5	35.14
9	18.6	18	17.6	17.2	0.6	0.4	0.4	1.4	7.53
10	18.5	17.8	17.3	16.4	0.7	0.5	0.9	2.1	11.35
11	18.6	17.5	16.7	14.9	1.1	0.8	1.8	3.7	19.89
12	18.5	16.9	15.5	12.4	1.6	1.4	3.1	6.1	32.97
13	18.5	18	17.8	17.4	0.5	0.2	0.4	1.1	5.95
14	18.6	17.8	17.5	16.7	0.8	0.3	0.8	1.9	10.22
15	18.5	17.5	17	14.5	1	0.5	2.5	4	21.62
16	18.6	17	16.8	14	1.6	0.2	2.8	4.6	24.73

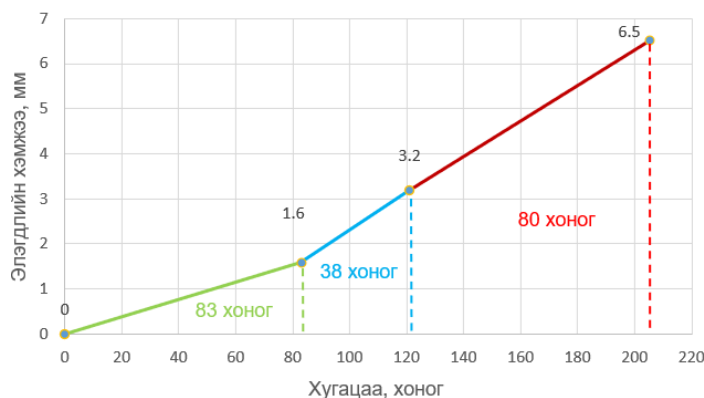
2-Р ХҮСНЭГТ.

Элэгдлийн цэгүүд	Аравчны зузаан				Элэгдэл			Нийт	Хувь
	Шинэ	83 хоног	38 хоног	80 хоног	83 хоног	38 хоног	80 хоног	201 хоног	201 хоног
1	11.9	11.9	11.5	11.5	0	0.4	0	0.4	3.36
2	11.9	11.9	11.6	11.5	0	0.3	0.1	0.4	3.36
3	12	12	11.8	11.7	0	0.2	0.1	0.3	2.50
4	11.9	11.8	11.6	11.5	0.1	0.2	0.1	0.4	3.36
5	11.9	11.9	11.8	11.7	0	0.1	0.1	0.2	1.68
6	12	12	11.9	11.7	0	0.1	0.2	0.3	2.50
7	11.7	11.6	11.4	11.3	0.1	0.2	0.1	0.4	3.42
8	11.7	11.6	11.4	11.2	0.1	0.2	0.2	0.5	4.27
9	12	12	11.2	11	0	0.8	0.2	1	8.33
10	11.6	11.6	11.4	11.3	0	0.2	0.1	0.3	2.59
11	11.6	11.6	11.4	11.3	0	0.2	0.1	0.3	2.59
12	12	12	11.3	11.2	0	0.7	0.1	0.8	6.67

Элэгдлийн цэгүүд	Хоёр хажуу талын зузаан				Элэгдэл			Нийт	Хувь
	Шинэ	83 хоног	38 хоног	80 хоног	83 хоног	38 хоног	80 хоног	201 хоног	201 хоног
1	12	12	11.9	10.9	0	0.1	1	1.1	9.17
2	8.6	8.6	8.5	8.5	0	0.1	0	0.1	1.16
3	8.6	8.5	8.4	8.4	0.1	0.1	0	0.2	2.33
4	12	11.7	11.3	10.2	0.3	0.4	1.1	1.8	15.00
5	12	12	11.5	11.1	0	0.5	0.4	0.9	7.50
6	8.7	8.7	8.6	8.6	0	0.1	0	0.1	1.15
7	8.7	8.7	8.6	8.4	0	0.1	0.2	0.3	3.45
8	12	11.6	11.5	9.5	0.4	0.1	2	2.5	20.83



8-дугаар цэгийн элэгдлийн график



3-р зураг. Элэгдлийн хурд

$$v_{83} = \frac{H}{t} = \frac{1.6}{83} = 0.019 \text{ мм/хоног}$$

$$v_{38} = \frac{H}{t} = \frac{1.6}{38} = 0.042 \text{ мм/хоног}$$

$$v_{81} = \frac{H}{t} = \frac{3.3}{81} = 0.041 \text{ мм/хоног}$$

$$t_{\text{цоорох}} = \frac{18,5}{0,042} = 440,47 \text{ хоног}$$

2.2. Тэвшинд үйлчлэх ачааны нормаль, хэвтээ байгуулагчид болон үрэлтийн хүчийг тооцоолох

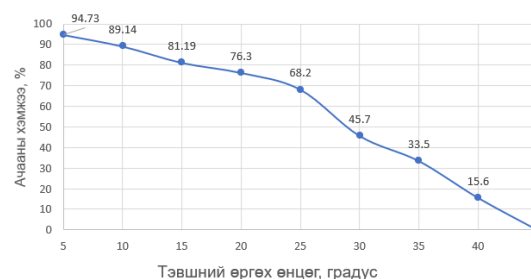
Энэхүү тооцоог хийхийн тулд KOMATSU HD 1500-8 маркийн өөрөө буулгагч автомашины тэвшний багасгасан макет (4-р зураг)-ийг хийж түүн дээр ачаа ачин туршиж, тэвшний өргөх өнцгөөс хамаарсан ачааны унах, болон тэвшинд үлдэх ачааны хэмжээг болон үрэлтийн коэффициентыг туршилтын аргаар тогтоосон.



4-р зураг. Тэвшний макет

Тэвшний макет нь туршилт хийхэд маш энгийн бөгөөд тодорхой хүчээр тэвшийг дээш өргөхөд наана харагдаж байгаа зүү хамт хөдөлнө. Энэхүү зүүний тусламжтай тэвшний өргөх өнцгийг харах боломжтой. Энэ туршилтыг гүйцэтгэхдээ тэвшийг 5° тутам өргөхөд ачааны асгарсан массыг жингийн аргаар хэмжиж өнцгөөс хамаарсан унах ачааллын хэмжээг тодорхойлов.

Өнцгөөс хамаарсан тэвшинд үлдэх ачааны хэмжээ



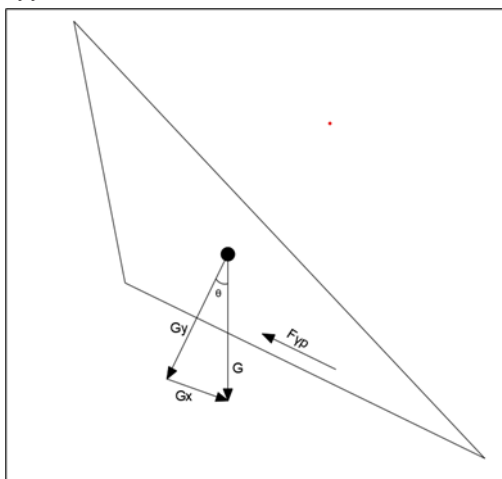
Өнцөг	5	10	15	20	25	30	35	40	45
%	94.73	89.14	81.19	76.3	68.2	45.7	33.5	15.6	0
Үлдсэн ачаа, тн	132.6	124.8	113.7	106.8	95.5	64.0	46.9	21.8	0

5-р зураг. Тэвшний өргөх өнцгөөс хамаарсан ачаалал

Дээрх графикт тэвш өргөгдөх үед хэдий хэмжээний ачаа унаж, хэр их ачаа тэвшинд үлдэж байгааг туршилтын аргаар тодорхойлсон. Энэхүү графикаас ажиглавал 35° хүртэл ачаа тэвш хоёр хоорондоо гулсахгүй байх бөгөөд үрэлт үүсэхгүй байна. Харин 35°- 45° градуст ачаа тэвш нь хоорондоо гулсаж эхлэх буюу үрэлт үүсгэж байна. Гулсаж эхлэх үеийн өнцгийн тангенс нь үрэлтийн коэффициент болно. Энэ нь туршилтын аргаар тодорхойлж байгаа үрэлтийн коэффициент болно. ($\mu = 0.7$) Онолын хувьд тухайн материалаас хамаараад өөр өөр байдаг. Жишээ нь ган болон

чулуулгийн үрэлтийн коэффициент 0.4-0.7 хооронд байна.

Эндээс 35° градуст нийт ачааны 46.9 тн ачаа үлдэж тэвшийг элэгдүүлж байна гэж үзэв. үрэлтийн хүчийг тооцоход шаардлагатай өнцөг($\cos \theta$)-ийг 35° -р сонгож, тэвшинд үүсэх хүчний схемийг байгуулав.



6-р зураг. Тэвшинд үүсэх хүчний график

Энд: Gx -Хэвтээ тэнхлэгт үйлчлэх хүндийн хүч, Gy - Босоо тэнхлэгт үйлчлэх хүндийн хүч, F_{dp} -Үрэлтийн хүч

6-р зурагт тэвшний өргөх өнцгөөс хамаарсан үрэлтийн хүч, жингийн хүчний нормаль болон хэвтээ байгуулагчдыг үзүүлэв.

Элэгдэлд хамгийн их нөлөөлдөг хүч бол үрэлтийн хүч юм. Тэгвэл тэвшинд үрэлтийн хэмжээ хамгийн их байх үед түргэн элэгддэг, хамгийн бага үрэлттэй үед аажмаар элэгддэг.

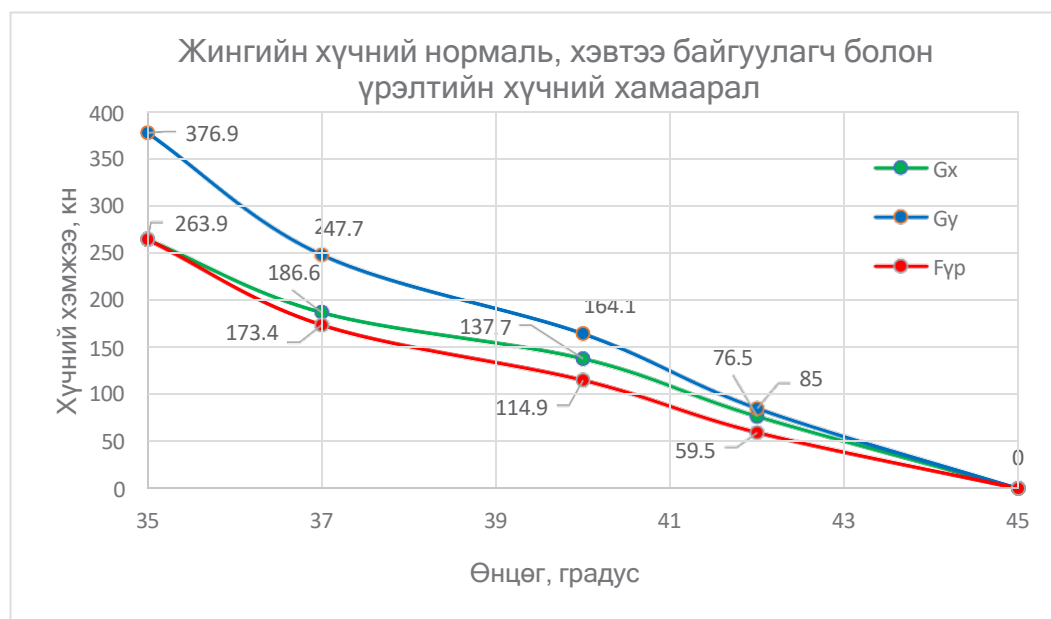
Тухайн цэгт үйлчлэх хүчийг тодорхойлохдоо (1) тэгшитгэлийг ашиглав.

$$Gx = G \times \cos \theta$$

$$Gy = G \times \sin \theta \quad (1)$$

$$F_{dp} = G \times \cos \theta \times \mu$$

Үрэлтийн коэффициентыг таблиц ашиглан 0.40 байхаар сонгож өнцөг тус бүр дээр тооцоолсон үр дүнг 7-р зургаар харуулав.



7-р зураг. Ачааллаас хамаарсан тэвшинд үйлчлэх хүчний харьцуулсан утга

Дээрх зурагт цэнхэр ба ногоон шугамаар босоо хэвтээ тэнхлэгт үйлчлэх ачааллыг, улаан өнгийн шугамаар үрэлтийг дүрсэлсэн. Тэвшинд үйлчлэх ачааллын хэмжээ өнцөг ихсэх тусам буурч байна. Энэ нь тэвшнээс унаж буй ачаанаас хамааралтай.

ДҮГНЭЛТ

1. Тэвш нь гадаргуугаараа харилцан адилгүй элэгдэлд орж байна.

2. Шалны хэсгийн хамгийн арын буюу ачаа гулсаж унах хэсэгт элэгдэл хамгийн их байна.
3. Тэвш нь голоороо бага зэргийн налуу учир энэ хэсгийн элэгдэл их байна.
4. Шалны хэсгийг 4 хэсэгт хуваан элэгдлийг хугацаанаас хамааруулан харьцуулахад

урдаасаа хойшлох тусам элэгдлийн хэмжээ нэмэгдэж байна.

5. Ачаа болон тэвшний хоорондоо шүргэлцэх өнцөг нь 35° градусаас эхэлж байна.
6. Нийт ачааны 33.5 % буюу 46.9 тн ачаа тэвшийг элэгдэлд оруулж байна.
7. Элэгдлээс хамгаалах тэвшний хуяглалтыг KOMATSU HD1500-8 өөрөө буулгагч автомашин дээр нийтээр нь хуяглахгүй тэвшний хойд хэсэгт хуяг тавихыг санал болгож байна. Ингэснээр хуяглалтын зардал багас ч тодорхой хэмжээний зардал хэмнэнэ. Өөрийн жин багасах, зүтгэх хүч ихсэх давуу талтай.

АШИГЛАСАН НОМ ЗҮЙ

[1] Бат -Эрдэнэ Б. БелАЗ -75131 автосамосвалын тэвшний элэгдлийн судалгаа

[2] Агваандорж Д. БелАЗ 75131 автосамосвалын тэвшний ашиглалтыг сайжруулах судалгаа

АЮУЛЫГ МЭДЭЭЛЭХ ХАМГААЛАЛТЫН ДУУЛГАНЫ СУДАЛГАА, ХӨГЖҮҮЛЭЛТ

Лодойдамбын Одлхагва, Баттулгын Уянга, А.Түвшинжаргал

¹Монгол улс, Эрдэнэт, ШУТИС, ЭЦДС, Эрчим хүч, мэдээллийн технологийн тэнхим

Холбоо барих зохиогчийн и-мэйл хаяг: B220000291@erdenetis.edu.mn

Хураангуй: Хөдөлмөрийн аюулгүй байдал нь ажилчдын эрүүл мэнд, амь насыг хамгаалахад чиглэсэн байдаг бөгөөд үйлдвэрлэлийн ажлын орчинд хорт хийн ялгаралт, агаарын бохирдол зэрэг нуугдмал болон өндөр температур, чийгшил гэх мэт физикийн аюулууд байдаг. Эдгээр асуудлыг шийдвэрлэх, осол гэмтлээс урьдчилан сэргийлэх зорилгоор технологийн шинэ аргачлалуудыг ашиглах шаардлага нэмэгдэж байна. Энэхүү судалгаанд LoRa технологи, Arduino Uno контроллер, MQ-135, DHT11 зэрэг модулиудыг хэрэглэн хамгаалалтын дуулга хийсэн бөгөөд уг дуулга нь ажлын орчны аюултай хүчин зүйлсийг(нуугдмал аюулыг) илрүүлж, мэдээллийг LoRa технологи ашиглан тухайн мөчид дамжуулдаг онцлогтой. Мөн судалгаанд MQ-135 мэдрэгчийн аюултай хийг илрүүлэх болон LoRa технологи ашиглан аюулын мэдээллийг алс зайд дамжуулан туршсаныг танилцуулж байна.

Түлхүүр үг: LoRa, Arduino UNO, DHT11, MQ135 мэдрэгчүүд

I. УДИРТГАЛ

Үйлдвэрлэл, уул уурхай, онцгой байдал, хайгуулын алба зэрэг салбаруудад ажиллаж буй ажилчдын аюулгүй ажиллагаа нэн тэргүүнд тавигдах шаардлагатай. Тухайн ажилтны ажлын байрны орчин нөхцөлд хорт хийн ялгаруулалт, өндөр температур, агаарын бохирдол зэрэг хүний эрүүл мэндэд сөргөөр нөлөөлөхүйц эрсдэл байнга дагалдаж байдаг.

Үйлдвэрлэлийн орчинд осол гэмтэл ил болон далд хэлбэрээр байнга оршиж байдаг. Ажилчдын аюулгүй байдлыг хангах, гарч болох ослоос урьдчилан сэргийлэх зорилгоор тодорхой арга хэмжээг тухай бүрд авч, хэрэгжүүлдэг. Үүнд:

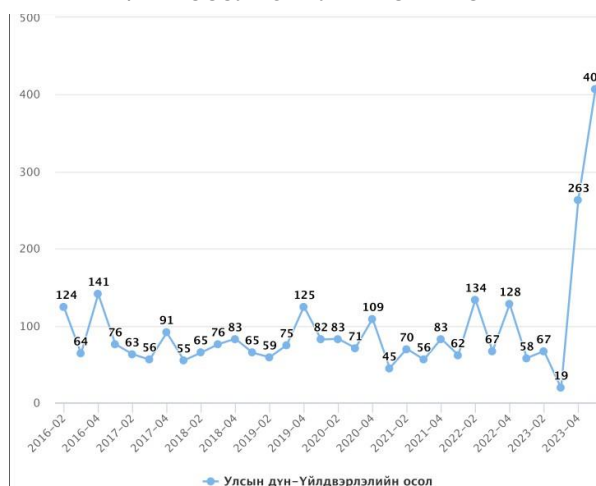
- **Аюулгүй ажиллагааны дүрэм журмыг мөрдүүлэх:** Бүх ажилчид аюулгүй ажиллагааны стандарт, журмыг дагаж мөрдөх шаардлагатай.
- **Сургалт зохион байгуулах:** Ажилчдыг аюулгүй ажиллагааны сургалтад тогтмол хамруулж, тоног төхөөрөмжийг зөв, аюулгүй ашиглах талаар мэдлэг олгох.
- **Хяналт тавих:** Ажлын орчин, тоног төхөөрөмжийн аюулгүй байдлыг тогтмол шалгаж, аливаа эвдрэл, алдаа гарсан тохиолдолд шууд засах.
- **Хамгаалалтын хэрэгсэл ашиглуулах:** Ажилчид хамгаалалтын малгай, бээлий, нүдний шил зэрэг хэрэгслүүдийг хэрэглэхийг шаардах.
- **Ажлын орчныг сайжруулах:** Цэвэр, зохион байгуулалттай орчин бүрдүүлэх, осол үүсгэх эрсдэлтэй зүйлсийг багасгах.
- **Цагийн хуваарийг зөв зохицуулах:** Ажилчдыг ядралтаас сэргийлэхийн тулд хэт ачаалал өгөхгүй байх, шаардлагатай тохиолдолд чөлөөгөөр хангах.

Эдгээр арга хэмжээг авсан ч үйлдвэрлэлийн осол гарсаар байна. Тухайн ажилтныг гэмтсэн даруйд анхны тусламж үзүүлээгүй тохиолдолд, түүний бэртэл гэмтэл даамжирч, цаашлаад амь насанд нь аюул учрах эрсдэл нэмэгддэг. Тиймээс аливаа осол

гэмтэл гарсны дараа бус гарахаас өмнө урьдчилан сэргийлэн, тогтмол хяналт тавих хэрэгтэй.

Өнөөдөр аюулгүй байдалд хяналт тавих олон төрлийн систем ашиглагдаж байгаа ч эдгээр систем ихэвчлэн кабелийн холболттой, мөн зарим нь зөвхөн локал хэмжээнд үйлчилж, мэдээллийг дамжуулах боломж хязгаарлагдмал байдаг. Тиймээс нуугдмал аюулыг илрүүлэх чадвартай, хэрэглэхэд хялбар, утасгүй, хол зайд өгөгдөл дамжуулах боломжтой системийг ашиглаж, аюулгүй ажиллагааг хангах нь чухал ач холбогдолтой. Үүнийг шийдэх зорилгоор энэхүү судалгааг хийж, LoRa (Long Range) технологийг ашигласан хамгаалалтын дуулганы системийг боловсруулсан.

II. ОСОЛ ГЭМТЛИЙН СТАТИСТИК



Зураг 1. Үйлдвэрлэлийн осол гэмтлийн график
(2016-2023 он) [10]

1993-2020 онуудад “Эрдэнэт үйлдвэр” ТӨҮГ-ын хэмжээнд үйлдвэрлэлийн ослын нийт 938 тохиолдол бүртгэгдсэн байна. Үүнийг бүтцийн

нэгжүүдээр авч үзвэл: 257 (27.3%) нь авто тээврийн байгууллага, 234 (24.9%) нь баяжуулах үйлдвэр, 135 (14.4%) нь засвар механикийн завод, 91 (9.7%) нь ил уурхай, 38 (4.05%) нь дулааны цахилгаан станц, 35 (3.7%) нь засвар угсралт цехэд гарсан байна. [6]

Дээрх хугацаанд хүний амь нас эрсэдсэн 36, үйлдвэрлэлийн осолд тооцоогүй 27 тохиолдол гарсан байна.

Бид энэ мэт ослыг тоолж бүртгэхээс илүүтэйгээр, хөнөөлтэй нөхцөл байдлыг хамгийн түрүүнд илрүүлж, мэдээлэн хянаж байх боломжтой төхөөрөмжийг бүтээхээр зорьж байна.

III. БҮРЭЛДЭХҮҮН ХЭСЭГ БОЛОН СИСТЕМИЙН БҮТЭЦ

Энэхүү судалгааны хүрээнд LoRa, Arduino Uno, MQ135, DHT11 зэрэг технологийн бүрэлдэхүүн хэсгүүдийг ашиглан хамгаалалтын дуулга бүтээсэн. Тус дуулганы бүрэлдэхүүн бүр нь дараах үүрэг гүйцэтгэнэ. Үүнд:

1. Arduino UNO: Системийн үндсэн удирдлагын хэсэг бөгөөд мэдрэгчүүдээс өгөгдлийг хүлээн авч боловсруулан, LoRa модулиар дамжуулах үүрэг гүйцэтгэнэ. Arduino UNO нь олон төрлийн мэдрэгчтэй уялдан ажиллах чадвартай, програмчлахад хялбар, өргөн хэрэглэгддэг микроконтроллер юм. (Хүснэгт 1. а). [1]

2. DHT11: Агаарын температур болон чийгшлийг хэмжих мэдрэгч юм. Үйлдвэрлэлийн орчинд хэт өндөр температур болон чийгшлийн түвшин нь ажилчдын эрүүл мэндэд сөрөг нөлөө үзүүлэх эрсдэлтэй тул энэ мэдрэгчийг ашиглан бодит цагийн өгөгдөл цуглуулж, хяналт тавина. (Хүснэгт 1. б). [3]

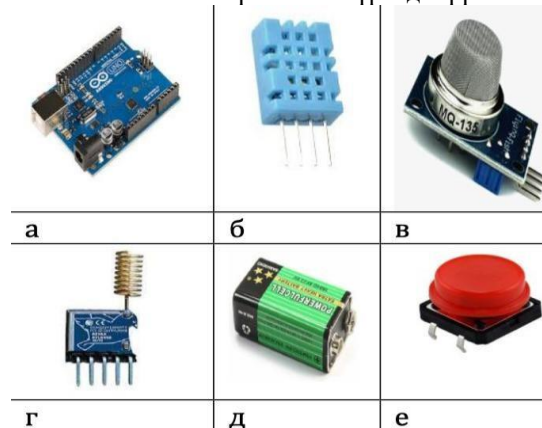
3. MQ135: Агаарын чанарыг тодорхойлох мэдрэгч. Энэ нь нүүрстөрөгчийн давхар исэл (CO_2), аммиак (NH_3), азотын давхар исэл (NO_2) зэрэг хорт хийн түвшнийг илрүүлнэ. Үйлдвэрлэлийн орчинд хорт хийн түвшин нэмэгдэх нь ажилчдын эрүүл мэндэд ноцтой аюул учруулж болзошгүй тул уг мэдрэгчийг агаарын чанарыг хянахад ашиглана. (Хүснэгт 1. в). [4]

4. LoRa модуль : LoRa (Long Range) технологи нь холын зайд өгөгдөл дамжуулах чадвартай, бага эрчим хүч зарцуулдаг утасгүй холбооны систем юм. Энэхүү модулийг ашиглан мэдрэгчдээс цугларсан өгөгдлийг хяналтын төв рүү 862MHz-1020MHz давтамжаар дамжуулна. (Хүснэгт 1. г). [5]

5. 9V батарей: Бүх системийг тэжээх эх үүсвэр. Ухаалаг дуулгыг бие даасан байдлаар ажиллуулах, тасралтгүй ажиллагааг хангах зорилгоор зөөврийн батарей ашиглана. (Хүснэгт 1. д)

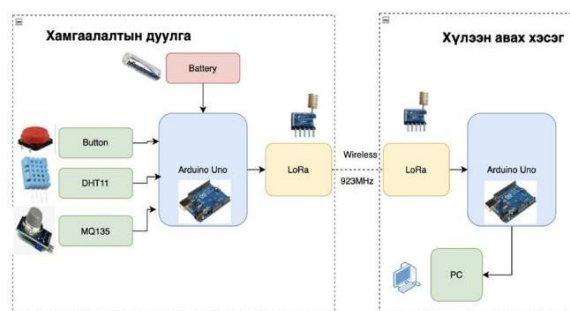
6. Товчлуур: Ажилтан яаралтай тусламж хүсэх үед дарах зориулалттай. Товчлуурыг дарснаар хяналтын төвд тусламж хүссэн дохио илгээгдэнэ. Энэ нь ажилчдын аюулгүй байдлыг нэмэгдүүлэх, түргэн шуурхай тусламж үзүүлэх боломжийг бүрдүүлнэ. (Хүснэгт 1. е)

Хүснэгт 1. Бүрэлдэхүүн хэсгүүд



СИСТЕМИЙН БҮТЭЦ

Манай систем нь илгээх хэсэг буюу хамгаалалтын дуулга болон хүлээн авах хэсгээс бүрдэнэ. Дуулганд байрлах мэдрэгчүүдийн мөн тусламжийн товчлуурын мэдээллийг Arduino боловсруулж, дамжуулагч LoRa руу дамжуулна. Дамжуулагч LoRa нь мэдээллийг хүлээн авагч LoRa руу илгээх бөгөөд хүлээн авагч LoRa нь өгөгдлийг авч, Arduino-д дамжуулна. Arduino нь мэдээллийг боловсруулж, компьютер дээр ажилчдын ажиллаж буй орчны температур, чийгшил, хорт хий, агаарын бохирдол байгаа эсэхийг харуулах болно. Мөн ажилчин тусламж хүсэх товчлуурыг дарсан үед "HELP" гэсэн дохиог удирдлагын албаныхан хүлээн авна.



Зураг 2. Системийн бүтэц

IV. ТУРШИЛТЫН ҮЙЛ ЯВЦ

Энэхүү судалгаанд нийт хоёр шатлалт туршилт хийж, бүтээлийн үйл ажиллагаа, өгөгдөл дамжуулалтын гүйцэтгэлийг бодитоор үнэлэн дүгнэсэн. Эхний туршилтаар мэдрэгчүүдийн ажиллагаа болон өгөгдөл дамжуулалтын найдвартай байдлыг шалгасан бол хоёр дахь туршилтаар дохио дамжуулах урт болон байгалийн таагүй нөхцөлд хэрхэн ажиллаж буйг нарийвчлан судалсан.

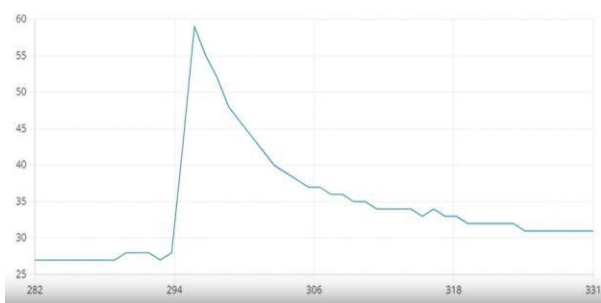
ТУРШИЛТ №1:

Энэхүү туршилтаар MQ135 мэдрэгчийг ашиглан нүүрстөрөгчийн давхар ислийг илрүүлэх чадвар болон LoRa модулийн мэдээлэл дамжуулалтын гүйцэтгэлийг шалгасан. Туршилтын явцад зохиомлоор CO_2 агуулсан орчин үүсгэн (хүснэгт 2-т харуулсан) мэдрэгчийн хариу үйлдлийг ажиглаж, хэмжилтийн өгөгдлийг LoRa модулиар дамжуулан тодорхой зайнд хүлээн авч туршив.

Уг туршилтын явцад мэдрэгч нь нүүрстөрөгчийн давхар ислийн хийг илрүүлж, өгөгдлийг LoRa модулиар дамжуулан 200 метрийн зайд, 3 хананы саадтай орчинд хүлээн авсан.

Туршилтын үр дүнгээс үзэхэд MQ135 мэдрэгч нь тодорхой орчны нүүрстөрөгчийн давхар ислийн хийг мэдэрч чадаж байсан. Туршилтын үр дүнг илүү ойлгомжтой байдлаар графикаар дүрслэн харуулсан.

Хүснэгт 2. Мэдрэгчийн мэдрэх чадварын туршилт



Зураг 3. MQ135 мэдрэгчийн мэдрэсэн хэмжээг графикаар үзүүлэв

ТУРШИЛТ №2:

LoRa модулийн мэдээлэл дамжуулах чадварыг шалгах туршилтыг явуулсан. Уг туршилтаар LoRa модуль мэдээллийг хэр хол зайнд найдвартай дамжуулж чадаж байгааг үнэлэх зорилготой байсан бөгөөд туршилтын үйл явцыг бодит, хүндрэлтэй нөхцөлд хийхийг зорьсон.

Туршилтыг цаг агаарын таагүй нөхцөл, тухайлбал цастай, хүйтэн орчинд зохион байгуулсан нь LoRa модулийн ажиллагаанд байгалийн хүчин зүйлс хэрхэн нөлөөлж буйг шалгах зорилготой. Эдгээр байгалийн таагүй нөхцөлд ч гэсэн LoRa модуль нь мэдээллийг 350-400 метрийн зайд найдвартай дамжуулж чадсан нь туршилтын үр дүнд батлагдсан.

Туршилтаас гарсан үр дүн нь LoRa технологи ашигласан хамгаалалтын дуулга нь хол зайд мэдээлэл дамжуулах чадвартай болохыг харуулж, цаашид практик нөхцөлд үр ашигтай ашиглах боломжтойг нотолж байна. Түүнчлэн, цаг агаарын таагүй нөхцөлд туршилт хийсэн нь энэхүү технологийн найдвартай ажиллагааг бүрэн хэмжээгээр үнэлэхэд чухал ач холбогдолтой байсан юм.



Зураг 4. LoRa мэдээлэл дамжуулж байсан зай

V. ҮНИЙН СУДАЛГАА

Хүснэгт 3. Бүтээгдэхүүний үнэ

№	Бүтээгдэхүүний нэр	Үнийн дүн (₮)	Тоо ширхэг
1	Arduino UNO	6,750	2
2	LoRa модуль	63,541.5	2
3	MQ135 мэдрэгч	6,000	1
4	DHT 11 мэдрэгч	5,500	1
5	Товчлуур	200	1
6	Эсэргүүцэл	500	1
7	Холбогч утас	300	10
8	Батарей	2,000	1
9	Каск	10,000	1
10	Тээврийн зардал	29,800	-
11	Ажлын хөлс	70,000	-
Нийт өртөг		264,883	

Бидний боловсруулсан энэхүү шийдэл нь эдийн засгийн хувьд хэмнэлттэй болсон. Учир нь мэдээлэл дамжуулах болон боловсруулах гол үүрэг гүйцэтгэх үндсэн хэсгийг бид Arduino болон LoRa технологи ашиглан бүтээсэн. Энэ нь хамгаалалтын дуулга бүтээх зардлыг бууруулахын зэрэгцээ технологийн хувьд өндөр үр дүн үзүүлж, бидний хэрэгцээг бүрэн хангах боломжийг олгосон юм.

VI. ХАРЬЦУУЛСАН СУДАЛГАА

Энэхүү судалгаанд IoT болон LoRa технологид суурилсан бусад хамгаалалтын дуулгатай харьцуулан, тэдгээрийн давуу болон сул талыг тодорхойлов. Манай бүтээлтэй төстэй дараах гурван ухаалаг хамгаалалтын дуулгыг харьцуулан судалсан:

1. **IoT-д суурилсан ухаалаг дуулга:** Энэхүү систем нь Wi-Fi холболтыг ашиглан өгөгдөл дамжуулдаг

бөгөөд уурхайн ажилчдын эрүүл мэнд, агаарын чанар зэргийг хянадаг. [9]

Манай систем нь дээрх ухаалаг дуулгатай харьцуулахад дараах давуу талуудтай. Үүнд:

1. **Холболтын хүрээ:** LoRa нь 2-5 км хүртэл дамжуулах чадвартай тул алслагдсан газар ч мэдээлэл дамжуулах боломжтой. Харин Wi-Fi нь 100-200 м хүрээтэй тул сүлжээ тасалдах эрсдэлтэй байдаг.
2. **Эрчим хүчний хэрэглээ:** LoRa нь бага эрчим хүч зарцуулдаг бөгөөд төхөөрөмжийг удаан хугацаанд ажиллуулах боломжтой, харин Wi-Fi тогтмол холболт шаарддаг тул эрчим хүч их зарцуулж, батерей хурдан дуусдаг.
3. **Интернэтийн хамаарал:** Wi-Fi нь интернэт сүлжээ шаарддаг бол LoRa нь өөрийн LoRaWAN сүлжээг үүсгэж, интернэтгүй нөхцөлд өгөгдөл дамжуулж чадна.
4. **Зардал:** Wi-Fi нь байнгын интернэт хэрэглээ шаарддаг тул дата хэрэглээ их, зардал өндөр байдаг бол LoRa нь бага зардлаар өгөгдөл дамжуулах боломжтой.

2. **LoRaWAN-д суурилсан ухаалаг дуулга:** LoRaWAN сүлжээг ашиглан холын зайн мэдээлэл дамжуулдаг бөгөөд уурхайн ажилчдын байршил тогтоох, ослоос урьдчилан сэргийлэх боломжтой. [8]

Манай систем нь дээрх ухаалаг дуулганаас дараах онцлог шинжүүдээрээ ялгаатай. Үүнд:

1. **Эрчим хүчний хэрэглээ:** Манай систем нь 9 V-ийн батерей ашигладаг тул илүү бага эрчим хүчээр ажиллана.
2. **Үйл ажиллагаа:** яаралтай тусламж хүсэх товчлуур хийж өгснөөрөө илүү сайн шийдэл болж өгсөн.
3. **Arduino ашигласан уурхайн ухаалаг дуулга:** Arduino микроконтроллер дээр хөгжүүлэгдсэн бөгөөд Blynk платформоор дамжуулан хэрэглэгчид мэдээлэл дамжуулдаг. [7]

Манай систем нь дээрх ухаалаг дуулганаас дараах онцлог шинжүүдээрээ ялгаатай. Үүнд:

1. **Интернэт холболт:** Arduino + Blynk платформ нь интернэт холболт шаарддаг бол LoRa нь интернэтгүйгээр 2-5 км зайд өгөгдөл дамжуулах боломжтой.
2. **Эрчим хүчний хэрэглээ:** Arduino + Blynk нь тогтмол интернэт холболт шаарддаг тул батарей хурдан дуусдаг, харин LoRa нь бага эрчим хүч зарцуулдаг тул батарей удаан ажиллана.
3. **Кибер аюулгүй байдал:** Arduino + Blynk нь онлайн платформ ашигладаг тул кибер халдлагад өртөх эрсдэлтэй, харин LoRa нь хувийн сүлжээ үүсгэж, өгөгдөл дамжуулдаг тул гаднын халдлагад өртөх магадлал бага.
4. **Үйлдлийн хялбар байдал:** Arduino + Blynk нь өгөгдөл авахын тулд хэрэглэгчид тогтмол интернэт холболт шаарддаг бол LoRa нь

оператор шаардлагагүйгээр шууд өгөгдөл цуглуулж, боловсруулж, удирдлагын төвд дамжуулж чадна.

Бусад төсөлтэй харьцуулахад энэхүү төхөөрөмж нь холын зайн мэдээлэл дамжуулах, бага эрчим хүч зарцуулах, бодит цагийн хяналт хийх давуу талтай гэдгээрээ онцлог юм. Цаашид уг технологийг илүү сайжруулж, нэмэлт мэдрэгчүүд суурилуулах, хиймэл оюун ухаанд суурилсан өгөгдөл боловсруулалтын аргуудыг ашиглах боломжтой гэж үзэж байна.

VII. ЧАДЛЫН ТООЦОО, БАТАРЕЙ СОНГОЛТ

Чадлын тооцоог хийхдээ нийт хэрэглэгчид бүх чадлаар ажиллах үеийн гүйдэл болон хүчдэлийг техникийн үзүүлэлтүүдээс нь сонгон авсан. Уг чадлын тооцоог зөвхөн дуулган дээр байрлах хэрэглэгчдийг харгалзан үзэж хийсэн. Тогтмол гүйдлийн чадлыг олохдоо:

$$P = U * I \quad [mW]$$

Хүснэгт 4. Чадлын тооцоо

Модулиуд	Гүйдэл (mA)	Хүчдэл (V)	Чадал (mW)
MQ-135	160	5	800
DHT11	2.5	5	12.5
LoRa	120	3.3	396
Arduino	50	5	250
Нийт	332.5	3.3~5	1458.5

Батарей сонголтын тооцоог хүчин чадлаараа ялгаатай хоёр төрлийн батарей дээр хийсэн бөгөөд хамгийн удаан хугацаагаар ажиллах чадалтайг нь сонгосон.

$$t = \frac{I_{max} \cdot t_0}{I_a} \quad [цаг]$$

Хүснэгт 5. Батарей сонголт

Батарейн нэр	Хүчин чадал (mAh)	Ашиглах гүйдэл (mA)	Нийт ажиллах хугацаа (цаг)
Power cell	400-600	332.5	1,8
Energizer Ulimate Lithium	700-1200	332.5	3.6

VIII. ДҮГНЭЛТ

Энэхүү судалгааны ажлаар осол гэмтлийг илрүүлэх, аюулын эх үүсвэрүүдийг ажилтан болон диспетчерт мэдээлэх, тухайн ажилтанд цаг алдалгүй анхны тусламж үзүүлэх зорилгоор LoRa технологи, Arduino UNO, DHT11, MQ-135 мэдрэгч бүхий

хамгаалалтын дуулгыг боловсруулж, туршилт хийлээ.

Уг төхөөрөмж дэх MQ-135 мэдрэгчийн ажиллагааг шалгахын тулд лабораторийн нөхцөлд саван дотор 7 ширхэг лаа асааж нүүрстөрөгчийн давхар ислийг үүсгэн, нуугдмал аюулыг бий болгосон. Туршилтын явцад нүүрстөрөгчийн давхар ислийн хэмжээ туршилтын эхэнд 27 ppm хэмжээтэй байсан ба лаа унтрах агшин буюу 59 ppm болж өсөх үеийн тоон үзүүлэлтийг тогтмол мэдээлж байсан. Иймд бидний зохион бүтээсэн нуугдмал аюул илрүүлэх төхөөрөмж нь агаар дахь хийн концентрацын өөрчлөлтийг цаг тухайд нь илрүүлж аюулыг мэдээлэх боломжтой нь харагдаж байна.

Мөн энэхүү төхөөрөмж нь 400 метрийн зайд мэдээллээ дамжуулж байсан.

Бидний зохион бүтээсэн төхөөрөмж нь 1458.5 мВт чадалтай ба Energizer Ulimite Lithium 1200 мА.цаг батарейтай ажиллуулахад 4 цаг тасралтгүй ажиллана. Мөн ажлын байрны нуугдмал аюул болох нүүрстөрөгчийн давхар исэл, физикийн аюул болох температур болон чийгшлийг илрүүлэн, ажилтны тусламж хүсэх товчлуурын тусламжтайгаар мэдээллийг дамжуулж байгаараа онцлог юм. Тус төхөөрөмжийг нуугдмал аюултай ажлын байранд ашигласнаар ажилтны эрүүл мэнд, амь насыг хамгаалах, цаг алдалгүй анхны тусламжийг үзүүлэх боломж бүрдэнэ.

IX. САЙЖРУУЛАЛТ

Бид цаашдаа агаар дахь олон төрлийн хийг мэдрэх чадвартай мэдрэгчүүдийг хамгаалалтын дуулгандaa суурилуулж, ажиллах орчинд гарч болзошгүй осол, гэмтлийн шалтгаан нөхцөлийг судлан шинжилж, түүний үндсэн дээр мэргэжил бүрийн онцлогт тохирсон, илүү найдвартай ажиллагаатай, аюулгүй байдлыг дээд зэргээр хангах чадвартай хамгаалалтын дуулгыг бүтээхийг зорин ажиллана. Мөн тус төхөөрөмжийн ажиллах хугацааг уртасгахын тулд нэмэлт судалгаа хийх шаардлагатай байна.

Аюулыг илрүүлсэн тохиолдолд ажилтны байршлыг тогтоож мэдээлэх зорилгоор төхөөрөмжийг GPS болон LoRa технологи бүхий модультай болгон сайжруулах нь зүйтэй юм.

X. НОМЗҮЙ

- [1] Arduino. (n.d.). Arduino Documentation. [Онлайн]. <https://www.arduino.cc>.
- [2] LoRa Alliance. (2021). LoRaWAN: A Global Standard for IoT. [Онлайн]. <https://lora-alliance.org>.
- [3] DHT11 Sensor Datasheet. (2019). Datasheet for DHT11 Temperature and Humidity Sensor.
- [4] MQ135 Sensor Manual. (2018). MQ135 Air Quality Sensor Manual.
- [5] S. L. Wu, et al. (2020). LoRa-based Wireless Communication Systems for Industrial IoT. IEEE Access, Vol. 8, pp. 144361-144373.

[6] Б. Баярсайхан. (2021). Үйлдвэрлэлийн ослын тоон шинжилгээ. Эрдэнэт хот.

[7] Allen, A. (2025). Smart Helmet for Miners Using Arduino. GitHub. [Онлайн]. <https://github.com/all3n2601/Smart-Helmet-For-Miners-Using-Arduino>.

[8] LoRaWAN-Based Smart Helmet for Coal Mine Workers. (2025). Instructables. [Онлайн]. <https://www.instructables.com/LoRaWAN-Based-Smart-Helmet-for-Coal-Mine-Workers/>.

[9] IoT Based Smart Helmet for Coal Mining Tracking. (2025). ProjectsFactory. [Онлайн]. <https://projectsfactory.in/product/iot-based-smart-helmet-for-coal-mining-tracking/>.

[10] Монгол Улсын цахим үйлчилгээний нэгдсэн систем. [Онлайн]. <https://1212.mn/mn>.

[11] Blynk IoT Platform. (2025). Blynk Documentation. [Онлайн]. <https://blynk.io/docs>.

[12] П.Мөнхтуяа (Хян.), А.Сугарсүрэн, З.Жаргалмаа, П.Бат-Өлзий, Ц.Баярсайхан, Р.Энхболд, Л.Энхжаргал, Л.Батгэрэл, Ж.Эрдэнэчимэг, Б.Оюунбямба. (2023). Нийт ажилтны хөдөлмөрийн аюулгүй байдал, эрүүл ахуйн сургалтын гарын авлага. Эрдэнэт хот.

КАРГО ТЭЭВРИЙН БИЧГЭЭС МЭДЭЭЛЭЛ ГАРГАН АВАХ УХААЛАГ СИСТЕМ

Мөнхбаяр Түмэн-Аюуш (нэгдүгээр зохиогч)¹, Чулуунжин Мичидгоо (хоёрдугаар зохиогч)²,
Сүхбаатар Батмөнх (гуравдугаар зохиогч)³, Соном-Очир Өлзийбаяр (дөрөвдүгээр зохиогч)⁴,
Монгол улс, Улаанбаатар, ШУТИС, Мэдээлэл, холбооны технологийн сургууль, Мэдээллийн технологийн салбар
B210930048@must.edu.mn, B210920035@must.edu.mn, B210930011@must.edu.mn, ulziibayar@must.edu.mn

Хураангуй — Монгол Улсад 60-80 гаруй карго үйлчилгээний байгууллага гадаадын улс орнуудаас бараа, бүтээгдэхүүн импортлон хэрэглэгчдэд хүргэж байна. Гэвч эдгээр үйлчилгээний явцад гар аргаар олон ажил гүйцэтгэж байгаагаас шалтгаалан хүн хүч, цаг хугацаа, санхүүгийн зардал нэмэгдэж, хэрэглэгчийн сэтгэл ханамжид сөрөг нөлөө үзүүлж байна. Энэхүү судалгаагаар карго үйлчилгээ эрхлэгчдэд зориулан объект таних моделийг ашиглан автоматжуулсан системийг хөгжүүлсэн бөгөөд уг систем нь барааны шошгоос хэрэглэгчийн дугаар, барааны код, бусад текстэн мэдээллийг өндөр нарийвчлалтай таних боломжтой юм. Судалгааны хүрээнд боловсруулсан систем нь шошго таних болон дугаар таних гэсэн хоёр үндсэн модультай. Шошго таних модульд анхны өгөгдөлд урьдчилсан боловсруулалт (preprocessing) хийж, дугаар таних модульд өгөгдөл нэмэгдүүлэх (data augmentation) аргыг ашиглан сургалтыг сайжруулсан. Үүний үр дүнд манай систем нь 97%-ийн нарийвчлалтайгаар дугаарыг таньж, олон төрлийн форматын бичилтийг ялгах чадвартай болсон. Систем нь аль ч улсын, ямар ч үйлдвэрийн барааны шошго дээр ажиллах боломжтой тул өргөн хэрэглээнд нэвтрүүлэх боломжтой юм. Энэхүү автоматжуулсан шийдэл нь карго үйлчилгээний менежментийг сайжруулах, хүний оролцоог багасгах, мэдээлэл боловсруулах үйл явцыг оновчтой болгох ач холбогдолтой. Логистикийн үйл ажиллагаанд гар ажиллагааг бууруулснаар алдаа багасаж, мэдээллийн найдвартай байдал нэмэгдэнэ. Судалгааны үр дүнгээс харахад боловсруулсан систем нь бодит нөхцөлд найдвартай, хялбар ажиллагаатай болох нь батлагдсан бөгөөд карго үйлчилгээний менежментийг улам хөгжүүлэх, өгөгдөлд суурилсан логистикийн шийдлийг нэвтрүүлэх чиглэлд цаашид ажиллахаар зорьж байна. Мөн энэхүү систем нь тээврийн зардлыг бууруулах, үйлчилгээний хурдыг нэмэгдүүлэх, хэрэглэгчийн мэдээллийг илүү найдвартай таних, хадгалах зэрэг олон давуу талтай. Урт хугацааны судалгаа, хөгжүүлэлтийн дараа системийг бодит орчинд туршиж, алдааны түвшин тодорхойлсон. Цаашид машин сургалтын аргыг ашиглан модулиудыг сайжруулж, бусад технологитой хослуулах замаар автоматжуулалтын түвшинг нэмэгдүүлэх боломжтой. Энэхүү судалгаа нь карго үйлчилгээний салбарт технологийн дэвшлийг нэвтрүүлэх чухал алхам болж буйг харуулж байгаа бөгөөд системийн гүйцэтгэлийг улам сайжруулж, бодит орчинд илүү оновчтой ажиллах нөхцөлийг бүрдүүлэх шаардлагатай гэж үзэж байна.

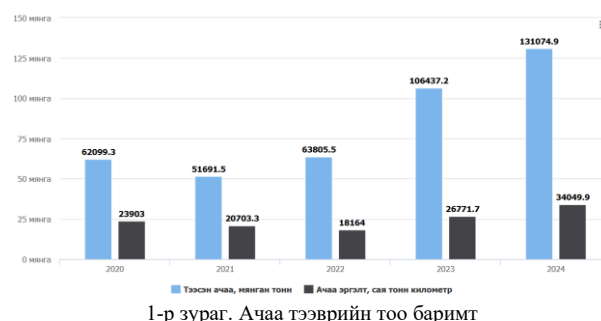
Түлхүүр үг — карго систем, шошго танилт, дугаар танилт, YOLOv8, OCR

I. УДИРТГАЛ

Карго үйлчилгээний систем гэдэг нь ачаа тээвэрлэлтийг үр ашигтай зохицуулах зорилготой ложистик, тээврийн удирдлагын систем юм. Энэ нь агаарын, далай, төмөр зам, авто зам гэх мэт өөр өөр тээврийн төрлөөр ачааг хянах, хадгалах, түгээх зэрэг төрөл бүрийн бүрэлдэхүүн хэсгүүдийг агуулдаг.

Орчин үеийн дэлхийн нийлүүлэлтийн сүлжээнд ачаа тээврийн систем нь барааг үр ашигтай, найдвартай тээвэрлэх, түгээхэд чухал үүрэг гүйцэтгэдэг. Тус систем нь бизнес эрхлэгчид болон хэрэглэгчдэд тээвэрлэлтийг бодит хугацаанд хянах боломжийг олгож, саатал, бараагаа алдах, буруу хаяг, мэдээлэлтэй байх зэрэг менежменттэй холбоотой эрсдэлийг бууруулдаг. Ачааны хяналтын системүүд нь бар код, RFID (Radio Frequency Identification) эсвэл GPS-д суурилсан хяналтад тулгуурлан янз бүрийн цэгүүд дээр ачааг таньж, хянаж байдаг. Гэсэн хэдий ч эдгээр аргуудын ихэнх нь гар аргаар, хөндлөнгийн хүний ихээхэн хэмжээний оролцоо шаарддаг бөгөөд энэ нь үр ашиггүй байдал, алдаа, үйл ажиллагааны зардал нэмэгдэхэд хүргэдэг.

Одоогийн байдлаар Монгол Улсад ойролцоогоор 60-80 гаруй карго[15] үйлчилгээ үзүүлдэг бизнес эрхлэгч байгаа ба яг баттай тоо баримт үүнээс ч их байж магадгүй байна. Гэхдээ бид дараах тоо баримтаас харвал [1] хэр их бараа бүтээгдэхүүн импортоор орж ирдэг нь харагдаж байна. Энэ нь нөгөө талаараа их хэмжээний карго үйлчилгээ үзүүлэгч болон карго систем өндөр шаардлагатай болохыг харуулж байгаа юм.



Технологи хөгжихийн хэрээр ачаа тээврийн систем хөгжиж, машин сургалт болон дүрсийн боловсруулалтад суурилсан объект таних системийг хөгжүүлсээр байна. Ялангуяа объект таних модель нь зураг дээрх объектуудыг хурдан бөгөөд үнэн зөв

таних чадвараараа автоматжуулсан хяналтад ихээхэн хэрэглээ өндөртэй болсон.

Манай карго үйлчилгээний систем нь гараар сканнердах, хэрэглэгчийн дугаар, барааны код, шаардлагатай дугаарыг хүний оролцоотой таних, системд оруулах явдлыг халж, нарийвчлалыг сайжруулж, процессыг хурдан боловсруулах замаар логистикийн менежментийг сайжруулах зорилготой юм. Систем нь барааны шошгоос танилт хийж, гаргаж авснаар ачааг таних үйлдлийг хялбарчилж, хүний алдааг багасгаж, ерөнхий үр ашгийг оновчтой болгож чадна.

Энэхүү судалгаанд хэд хэдэн объект, текст таних моделийг туршиж өндөр нарийвчлалтай модельд суурилан ачаа тээврийн одоогийн системийн хэрэгжилт дээр нарийвчилсан дүн шинжилгээ хийж, үйл ажиллагаанд нэмэн ашиглаж болох боломж, сайжруулах шийдлүүдийг онцлон харуулсан болно.

Монгол улсад 60-аас 80 гаруй бие даасан карго үйлчилгээний газар нэгдсэн платформгүйгээр ажилладаг. Үүн дээр жижиглэн карго үйлчилгээ эрхэлдэг тоо баримт багтаагүй байгаа нь энэ тоо өсөх магадлалтай. Эдгээрийг нэгтгэх хэрэгцээ шаардлага байгаа ба хэрэглээнд нэвтрүүлэх боломж ч бүрэн байгаа гэж үзсэн.



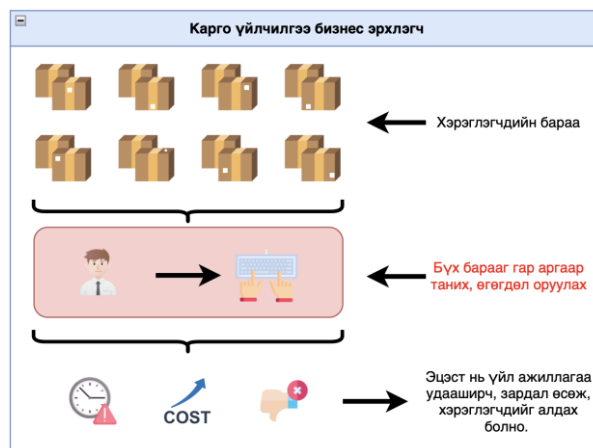
2-р зураг. Одоогийн карго үйлчилгээний газар

Барааны шошго дээрх өгөгдлийг гараар шалгадаг бөгөөд энэ нь алдаа гарахад хүргэдэг [10]. Энэхүү судалгаанд барааны шошготой хэсгийг хурдан бөгөөд өндөр нарийвчлалтайгаар таних машин сургалт, дүрсийн боловсруулалтад суурилсан шийдлийг гүйцэтгэсэн.

Энэхүү системийн эхний бөгөөд чухал үе шатуудын нэг бол барааны шошготой хэсгийг зөв тодорхойлох явдал юм. Энэ үе шатыг амжилттай

гүйцэтгэх нь дараагийн процессуудыг амжилттай хэрэгжүүлэхэд чухал ач холбогдолтой.

Манай системийн гол зорилго нь хэрэглэгчийн захиалсан ачаа болон барааг ялгах, таних, хуваарилах явдал юм. Энэ хүрээнд дүрсийн боловсруулалтын технологийг ашиглан барааны шошгоос танилт хийж, дугаарыг автоматаар гарган, хүний оролцоог багасгаж, үйл явцыг хөнгөвчлөхийг зорьж байна.



3-р зураг. Одоогийн карго үйлчилгээний асуудал

Тус код нь үйлдвэрлэгч бүрээс хамааран өвөрмөц бөгөөд давтагдашгүй байдаг. Тиймээс зөв таних, ялгах нь хүний хөдөлмөр, цаг хугацаа ихээхэн шаарддаг. Ачаа тээврийн системүүд нь барааны шошгыг уншиж, тээвэрлэлтийг үр дүнтэй зохион байгуулахын тулд автомат таних технологиудыг ашигладаг. Эдгээр технологид RFID (Radio Frequency Identification), зураасан код (barcodes), QR код зэрэг нь өргөн ашиглагддаг.

Судалгааны ажлын хүрээнд боловсруулж буй систем нь машин сургалт болон дүрс боловсруулалтын дэвшилтэт аргачлалуудыг агуулж, одоогийн байгаа системээс гар ажиллагааг халж илүү сайжруулах боломжтой.

II. СУДЛАГДСАН БАЙДАЛ

Манай системтэй төстэй одоогийн олон улсын техник технологийн шийдлийг судалж үзсэн. Үүнд техник хангамж болон программ хангамж дээр ялгаатай байдлаар шийдлийг багтаана судалсан. Үүнтэй холбоотой судалгаануудыг шинжилж, өөрсдийн системд нэвтрүүлэхээр тусгасан.

Ачаа барааны мэдээллийг хэд хэдэн аргаар шошго дээр тусгаж өгдөг. Үүнд :

Өгөгдлийг хадгалах, дамжуулах аргуудын нэг болох хэмжээст болон хоёр хэмжээст код нь ложистикийн хяналт, бараа материалын менежмент, барааны баталгаажуулалт зэрэг үйл явцыг хялбаршуулж, олон салбарт үр ашигтай шийдэл болж байна [5].

A. Судалгааны ажил

Өмнөх судалгааны ажлуудын нэг [13] болох "Multi-Directional Text Detection" нь янз бүрийн, олон талт чиглэлийн зургаас текстийг таньж, нарийвчлалыг сайжруулах зорилготой байсан.

- ❖ Sliding Vertex Box буюу хэвтээ эсвэл эргүүлсэн бол энэ нь текст таних дөрвөн өнцөгт хайрцгийг тодорхойлж, өнцгийн хил хязгаар болон оройн эрэмбийн алдааг багасгадаг.
- ❖ MD-Closs Loss Function нь CIOU (Complete IoU) дээр суурилсан бол алдагдлын функц нь олон чиглэлтэй текст таних нарийвчлалыг сайжруулдаг.
- ❖ Энэхүү судалгааны ажлаас манай баг нь далийсан, тэгш бус өгөгдлийг танихын тулд одоогийн моделийг хэрхэн сайжруулж болох санаа, аргачлалаас санаа авсан.



4-р зураг. Судалгаа 2 тэгш бус өгөгдөл танилт

B. Судалгааны ажил

Энэхүү судалгаанд [14] автоматжуулсан контейнерын ID болон ISO кодыг танихын тулд гүн сургалтын аргыг ашиглан гар аргаар бичлэг хийх явцад гарах алдааг багасгах зорилготой байсан. Доор судалгааны ажлын онцлогийг үзүүлэв :

- ❖ Контейнер таних, текст(ID болон ISO код) агуулсан текстийн хэсгийг задалдаг. Үүний дараа таньсан текст доторх тэмдэгтүүдийг олсон.
- ❖ Объект таних, ангилахад хамгийн сүүлийн үеийн мэдрэлийн сүлжээг ашигласан.
- ❖ Систем нь текст болон тэмдэгтийг танихад гарах алдааг багасгахын зэрэгцээ өндөр нарийвчлалтай болгосон.

Тус судалгаагаар RetinaNet буюу объект таних, үүнийг контейнер болон тэмдэгтүүдийг танихын тулд ашигласан. RetinaNet нь классын тэнцвэргүй байдлыг зохицуулахын тулд FPN болон фокусын алдагдлыг ашиглан хурд, нарийвчлалыг тэнцвэржүүлсэн байна.

Харин техник хангамжийг ашигласан шийдэл бар код дээр RFID ашигласан байна. Дээрх шийдлүүд нь сүүлийн үед дэлхийд ашиглагдаж буй арга бөгөөд программ хангамжид объект таних технологи, техник хангамжид бар код дээр RFID ашиглаж байна.

Одоогийн байгаа карго үйлчилгээний систем нь объект таних технологийг ашиглаж хийгдэж байгаа боловч Монгол улсад энэ байдал гар ажиллагаагаар явагдаж байна. Мөн энэ объект таних технологийг ашиглаж хийгдэж байгаа шийдлийн судалгаа хомс байна.

1-р хүснэгт. Судалгааны ажлуудын харьцуулалт

Судалгааны ажил	Модель	Үзүүлэлт
[A]	❖ YOLOv ❖ Models for Comparison (R2CNN, SegLink, PixeLink)	❖ Recall rate = 81.9% ❖ Precision = 86.2%
[B]	❖ RetinaNet ❖ Semantic Segmentation ❖ Custom CNN	❖ Текст таних алдаа хувь = 1% - аас бага ❖ Custom CNN = 99% precision

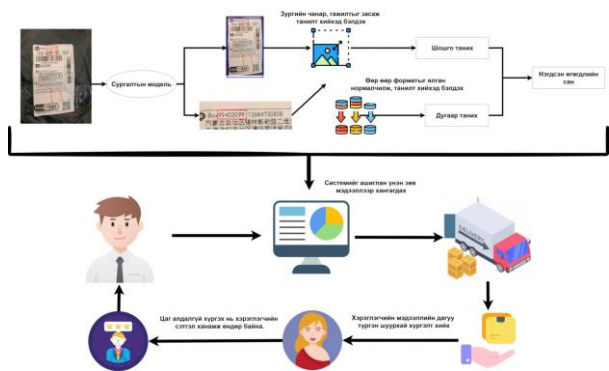
III. ТӨСЛИЙН ХЭСЭГ

Төслийн эхний үе шатанд карго үйлчилгээний системийг сайжруулах зорилгоор шошго таних модуль, үүний дараа зорилтот дугаар буюу ачааны дугаар, каргоны дугаар, утасны дугаарыг таних модулийг хөгжүүллээ. Энэ систем нь ачаа бараанаас шошгыг автоматаар таньж, зорилтот дугаарыг өндөр нарийвчлалтайгаар ялгаж, танилт хийнэ.

Төслийн дараагийн шатанд, дээрх хоёр танилтад хамгийн тохиромжтой модулиудыг сургаж, гүйцэтгэлийн хувиа төөрөгдлийн матрицыг ашиглан харьцуулалт хийсэн.

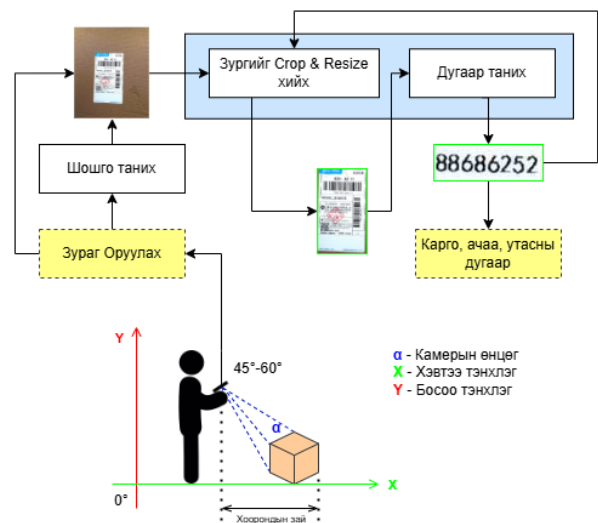
Дээрх гүйцэтгэлийн хувиа нэмэгдүүлэхийн тулд preprocessing, data augmentation ашиглан хэрхэн гүйцэтгэлийн хувь нэмэгдэж байгааг мөн харьцуулсан. Preprocessing хийснээр өгөгдлийг стандарт хэлбэртэй болгож, машин сургалтын модельд зориулсан хэрэгтэй мэдээллийг бэлдэх ба системийн гүйцэтгэлийн хувь нэмэгдсэн. Data augmentation хийснээр өгөгдлийн олон янз байдлыг нэмэгдүүлж, моделийн ерөнхий чадварыг сайжруулан, таних гүйцэтгэлийг нэмэгдүүлсэн.

Үүнээс хамгийн өндөр гүйцэтгэлтэй моделио цаашдын хөгжүүлэлтдээ ашигласан ба энэхүү төслийг цаашид машин сургалт, автоматжуулалтын түвшинг нэмэгдүүлэх замаар үргэлжлүүлэн хөгжүүлэхээр төлөвлөж байна.



5-р зураг. Системийн ерөнхий ажиллагаа

Дээрх зурагт системийн ерөнхий бүтэц болон үйл ажиллагааг харууллаа. Эндээс үзвэл, бизнес процесс болон ямар шат дамжлагаар хэнийг дамжин ажиллаж байгаа аппликейшин процессыг харууллаа.



6-р зураг. Процессуудын холбоо хамаарал

Дээрх үйл ажиллагааг дараалан дүрсэлсэн зураг нь нь модулиудын холбоо хамаарал, ашиглаж буй модель, оролт гаралтыг дүрслэн харуулсан. Үе шатаар нь ялган дэлгэрүүлбэл дараах байдлаар тайлбарлагдана.

1. Эхний үйл ажиллагаа нь ачаа барааны зургийг дарж системд оруулна.
2. Систем нь тухайн зургаас танилт хийхийн тулд систем модуль ажиллаж эхлэх ба эхэнд нь шошгыг танина.
3. Таньсан шошгыг тасалж хувааж аваад, дараагийн дугаар таних модуль ажиллана.
4. Системийн эцэст барааны шошгоос ID, хэрэглэгчийн дугаар, бусад шаардлагатай давтагдашгүй дугаарын мэдээлэлтэй болно.

Эдгээр үйл ажиллагааг хэрэгжүүлсний дараа бодит орчинд нэвтрүүлэх явцад гарсан давуу болон сул талуудыг тодорхойлсон. Үүний үр дүнд цаашдын хөгжүүлэлтийн үндэс суурь, чиглэлийг тодорхойлж, карго үйлчилгээ эрхлэгчид болон хэрэглэгчдийг илүү үр дүнтэй холбосон, хэрэглэгчдэд ээлтэй систем бий болгох зорилтыг гаргаж өгсөн.

2-р хүснэгт. Төслийн давуу болон сул тал

Аль ч улсын, ямар ч үйлдвэрийн барааны шошго дээр ажиллах боломжтой тул өргөн хэрэглээтэй.
--

Давуу тал	- Манай систем нь 97%-ийн нарийвчлалтайгаар мэдээллийг таних чадвартай бөгөөд олон төрлийн форматын бичилтийг ялгах боломжтой. - Ашиглахад хялбар - Хүний оролцоог багасгаж, цаг хугацаа хэмнэх, ажлын бүтээмжийг нэмэгдүүлэх давуу талтай. - Хэрэглэгчдийн хүлээлгийн хугацаа багасах тул үйлчилгээний чанар дээшилнэ. - Өргөтгөх боломжтой.
Сул тал	- Нэвтрүүлэхэд зардал багагүй байх магадлалтай бөгөөд жижиг карго үйлчилгээ эрхлэгчдэд санхүүгийн дарамт учруулж болзошгүй. - Шошго дээрх дугаарын тод байдал, хэвлэлийн чанар мэтчилэн зүйлсээс хамаардаг тул гэмтсэн эсвэл стандарт бус бичилттэй шошго дээр алдаа гарах магадлалтай.

IV. ШОШГО ТАНИХ МОДЕЛЬ

Бид энэхүү судалгаанд объект таних хэд хэдэн моделиудыг туршиж, судалгааны шалгуурт үндэслэн өөрсдийн шаардлагад хамгийн тохиромжтой моделийг сонгосон. Эдгээр моделийн ялгаа нь хурд, нарийвчлал, төвөгтэй байдлын харьцаа бөгөөд энэ нь хэрэглээний тусгай шаардлага болон тооцооллын хязгаарлалттай холбоотой байдаг.

Туршилт хийхдээ дараах моделиудыг ижил дата дээр шалгаж, хэд хэдэн үзүүлэлтэд тулгуурлан сонголт хийсэн. Нийт 640x640 хэмжээтэй 10000 ширхэг өгөгдөлтэй өгөгдлийн багц дээр тус бүрийг labeling хийж сургалтын дараах 3 хэсэгт хуваасан. Үүнд :

- Train - 70%
- Validation - 20%
- Test - 10%

3-р хүснэгт. Шошго таних модулийн өгөгдлийн багц

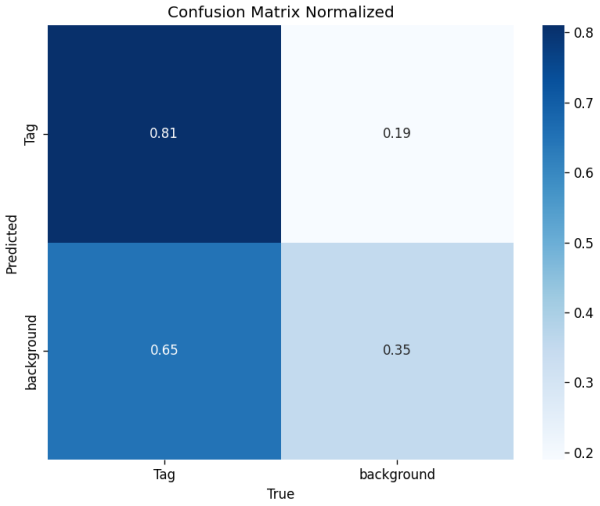
Dataset name	Label area
--------------	------------

Source	Бодит орчноос цуглуулсан
Size	5000
Structure	- Images - Labels

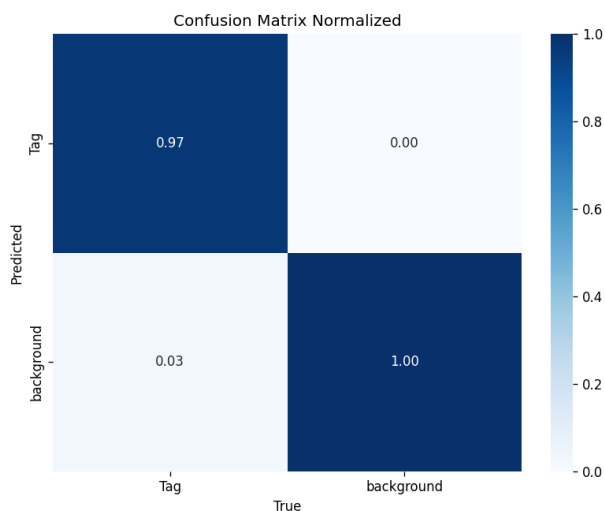
Эдгээр өгөгдлийн багцыг ашиглан объект таних өөр өөр модель дээр сургаж харьцуулан сонголтыг хийсэн.

Preprocessing хийхдээ давхардал, алдаатай өгөгдлийг цэвэрлэж, өгөгдөл буюу шошгын зургуудаа стандарт хэмжээнд оруулан, танихад шаардлагатай гол элементүүдийг гарган авч өгөгдөл хуваарилсан болно.

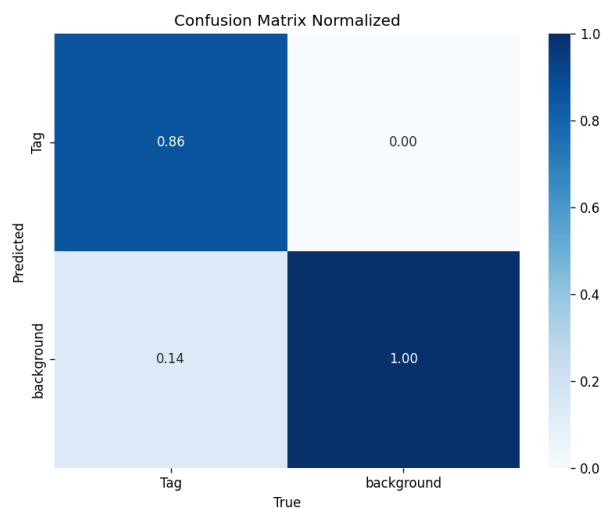
❖ **YOLOv8** - YOLOv8 нь бодит цагийн танилт болон танилтын хурд өндөртэй, тиймээс видеоны болон камерын мэдээллийг шууд таних боломжтой. Энэ нь манай системийн гол давуу талыг гарган ирж байна.



7-р зураг. Модель сургасны дараа



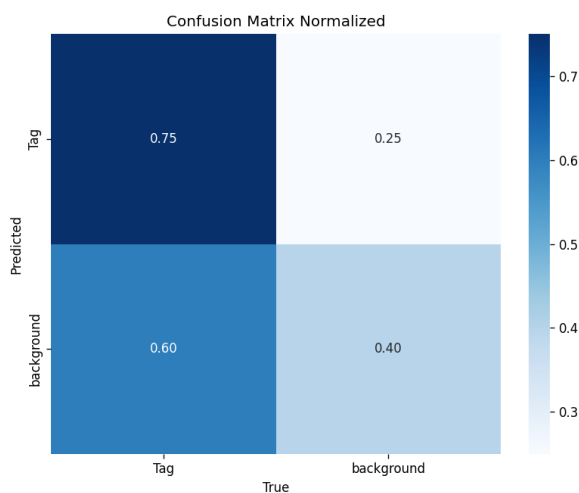
8-р зураг. Preprocessing хийсний дараа



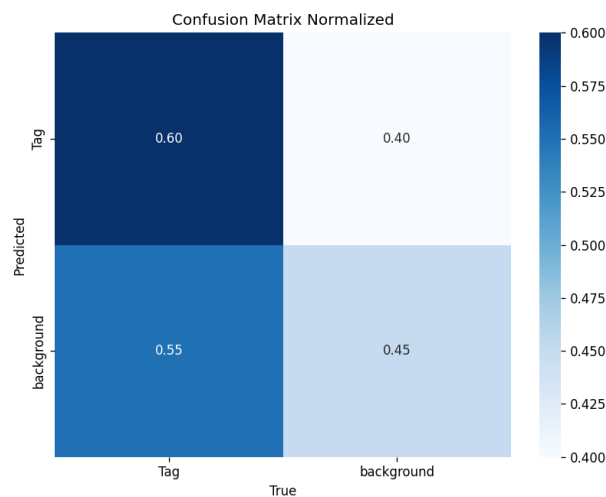
10-р зураг. Preprocessing хийсний дараа

Бидний одоогийн серверийн нөөц болон карго үйлчилгээнд шаардлага хангахуйц үзүүлэлтэд нийцэж байсан. Мөн бодит цагийн болон хэрэгжүүлэхэд хялбар, mAP, бусад үзүүлэлт өндөр байсан нь энэ моделийг сонгох шалтгаан болсон.

- ❖ **SSD (Single Shot MultiBox Detector) - R-CNN**-ээс хурдан ажилладаг ба бидний дараагийн сургаж туршсан модель нь дараах байдлаар үзүүлэлтүүд гарсан. Гэхдээ бусад модельтой харьцуулахад бага хүчин чадал дээр ажиллах боломжтой байдал нь сул тал болсон.



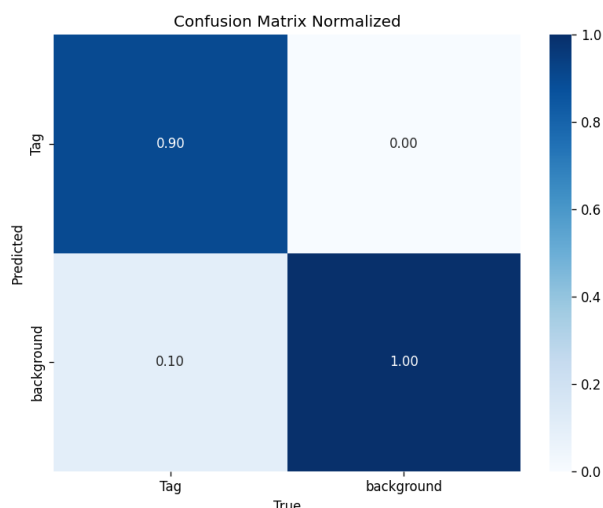
9-р зураг. Модель сургасны дараа



11-р зураг. Модель сургасны дараа

Төслийн эхний хэсэг болох шошго таних модулийг SSD модель дээр сургасан ба өмнөх болон дараах байдлаар төөрөгдлийн матриц гаргаж харьцуулалт хийж үзсэн. Үүнээс дүгнэн харахад моделийг сургаж нарийвчлал өссөн бидний хүссэн үр дүнд хараахан хүрээгүй байсаар байсан.

- ❖ **Faster R-CNN** - Тус модель нь объект таних хамгийн сайн, боломжтой загваруудын нэг юм. Энэ нь Region Proposal Network (RPN)-г нэвтрүүлснээр өмнөх хувилбаруудаа (R-CNN ба Fast R-CNN) сайжруулж, илүү хурдан болсон.



12-р зураг. Preprocessing хийсний дараа

R-CNN нь SSD болон YOLO зэрэг бусад объект таних загвартай харьцуулахад илүү өндөр mAP -тай байсан ч бусад үзүүлэлтийг үзэхэд хангалтгүй байсан.

4-р хүснэгт. Шошго таних моделийн харьцуулалт

Модель	[1]	[2]	[3]
mAP	53%	50%	58%
Precision	49%	46%	47%
Recall	95%	86%	90%

Тодорхой шошгыг таних, илрүүлэх талаар одоо байгаа судалгааг судлахад Лаптев болон бусад судлаачид шошгод дүн шинжилгээ хийх зургийн сегментчлэлийн янз бүрийн аргыг судалж үзсэн [7]. Тэд сегментчлэхдээ Unet, MobileNetV2, VGG16, YOLO алгоритмуудыг ашигласан ба сегментчлэхэд хамгийн тохиромжтой сүлжээ бол 96.92%-ийн нарийвчлалтай YOLO гэж мэдэгджээ.

Бид алдааны хувь, дундаж үзүүлэлтүүдийг нарийвчлан судалсны үндсэн дээр YOLO моделийг сонгож, түүнд тохирсон хэрэглээний нөхцөл болон өөрсдийн шаардлагыг харгалзан үзсэн.

V. ДУГААР ТАНИХ МОДЕЛЬ

Энэхүү хэсэгт бид ачаа бараа дээрх шошго хаяг таних моделийг туршиж, боловсруулж үр дүнгээс тохирох моделийг сонгох ажлыг хийсэн. Дараах моделиудад тус бүр ижил дата дээр туршиж үзсэн ба хэд хэдэн үзүүлэлт дээр тулгуурлан сонгосон.

5-р хүснэгт. Дугаар таних модулийн өгөгдлийн багц

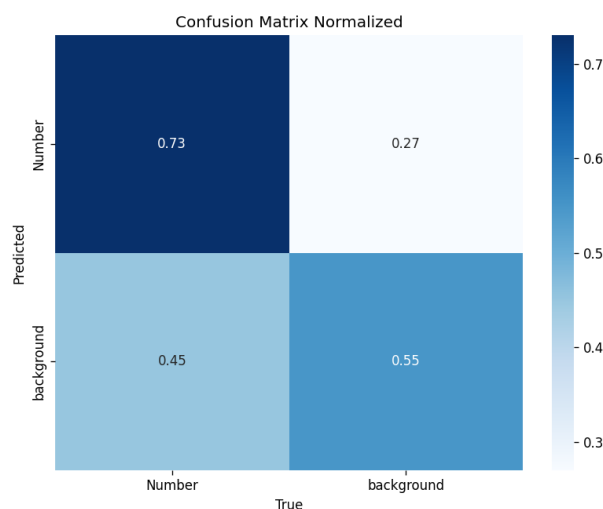
Dataset name	Number
Source	Бодит орчноос цуглуулсан
Size	5000
Structure	- Images - Labels

Data Augmentation хийж сургахад манай баг нь дараах үйл ажиллагааг хийсэн. Үүнд :

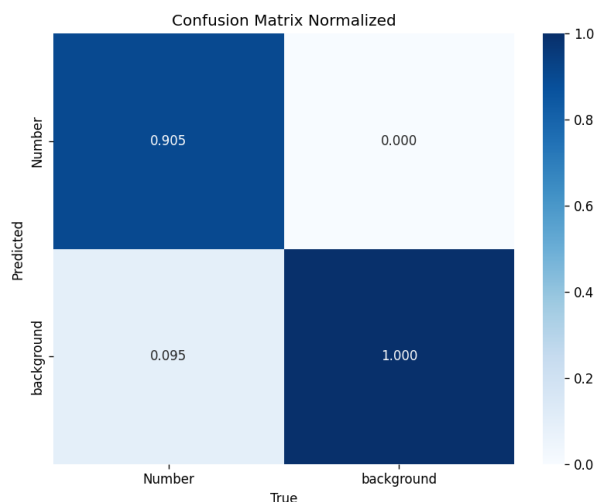
1. Blur - Сарнисан
2. Crop - Хуваасан
3. Noise added - Алдааг нэмэгдүүлэх
4. Rotate (Horizontal, Vertically) - Эргүүлсэн

Эдгээр өгөгдлийн багцыг ашиглан тэмдэгт таних өөр өөр модель дээр сургаж харьцуулан сонголтыг хийсэн.

❖ **Tesseract OCR** - Энэ нь нээлттэй эхийн (open source) тул чөлөөтэй ашиглах боломжтой мөн нейрон сүлжээ ашигласан тул бичгийн хэлбэр өөрчлөгдсөн ч таних чадвар сайтай байсан нь давуу тал болж байсан

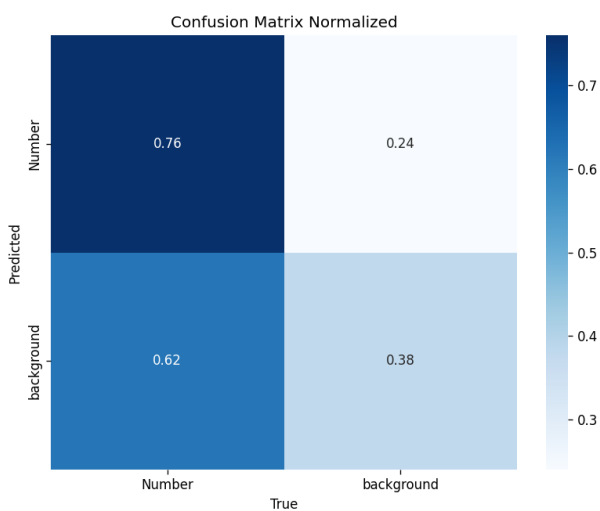


13-р зураг. Модель сургасны дараа

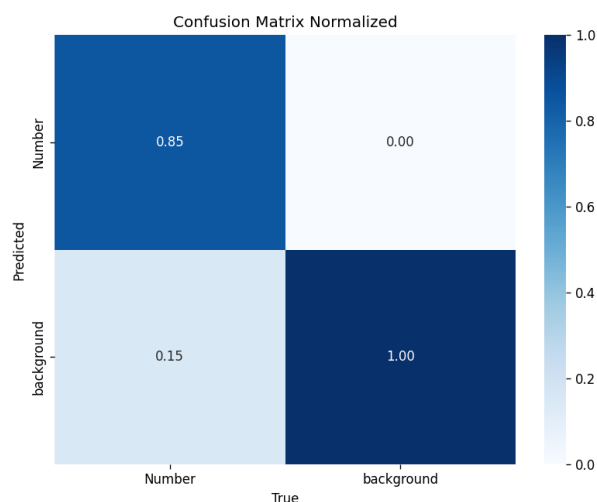


14-р зураг. Data Augmentation хийсний дараа

- ❖ **Easy OCR** - Тус модель нь хэрэглээний түвшин ашиглахад хялбар, нарийвчлал ч мөн сайн байсан. Гэхдээ бага хэмжээний өгөгдөл дээр сайн бол өгөгдлийн хэмжээ ихсэхэд алдааны хувь өссөн хандлагатай байх сул талтай байсан.



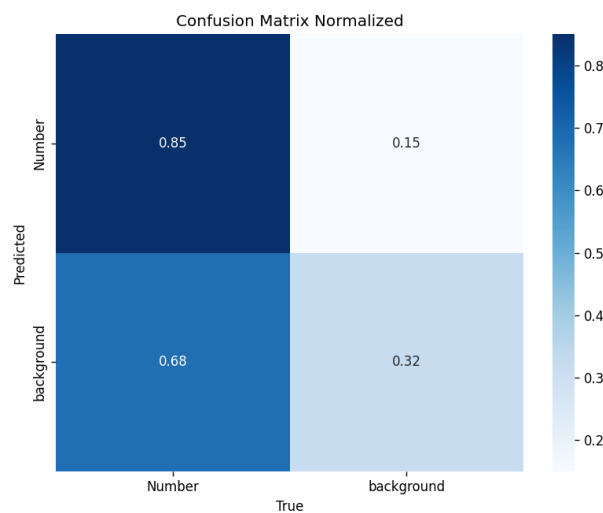
15-р зураг. Модель сургасны дараа

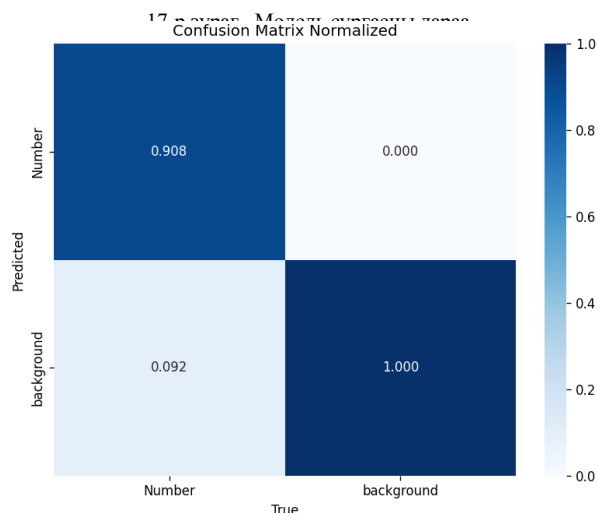


16-р зураг. Data Augmentation хийсний дараа

Дараах Easy OCR модель нь нөгөө хоёр модельтой харьцуулаад үзэхэд бага өгөгдөл дээр сайн ажилдаг энгийн хэрэглээд тохиромжтой гэж үзсэн нь манай систем дээр тохиромжгүй гэж дүгнэсэн.

- ❖ **Paddle OCR** - Эцсийн модель болох Paddle OCR нь илүү хурдан ажиллагаатай бөгөөд GPU-д тохиромжтой, нарийвчлал өндөртэй байсан. Гэхдээ хэрэгжүүлэлт нь нарийн төвөгтэй, өртөг өндөр байж болох бөгөөд маш их хэмжээний өгөгдөл дээр сайн ажилсан.





18-р зураг. Data Augmentation хийсний дараа

Paddle OCR модель нь GPU-тэй нөхцөлд тогтмол сайн ажиллах боломжтой ба энэ бидний одоогийн ашиглаж буй клөүд серверийн үзүүлэлтэй зохицохгүй байсан тул больсон.

6-р ХҮСНЭГТ. ДУГААР ТАНИХ МОДЕЛИЙН ХАРЬЦУУЛАЛТ

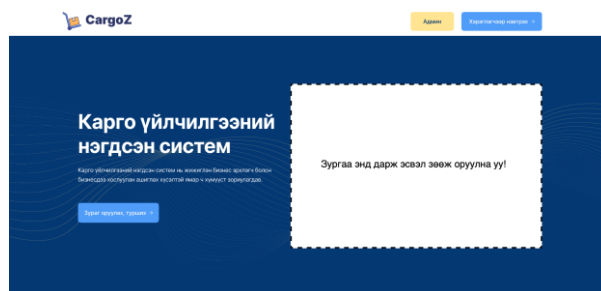
Модель	[1]	[2]	[3]
mAP	56%	50%	63%
Precision	48%	46%	48%
Recall	92%	85%	91%

Эцэст нь үзүүлэлтүүдийг судалсны үндсэн дээр дугаар таних модулийг Tesseract ашиглан хөгжүүлэхээр сонгосон.

VI. ХЭРЭГЖҮҮЛЭЛТ

Карго үйлчилгээний систем нь ерөнхий дараах интерфейстэй байх бөгөөд хэрэглэгчдэд ойлгомжтой байлгах үүднээс хийсэн. Хэрэгжүүлэлтийн явцад бид энгийн, урвуу харсан, сарнисан, урагдсан гэх мэт асуудалтай шошго дээр туршилт хийсэн.

Харин хэрэгжүүлэлтийн үр дүнг дараагийн бүлэгт ангилал тус бүрд тест хийж тооцоолсон. Хэрэгжүүлэлтийн явцад дараах ангилалд 3000 гаруй удаа туршилт хийгдсэн ба гаралт болгоныг тэмдэглэж, хөгжүүлэх шаардлага өндөртэй хэсгийг танихад чиглүүлж өгсөн.



20-р зураг. Системийн нүүр хэсэг

Дараах байдлаар туршилтуудыг хийж манай системийн одоогийн ажиллагааны хувийг гаргаж ирсэн. Мөн цаашдын анхаарах зүйлсийг танихад тус болсон.



21-р зураг. Системийн ажиллагаа

VII. ТЕСТ

Туршилтын явцад хийгдсэн үйл явц, ажиллагааг нарийвчлан бодит үр дүнг гаргахын хувьд системийн тест болон программ хангамжийн тест хийж үзсэн.

A. Unit test - Нэгжийн тест

Программ хангамжийн нэгж эсвэл бүрэлдэхүүн хэсгүүдийг тусад нь туршиж үзэх нь программ хангамжийн туршилтын арга юм. Эдгээр нэгжүүд нь кодын хамгийн жижиг хэсгүүд бөгөөд ихэвчлэн

функцүүд бөгөөд хүлээгдэж буй гүйцэтгэлийг баталгаажуулдаг. [8]

- Шошго таних модуль
- Дугаар таних модуль

8-р хүснэгт. Нэгжийн тестийн үр дүн

Test	Модуль	Тестийн тоо	Үнэн	Худал	%
[A]	[1]	250	232	18	92%
	[2]	250	238	12	96%



22-р зураг. Туршилтын ангилал

B. Integration test - Интеграцийн тест

Модулийн хоорондох интерфэйсийг шалгах үйл явц юм. Энэ нэгдсэн нэгжүүдийн хоорондын харилцан үйлчлэлийн алдааг илрүүлэх явдал юм. Бүх модулиудыг нэгжээр шалгасны дараа нэгтгэх туршилтыг хийнэ. [9]

9-р хүснэгт. Интеграцийн тестийн үр дүн

Test	Модуль	Тестийн тоо	Үнэн	Худал	%
[B]	[1], [2]	500	476	24	95%

C. Performance test - Гүйцэтгэлийн тест

Системийн гүйцэтгэл, өргөтгөх чадварыг үнэлэхэд чиглэсэн программ хангамжийн туршилтын нэг төрөл юм. Гүйцэтгэлийн тест нь алдааг тодорхойлох, янз бүрийн ачаалал, нөхцөлд

системийн гүйцэтгэлийг хэмжих, систем нь хүлээгдэж буй хэрэглэгчдийн тоо эсвэл гүйлгээг зохицуулахад чиглэгддэг.

Манай систем нь Монгол улсын үндэсний дата төвийн клөүд сервер дээр ажилсан. Доор серверийн үзүүлэлтийг багтаав.

10-р хүснэгт. Серверийн үзүүлэлт

Үзүүлэлт	Тохиргоо
Программчлалын хэл	Python
Үйлдлийн систем	Ubuntu 22.04 LTS
CPU	64vCPU (32core)
Memory	128 GB
Storage	1TB SSD
Firewall	all allowed
Epoch	all 200

Системийн гүйцэтгэлийн тестийг хийхийн тулд ерөнхий системийн үзүүлэлтүүдийг багтаав. Мөн нийт туршилтын үед системийн ачаалал нь ихдээ 5.3 сек, багадаа 3.4 сек хугацаанд ажиллаж байсан ба бидний одоогийн хөгжүүлэлтийн үед шаардлага хангасан ч илүү сайжруулах шалтгаан болсон.

VIII. ЦААШДЫН ХӨГЖҮҮЛЭЛТ

I. Программ хангамж

Цаашид модулиудаа сургах өгөгдлөө нэмэгдүүлэн, системийн гүйцэтгэлийг 99%-д хүргэнэ. Мөн карго үйлчилгээний бизнес эрхлэгчдэд зориулсан санхүүгийн тайлан гаргах функцийг нэмнэ.

II. Төхөөрөмж

Системийнхээ программ хангамжийг RFID төхөөрөмжтэй интеграц хийснээр алдаа гарах эрсдэлийг бууруулах, ажиллах хүчний зардлыг багасгах, бодит цагийн мэдээлэл дамжуулалт хийх

боломжтой болно. Энэ нь карго үйлчилгээний найдвартай байдлыг нэмэгдүүлж, хэрэглэгчийн сэтгэл ханамжийг дээшлүүлэхэд чухал нөлөө үзүүлнэ.



22-р зураг. RFID төхөөрөмж

IX. ДҮГНЭЛТ

Бид ачаа барааны шошгыг таньж, үүн дээрээ үндэслэн хэрэглэгчийн утасны дугаар, барааны код бусад мэдээллийг таних замаар карго үйлчилгээ процессыг автоматжуулахыг зорьсон. Судалгааны явцад туршилтын алдаа болон гүйцэтгэлийн үзүүлэлтүүдийг нарийвчлан судалж, харьцуулалт хийснээр цаашдын хөгжүүлэлтэд хэрэгжүүлэх шаардлагатай шинэ санаанууд тодорхойлогдсон. Шошго таних болон дугаар таних чадвар нь системийн бодит үр дүн болон найдвартай байдалд чухал нөлөө үзүүлж байгааг туршилтаар баталлаа. Мөн туршилтаар шошго таних зорилгоор YOLOv8 загварт суурилсан объект таних алгоритмыг ашиглаж, 3000 бодит туршилт хийсэн. Үүний үр дүнд шошго таних модуль 81%-ийн, дугаар таних модуль 73%-ийн нарийвчлалтай болохыг баталгаажуулсан. Энэхүү гүйцэтгэлийн хувийг нэмэгдүүлэхийн тулд preprocessing хийсний дараа модуль 1 - ийн гүйцэтгэл 97%, data augmentation хийсний дараа модуль 2-ын гүйцэтгэл 90% болж

нэмэгдсэн. Эдгээр үр дүн нь судалгааны үр дүнгийн чанарыг дээшлүүлж, цаашдын хөгжүүлэлтийг бодитой болгоход чиглэсэн суурь нөхцөлийг бүрдүүлж өгч байна.

ТАЛАРХАЛ

Энэхүү төслийг хийж гүйцэтгэхэд туслалцаа үзүүлж, их зүйлийг зааж, чиглүүлж өгсөн удирдагч багш Доктор (Ph.D) С.Өлзийбаяр, зөвлөх багш нартаа баярлалаа.

НОМ ЗҮЙ

- [1] [Статистикийн мэдээллийн нэгдсэн сан](#) Бүх төрлийн тээврийн ачаа эргэлт, тээврийн төрлөөр, сая тонн.км
- [2] A Lightweight Barcode Detection Algorithm Based on Deep Learning, 2024 он, Jingchao Chen, Ning Dai, Xudong Hu, Yanhong Yuan
- [3] MGL-YOLO: A Lightweight Barcode Target Detection Algorithm, 2024 он, Yuanhao Qu, Fengshou Zhang
- [4] Enhancing automated vehicle identification by integrating YOLOv8 and OCR techniques for high-precision license plate detection and recognition, 2024 Jun, Hanae Moussaoui, Nabil El Akkad, Mohamed Benslimane, Walid El-Shafai, Abdullah Baihan, Chaminda Hewage, Rajkumar Singh Rathore
- [5] Yan, L.Y.; Tan, G.W.H.; Loh, X.M.; Hew, J.J.; Ooi, K.B. QR code and mobile payment: The disruptive forces in retail. J. Retail. Consum. Serv. 2021.
- [6] Development of a Price Tag Detection System on Mobile Devices using Deep Learning, 2022, Melek Turan, Musa Peker, Huseyin Ozkan, Cevat Balaban
- [7] Neural network-based price tag data analysis. Future Internet, 2022, Laptev P., Litokin S., Davydenko S.
- [8] Unit Testing - Software Testing - GeeksforGeeks
- [9] Integration Testing - Software Engineering - GeeksforGeeks
- [10] <https://www.scmp.com/news/china/article/1694077/state-commerce-regulator-releases-damming-account-tabaocom-day-alibaba>
- [11] Joseph Redmon болон Anelia Angelova, RealTime Grasp Detection Using Convolutional Neural Networks (ICRA), 2015.
- [12] Neural Network-Based Price Tag Data Analysis, 2022, Pavel Laptev, Sergey Litovkin, Anton Konev
- [13] Multi-Directions Scene Text Detection Based on Improved YOLO, 2021, Liyun Xiao, Peng Zhou, Ke Xu
- [14] Automatic Container Code Recognition using Deep Learning, 2021, Athira M.D, Lijo Jacob
- [15] Монгол Улсад ХХК карго системийн тоо баримт ерөнхий 60-80 гаруй байдаг, Монсүх Карго ХХК захирал

МОНГОЛ ХЭЛ ДЭЭРХ ТЕКСТИЙГ ОНОВЧТОЙ ХУРААНГУЙЛАХ АРГЫН СУДАЛГАА

Бөхбатын Амартүвшин, Нямын Гантөмөр, Бямбадоржийн Золзаяа

Монгол улс, Улаанбаатар, ШУТИС, Мэдээлэл, холбооны технологийн сургууль, Мэдээлэл технологийн салбар

B231910004@must.edu.mn, B231960002@must.edu.mn, b.zolzaya@must.edu.mn

Хураангуй: Сүүлийн жилүүдэд цахим орчинд маш их хэмжээний текст мэдээлэл хуримтлагдаж, эдгээр мэдээллээс үнэ цэнтэй, голлох агуулгыг шуурхай оновчтой гарган авах хэрэгцээ нэмэгдэж байна. Текст хэлбэрийн мэдээлэлд буй гол санааг эх хэлний боловсруулалтын аргын тусламжтайгаар хураангуйлах нь цаг хугацааг тодорхой хэмжээгээр хэмнэх, ажлын бүтээмжийг нэмэгдүүлэх юм. Текст хураангуйллыг хэрэгжүүлэхэд хоёр төрлийн арга байх бөгөөд хийсвэр текст хураангуйлал (Abstractive text summarization), экстрактив текст хураангуйлал (Extractive text summarization) аргуудаар хэрэгжүүлдэг. Энэ удаад бид экстрактив текст хураангуйллын аргыг монгол хэл дээр хэрэгжүүлсэн ба экстрактив текст хураангуйллыг хэрэгжүүлэхэд тооцооллын нөөц, өгөгдлийн нөөц бага шаарддаг, хураангуйлалд эх текстийн өгүүлбэрийг сонгох ба ямар нэгэн хийсвэрлэл байхгүй нь зарим тохиолдолд зохимжтой жишээлбэл: нийтлэл, шинэжлэх ухааны өгүүлэл. Бид экстрактив текст хураангуйллыг хэрэгжүүлэхдээ граф дээр суурилсан TextRank, LexRank, статистик дээр суурилсан TF-IDF алгоритмуудыг ашиглан нэмэлт урьдчилсан боловсруулалтын (preprocessing) phrase болон дараах боловсруулалтын (postprocessing) sentence position сайжруулалтуудыг нэмэн хэрэгжүүлэв. Туршилтын үр дүнд тухайн phrase болон sentence position нэмэлт сайжруулалтын давхаргатай үед энгийн үеэс илүү сайн үзүүлэлт гаргасан. Энэхүү судалгаа нь текстийн голлох агуулгыг үр ашигтайгаар гаргаж, текстэн мэдээлэлтэй харьцаж ажилладаг бүх хүний цаг хугацааг хэмнэх зорилготой.

Түлхүүр үг: LexRank, TextRank, TF-IDF, mBert, rouge-score, sentence position, phrase

I. УДИРТГАЛ

Орчин үеийн мэдээллийн эрин зуунд асар их хэмжээний текст мэдээлэл өдөр бүр үүсэж, хуримтлагдсаар байна. Энэ их мэдээллийн урсгалаас хэрэглэгчдэд богино хугацаанд гол санаа, үндсэн агуулгыг нь хүргэх шаардлага өсөн нэмэгдэж байна.

Текст хураангуйлал нь энэ асуудлыг шийдвэрлэх үр дүнтэй арга замын нэг юм. Үүнийг хийсвэр (abstractive) болон экстрактив (extractive) гэсэн хоёр аргаар хэрэгжүүлэх боломжтой. Монгол хэл дээрх өгөгдлийн хомс байдал, мөн хийсвэр хураангуйллын хувьд өмнө нь сургагдсан загваруудыг нутагшуулах, техник хангамжийн хязгаарлагдмал байдал зэрэг нь тодорхой хүндрэлтэй тул бид судалгаандаа экстрактив хураангуйллыг түлхүү ашиглаж, Монгол хэл дээр текст хураангуйллыг үр ашигтай хэрэгжүүлэх боломжийг судалсан.

Нэгт, экстрактив хураангуйлах арга нь эх бичвэрийн агуулгыг өөрчлөхгүйгээр, эх текстээсээ шууд өгүүлбэрүүдийг сонгож хураангуйлдаг ба ямар нэгэн хийсвэрлэл, товчлол агуулдаггүй тул хэрэглэгчдэд эх мэдээллийг найдвартай хүргэдэг. Жишээлбэл: албаны баримт бичиг, эрдэм шинжилгээний өгүүлэл гэх мэт албан ёсны найруулгатай текстүүдийн гол санаа, өгүүлбэр, үгийг өөрчлөхгүй өөрийн байгаагаар нь хураангуйг гаргагдаараа давуу тал болж байна.

Хоёрт, энэхүү арга нь хийсвэр хураангуйлах (abstractive text summarization) аргатай харьцуулбал тооцооллын бага нөөц шаардах ба энгийн хялбар хэрэглээнд хэрэглэхэд илүү тохиромжтой байдлаараа давуу талтай.

Гэсэн хэдий ч, экстрактив хураангуйллын үр дүнгийн чанар нь ашигласан алгоритм, оновчлолын аргачлалаас хамаарч өөр өөр байж болно. Иймд, бид судалгаандаа Монгол хэлний онцлогт тохирсон экстрактив хураангуйллын аргыг боловсруулж, үр дүнг тодорхойлохыг зорьсон бөгөөд улмаар хэрэглэгчдэд хэрэгтэй мэдээллийг оновчтой, үр дүнтэй хүргэхэд чиглэгдэж байна.

Энэхүү судалгааны ажил нь дараах гол асуудлуудыг авч үзнэ:

1. Экстрактив хураангуйллын аргачлал, алгоритмуудын харьцуулалт
2. Монгол хэлэнд тохирох оновчтой аргыг сонгон турших, үр дүнг үнэлэх
3. Тухайн домэйнд тохирсон аргуудыг тодорхойлох

Ингэснээр бид монгол хэл дээрх мэдээллийн боловсруулалтын судалгаанд хувь нэмэр оруулахын зэрэгцээ экстрактив хураангуйллын практик хэрэглээг сайжруулах боломжтой болно.

II. ИЖИЛ ТӨСТЭЙ АЖЛУУДЫН СУДАЛГАА

Эдгээр судалгааны ажлуудыг үндэслэн, бид монгол хэлний мэдээний өгөгдлийг ашиглан текст хураангуйллын аргуудыг харьцуулан судалж, аль арга нь хамгийн үр дүнтэй болохыг тодорхойлох зорилготой байна.

3.1 Тестийн өгөгдлийн багц

3.1.1 Мэдээний өгөгдлийн багц

Мэдээний агуулгатай өгөгдлийн багцыг бэлтгэхдээ hugging face дээрх монгол хэл дээрх мэдээний Өгөгдлийн багцаас санамсаргүйгээр 10 жишээ авсан.



HuggingFace дээрх өгөгдлийн багц нь content, title гэсэн атрибутуудтай бөгөөд бид content атрибутын утгуудыг авч тестийн өгөгдлийн багцын оролтын текст болгон ашигласан.



3.1.2 Шахим орчны өгөгдлийн багц

Цахим орчны өгөгдлийн багцыг бэлтгэхдээ бид X, Facebook платформуудыг ашиглан пост нийтлэлийг оролтын текст болгон ашигласан.



3.1.3 Эрдэм шинжилгээний өгүүллийн өгөгдлийн багц

Эрдэм шинжилгээний өгөгдлийн багцыг бэлдэхдээ ШУТИС-ийн Мэдээлэл холбоо технологийн сургуулийн эрдэм шинжилгээний эмхэтгэлээс эрдэм шинжилгээний өгүүлүүдийг оролтын текст болгон ашигласан.



Рouge score үнэлгээний арга нь тухайн текстийн лавлагаа (reference) хураангуйг хэрэгжилтийн загварын гаргасан хураангуйтай харьцуулж үнэлгээ хийнэ.

Огөгдлийн багц бүр дээр лавлагаа хураангуйг бэлтгэхдээ хэлний мэргэжилтнээр тухайн текстийн хураангуйг тодорхойлбол илүү сайн хураангуй гарах боловч цаг хугацаа болон, санхүүгийн нөөц шаардана.

Тиймээс бид лавлагаа хураангуйг бэлтгэхдээ хиймэл оюун ухааныг ашигласан. CHAT GPT LLM нь Монгол хэл дээрх гүйцэтгэл нь сүүлийн үед маш сайжирсан бөгөөд туршилтаар өөрсдийн тодорхойлсон хураангуй болон CHAT GPT – ийн тодорхойлсон хураангуйг харьцуулахад CHAT GPT нь лавлагаа хураангуйг илүү сайн тодорхойлсон. Ингэснээрээ бидэнд тодорхой хэмжээний цаг хугацаа хэмнэхэд тусалсан.

1 – p хүснэгт. Өгөгдлийн багцын хэмжээс

Өгөгдлийн багцын нэр	Баганын тоо	Мөрийн тоо
News	2	10
Paper	2	10
Social	2	10

Дээрх хүснэгтэд бидний бэлтгэсэн нийт тестийн өгөгдлийн багцын хэмжээснүүдийг харуулж байна.

3.2 Өгөгдлийн урьдчилсан боловсруулалт

Текст өгөгдлийг хураангуйлах үйл явцыг үр дүнтэй гүйцэтгэхийн тулд өгөгдлийг эхлээд урьдчилан боловсруулж, стандартчилах шаардлагатай. Өгөгдлийн урьдчилсан боловсруулалт нь анхны түүхий өгөгдлийг ашиглахад тохиромжтой, боловсруулсан хэлбэрт хувиргах үйл явц юм. Энэ нь өгөгдлийн чанарыг сайжруулж, боловсруулалтын нарийвчлалыг нэмэгдүүлэх ач холбогдолтой.

Уг үйл явц нь дараах үндсэн үе шатуудыг агуулна:

- Нормалчлах (Normalization) - Энэ нь текстийг стандарт хэлбэрт оруулж, боловсруулахад хялбар болгох үйл явц юм. Үүнд том жижиг үсгийн ялгааг арилгаж жижиг тэмдэгт рүү хувиргах, илүүдэл хоосон зай, цэг тэмдэгтүүдийг стандартчилах зэрэг алхмууд багтана.
- Токенжуулалт (Tokenization) - Текстийг үг, өгүүлбэр зэрэг жижиг хэсгүүдэд хуваах процесс. Энэ өгөгдлийг цааш боловсруулахад хялбар болгодог.
- Зогсоц үгийг хасах - “ба”, “болон”, “юм” гэх мэт утга агуулгын хувьд ач холбогдол багатай үгсийг хасах. Энэ нь өгөгдлийг оновчтой боловсруулалтад тусалдаг. Монгол хэлэнд зогсоц үгийн сан одоогоор байхгүй тул бид өөрсдийн судалгаанд хэрэглэх зорилгоор бага хэмжээний зогсоц үгийн сан үүсгэн хэрэглэсэн болно.

Эдгээр алхмыг хэрэгжүүлснээр өгөгдлийн хураангуйлах процесс илүү үр дүнтэй явагдаж,

боловсруулсан мэдээлэл илүү чанартай, оновчтой болж, цаашдын боловсруулалт, анализ хийхэд тохиромжтой болно.

3.3 Өгүүлбэрийн ач холбогдлыг тооцоолох алгоритмууд

3.3.1 TF-IDF (Term frequency - Inverse document frequency)

TF-IDF нь эх хэлний боловсруулалтад ашигладаг статистик хэмжүүр бөгөөд тодорхой баримт бичиг дэх үгсийн ач холбогдлыг үнэлэхэд хэрэглэдэг. Энэхүү хэмжүүр нь тухайн бичиг баримт дахь давтамж болон нийт баримт бичгийн сан дахь ховор эсэхийг харгалзан үгийн ач холбогдлыг тодорхойлдог.

TF-IDF нь дараах томъёогоор илэрхийлэгдэнэ:

$$TF\text{-}IDF(t, d, D) = TF(t, d) \times IDF(t, D).$$

$TF(t, d)$ нь тухайн t үгийн d баримт бичиг доторх давтамж бөгөөд дараах томъёогоор илэрхийлэгдэнэ:

$$TF(t, d) = \frac{f_{t,d}}{\sum_{t'} f_{t',d}}$$

Энд $TF(t, d)$ нь тухайн t үгийн d баримт бичиг дэх давтамжийг илэрхийлнэ.

$IDF(t, D)$ нь тухайн үг нийт баримт бичгийн санд хэр ховор байгааг хэмжих үзүүлэлт бөгөөд дараах томъёогоор тодорхойлогдоно:

$$IDF(t, D) = \log \left(\frac{|D|}{1 + |\{d \in D : t \in d\}|} \right)$$

Энд:

- $|D|$ нь нийт баримт бичгийн тоо.
- $|\{d \in D : t \in d\}|$ нь тухайн үг орсон баримт бичгийн тоо.

TF-IDF алгоритм нь олон болон бага давтамжтай үгсийг тодорхойлох замаар текстийн онцлог шинж, утга санааг илэрхийлсэн үг болон өгүүлбэрүүдийг илрүүлэхэд ашигладаг.

3.3.2 TextRank

TextRank алгоритм нь граф суурьтай үнэлгээний алгоритм бөгөөд эх хэлний боловсруулалтад текстийн хураангуй үүсгэх, түлхүүр үг тодорхойлох, өгүүлбэрийн ач холбогдлыг үнэлэх зэрэгт ашигладаг. Энэ алгоритм нь Google-ийн PageRank алгоритм дээр суурилж бүтээгдсэн бөгөөд текст дэх өгүүлбэрүүдийг граф байдлаар дүрслэн, тэдгээрийн хоорондын холбоог үнэлж, хамгийн чухал өгүүлбэрүүдийг тодорхойлох зарчмаар явагддаг.

TextRank алгоритмын үндсэн үе шатууд:

1. Граф үүсгэх - Текстын өгүүлбэрүүдийг зангилаа (node) болгон тодорхойлж, тэдгээрийн хоорондын холбоог ирмэг (edge) хэлбэрээр илэрхийлнэ.
2. Өгүүлбэр хоорондын ижил төстэй байдлыг тооцоолох - Өгүүлбэрүүдийн утгын ойролцоо байдлыг хэмжиж, ижил төстэй өгүүлбэрүүдийг харилцан холбох замаар граф үүсгэнэ.
3. PageRank алгоритмыг хэрэгжүүлэх - Граф дээр PageRank алгоритмыг ашиглаж, өгүүлбэрүүдийн ач холбогдлын оноог тооцоолно.
4. Өгүүлбэрүүдийг сонгох - Текстын хураангуйд оруулах өгүүлбэрүүдийн хамгийн өндөр оноотой өгүүлбэрүүдээс сонгож, гарган авна.

Ингэснээр текст өгөгдлөөс өндөр оноо бүхий гол өгүүлбэрүүдийг ялгаж хураангуйг үүсгэдэг.

3.3.3 LexRank

LexRank нь граф суурьтай эх хэлний боловсруулалтад ашигладаг алгоритм юм. Энэ нь өгүүлбэрүүдийн харилцан хамаарлыг графын тусламжтайгаар үнэлж, хамгийн чухал өгүүлбэрүүдийг тодорхойлох замаар текстын хураангуй үүсгэдэг. LexRank нь PageRank алгоритмтай төстэй бөгөөд өгүүлбэрүүдийг зангилаа (node) болгон авч, тэдгээрийн хоорондох холбоог ирмэг (edge) хэлбэрээр дүрсэлдэг.

Энэхүү алгоритмын үндсэн зарчим нь өгүүлбэрүүдийн ижил төстэй байдлыг тооцоолж, тэдгээрийн хоорондын холбогдлыг тодорхойлох явдал юм. Өгүүлбэр хоорондын ижил төстэй байдал нь косинусын ижил төстэй байдлын хэмжүүр (cosine similarity) ашиглан тооцоологддог.

LexRank алгоритм нь дараах үндсэн үе шатуудтай:

1. Өгүүлбэр хоорондын ижил төстэй байдлыг тооцоолох

$$\text{sim}(S_i, S_j) = \frac{V_i \cdot V_j}{|V_i| \times |V_j|}$$

S - өгүүлбэрүүд, V - өгүүлбэрүүдийн вектор илэрхийлэл

2. Граф бүтээх

- Өгүүлбэрүүдийг зангилаа болгон авч, ижил төстэй байдлын босго утгаас өндөр тохиолдолд хооронд нь холбож, жинг (weight) тооцоолно.
- Холбоосны жинг дараах томъёогоор тодорхойлдог.

$$\omega_{ij} = \begin{cases} \text{sim}(S_i, S_j), & \text{хэрэв } \text{sim}(S_i, S_j) > r \\ 0, & \text{бусад тохиолдолд} \end{cases}$$

Энд r нь босго утга.

3. PageRank-ийн зарчмаар оноог тооцоолох

$$PR(S_i) = (1 + d)$$

$$+ d \sum_{S_k} \frac{\omega_{kj} \times PR(S_k)}{\sum_{S_k} \omega_{kj}}$$

4. Өгүүлбэрүүдийг сонгох

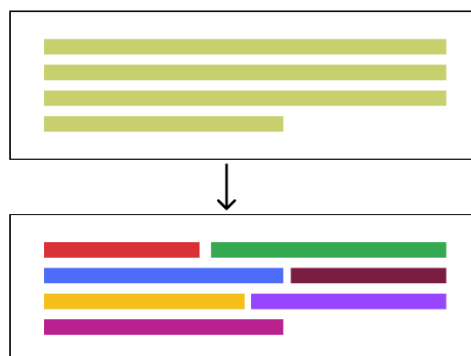
- PageRank онооны дагуу өгүүлбэрүүдийг эрэмбэлж, хамгийн өндөр оноотой өгүүлбэрүүдийг хураангуйд оруулна

3.4 Нэмэлт сайжруулалт

3.4.1 **Phrase** урьдчилсан боловсруулалтын (preprocessing) сайжруулалтын давхарга

Бидний нэмэлтээр хэрэгжүүлсэн phrase сайжруулалтын давхарга нь 3.2-т заасан урьдчилсан боловсруулалтын алхмууд хэрэгжсэн текст өгөгдөлд боловсруулалт хийх буюу таслалаар холбогдсон нийлмэл өгүүлбэрүүдийг тус бүрд нь дахин өгүүлбэрүүдэд хуваах үүрэгтэй.

Ингэснээр нийлмэл өгүүлбэрт буй текстын агуулгад нөлөө ихтэй гишүүн өгүүлбэрийг илүү нарийвчлалтайгаар ялган авах давуу талтай.



5 – p зураг. Phrase давхаргын хэрэгжилтийн жишээ

3.4.2 **Sentence position** дараах боловсруулалтын (postprocessing) сайжруулалтын давхарга

Өгүүлбэрийн ач холбогдлыг тооцоолох алгоритмын гаралтад нэмэлтээр оруулж буй сайжруулалтын давхарга болох sentence position нь [6] – д дурдсаны дагуу ихэнх текстэн өгөгдлийн хувьд жишээлбэл: эрдэм шинжилгээний өгүүлэл, мэдээ, нийтлэлүүдийн цөм утга санааг агуулах өгүүлбэрүүд нь нийт текстийн эхлэл болон төгсөл хэсэгт байршдаг гэсэн үндэслэл дээр үндэслэн өгүүлбэрийн байршлыг (sentence position) онцолж, дараах боловсруулалтын (postprocessing) сайжруулалтын давхаргыг хэрэгжүүлсэн.

Sentence position нь хэрэгжихдээ оролтын текстийн эхний болон сүүлийн 20% - д, нийт өгүүлбэрийг ямар нэгэн үнэлгээний алгоритм үнэлсний дараа нэмэлт оноо өгөх зарчмаар хэрэгжинэ.

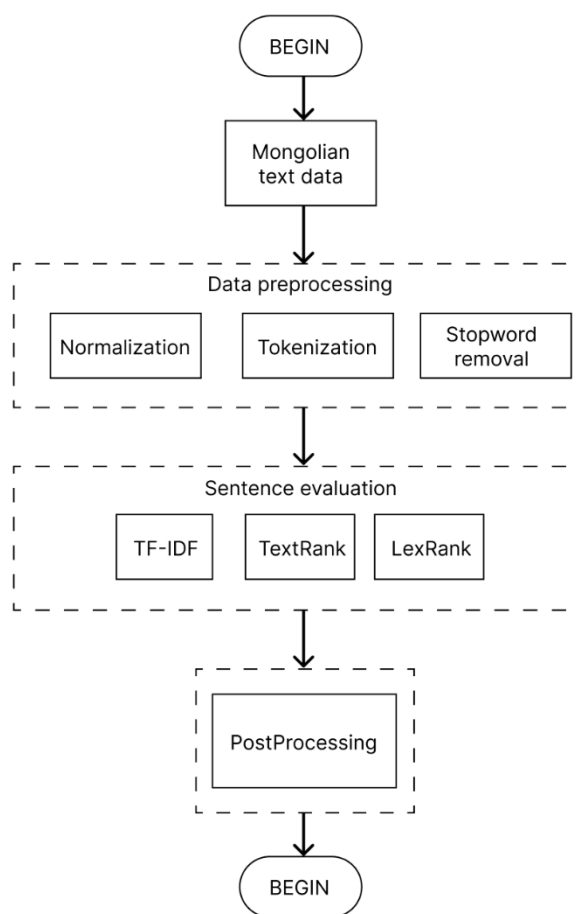
Жишээлбэл: загвар луу нийт 10 өгүүлбэртэй текст өгөгдөл оруулахад эхний болон, сүүлийн 2 өгүүлбэр дээр нэмэлт оноо өгөх юм.



6 – р зураг. Sentence position давхаргын хэрэгжилтийн жишээ

3.5 Хэрэгжүүлсэн загваруудын бүрэлдэхүүн хэсгүүд

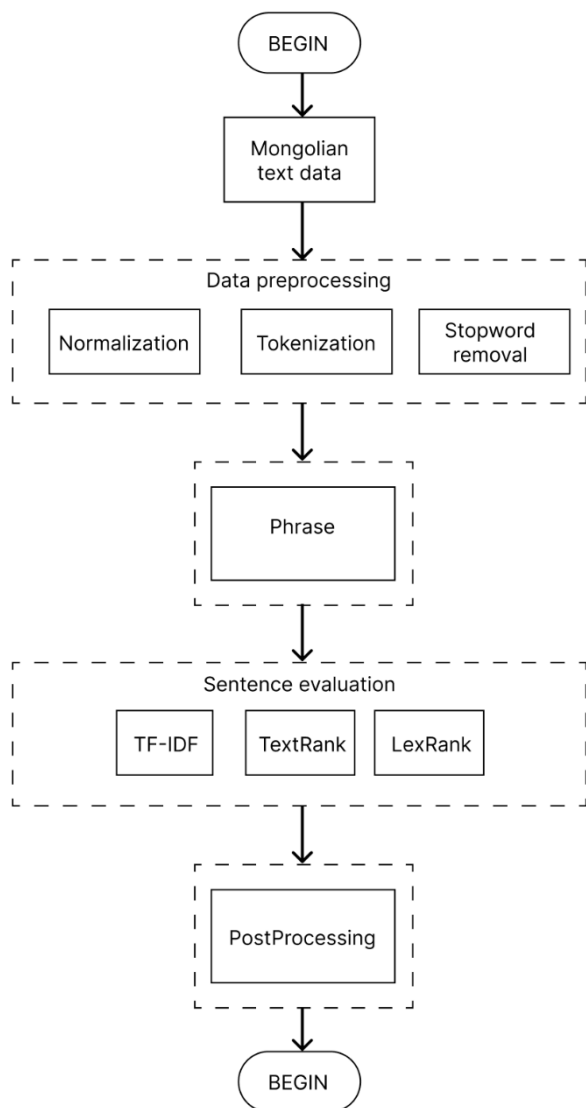
Энэхүү судалгааны ажлын хүрээнд бид TF-IDF, TextRank, LexRank алгоритмуудыг өөрөөр нь болон өөрсдийн нэмэлт сайжруулалтын давхарга нэмэн хэрэгжүүллээ.



7 – р зураг. Нэмэлт давхаргагүй хэрэгжилтийн бүрэлдэхүүн хэсгүүд

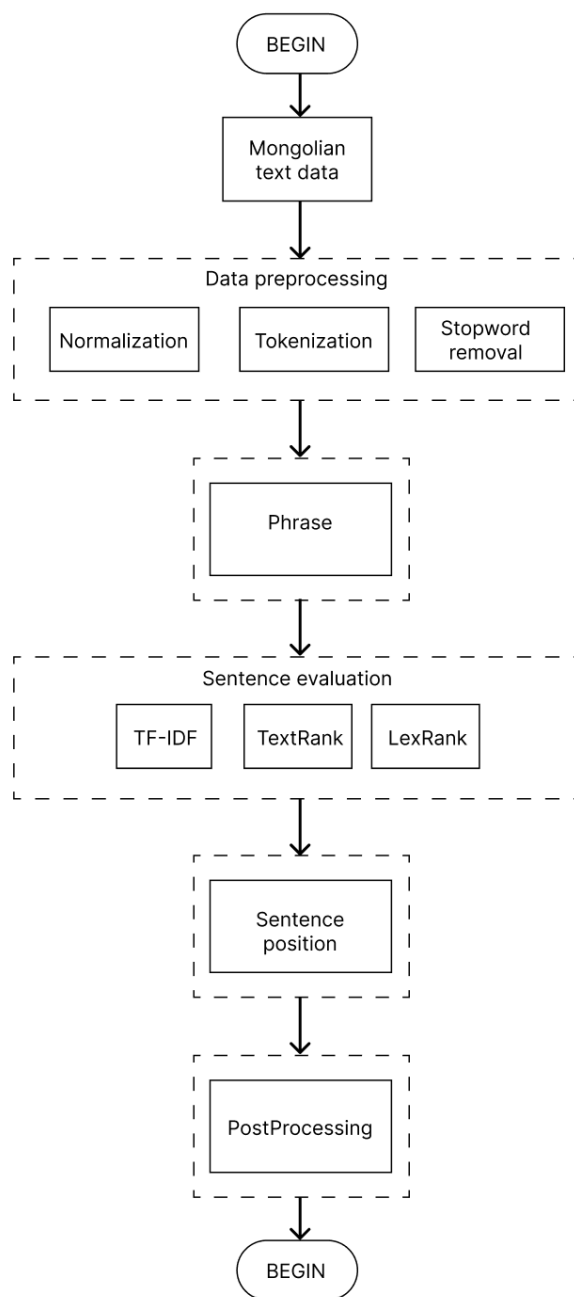
Дараах зурагт хэрэгжүүлж буй загварууд нь ямар нэгэн нэмэлт сайжруулалтын давхаргагүй хэрэгжүүлэх үеийн загварын бүрэлдэхүүн хэсгүүдийг харуулж байх бөгөөд энд TF-IDF, LexRank, TextRank алгоритм тус бүр дээр тус тус нэг хэрэгжилт байна.

Эдгээр нэмэлт сайжруулалтын давхаргагүй загваруудыг үндсэн загвар гэж үзэх бөгөөд, үндсэн загвартай өөрсдийн нэмж оруулж буй сайжруулалтын давхаргатай загваруудыг гүйцэтгэл болон үзүүлэлтээр нь харьцуулах зорилготой ашиглах юм.



8 – р зураг. *Phrase* нэмэлт сайжруулалтын давхаргатай хэрэгжилтийн бүрэлдэхүүн хэсгүүд

Дээрх зурагт өмнөх хэрэгжүүлсэн загвар дээр *phrase* нэмэлт сайжруулалтын давхарга оруулан хэрэгжүүлэх үеийн загварын бүрэлдэхүүн хэсгүүдийг харуулж байна. Мөн алгоритм тус бүр дээр тус тус нэг загвар хэрэгжинэ.



9 – р зураг. *Phrase* болон *Sentence position* сайжруулалтын давхаргатай хэрэгжилтийн бүрэлдэхүүн хэсгүүд

Энэхүү зурагт үндсэн загвар дээр *phrase* болон *sentence position* сайжруулалтын давхаргуудыг нэмж оруулсан үеийн загварын бүрэлдэхүүн хэсгүүдийг харуулж байна. Мөн адил алгоритм тус бүр дээр тус тус нэг загвар хэрэгжинэ.

3.6 Үнэлгээний аргачлал

ROUGE score (Recall-Oriented Understudy for Gisting Evaluation) нь текст хураангуй болон машин орчуулга зэрэг автомат үнэлгээний системүүдийг шалгахад өргөн хэрэглэгддэг үнэлгээний хэмжүүр юм. Энэ хэмжүүр нь лавлах хураангуй болон

алгоритмын хураангуй хоорондох ижил төстэй байдлыг хэмжиж үнэлдэг.

ROUGE score тооцоолохдоо ихэвчлэн recall (буцаалт), precision (нарийвчлал) болон F1-score гэсэн үзүүлэлтүүдийг ашигладаг.

- Recall нь лавлах хураангуйн хэдэн хувь нь алгоритмын үүсгэсэн хураангуйд багтсан эсэхийг илэрхийлнэ.
- Precision нь лавлах хураангуйн доторх мэдээллээс алгоритмын хураангуйтай хэр зэрэг таарч буйг хэмжинэ.
- F1-score нь recall болон precision-ийн дундаж утгыг харуулдаг.

Rouge score нь дараах төрлүүдтэй байна:

1. Rouge-1 нь нэг үгийн (unigram) давхцалыг хэмждэг үзүүлэлт юм.
2. Rouge-2 нь хоёр үгийн дараалал (bigram) 2 үгийн давхцалыг хэмждэг үзүүлэлт юм.
3. Rouge-L нь Longest common subsequence (LCS) буюу хураангуйн хамгийн урт нийтлэг дарааллыг тодорхойлох замаар үнэлгээ хийдэг.

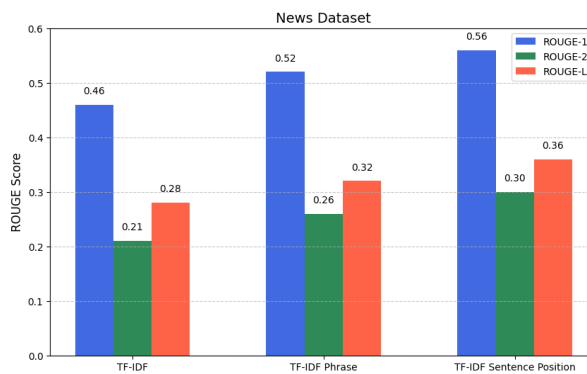
IV. ҮР ДҮН

Бид экстрактив текст хураангуйллын хүрээнд TF-IDF, TextRank, LexRank алгоритмуудыг өөрсдийн тодорхойлсон нэмэлт сайжруулалтын давхаргаар баяжуулж хэрэгжүүллээ.

2 – р хүснэгт. Хэрэгжүүлсэн аргууд

TF-IDF			
		Давхарга 1	Давхарга 2
1	TF-IDF		
2	TF-IDF	Phrase	
3	TF-IDF	Phrase	Sentence
TextRank			
		Давхарга 1	Давхарга 2
1	TextRank		
2	TextRank	Phrase	
3	TextRank	Phrase	Sentence
LexRank			
		Давхарга 1	Давхарга 2
1	LexRank		
2	LexRank	Phrase	
3	LexRank	Phrase	sentence

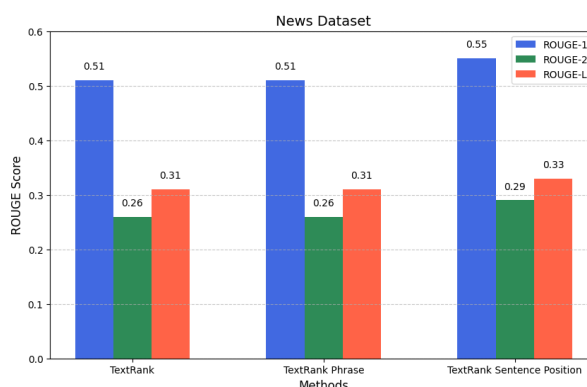
4.1 Мэдээний өгөгдлийн багц дээрх загваруудын үр дүнгүүд



10 – р зураг. Мэдээний өгөгдлийн багц дээрх TF-IDF загваруудын үр дүнгүүд

10 – р зурагт үзүүлснээр мэдээний өгөгдлийн багц дээр TF-IDF sentence position загвар нь хамгийн үр дүнтэй буюу rouge score 0.56 байна.

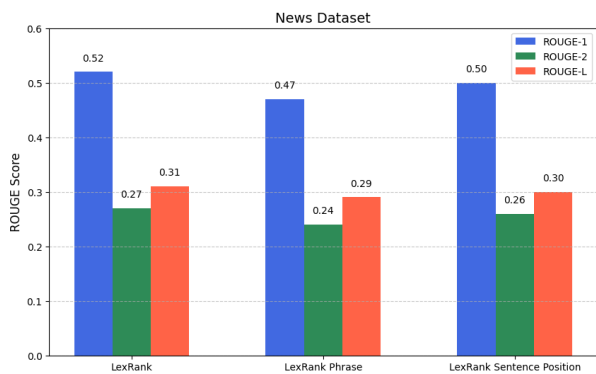
Мөн TF-IDF алгоритм дээр сайжруулалтын давхарга нэмэх бүрд rouge score нь өссөн харагдаж байна. Энэ нь өгүүлбэрийн байршил болон нийлмэл өгүүлбэрт буй гишүүн өгүүлбэрүүдийг тус бүрд өгүүлбэр болгон авсан нь хураангуй илүү нарийвчлалтай болж байгааг илэрхийлж байна.



11 – р зураг. Мэдээний өгөгдлийн багц дээрх TextRank загваруудын үр дүнгүүд

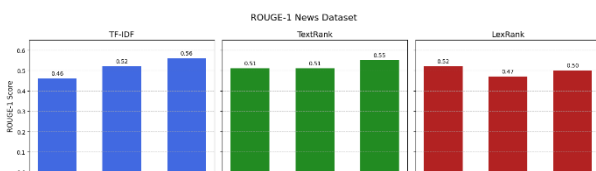
11 – р зурагт үзүүлснээр мэдээний өгөгдлийн багц дээр TextRank алгоритм давхарга нэмэх бүрд үзүүлэлт буураагүй байна.

Мөн TextRank sentence position арга хамгийн өндөр буюу rouge score нь 0.55 байна.



12 – р зураг. Мэдээний өгөгдлийн багц дээрх LexRank загваруудын үр дүнгүүд

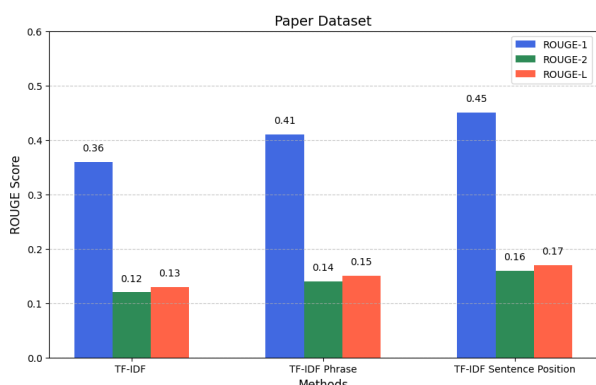
12 – р зурагт харуулснаар LexRank алгоритм дээр phrase сайжруулах давхарга нэмсэн тохиолдолд үзүүлэлт буурсан боловч sentence position давхарга нэмэлтээр орсон үед өссөн байна. Гэвч 2 нэмэлт давхарга нь үндсэн (default) LexRank – тай харьцангуй бага үзүүлэлт үзүүлсэн байна.



13 – р зураг. Мэдээний өгөгдлийн багц дээрх нийт загваруудын үр дүнгүүд

13 – р зурагт харуулснаар мэдээний өгөгдлийн багц дээр нийт хэрэгжүүлсэн загваруудыг харьцуулж гаргасан бөгөөд загвар тус бүр дээр sentence position сайжруулалтын давхарга нэмсэн үед тодорхой хэмжээнд үзүүлэлт өссөн үзэгдэл ажиглагдаж байна.

4.2 Эрдэм шинжилгээний өгөгдлийн багц дээрх загваруудын үр дүнгүүд

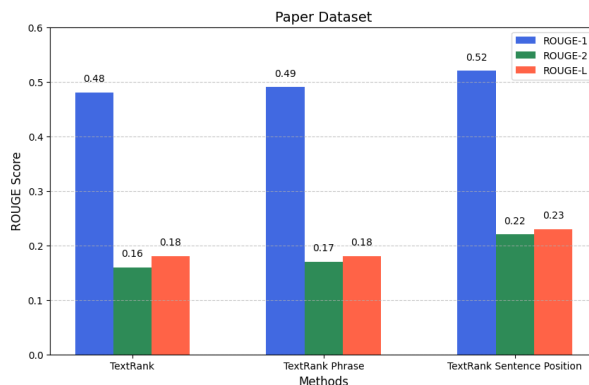


14 – р зураг. Эрдэм шинжилгээний өгөгдлийн багц дээрх TF-IDF загваруудын үр дүн

14 – р зурагт харуулснаар эрдэм шинжилгээний өгөгдлийн багц дээр TF-IDF sentence

position нь хамгийн өндөр үзүүлэлтийг үзүүлсэн байна.

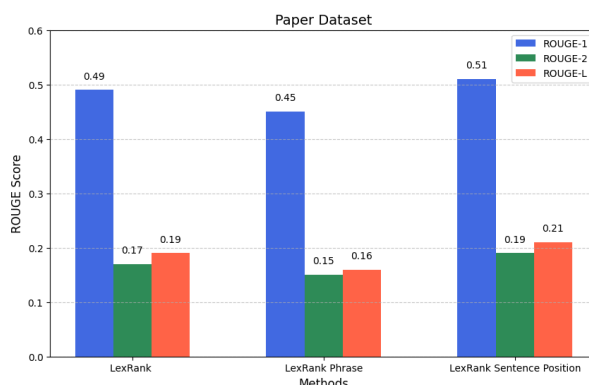
Өмнөх мэдээний өгөгдлийн багцын үр дүнгийн шинж чанартай адилаар үндсэн алгоритм дээр сайжруулалтын давхарга нэмэх бүрд үзүүлэлт нь ахисан байна.



15 – р зураг. Эрдэм шинжилгээний өгөгдлийн багц дээрх TextRank загваруудын үр дүнгүүд

15 – р зурагт үзүүлснээр TextRank sentence position эрдэм шинжилгээний өгөгдлийн багц дээр хамгийн өндөр үзүүлэлт буюу rouge score нь 0.52 байна.

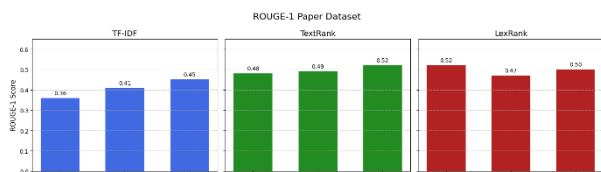
Мэдээний өгөгдлийн багц дээрх үр дүнтэй адил алгоритм дээр сайжруулалтын давхарга нэмэх бүрд өссөн байна.



16 – р зураг. Эрдэм шинжилгээний өгөгдлийн багц дээрх LexRank загваруудын үр дүнгүүд

16 – р зурагт харуулснаар эрдэм шинжилгээний өгүүллийн өгөгдлийн багц дээр LexRank sentence position нь хамгийн өндөр үзүүлэлт буюу rouge score нь 0.51 байна.

Үзүүлэлтийн шинж чанарыг хувьд phrase сайжруулалтын давхарга нэмсэн үед үндсэн алгоритмын үр дүнгээс үзүүлэлт нь буурсан боловч sentence position сайжруулалтын давхарга орсон тохиолдолд өссөн байна.

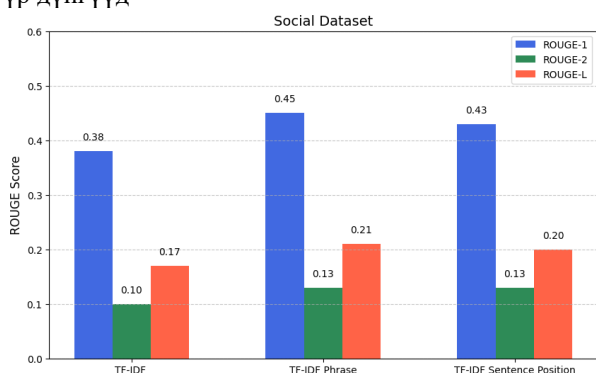


17 – р зураг. Эрдэм шинжилгээний өгөгдлийн багц дээрх нийт загваруудын үр дүнгүүд

17 – р зурагт үзүүлснээр эрдэм шинжилгээний өгөгдлийн багц дээр нийт хэрэгжүүлсэн загваруудын үзүүлэлтүүдийг харьцуулж гаргасан.

Мэдээний өгөгдлийн багц дээр үр дүнтэй ижил TF-IDF, TextRank суурьтай загваруудад сайжруулалтын давхарга нэмэх тохиолдол бүрд үзүүлэлт өссөн бол LexRank суурьтай загваруудад phrase сайжруулалтын давхарга нэмсэн тохиолдолд үндсэн загварын үзүүлэлтээс буурж, sentence position сайжруулалтын давхарга нэмэхэд эргээд үзүүлэлт өссөн ижил шинж чанар ажиглагдаж байна.

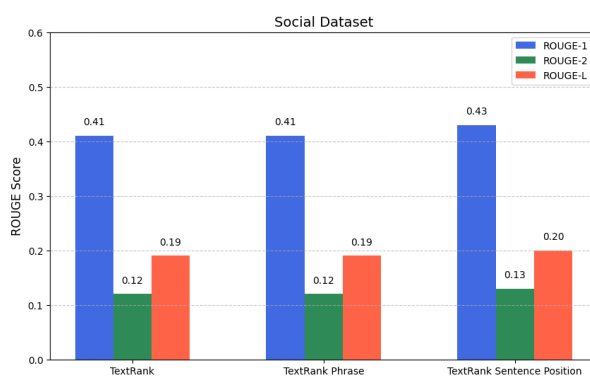
4.3 Цахим орчны өгөгдлийн багц дээрх загваруудын үр дүнгүүд



18 – р зураг. Цахим орчны өгөгдлийн багц дээрх TF-IDF загваруудын үр дүнгүүд

18 – р зурагт үзүүлснээр цахим орчны текст өгөгдлийн багц дээр TF-IDF phrase загвар хамгийн өндөр үзүүлэлтийг үзүүлсэн буюу rouge score нь 0.45 байна.

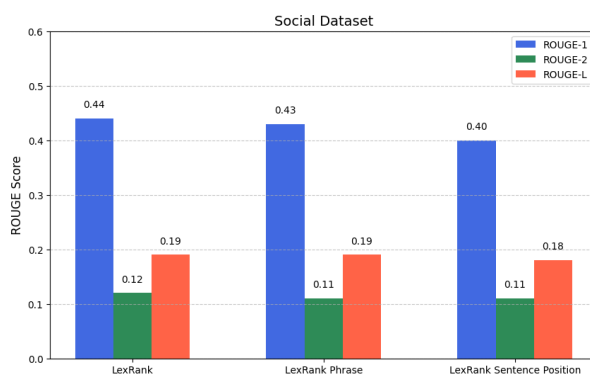
Загваруудын үзүүлэлтийн шинж чанарын хувьд phrase сайжруулалтын давхарга дээр өсөж sentence position сайжруулалтын давхарга нэмсэн үед буурч байна. Мөн өмнөх өгөгдлийн багцуудаас өөр шинж чанартай байна.



19 – р зураг. Цахим орчны өгөгдлийн багц дээрх TextRank загваруудын үр дүнгүүд

19 – р зурагт харуулснаар цахим орчны өгөгдлийн багц дээр TextRank sentence position нь хамгийн өндөр үзүүлэлтийг үзүүлсэн байна.

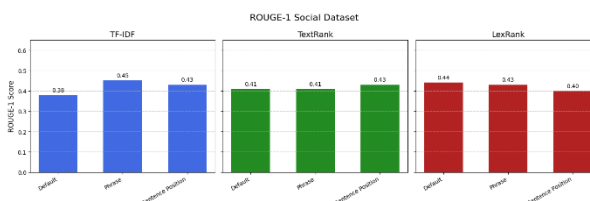
Харин загваруудын үзүүлэлтийн шинж чанаруудын хувьд sentence position сайжруулалтын давхарга нэмсэн тохиолдолд өсөж бусад тохиолдолд хэвийн байгаа бөгөөд мэдээний өгөгдлийн багц дээрх гаргасан үзүүлэлттэй ижил шинж чанартай байна.



20 – р зураг. Цахим орчны өгөгдлийн багц дээрх LexRank загваруудын үр дүнгүүд

20 – р зурагт үзүүлснээр цахим орчны өгөгдлийн багц дээр LexRank (default) нь хамгийн өндөр үзүүлэлт үзүүлсэн байна.

Энэ удаад өмнөх үзэгдлүүдээс эсрэг үзэгдэл гарсан бөгөөд сайжруулалтын давхарга нэмсэн тохиолдол бүрд үзүүлэлт буурсан эсрэг үзэгдэл гарсан байна.



21 – р зураг. Цахим орчны өгөгдлийн багц дээрх нийт загваруудын үр дүнгүүд

21 – р зурагт харуулснаар цахим орчны өгөгдлийн багц дээрх нийт хэрэгжүүлсэн загваруудын үзүүлэлтийг харьцуулав.

Үзүүлэлтийн шинж чанарын хувьд өмнөх 2 өгөгдлийн багц дээр гарсан үзэгдлээс өөр үзэгдэл гарсан байна. Жишээлбэл: LexRank алгоритм дээр сайжруулалтын давхарга нэмэх бүрд үзүүлэлт буурсан байна. Харин бусад алгоритмын хувьд sentence position сайжруулалтын давхарга нэмэгдсэн үед өсөлт үндсэн (default) загварын үзүүлэлтээс өссөн үзэгдэл нь хэвээрээ байна.

Цахим орчны өгөгдлийн багц дээр үзүүлэлт буурж байгаа шалтгаан нь цахим орчин дахь нийтлэл нь эрдэм шинжилгээний өгүүлэл болон мэдээтэй адил цэгцтэй, албан ёсны найруулгатай биш учир цахим орчны өгөгдлийн багц дээр үзүүлэлт буурсан гэж үзэж байна.

V. ДҮГНЭЛТ

Монгол хэлний цахим хэрэглээ нэмэгдэж, мэдээллийн урсгал хурдацтай өсөхийн хэрээр текст хураангуйллын аргуудыг хөгжүүлэх хэрэгцээ улам бүр нэмэгдэж байна. Их хэмжээний мэдээллийг богино хугацаанд боловсруулах шаардлага академик судалгаа, хэвлэл мэдээлэл, цахим орчин, бизнесийн салбар зэрэг олон чиглэлд тулгарч буй гол асуудлуудын нэг болоод байна. Бусад орны олон хэрэглэгчтэй хэл дээр үр ашигтай ажилладаг олон төрлийн текст хураангуйллын алгоритмууд боловсруулагдсан ч Монгол хэлний хувьд үг зүй, өгүүлбэр зүй, бүтэц зэргээс шалтгаалан эдгээр аргуудыг шууд хэрэглэх боломж хязгаарлагдмал байдаг. Иймд Монгол хэлэнд тохирсон, оновчтой хураангуйллын аргуудыг боловсруулах нь чухал ач холбогдолтой юм.

Энэхүү судалгааны ажлын хүрээнд Монгол хэл дээрх экстрактив текст хураангуйллын хэрэгжүүлэлтийг гүйцэтгэлээ. Судалгааны явцад граф өгөгдлийн бүтэц дээр суурилсан TextRank, LexRank алгоритмууд болон статистик аргачлалд тулгуурласан Term Frequency (TF), Inverse Document Frequency (IDF) аргуудыг ашиглан өөрсдийн тодорхойлсон phrase, sentence position сайжруулалтын давхаргуудыг оруулж 9 өөр загварыг хэрэгжүүлсэн болно. Хэрэгжүүлсэн загвараа үнэлж харьцуулахдаа 10 жишээтэй 3 өөр өгөгдлийн багцыг үүсгэж нийт 270 туршилт хийв.

Судалгааны үр дүнг **ROUGE Score** ашиглан үнэлж, нийт хэрэгжүүлсэн 9 загварын дундаж үзүүлэлтийг гаргалаа. Үр дүнгээс харахад:

- Мэдээний хураангуйлалд TF-IDF sentence position загвар нь хамгийн өндөр үр дүнг үзүүлэв.
- Цахим орчны текстийн хувьд TF-IDF phrase загвар нь хамгийн өндөр үр дүнг үзүүлэв.
- Эрдэм шинжилгээний өгүүллийн хураангуйлалд TextRank sentence position загвар нь хамгийн өндөр үр дүнг үзүүлэв.

Энэхүү судалгаа нь Монгол хэл дээрх текст хураангуйллын аргуудын үр дүнг харьцуулан судалж, текстийн төрөл бүрд хамгийн тохиромжтой аргачлалыг тодорхойлоход чиглэсэн болно. Цаашлаад нарийвчилсан судалгаа, боловсруулалт хийхэд чухал суурь болох боломжтойг харуулж байна.

VI. АШИГЛАСАН МАТЕРИАЛ, НОМ ЗҮЙ

- [1] Shimpikar, Sheetal, and Sharvari Govilkar. "A survey of text summarization techniques for Indian regional languages." *International Journal of Computer Applications* 165, no. 11 (2017): 29-33.
- [2] Gupta, Vishal, and Gurpreet Singh Lehal. "Automatic Punjabi text extractive summarization system." In *Proceedings of COLING 2012: Demonstration Papers*, pp. 191-198. 2012.
- [3] Han, Yongshun, Qintu Si, and Siriguleng Wang. "Mongolian Automatic Text Summarization Method Based on Pre-trained Model and Improved TextRank." *Advances in Computer and Communication* 5, no. 2 (2024).
- [4] Wijayanti, Rini, Masayu Leylia Khodra, Kridanto Surendro, and Dwi H. Widyantoro. "Learning bilingual word embedding for automatic text summarization in low resource language." *Journal of King Saud University-Computer and Information Sciences* 35, no. 4 (2023): 224-235.
- [5] Munaf, Mubashir, Hammad Afzal, Khawir Mahmood, and Naima Iltaf. "Low resource summarization using pre-trained language models." *ACM Transactions on Asian and Low-Resource Language Information Processing* 23, no. 10 (2024): 1-19.
- [6] https://web.archive.org/web/20160304045652/http://faculty2.ric.edu/rfeldstein/202_spring_08_files/4.par_ex_4_topic_sentence.pdf

ӨМХӨРСӨН ШИНЭС АШИГЛАН ШИНЭ МАТЕРИАЛ ГАРГАН АВАХ СУДАЛГАА

Сайханы ОДБАЯР¹, Гантөмөрийн АЛТАНШАГАЙ², Аюушийн ТУНГАЛАГ³

¹Монгол улс, Улаанбаатар, ШУТИС, Хүнс, Хөнгөн үйлдвэрлэл, дизайны сургууль, Хөнгөн үйлдвэрлэлийн технологи, инженерчлэлийн салбар, Мод боловсруулах үйлдвэрийн технологи инженер 3-р курс

²Монгол улс, Улаанбаатар, ШУТИС, Хүнс, Хөнгөн үйлдвэрлэл, дизайны сургууль, Хөнгөн үйлдвэрлэлийн технологи, инженерчлэлийн салбар

Холбоо барих зохиогчийн и-мэйл хаяг: sod9832@gmail.com, altanshagaigantomor802@gmail.com,
a.tungalag@must.edu.mn

Хураангуй: Монгол Улсын ойн хоёрдогч нөөц болох өмхөрсөн модоор шинэ материал үйлдвэрлэх, түүний бат бөх чанарыг тодорхойлох, мөн олон улсын MDF хавтангай харьцуулан шинжлэх явдал юм. Туршилтыг АНУ-д үйлдвэрлэсэн 202-2AB маркийн хатаах шүүгээ, шигшүүр, хүйтэн шахуурга ашиглан гүйцэтгэсэн. Судалгааны явцад өмхөрсөн шинэс модоор бэлтгэсэн 3 ширхэг туршилтын сорьц дээр уян харимхайн модулийн үл эвдэх сорилын туршилт, нягтын туршилт, O_2 , CO_2 , CO , t^0 зэрэг хэмжигдэхүүнүүдийг шалгана. Хангайн бүсэд мод бэлтгэсэн модны хожуулын өмхрөлтийн зэрэг 70-90%-д хүрч, энэ бүс нутгийн ойн сангийн 12%-ийг өмхөрсөн мод эзэлж байна. Эдгээр өмхөрсөн мод нь ойн хоёрдогч нөөц бөгөөд түүнийг үр ашигтай ашиглах боломжийг судалж байна. Монгол Улсад өнгөрсөн жилүүдэд өнгөлгөөтэй шахмал хавтангийн импорт 2022 онд 12.4 сая ам.долларын үнэ бүхий хавтан импортолсон нь 2021 оны 4.59 сая ам.доллараас 170%-аар өссөн байна. Хятад улс импортын 90%-ийг эзэлж байгаа бөгөөд энэ нь манай орны дотоодын хэрэгцээг хангах зорилгоор ойн хоёрдогч нөөцөөс модлогт ширхэгт хавтан үйлдвэрлэх шаардлагатай байгааг харуулж байна. Үүний тулд өмхөрсөн модоор шинэ материал үйлдвэрлэх нь эдийн засгийн хувьд үр ашигтай шийдэл болж болох юм. MDF болон HDF хавтангийн физик шинж чанар нь эдгээр материалын бат бөх чанарыг тодорхойлох чухал үзүүлэлтүүд юм. MDF хавтангийн даралт нь ойролцоогоор 4.12-5.52 МПа байдаг бол HDF нь илүү нягт бүтээгдэхүүн бөгөөд 6.89-10.34 МПа шаарддаг. Эдгээр хавтангуудын үйлдвэрлэлийн үед температурыг 150°C-250°C хүртэл нэмэгдүүлж, давирхайг хатууруулдаг. Энэ нь материалын бат бөх чанарыг сайжруулдаг. Тиймээс, ойн хоёрдогч нөөц болох өмхөрсөн модыг ашиглан шинэ материал үйлдвэрлэх нь Монгол Улсад эдийн засгийн хувьд үр ашигтай шийдэл болж, ойн нөөцийн ашиглалтыг сайжруулах, дотоодын хэрэгцээг хангах боломжийг олгоно.

Түлхүүр үг: нягт, уян харимхайн модуль, хүчилтөрөгч, нүүрсхүчлийн хий

I. УДИРТГАЛ

Манай орны ойн сангийн зонхилох мод нь шинэс бөгөөд байгалийн ойн талбайн 62%, нөөцийн 79.3%-ийг эзэлдэг. Хангайн бүсэд мод бэлтгэсэн модны хожуулын өмхрөлтийн зэрэг 70-90% байгаа бөгөөд тухайн бүс нутгийн ойн сангийн 12%-ийг өмхөрсөн мод эзэлж байна [1]. Монгол улс 2022 онд 12.4 сая ам.долларын үнэ бүхий өнгөлгөөтэй шахмал хавтан импортолсон нь 2021 оны 4.59 сая ам.доллараас 170%-аар өссөн. Нийт орж ирсэн модлогт ширхэгт хавтангийн 90%-ийг Хятад улс эзэлж байна [2]. Ийм учраас манай оронд ойн хоёрдогч нөөцөөс гарган авсан модлогт ширхэгт хавтангийн хэрэгцээ их байгаа нь бидний дотооддоо үйлдвэрлэх үндэслэл болж байна.

MDF-ийн хувьд даралт ойролцоогоор 4.12-5.52 МПа байна. HDF нь илүү нягт бүтээгдэхүүн 6.89-10.34 МПа шаарддаг. Температур нь 150°C-250°C хүртэл хэлбэлзэж, давирхайг хатууруулдаг. E0 ангиллын бүтээгдэхүүн нь 0.5 гр/м³-с бага формальдегид ялгаруулдаг. E1 ангилал нь 1 гр/м³ буюу түүнээс бага формальдегид ялгаруулна. E2 ангилал нь харьцангуй өндөр формальдегид ялгаруулалттай. Өнгөрсөн жилээс манай оронд импортоор оруулж ирсэн модлог ширхэгт хавтан 1.5 дахин нэмэгдсэн байна [3].

II. СУДАЛГААНЫ АРГА ЗҮЙ

1. Нягт тодорхойлох арга MNS 2495:1978
2. Жингийн аргаар чийг хэмжих
3. Олон үйлдэлт хийн хэмжигч $C/CO_2/CO$ detector GEM CD-3803
4. Уян харимхай хэмжих арга FFT analyzer CF-9200 Integrating sound level mater LA-1411

Туршилт судалгааны дараалал



1-р зураг. Туршилтын загвар материал

III. СУДАЛГААНЫ ҮР ДҮН

3.1. Өмхөрсөн шинэсний трахеидийн уртын үзүүлэлтийн судалгааны үр дүн



2-р зураг. Олон үйлдэлт хий хэмжигчийн туршилт (O_2 , CO_2 , CO , t^θ)



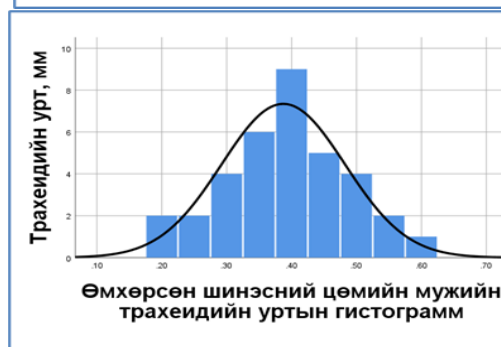
3-р зураг. Өмхөрсөн шинэсэн шахмал хавтангийн уян харимхайн модулийн үл эвдэх сорил



4-р зураг. Өмхөрсөн шинэсэн шахмал материалын нягтыг тодорхойлох туршилт

Судалгааны арга зүй, стандартууд

1. Цөм ба зулмын муж, голын хэмжээ. /MNS:ISO 1031:2010; MNS 6142:2010, MNS 0391:2010; JIS Z2101-2009/
2. Өмхөрсөн шинэсний цөм ба зулмын мужийн модлогийн трахеидийн урт. /Profile projector, V-12BS, Nikon, JIS Z2101-2009/
3. Чийглэг, хугацаа, температур, нягт /цахилгаан жин (BS224S), чийг хэмжигч (HM520), Wagner L601-3, температур хэмжигч (LS-3000 TC,-500C...1200C, Japan), MNS 2495:2009, MNS4045:88, MNS 4045:87, MNS4044:2010, JISZ2101-2009, MNS0391:2010/
4. Уян харимхай модулийн үл эвдэх сорилын аргаар тодорхойлох туршилт.
5. Үр ашгийн харьцуулалт, өртгийн инженерчлэлийн арга



5-р зураг. Өмхөрсөн шинэсний цөм, зулмын мужийн трахеидийн үртын гистограм

1. Эрүүл шинэсэн зүсмэл материалын зулмын мужийн трахеидийн урт (4.20 ± 0.18 мм) нь цөмийн мужийн трахеидийн (2.21 ± 0.13 мм) урттай байна.
2. Өмхөрсөн шинэсэн зүсмэл материалын зулмын мужийн трахеидийн урт (0.91 ± 0.11 мм) нь цөмийн мужийн трахеидийн (0.39 ± 0.09 мм) уртаас хоёр дахин их байна.

3.2. Өмхөрсөн шинэсэн шахмал материалын нягтыг тодорхойлох туршилт, судалгааны үр дүн



6-р зураг. Өмхөрсөн шинэсэн шахмал материалын нягтын харьцуулалт

Өмхөрсөн шинэсэн хавтан материалын нягт нь MDF хавтан материалын нягтаас 53.58 кг/м^3 -аар их байна. Өмхөрсөн шинэс, хонины арьсан дулаалгын материалын нягт нь MDF хавтан материалын нягтаас 56.56 кг/м^3 -аар бага байна. Өмхөрсөн шинэс, үртсэн хавтан материалын нягт нь MDF-ISO 16895:2016 хавтан материалын нягт 159.66 кг/м^3 -аар бага байна.

3.3. Олон үйлдэлт хий хэмжигчийн туршилт, судалгааны үр дүн (O_2 , CO_2 , CO , t^0):

Өмхөрсөн шинэс, хонины арьсан дулаалгын материал:

1. O_2 –22.9% (RH-22%-24.8%) - хэвийн
2. CO_2 -679PPM (t- 25.3^0C - 25.8^0C ; RH-20% - 21%) - хэвийн
3. CO - 4PPM (t- 25.8^0C ; RH- 26.9%-27.7%) - сайн

Өмхөрсөн шинэс, үртсэн хавтан материал:

1. O_2 – 20.55% (t- 26.8^0C ; RH-12.5%-21.1%) - хэвийн
2. CO_2 - 787.5PPM (t- 26.1^0C - 26.6^0C ; RH - 22.9%-21.3%) – хэвийн
3. CO - 20PPM (t- 27.6^0C ; RH- 18.9%) - хэвийн

Өмхөрсөн шинэс хавтан материал:

1. O_2 – 23.35% (RH-23.1%-21.1%) - хэвийн
2. CO_2 - 652PPM (t- 25.8^0C - 26.2^0C ; RH-21.5%-19.2%) - хэвийн
3. CO - 6PPM (t- 26.3^0C ; RH-22.8%) - сайн гэсэн үзүүлэлттэй байна.

3.4 Өмхөрсөн шинэсэн шахмал хавтангийн уян харимхайн модулийн үл эвдэх сорилын туршилт, судалгааны үр дүн:



7-р зураг. FFT analyzer CF-9200,
Integrating sound level meter LA-1411

Эдгээр туршилтын үр дүнд MDF хавтангаас өмхөрсөн шинэсэн хавтан материал нь 2.23 ГПа-аар, өмхөрсөн шинэс үртсэн хавтан материал 1.22 ГПа-аар, өмхөрсөн шинэс хонины арьсан дулаалгын материал нь 0.86 ГПа-аар бага байна.

IV. ДҮГНЭЛТ

1. Байгальд ээлтэй барьцалдуулсан материал – Цардуул ашиглан барьцалдуулсан материал нь Е0 стандартын дагуу формальдегидийн агууламжгүй, байгальд ээлтэй болох нь тогтоогдсон.
2. Өмхөрсөн болон эрүүл шинэсний трахеидийн ялгаа – Өмхөрсөн болон эрүүл шинэсний трахеидийн уртын ялгаа илэрхий бөгөөд өмхөрсөн шинэсний зулмын трахеидийн урт цөмийнхөөс хоёр дахин их байна.
3. Шахмал хавтангийн үйлдвэрлэл – Өмхөрсөн шинэс, хонины арьсны үлдэгдэл, эрүүл шинэсний үртсийг ашиглан ISO 16894:2009 стандартаар боловсруулж, шинж чанараараа MDF хавтантай ойролцоо дулаалгын материал гаргаж авсан.
4. Физик шинжилгээний үр дүн – Өмхөрсөн шинэсний хавтангийн нягт MDF хавтангаас их, харин өмхөрсөн шинэс, хонины арьс, үртсэн хавтангийн нягт бага байгаа нь тогтоогдсон.
5. Эдийн засгийн үр ашиг – Өмхөрсөн шинэсэн хавтангийн үнэ MDF хавтангаас 51%, өмхөрсөн шинэс үртсэн хавтан 40%, өмхөрсөн шинэс хонины арьсан дулаалгын материал 32%-аар хямд бөгөөд эдийн засгийн хувьд үр ашигтай болох нь батлагдлаа.

V. АШИГЛАСАН МАТЕРИАЛ, НОМ ЗҮЙ

- [1] Байгаль орчин, аялал жуулчлалын яам “Монгол улсын ойн сан”.
- [2] trendeconomy.com
- [3] <https://www.iso.org/standard/60033.html> MDF хавтангийн стандарт.
- [4] <https://mocphat.com/news/tin-san-pham-1/tieu-chuan-e0le2-la-gi-tai-sao-go-cong-nghiep-can-chung-chi-nay-1> Формальдегидийн ялгаруулалт.
- [5] "Өмхөрсөн модыг геобю логийн портал болгон ашиглах үр дүнтэй байдал" - Рене М. Клэри, Жеймс Х. Вандерсее, EarthScholars Research Group, Миссисипи улсын их сургууль, Луизиана улсын их сургууль.
- [6] А.Тунгалаг, “Шинэсэн зүсмэл материалыг түллэгийн хийн аргаар хатаах технологийн судалгаа, боловсруулалт”, УБ, 2022.
- [7] Олон үйлдэлт хий хэмжигчийн LA-1411” O_2 , CO_2 , CO detector хэрэглэгчийн заавар.

ХӨНГӨРҮҮЛСЭН ТӨМӨР БЕТОН ДАМ НУРУУНЫ ДААХ ЧАДВАРЫН СУДАЛГАА

Эрдэнэбаатар Сундуй¹, Таравчомбо ҮДБАЛ²

¹ Монгол Улс, Улаанбаатар, ШУТИС, Дархан-Уул аймаг дахь Технологийн сургууль, Технологийн салбар

Холбоо барих зохиогчийн и-мэйл хаяг: sunduierdenebaatar81@gmail.com¹, ydbal0327@gmail.com²

Хураангуй: Хөнгөрүүлсэн төмөр бетон дам нуруу бол дотор талдаа хөндий, хөнгөн дүүргэгчтэй хийц бүхий ажлын болон хөндлөн арматураас тогтдог барилгын бүтээцийн нэг төрөл юм. Ачаа даах чадварыг нь алдагдуулахгүйгээр жинг хөнгөрүүлэх боломжийг онолын тооцоолол болон туршилтаар тодорхойлох зорилго тавьсан. Энэхүү судалгааны ажилд Монгол Улсад дагаж мөрддөг Барилгын Норм ба Дүрэм 52-01-10 (БНБД 52-01-10)-ыг урьдчилсан тооцоонд ашиглаж, хөнгөн дүүргэгчтэй төмөр бетон ба хүнд төмөр бетон дам нурууны ачаа даах чадварыг тодорхойлсон ба хоёр өөр дүүргэгчтэй төмөрбетоны ялгаатай болон ижил талуудыг харьцуулан гаргав. Туршилтын үр дүнд төмөр бетон дам нурууны дүүргэгчийг хөнгөн дүүргэгчээр орлуулахад ачаа даах чадвар нь буурахгүйгээр жин нь хөнгөрсөн. Хөнгөн дүүргэгчтэй дамнурууны хөндлөн хүчний даах чадварын туршилт болон таамаглалын аргаар харьцуулалтыг хийж боломжийн үр дүнг гарган авсан болно.

Түлхүүр үг: гулзайлт, бат бэх, хөнгөн дүүргэгч, төмөрбетон

I. УДИРТГАЛ

Францын цэцэрлэгч Жозеф Монье анх бетон цэцгийн савыг ган төмрөөр хүчитгэснээр хагарахаас сэргийлж урт хугацаанд эдэлгээ даах бат бөх сав бий болсон нь бетон арматурын хослолыг олж нээсэн төмөрбетоны хөгжлийн эхлэл болсон. 1877 он – Английн Вильям Уилкинсон төмөр бетон ашиглан орон сууцны байшин барьсан. Гүүр, усан сан, хоолой, дамнуруу, баганад түлхүү хэрэглэдэг байсан нь мод, чулуунаас илүү бат бөх, урт настай ус нэвчихгүй, илүү даацтай байсан нь түүхэн баримтаас тодорхой байдаг. Төмөрбетоны анхны энгийн хэрэглээнээс эхлэн өнөөгийн өндөр барилга, гүүр, далангийн гол материал болох хүртэл хөгжсөн. Төмөр бетон нь дэлхийн хамгийн өргөн хэрэглэгддэг барилгын материал болж инженерүүд үүнийг судалж, барилга, гүүр, далан, олон нийтийн байгууламжид өргөн нэвтрүүлсээр дэвшилтэт технологийг олон инженер, хөгжүүлж дэлхий нийтээр судлагдсаар байна. Монгол Улсад керамзит болон хүрмэн чулууг бетоны дүүргэгч материал болгон ашигладаг хэд хэдэн үйлдвэр бий. Тухайлбал: "Нью Север" ХХК: Энэхүү компани нь керамзит болон керамзитан блок үйлдвэрлэдэг, бүтээгдэхүүнүүд нь хөнгөн, дулаан болон дуу тусгаарлах чадвар сайтай, галд тэсвэртэй зэрэг давуу талуудтай. Архангай аймагт олон нийтийн барилгын 74% нь хүрмэн чулуун гулдмайн өрөгт барилга юм. Хүрмэн чулууг буталж, цементтэй хольж, хивэнд цутган гулдмай үйлдвэрлэн, барилгын дүүргэлтийн материал болгон ашигладаг. Налайх дүүрэгт керамзит шаврын орд газараа барилгын материалын үйлдвэрлэлд ашигладаг. [4] [5]

Төмөр бетон бүтээц нь суналт, шахалт, тасралт зэрэг олон төрлийн хүчний нөлөөнд ажилладаг. Дамнуруу нь гулзайлтын момент үүсэх үед дээд тал нь шахалтад, доод тал нь суналтад ордог. Төмөр бетон бүтээцийн механик шинж чанарыг судлах хамгийн чухал хүчин зүйл бол бетон ба арматурын харилцан ажиллах байдал юм. Бетон нь шахалтын хүчийг даах чадвартай боловч суналтад муу, арматур

(ган) нь суналтыг тэсвэрлэх чадвартай эдгээр хоёр материалын барьцалдах чадвар, харилцан үйлчлэл нь бүтээцийн бат бэх, хэв гажилт, хагарал үүсэх байдал, ачаалал даах чадвар зэрэг шинж чанарт шууд нөлөөлдөг. Хэрэв бетон ба арматурын холбоо сул байвал төмөр бетон бүтээц хагарч, гэмтэх ба бүтээцийн ачаалал даах чадвар буурч, хэв гажилт ихсэн, ашиглалтын хугацаа богиносдог гэж онолын хувьд үздэг. Бетон ба арматурын харилцан ажиллах байдал сайн байвал бат бөх, урт настай төмөр бетон бүтээц бий болж, гулзайлтын момент, тасралтын цэг зөв хуваарилагдаж, хагарал бага үүснэ, барилга байгууламжийн тогтвортой байдал нэмэгддэг.

Эрчим хүчний хэмнэлттэй, байгаль орчинд ээлтэй, дуу дулаан тусгаарлан газар хөдлөлт болон барилгын физик механик шинж чанарыг сайжруулах, жин хөнгөнтэй барилгын материалын эрэлт нэмэгдэж байгаатай холбогдуулан энэхүү судалгааг хийх болсон. MNS 3996, MNS 1228, MNS 0831, MNS 5771 болон "Хөнгөн бетон. Техникийн шаардлага", гэх стандартуудын шаардлагыг хангасан бетоныг гарган авах. Төмөр бетон дам нурууны жинг хөнгөрүүлснээр ачаа даах чадвар болон механик шинж чанарыг туршилт болон тооцоогоор тодорхойлох зорилго бүхий уг судалгааны ажилд дараах зорилтуудыг тавьсан. Үүнд:

- БНБД 52-01-10 стандартад үндэслэн урьдчилсан тооцоог гаргах;
- Хөнгөрүүлсэн төмөр бетон дам нурууны туршилтын загвар бэлтгэх;
- Бэлтгэсэн биет загварын механик шинж чанарыг тодорхойлон, багажаар туршилт хийх;
- Туршилт болон урьдчилсан тооцооны үр дүнгүүдийг харьцуулж дүгнэлт гаргах зэрэг болно.

II. ТУРШИЛТ СУДАЛГААНЫ ХЭСЭГ

2.1 УРЬДЧИЛСАН ТООЦООЛОЛ

БНБД 52-01-10-д Бетоны бат бэх, хэв гажилтын үзүүлэлтүүдийн нормын утга нь түүний үндсэн гол үзүүлэлт болно. Бетоны чанарын үзүүлэлт нь бетонд хэрэглэх материалын шинж чанар, бетонд тавигдах шаардлагад үндэслэсэн түүний найрлага, орц болон бетон бэлтгэх ба ажил гүйцэтгэх технологийг урьдчилан төлөвлөснөөр хийгддэг. Бетоны үзүүлэлтүүдийг ажлын явцад болон уг бүтээцийн биет хувтлбар дээр туршилт хийнэ. Бетонд тавигдах шаардлагатай үзүүлэлтүүдийг бетон ба төмөр бетон бүтээцийн зураг төсөл зохиох явцад, зохих тооцоо болон барилгын ашиглалтын нөхцөлийг (хүрээлэн буй орчны янз бүрийн үйлчлэл, хэрэглэж байгаа арматурын төрөлд тохирсон бетоны хамгаалалтын онцлог зэргийг оролцуулан тооцсон) харгалзан үзэж тогтоодог.

БНБД 52-01-10 стандартын дагуу урдчилсан тооцоогоор гарсан загварын эвдрэх үеийн момент, эвдрэх үеийн ачааллыг доорх томъёогоор нэгтгэн үзүүлээ. [1], [2]

Эвдрэх үеийн момент (M_u)

Төмөр бетон дам нурууны эвдрэл нь арматурын эсвэл бетоны бат бэхийн хязгаарт хүрэх үед үүснэ. Эвдрэх үеийн момент дараах томъёогоор тодорхойлогдоно:

$$M_u = R_s * A_s * (h_0 - a) = 225 \text{ МПа} * 314 \text{ мм}^2 * (135 \text{ мм} - 15 \text{ мм}) = 9012.47 \text{ кН} * \text{мм}$$

Эвдрэх үеийн ачаалал

$$P_u = \frac{4 * M_u}{L} = \frac{4 * 912465 \text{ н} * \text{мм}}{900 \text{ мм}} = 40055.4 \text{ Н} = 40.06 \text{ кН}$$

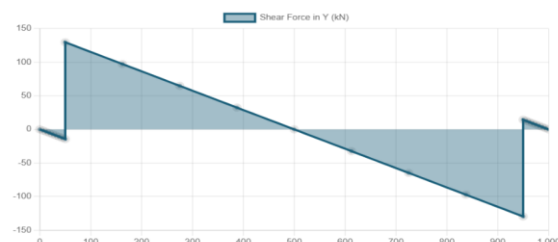
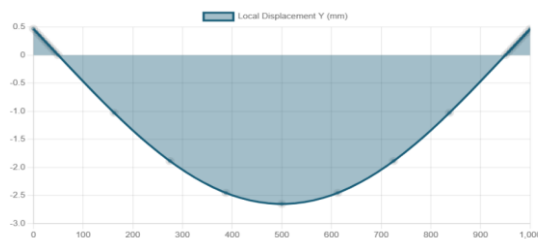
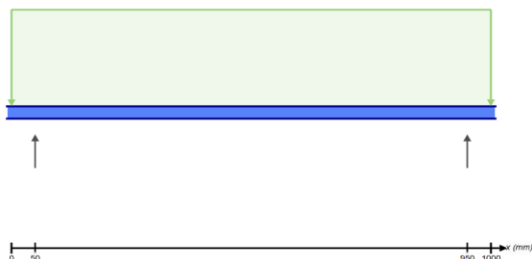
Энд:

Ажлын арматурын талбай: $A_s = 4 * \frac{\pi * 10^2}{4} = 314 \text{ мм}^2$

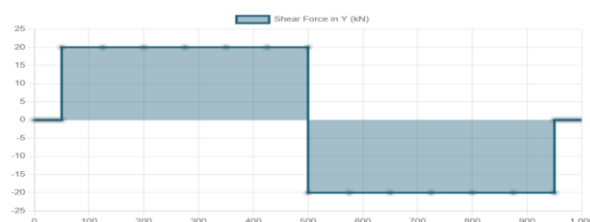
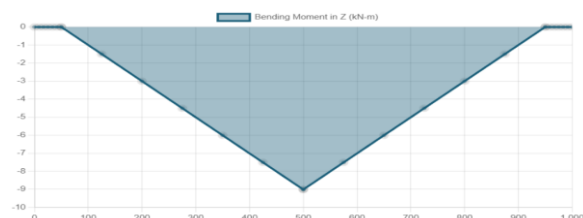
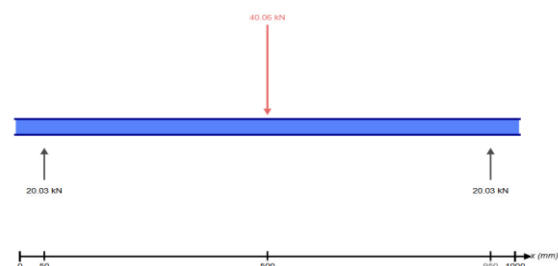
$R_s = 225 \text{ МПа}$ (арматурын суналтын хязгаарын бат бэх)

$a = 15 \text{ мм}$ (хамгаалалтын үе)

БНБД 52-01-10 стандартын дагуу тооцооллоос үзвэл 40.06 кН хүчийг даах чадвартай гарсан. Урьдчилсан байдлаар тооцсон тооцооны өөрийн жингээс ирэх ачааллаас хамаарах эпюр болон тооцоогоор гарсан төвлөрсөн ачааг үйлчилж байгаа байдлаар тус тус хүчний ба шилжилтийн эпюрийг 1-р зурагт үзүүлэв.



(a)



(б)

1-р зураг. Тооцооны эпюр а. өөрийн жингээс ирэх ачаалал шилжилтийн эпюр б. төвлөрсөн ачааллаас ирэх хүчний болон шилжилтийн эпюр

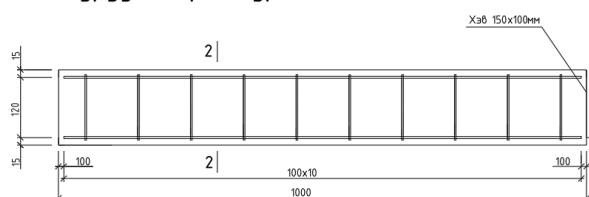
2.2 ТУРШИЛТЫН ХЭСЭГ

Энэхүү туршилтад биет загварыг ашигласан ба туршилтын загварыг бэлтгэхдээ доорх материалуудыг сонгож авсан. Үүнд:

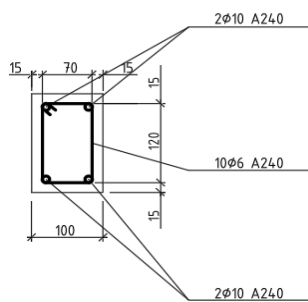
- Арматур /A240 Ф10/ 94см*4 ширхэг
- Арматур /A240 Ф6/ 48см*10 ширхэг
- Керамзит /5-10мм/
- Хүрмэн чулуу /0-5мм/

- Цемент /PC 42.5/
- 1000*100*150h хэмжээтэй хэвийг бэлдэн ажлын арматурын хамгаалалтын үе гарган тасдан бэлтгэж, хөндлөн арматур болох хомуутны хамгаалалтын үе гарган тасдаж ажлын зургийн хэмжээнд нь бариулан матаасыг хийв. Ажлын болон хөндлөн арматурыг хамтатган нарийн утсан арматураар боож хивэндээ байрлуулсан. Энэ туршилтад бэлтгэсэн ажлын зургийн дагуу бүгд хийгдсэн.

Дамнурууны арматурчлал M1:1



Огтлол 2-2



(a)

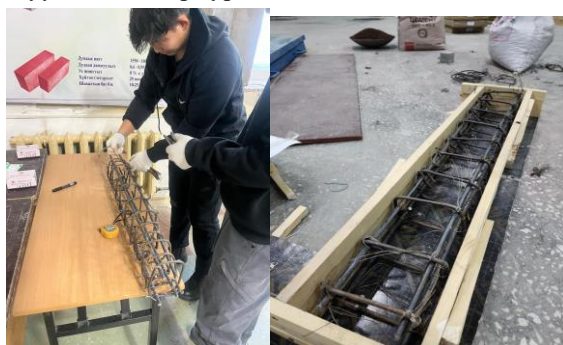
Материалын түүвэр

Тэмдэглэгээ	Үрт	Тоо ширхэг	Нэгж (кг)	Нийт (кг)
1 ГОСТ 5781-82 Ø10 A240	L=980	4	0.605	2.42
2 ГОСТ 5781-82 Ø6 A240	L=560	10	0.124	1.24
Нийт				3.66
Бетон В25 V=0.015м³				

(б)

1-р зураг. Туршилтын үлгэр: а) Дамнурууны арматурчлал болон хөндлөн огтлол, б) Арматурын түүвэр

Хөнгөрүүлсэн төмөр бетон бүтээцийн хэв хашмал арматурчлал болон дүүргэгчийг ажлын зургийн дагуу бэлдэв. /2-р зураг/



(a)

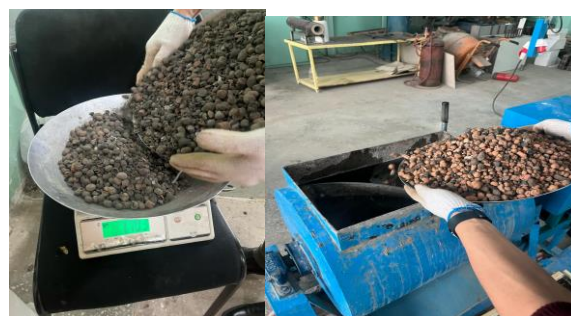


(б)

2-р зураг. Үлгэрийн хэв хашмал болон арматурчлал а) хөндлөн болон ажлын арматурыг хэмжээний дагуу бэлтгэж арматурчлалыг хийн хэв хашмалд байрлуулсан б) дүүргэгчийг ширхэгийн бүрэлдэхүүнээр бэлдсэн

Хөнгөрүүлсэн төмөр бетон дам нурууг 2025 оны 01 сарын 17-нд цутган 2024 оны 02 сарын 14нд буюу 28 хоногийн бат бэх авсан загварыг шахаж үзэхэд В25 ангийн 300 маркийг хангаж байв. Туршилтад зориулан бэлтгэсэн загварыг ШУТИС-ийн Барилга архитектурын сургууль (БАС)-ийн харьяа Байгууламжийн сорил шинжилгээний лабораторид Universal testing machine WEW-1000B Laryee маркийн багажаар туршсан.

Хөнгөрүүлсэн төмөр бетон дам нуруун загварын бетон цутгалтын явцыг 3-р зурагт үзүүлээ.



(a)



(б)

3-р зураг. Үлгэрийг бэлтгэн арчилчилсан байдал а) бетон хольц бэлтгэх байдал, б) бетон арчилгаа

Загварын туршилтын өмнөх болон дараах хэв гажилт үйл явцыг фото зургаар 4-р зураг харууллаа.



(а)



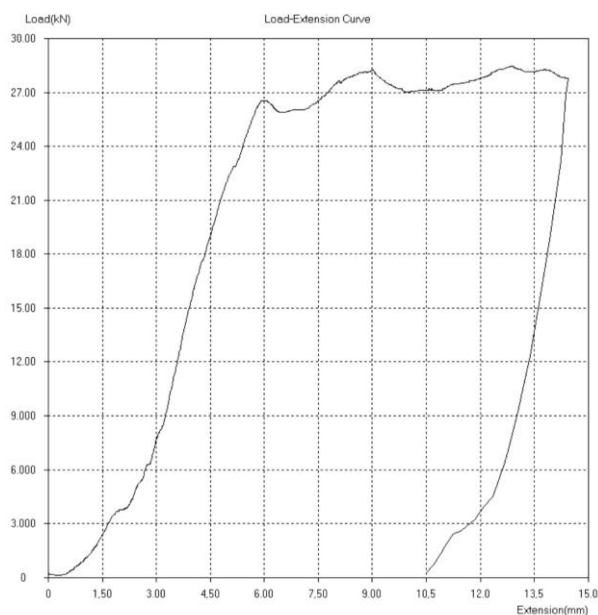
(б)



(в)

4-р зураг. Загварын туршилтын өмнөх болон дараах хэв гажилт үйл явц а) загварын жинлэх, хэмжилт хийх, в) туршилт хийх багжинд байрлуулах, туршилтын дараах арматур хэмжилт г) туршилтын дараах ан цав гарсан байдал

Судалгааны зорилтын дагуу загварын механик шинж чанарыг тодорхойлох туршилтын үр дүнг хүч – шилжилтийн диаграмм /5-р зураг/ болон хүснэгтээр харуулав. /1-р хүснэгт/



5-р зураг. Туршилтын хүч – шилжилтийн диаграмм

ЗАГВАРЫН ТУРШИЛТЫН ҮР ДҮН
1-Р ХҮСНЭГТ

Дамнуурууны хэмжээ			Хөврүүлсэн бетон дундаж	Ан цав гарах эгшинд	Эвдрэх үеийн
Урт /см/	Өргөн /см/	Өндөр /см/	Бат бэх /кПа/	Ачаа Р /кН/	Ачаа Р /кН/
99.5	11.1	14.8	33.4	22.06	28.5

5-р зурагт үзүүлсэн туршилтын диаграмм болон хүснэгтний тоон утгуудаас харахад хөнгөрүүлсэн төмөр бетондамнуруунд ан цав гарсан эгшин нь 22.06 кН хүчийг авч 28.5 кН хүч үйлчлэхэд эвдэрч эхэлсэн байна. Дамнурууны бат бэх 33.4 кПа гарсан нь бидний гаргахаар зорьсон В25 ангийн бетоны стандартыг хангаж байв.

III. ТУРШИЛТ БОЛОН УРЬДЧИЛСАН ТООЦООНЫ ХАРЬЦУУЛСАН ҮР ДҮН

Манай багийн гүйцэтгэсэн урьдчилсан онолын тооцоо болон туршилтын үр дүнг харьцуулахад, төмөр бетон дамнурууны эвдрэх үеийн даацын хувьд зөрүүтэй гарсан. Тухайлбал: Тооцоогоор эвдрэх үеийн ачаа: 40.06кН байсан бол туршилтын үр дүнгээр эвдрэх үеийн ачаа: 28.5кН буюу 11.56кН (29%)-ийн зөрүүтэй гарсан. Энэ нь бетоны дүүргэгч материал болох хөнгөн дүүргэгчийн сонголтоос шууд хамаарсан гэж дүгнэж байна.

ДҮГНЭЛТ

1. Төмөр бетон дамнурууны ачаа даах чадварыг нь алдагдуулахгүйгээр жинг нь хөнгөрүүлэх боломжтой нь онолын тооцоолол болон туршилтаар тодорхойлогдлоо.
2. Керамзит (том дүүргэгч), хүрмэн чулуу (нарийн дүүргэгч) ашигласнаар бетоны нийт нягт

багасаж, бат бэх буурсан нь дамнурууны эвдрэх үеийн ачааллыг тооцоолсноос бага гаргахад хүргэсэн. Хөнгөн дүүргэгчийн сүвэрхэг бүтэц нь бетоны шахалт болон суналтын бат бэхийг бууруулж, улмаар дамнурууны даацад сөргөөр нөлөөлсөн гэж үзэж байна.

3. Бидний хийсэн туршилт, шинжилгээгээр хөнгөрүүлсэн төмөрбетоны хэрэглээ нь 5 давхар ба түүнээс доош барилгад ашиглавал тохиромжтой гэж үзсэн.

Барилгын өрөө тасалгаа тусгаарлагч дотор хана, гоёлын багана, зузаан өнгөлгөөний хана болон барилгын даацын бус бүтэц, мөн амины 1-2 давхар сууцанд ашиглах нь тохиромжтой юм. Эдийн засгийн хувьд хэмнэлттэй жин хөнгөн дуу дулаан тусгаарлах чадвар сайн зэрэг олон давуу талыг нэг дор бий болгож байна.

АШИГЛАСАН МАТЕРИАЛ, НОМ ЗҮЙ

- [1] БНБД 52-01-10 – Төмөр бетон бүтээцийн тооцооны норматив
- [2] Г.Базар “Төмөр бетон бүтээц-1” УБ 2006он
- [3] Г.Базар, М.Сугар “Төмөр бетон бүтээц-1” УБ 2022он
- [4] SEVER.MNBAC.BARILGA.MN
- [5] NALAIKHPARK.MN
- [6] SkyCiv beam calculator

ШУТИС-ийн VIII байрны авто замын өндөржилт төлөвлөлтийн асуудлын талаарх судалгаа

Нямдаваагийн БОЛОРЗАЯА Мөнхбаатарын СҮРЭНЖАВ

Батбаатарын ӨНӨРМАА Батцэцэгийн БААСАНЖАРГАЛ

Удирдсан багш: Докторант П.Лувсандагва

Монгол улс, Улаанбаатар хот, Шинжлэх Ухаан Технологийн Их Сургууль

Геологи, Уул уурхайн сургууль, Геодезийн салбар

Холбоо барих зохиогчийн и-мэйл хаяг: bjthic@gmail.com, batbaatarunurmaa@gmail.com, surenjavmunkhbaatar@gmail.com, nbolorzaya2@gmail.com

Хураангуй: Монгол Улсын хувьд байгалийн нөхцөл байдал, уур амьсгалын өөрчлөлтөөс шалтгаалан байгалийн гамшигийн хэмжээ сүүлийн жилүүдэд улам ихсэж байгаа. Ялангуяа хур тунадасны хэмжээ ихтэй жилүүдэд борооны ус хуримтлагдаж, хүний амь нас, ард иргэдийн өмч хөрөнгө үерийн аюулд эрсдэж байгаа билээ. Энэ нь авто замын өндөржилт төлөвлөлт болон ус зайлуулах систем шаардлага хангахгүй байгаатай холбоотой. Монгол Улсын хувьд шинээр баригдаж буй барилга байгууламж, авто зам, зам шугам сүлжээ зэргийг бүтээн байгуулахдаа замын элэгдэл, эвдрэлээс урьдчилан сэргийлэх, ус зайлуулах системийг оновчтой төлөвлөх зэрэг нь нэн шаардлагатай байгаа билээ. Иймээс судалгааны ажлын хүрээнд ШУТИС-ийн VIII байрны хажуугийн авто замын өндөржилт төлөвлөлтийг өндөр нь мэдэгдэж байгаа цэгүүдийг үндэслэн өндрийн сүлжээний сэлгэц байгуулсан. Дараа нь холбох цэгийн өндрийг ашиглан квадратуудын оройн цэгүүд рүү нивелирдэн, оройн цэгүүдийн өндөр, төслийн өндөр, ажлын өндөр, газар шорооны ажлын эзлэхүүн, ухалга овоолгын хэмжээг тус тус тооцоолон гаргалаа.

Түлхүүр үг—Өндөржилт, талбайн нивелирдлэг, өндрийн сүлжээ, нивелир, квадрат тор

УДИРТГАЛ

Монгол Улсын нийслэл Улаанбаатар хот нь Хэнтийн нурууны урд үзүүр болох Баянзүрх, Богд хан, Сонгино хайрхан, Чингэлтэй хайрхан уулсаар зүүн, урд, баруун, хойд талаараа тус тус хүрээлэгдсэн бөгөөд Туул, Сэлбэ голуудын бэлчир хөндийд байрладаг. Монгол Улсад нүүрлэх байгаль, цаг уурын гамшигт үзэгдлийн давтамж сүүлийн 20 гаруй жилийн хугацаанд хоёр дахин өссөнийг НҮБ-ын судалгаа харуулж байна.[1] НОБГ-аас Улаанбаатар хотын үерийн гамшигийн эрсдэлийн ерөнхий үнэлгээг хийсэн бөгөөд тухайн үнэлгээгээр хүн амд учрах үерийн эрсдэл, үерийн аюулын үнэлгээ, үерт өртөх байдлыг үнэлсэн байна. Улмаар нийслэлийн эрсдэлийн индекс 10.6 буюу “маш их” байна. [2] Гэвч сүүлийн 30 жилийн хугацаанд хөдөө орон нутгийн иргэдийн шилжих хөдөлгөөн эрчимтэй нэмэгдэж Улаанбаатар хотод оршин суух хүн амын тоо МУ-ын нийт хүн амын 50 орчим хувийг эзэлж байгаа аж.[3] Дээрх судалгаануудаас харахад бидний нэн тэргүүнд хийх ёстой ажил бол хот, суурины газар нутагт

тогтсон хур тунадасны усыг авто зам, явган зам, талбай, цэцэрлэгт хүрээлэн, суурьшлын бүсээс зайлуулан урсаж далд ба ил сувагт цутган орж байх налууг геодезийн хэмжилт, тооцооллын арга зүйгээр төлөвлөсөн баримт бичиг буюу өндөржилт төлөвлөлтийг хийх юм.

Судалгааны ажлын зорилго:

Бид энэхүү судалгааны ажлаараа өндөржилт төлөвлөлт зохих шаардлагыг хангаж хийгдээгүй ШУТИС-ийн VIII байрны авто замыг сонгон авч геодезийн ажлын тооцоолол, хэмжилт боловсруулалт хийн инженерийн ур ухаанаар үүнтэй төстэй газрыг хэрхэн зөв төлөвлөж, асуудлыг шийдвэрлэж болохыг үзүүлэхийг зорилго.

Судалгааны ажлын зорилт: Дээрх зорилгын хүрээнд дараах зорилтуудыг дэвшүүлээ.

1. Өндөржилт төлөвлөлтийн төсөл зохиох тухай онол, аргачлалуудыг судлах

2. Дадлагын явцад олж авсан онолын болон практик мэдлэгээ ашиглан талбайн нивелирдлэг үйлдэх
3. Авто замын өндөржилт төлөвлөлт хийх газар шорооны ажлын тооцоог хийх

I. Өндөржилт төлөвлөлтийн тухай

Өндөржилт төлөвлөлтийн зураг төсөл гэдэг нь барилгажсан газар нутагт тогтсон хур тунадасны усыг авто зам, явган зам, талбай, цэцэрлэгт хүрээлэн гэх мэт суурьшлын бүсээс зайлуулан, далд болон ил сувагт цутган орж байх налуут геодезийн хэмжилт тооцооллын арга зүйгээр төлөвлөсөн баримт бичгийг хэлнэ.

Өндөржилт төлөвлөлтийн гол зорилго нь төлөвлөлт хийгдэхээр сонгосон нутаг дэвсгэрээс хуримтлагдсан усыг саадгүй зайлуулж, хүрээлэн буй орчны аюулгүй, тав тухтай байдлыг хангаж, хүртээмжтэй зам шугам сүлжээ байгуулах таатай нөхцөлийг бүрдүүлж, онцгой нөхцөл байдлын үеийн цогц төлөвлөлтийг бий болгон газрын гадаргыг өөрчлөн төлөвлөхөд оршино.

Өндөржилт төлөвлөлтийн геодези, байр зүйн зураглалын төслийн үе шатанд геодези, байр зүйн зураглалын норм дүрмүүдийн [4] шаардлагыг хангаж гүйцэтгэнэ.

7.6 Өндөржилт төлөвлөлтийн зураг төсөлд зориулан геодезийн өндрийн сүлжээний нягтралыг сайжруулан 1 га талбайд нивелирдлэгийн III ба IV ангийн сүлжээний 3-аас багагүй ханы ба хөрсний геодезийн цэг байгуулж, барилга байгууламжийн төслийн өндрийн төслийг газарт үнэн зөв байгуулж, хот байгуулалтын стандартыг хэрэгжүүлэх нөхцөлийг хангана.

Өндөржилт төлөвлөлтийн үндсэн шаардлага[4] Авто замын хучилтаас хамаарах гудамжны дагуугийн налуугийн норм нь: Асфальт бетон хучилттай зам: Хамгийн бага налуу 0.4 %, Хамгийн их налуу 6 %

II. Талбайн нивелирдлэг үйлдэх тухай

Талбайн нивелирдлэгийг газрын гадаргын хотгор гүдгэр багатай, задгай талбайд хийдэг. Талбайн нивелирдлэг хийдэг олон арга дундаас өргөн ашиглагддаг “Квадрат нивелирдлэг”-ийн аргыг судалгаандаа сонгон авч талбайн өндөржилт төлөвлөлт хийсэн.

Квадрат нивелирдлэг хийх ажлын дараалал:

1. Квадрат тор байгуулах
2. Квадратуудыг нивелирдэх
3. Оройн цэгүүдийн өндөр тодорхойлох
4. Газар шорооны ажлын тооцоо хийх

1. Квадрат тор байгуулах

Судалгааны зориулалт, талбай, масштабаас хамааран квадратын торыг 4м-ийн урттай хийхээр төлөвлөсөн. Тор байгуулахдаа теодолитоор чиг тавьж, хуйлмал метрээр зайгаа хэмжиж оройн цэг болон онцлог цэгүүдийг сонгон авч тэмдэглэх, нэрлэх, дугаарлах ажлуудыг хийсэн.

2. Квадратуудыг нивелирдэх

Квадратуудыг нивелирдэхдээ техникийн нивелирдлэг ашиглан:

- 2.1. Өгөгдсөн цэгээс өндөр дамжуулах
- 2.2. Квадратуудын оройн цэгийг нивелирдэх гэсэн хоёр үе шаттайгаар хийнэ.

2.1. Энэхүү судалгааны талбайн хүрээнд ашиглахад шаардлага хангахуйц Улсын Геодезийн Байнгын цэг тэмдэгтүүд (1-р зураг) ашиглан өндрийн сүлжээний сэлгэц (2-р зураг) байгуулан, өндөр нь мэдэгдэж байгаа уг цэгүүдийг үндэслэл болгон дамжуулж техникийн нивелирдлэгийн аргаар (3-р зураг) шууд ба урвуу чиглэлд нивелирдлэг хийсэн.



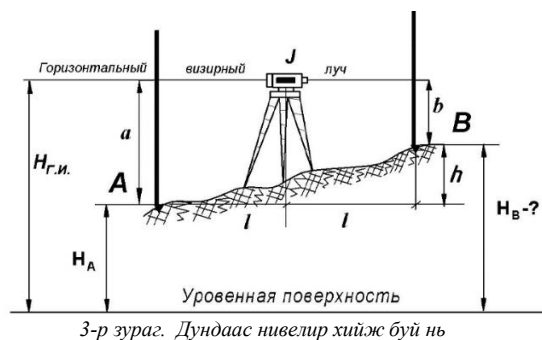
1-р зураг. Улсын Геодезийн Байнгын цэг тэмдэгт (8701, 8704)

1-р хүснэгт. Улсын Геодезийн Байнгын цэг тэмдэгт (8701, 8704)-ийн солбицол, өндөр

№	Цэгийн нэр	Цэгийн солбицол		Өндөр
1	8701	5311653,0299	643983,901	1301.370
2	8704	5311613,761	643733,981	1300.277



2-р зураг. ГБЦТ ашиглан байгуулсан өндрийн сүлжээ



3-р зураг. Дундаас нивелир хийж буй нь

2.2. Үүний дараагаар өндөр нь мэдэгдэж байгаа цэгээс бусад сэлгэцийн цэгүүд рүү өндөр дамжуулан нивелирдэг хийнэ. Сэлгэцийн цэгүүдийн өндрийг нивелирийн задгай сэлгэцийн аргаар тэгшитгэн бодов. (3-р хүснэгт), (4-р хүснэгт)

2-р хүснэгт. Нивелирийн задгай сэлгэцийн журнал
Сэлгэцийн цэгийн өндөржилт, дундаж өндөржилт

Нивелирийн задгай сэлгэцийн журнал					
Зогсоолын дугаар	харсан цэгийн дугаар	рейкнээс авсан тооллууд, мм		өндөржилт, мм	Дундаж өндөржилт, мм
		арын	өврийн		
		a1	б1		
		a2	б2		
1	8701	1040	1401	-361	-360.5
	1	1041	1401	-360	
2	1	1172	1880	-708	-707.5
	2	1173	1880	-707	
3	2	1045	1526	-481	-481.5
	3	1045	1527	-482	
4	3	1591	1397	194	193.5
	4	1591	1398	193	
5	4	1670	1507	163	163
	5	1670	1507	163	
6	5	1596	1584	12	12
	6	1595	1583	12	
7	6	1891	1570	321	320.5
	7	1891	1571	320	
8	7	1596	805	791	791.5
	8	1597	805	792	
9	8	849	1597	-748	-748.5
	9	849	1598	-749	
10	9	1440	1733	-293	-292
	8704	1441	1732	-291	

3-р хүснэгт. Нивелирийн задгай сэлгэцийн журнал
Сэлгэцийн цэгийн өндөр, холбох цэгийн өндөр

Нивелирийн задгай сэлгэц тэгшитгэн бодох, (Холбох цэгийн өндөр)				
Цэгийн дугаар	Хэмжсэн өндөржилт h_i , мм	Засвар v_i , мм	Засварласан өндөржилт h'_i , мм	Цэгийн өндөр H_i , м
1	2	3	4	5
8701				1301.370
	-360.5	1.65	-358.85	
1				1301.011
	-707.5	1.65	-705.85	
2				1300.305
	-481.5	1.65	-479.85	
3				1299.825
	193.5	1.65	195.15	
4				1300.021
	163	1.65	164.65	
5				1300.185
	12	1.65	13.65	
6				1300.199
	320.5	1.65	322.15	
7				1300.521
	791.5	1.65	793.15	
8				1301.314
	-748.5	1.65	-746.85	
9				1300.567
	-292	1.65	-290.35	
8704				1300.277
Σ	-1109.5	16.5	-1093	
fh=		-16.5		

3. Квадратуудын оройн цэгүүдийн өндөр тодорхойлох

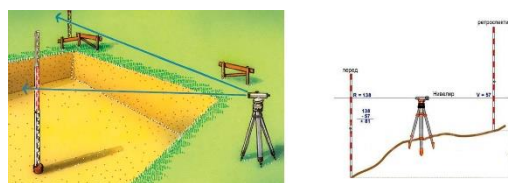
Оройн цэгүүдийн өндрийг дараах хоёр үе шатаар гүйцэтгэдэг.

3.1. Холбох цэгүүдийн өндөр тодорхойлох

3.2. Завсрын цэгүүдийн өндөр тодорхойлох

3.1. Нивелирийн задгай сэлгэцийн тэгшитгэн бодолтоор холбох цэгийн өндрийг тодорхойлно.

Квадратын бүх оройн цэг харагдах байрлалыг сонгон авч холбох цэг болгон ашиглав. (сүлжээний 5 дугаартай цэг) Уг холбох цэг дээрээс багажийн нэг түвшнээр (Зураг II.6.) рейкнээс тоолол уншив.

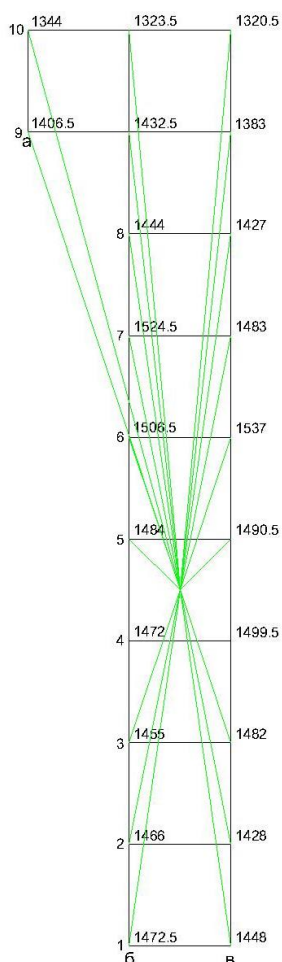


4-р зураг. Багажийн нэг түвшнээр рейкнээс тоолол унших

Холбох цэгийн тусламжтайгаар квадратуудын оройн цэг (завсрын цэг) тодорхойлно. (5-р зураг) Квадратуудын оройн цэгүүдийн өндрийг бодож тодорхойлсон эдгээр өндөр нь газрын бодит өндөр болно. (6-р зураг)



5-р зураг. Багажийн нэг түвшинээр квадратуудын оройн цэгүүдээс тоолол уншиж буй ажлын явцын зураг



6-р зураг. Багажны нэг түвшинээр квадратуудын оройн цэгүүд дээрээс рейкнээс авсан тооллууд

3-р хүснэгт. Квадратуудын оройн цэгийн өндөр тодорхойлсон журнал

Зогсоолын дугаар	Багажийн төвшин	Квадратуудын оройн цэгийн өндөр		
		Дугаар	Тоолол Cj, мм	Өндөр H _i , м
1	1301.506	a9	1406.500	1300.099
		a10	1344.000	1300.162
		б1	1472.500	1300.033
		б2	1466.000	1300.040
		б3	1455.000	1300.051
		б4	1472.000	1300.034
		б5	1484.000	1300.022
		б6	1506.500	1299.999
		б7	1524.500	1299.981
		б8	1444.000	1300.062
		б9	1432.500	1300.073
		б10	1323.500	1300.182
		в1	1448.000	1300.058
		в2	1428.000	1300.078
		в3	1482.000	1300.024
		в4	1499.500	1300.006
		в5	1490.500	1299.995
		в6	1537.000	1299.969
		в7	1483.000	1300.023
		в8	1427.000	1300.079
		в9	1383.000	1300.123
		в10	1320.500	1300.185

4. Нивелирдсэн талбайг тэгшлэхийн өмнө юун түрүүнд газар шорооны ажлын тооцоог хийдэг. Газар шорооны ажлын тооцоог дараах дарааллаар тооцоолно.
 - 4.1. Төслийн өндрийг тодорхойлох
 - 4.2. Ажлын өндөр тодорхойлж, газар шорооны ажлын хил тогтоох
 - 4.3. Дүрсүүдийг сонгон авч тодорхойлох
 - 4.4. Газар шорооны ажлын эзлэхүүн тодорхойлох
- 4.1. Төслийн өндрийг тодорхойлох

Газрын бодит гадаргыг тэгшилж төслийн гадаргууд шилжүүлэхийн тулд төслийн өндрийг тодорхойлохдоо X.1 томъёогоор буюу төслийн өндрийг квадратуудын оройн цэгүүдийн өндрөөр тодорхойллоо.

$$H_T = H_{min} + \frac{\sum h'_1 + 2\sum h'_2 + 3\sum h'_3 + 4\sum h'_4}{4 \cdot n} \quad X.1$$

Квадратуудын оройн цэг тус бүрийн тогтсон өндрийг X.2 томъёогоор тодорхойлно.

$$h'_i = H'_i \quad X.2$$

4-р хүснэгт. Төслийн тодорхойлсон журнал

Төслийн өндөр тодорхойлох					
Дугаар	Өндөр, м	тогтсон өндөр, м	Төслийн өндөр, м	Хамгийн бага өндөр, м	Ажлын өндөр, м
а9	1300.099	0.130	1300.050	1299.969	0.05
а10	1300.162	0.193			0.11
б1	1300.033	0.064			-0.02
б2	1300.040	0.071			-0.01
б3	1300.051	0.082			0.00
б4	1300.034	0.065			-0.02
б5	1300.022	0.053			-0.03
б6	1299.999	0.031			-0.05
б7	1299.981	0.013			-0.07
б8	1300.062	0.093			0.01
б9	1300.073	0.105			0.02
б10	1300.182	0.214			0.13
в1	1300.058	0.089			0.01
в2	1300.078	0.109			0.03
в3	1300.024	0.055			-0.03
в4	1300.006	0.038			-0.04
в5	1299.995	0.026			-0.06
в6	1299.969	0.000			-0.08
в7	1300.023	0.054			-0.03
в8	1300.079	0.110			0.03
в9	1300.123	0.154			0.07
в10	1300.185	0.216			0.13

Газар шорооны ажлын ухах шороо , овоолох шороог ямар түвшинд тэнцүүлэхийг төслийн өндрөөр тооцоолно.

10	1300.162	1300.182	1300.185
	0.193	0.214	0.216
9	1300.099	1300.073	1300.123
а	0.130	0.105	0.154
8	1300.062	1300.079	
	0.093	0.110	
7	1299.981	1300.023	
	0.013	0.054	
6	1299.999	1299.969	
	0.031	0.000	
5	1300.022	1299.995	
	0.053	0.026	
4	1300.034	1300.006	
	0.065	0.038	
3	1300.051	1300.024	
	0.082	0.055	
2	1300.040	1300.078	
	0.071	0.109	
1	1300.033	1300.058	
б	0.064	0.089	

7-р зураг. Квадратуудын бодит өндөр, тогтсон өндөр

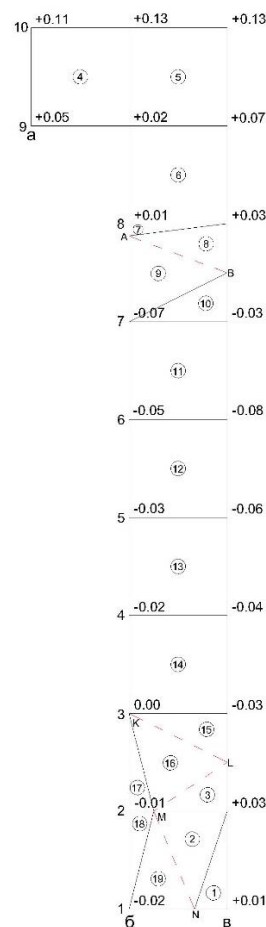
4.2. Ажлын өндөр тодорхойлж, газар шорооны ажлын хил тогтоох

Ажлын өндөр тодорхойлж , газар шорооны ажлын хил хязгаар тогтоох

Х.3 Томьёогоор квадратуудын оройн цэг тус бүрийн ажлын өндрийг тодорхойлон схем дээр тавилаа.(4-р хүснэгт) , (8-р хүснэгт)

$$h_i^a = H_i^r - H_T \text{ Х.3}$$

Тухайн цэгийн ажлын өндрийн эерэг,сөрөг тэмдгээс хамааран ухах,овоолох шаардлагатай гэдэг нь тодорхой болсноор газар шорооны ажлын хил хязгаарыг тодорхойлно.(8-р зураг)



8-р зураг. Ажлын өндөр, газар шорооны ажлын хил хязгаар

4.3. Дүрсүүдийг сонгон авч тодорхойлох

Газар шорооны ажлын хил тогтоосны дараа харахад хилийн шугамаар квадратууд хуваагдах ба тооцоог хялбарчлах үүднээс гурвалжнуудад хувааж дугаарлана. Үүссэн гурвалжны болон хуваагдаагүй үлдсэн квадратуудын талбайг тодорхойлж болно.

4.4. Газар шорооны ажлын эзлэхүүн тодорхойлох

Дээрх байдлаар үүссэн гурвалжин ба дөрвөлжин призмүүдийн эзлэхүүний нийлбэрээр газар шорооны ажлын тооцоо хийнэ.

Гурвалжин призмүүдийн эзлэхүүн:

$$V^i = s * \frac{\Sigma h_i}{3}$$

Дөрвөлжин призмийн эзлэхүүн:

$$V^i = s * \frac{\Sigma h_i}{4}$$

Газар шорооны ажлын зөрүү:

$$\frac{|\Delta V|}{[V_+] + [V_-]} * 100\%$$

Энэ зөрүү нь 5%-аас хэтрэхгүй байвал ухах ба овоолох газар шорооны ажлын хэмжээг тэнцэж байна гэж үздэг.

5-р хүснэгт. Газар шорооны ажлын эзлэхүүн тодорхойлсон журнал

Дүрсийн дугаар	Дүрсийн талбай, м²	Ажлын дундаж, м	Газар шорооны ажлын эзлэхүүн, м³	
			ухах (+)	овоолох (-)
1	2.66	0.0133	0.0354	
2	6	0.0100	0.0600	
3	3	0.0100	0.0300	
4	16	0.0775	1.2400	
5	16	0.0875	1.4000	
6	16	0.0325	0.5200	
7	1	0.0133	0.0133	
8	4	0.0100	0.0400	
9	7	0.0233		0.1631
10	4	0.0333		0.1332
11	16	0.0575		0.9200
12	16	0.0550		0.8800
13	16	0.0375		0.6000
14	16	0.0225		0.3600
15	4	0.0100		0.0400
16	7	0.0000		0.0000
17	2	0.0033		0.0066
18	2	0.0100		0.0200
19	5.34	0.0067		0.0358
Σ			3.3387	3.1587
Δv			-0.1800	
Газар шорооны ажлын зөрүү(%)			-2.770357665	

Эдгээр тоон үзүүлэлтүүдээс харахад ухах шорооны нийт эзлэхүүн нь 3.3387 м³ харин овоолох шорооны нийт эзлэхүүн нь 3.1587 м³ байна. Газар шорооны ажлын зөрүү нь -0.18 буюу хувиар илэрхийлбэл 2.77% тул энэ энэхүү газар шорооны ажлын хэмжээг тэнцэж байна гэж үзлээ.

Тогтсон усны эзлэхүүнийг олохын тулд төслийн өндрийг ус тогтсон хэсгийн өндрөөр орлуулж тооцоолсон газар шорооны ажлын эзлэхүүнийг тодорхойлох.

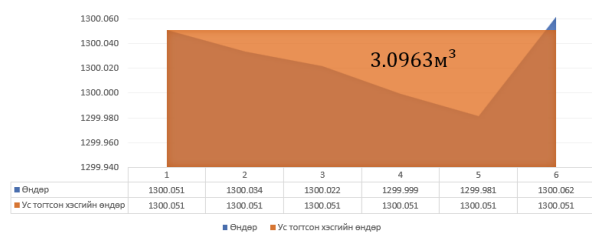
6-р хүснэгт. Ажлын өндөр

Дугаар	Өндөр, м	Ус тогтсон хэсгийн өндөр, м	Ажлын өндөр, м
a9	1300.099	1300.051	0.05
a10	1300.162		0.11
б1	1300.033		-0.02
б2	1300.040		-0.01
б3	1300.051		0.00
б4	1300.034		-0.02
б5	1300.022		-0.03
б6	1299.999		-0.05
б7	1299.981		-0.07
б8	1300.062		0.01
б9	1300.073		0.02
б10	1300.182		0.13
в1	1300.058		0.01
в2	1300.078		0.03
в3	1300.024		-0.03
в4	1300.006		-0.04
в5	1299.995		-0.06
в6	1299.969		-0.08
в7	1300.023		-0.03
в8	1300.079		0.03
в9	1300.123		0.07
в10	1300.185		0.13

7-р хүснэгт. Ус тогтсон хэсгийн газар шорооны ажлын эзлэхүүн

Дүрсийн дугаар	Дүрсийн талбай, м²	Ажлын дундаж, м	Газар шорооны ажлын эзлэхүүн, м³	
			ухах (+)	овоолох (-)
1	2.66	0.0133	0.0354	
2	6	0.0100	0.0600	
3	3	0.0100	0.0300	
4	16	0.0775	1.2400	
5	16	0.0875	1.4000	
6	16	0.0325	0.5200	
7	1	0.0133	0.0133	
8	4	0.0100	0.0400	
9	7	0.0233		0.1631
10	4	0.0333		0.1332
11	16	0.0575		0.9200
12	16	0.0550		0.8800
13	16	0.0375		0.6000
14	16	0.0225		0.3600
15	4	0.0100		0.0400
Σ			3.3387	
Тогтсон усны эзлэхүүн				3.0963

ТОГТСОН УСНЫ ЭЗЛЭХҮҮН



ДҮГНЭЛТ

-Өндөржилт төлөвлөлтийн зураг төсөл гэдэг нь барилгажсан газар нутагт тогтсон хур тунадасны усыг авто зам, явган хүний зам гэх мэт суурьшлын бүсээс зайлуулан, далд болон ил сувагт цутган орж байх налууг геодезийн хэмжилт тооцооллын арга зүйгээр төлөвлөсөн баримт бичгийг хэлнэ. Уг төлөвлөлтийн хүрээнд нивелирдлэгийн IV-р ангийн хэмжилтийн аргыг ашиглан хэмжилтийг ажлын зөрүү -2.77% нарийвчлалтайгаар гүйцэтгэн газар шорооны ажлын ухалга болон овоолгыг тооцоолж, тухайн замын байх ёстой налууг төлөвлөн гаргав. -Геодезийн дадлагын явцад олж авсан холбох цэгээс өндөр дамжуулах онолын хүрээнд квадрат тор байгуулж, оройн өндрүүдийг нивелирдэн өндрийг тус тус тодорхойлсон -Квадратуудын оройн цэгүүдийн өндрийг ашиглан төслийн болон ажлын өндрийг олж түүний үр дүнд газар шорооны ажлын ухалга, овоолгыг тодорхойлон өндөржилт төлөвлөлтийг хийж гүйцэтгэв.

НОМ ЗҮЙ

- [1]. <https://www.bloombergtv.mn/news/hv1b2>
- [2]. <https://nema.gov.mn/post/157089>
- [3]. <https://ikon.mn/n/3416>
- [4]. Ч.Цэрэнбат.,2022 “Хот суурин газрын өндөржилт төлөвлөлтийн геодезийн ажил” Улаанбаатар хот ,4-40х
- [5].Ж.Алтанцэцэг,А.Дамдинсүрэн “Геодезийн хэмжилт, боловсруулалтын ажлууд” УБ.,2023
- [6]. “Монгол улсын өндрийн III ба IV ангийн сүлжээ байгуулах дүрэм”
- [7]. “Хот суурины гудамж , зам төлөвлөлт”

HD785 МАРКИЙН ХӨРС ТЭЭВРИЙН АВТОСАМОСВАЛЫН РАМД ҮҮССЭН ЦУУРАЛТЫН ШАЛТГААНЫГ ТОДОРХОЙЛОХ, ТҮҮНИЙ ТЕХНИКИЙН БАЙДЛЫГ ҮНЭЛЭХ СУДАЛГАА

Х.Жолжаксы¹, Б.Билгүүн¹, Д.Дамцаг¹, Д.Эрдэнэболд¹, Г.Энхжаргал²

¹ ШУТИС, Геологи уул уурхайн сургууль, Уул уурхайн машин тоног төхөөрөмж IV

² ШУТИС, Геологи уул уурхайн сургууль, Эрдэс боловсруулалт инженерчлэлийн салбар, багш

И-мэйл: bngbzh@gmail.com; g.enkhjargal@must.edu.mn

Хураангуй - Энэхүү өгүүлэл нь Багануурын нүүрсний ил уурхайд ашиглагдаж буй HD-785-7 маркийн автосамосвалуудын доод рам дахь эвдрэл, цууралтын гол шалтгаануудыг тодорхойлох, механик ачааллын нөлөөллийг үнэлэх, техникийн бодит байдал тулгуурлан эдэлгээний үлдэгдэл нөөцийг тогтооход чиглэсэн. Судалгаанд найдвартай ажиллагааны онол, үл эвдэх сорилын металын соронзон санамжийн арга, төгсгөлөг элементийн шинжилгээ, Energy Dispersive X-ray шинжилгээ зэрэг орчин үеийн судалгааны аргуудыг ашигласан. Энэхүү арга зүйд үндэслэн тус уурхайд ашиглагдаж буй HD-785-7 маркийн автосамосвалын доод раманд үүссэн цууралтыг шалтгааныг тодорхойлж, техникийн байдлыг үнэлэн, эдэлгээний үлдэгдэл нөөцийг тогтоосон. Энэ нь тухайн автосамосвалын эвдрэлийг бууруулах замаар уурхайн тасралтгүй үйл ажиллагаа, үйлдвэрлэлийн үр ашиг нэмэгдүүлж, засвар үйлчилгээний зардлыг багасгах, ажилчдын аюулгүй байдлыг дээшлүүлэх чухал ач холбогдолтой.

Түлхүүр үг: Эвдрэл, механик ачаалал, ширээлт, үл эвдэх сорил, үлдэгдэл нөөц.

I. ОРШИЛ

Багануурын нүүрсний ил уурхай нь 1978 оноос хойш үйл ажиллагаа явуулж, төвийн бүсийн нүүрсний хэрэгцээг хангаж буй томоохон уурхай юм. Тус уурхайд HD-785 болон САТ-777 маркийн автосамосвалууд ашиглагдаж байна. Уул уурхайн салбарт ашиглагддаг хүнд даацын машин, тоног төхөөрөмжүүдийн найдвартай байдал нь уурхайн тасралтгүй ажиллагаа, үйлдвэрлэлийн үр ашиг, ажилчдын аюулгүй байдалд шууд нөлөөлдөг.[20]

Эдгээр техник нь өдөр бүр ачаалал ихтэй, хүнд нөхцөлд ажилладаг тул металл хийц, эд ангиудын эвдрэл, элэгдэл, цуцалт үүсэх магадлал өндөр байдаг. Автосамосвалын бүтцийн гол элемент болох доод рам нь хүчтэй динамик ачаалал, доргилтыг хүлээж авах чухал үүрэгтэй. Тус уурхайд ашиглагдаж буй HD-785-7 маркийн автосамосвалуудын хувьд 2021-2024 онд ашиглалтад орсон харьцангуй шинэ техникүүд боловч доод рамд цууралт үүсэж байгаа нь ашиглалтын үеийн найдвартай байдал, бат бөх чанартай холбоотой тодорхойгүй асуудлууд байгааг илтгэж байна. Эдгээр цууралт нь уул техникийн, хийцийн, ашиглалтын, засвар үйлчилгээний гэх мэт олон хүчин зүйлээс хамаарч болох бөгөөд бодит шалтгааныг нарийвчлан судалж, техникийн найдвартай байдлыг сайжруулах арга хэмжээ боловсруулах, цууралтын гол шалтгаануудыг тодорхойлох, механик ачааллын нөлөөллийг үнэлэх нь доод рамны эвдрэлийг бууруулах, урьдчилан сэргийлэх аргачлал боловсруулах, улмаар уурхайн техникүүдийн ашиглалтын хугацааг уртасгах, засвар үйлчилгээний зардлыг багасгана

II. ОНОЛЫН ХЭСЭГ

Найдвартай ажиллагааны онол гэдэг нь ашиглалтын явцад тодорхой нэг объектын үр ашигтай ажиллагааг хангах арга замууд судлагдаж, боловсруулагдаж байгаа шинжлэх ухааны нэг чиглэл, салбар юм. Найдвартай ажиллагааны үзүүлэлтүүдийг магадлалын онолын үндсэн зарчим, теорем болон математик статистикийн аргуудыг ашиглаж тодорхойлдог. [2]

Найдвартай ажиллагааны үзүүлэлтүүд нь объектын найдвартай ажиллах шинжийг тоон байдлаар тодорхойлдог. Найдвартай ажиллагааны үзүүлэлтүүд нь дараах асуудлуудыг шийдвэрлэхэд чухал нөлөө үзүүлж тодорхой шийдэл гаргах нөхцөл бий болгодог. Үүнд :

- Машиныг зохион бүтээх, туршилтын загваруудыг лабораторийн нөхцөлд шалгах, ашиглалтын тодорхой нөхцөлд үйлдвэрлэлийн туршилт хийсний үр дүнд найдвартай ажиллагааны түвшинг үнэлэх;
- Найдвартай ажиллагааны түвшин машины өөрийнх нь бүтээлд хэрхэн нөлөөлөхийг үнэлэх;
- Үйлдвэрлэгдээд ажиллаж байгаа болон үйлдвэрлэгдэх машины найдвартай ажиллагааг дээшлүүлэх арга замыг боловсруулах;
- Сэлбэг хэрэгслийн шаардлагатай тоо хэмжээг тооцох тодорхойлох.

Авто самосвалын ашиглалтын үеийн найдвартай ажиллагааны түвшинг үнэлэхийн тулд найдвартай ажиллагааны цогц үзүүлэлт техник

ашиглалтын болон бэлэн байдлын коэффициент гэсэн үндсэн үзүүлэлтүүдийг авсан.

Бэлэн байдлын коэффициент

$$K_{\delta, \delta} = \frac{T_{c,x}}{T_{c,x} + T_{c,\delta}} \quad (1)$$

Энд: $T_{c,x}$ - үл саатах чанарыг тодорхойлогч саатал хоорондын ажиллагаа;

$T_{c,\delta}$ - сэргээн босгох дундаж хугацаа.

Энэ үзүүлэлт нь ажиллагааны туршид объектын ажиллах чадвартай байх магадлалыг илэрхийлдэг.

Техник ашиглалтын коэффициент:

$$K_{m,a} = \frac{T_{c,x}}{T_{c,x} + T_{c,\delta} + T_{m,z}} \quad (2)$$

Энд: $T_{m,z}$ - төлөвлөгөөт засварт зогссон хугацаа.

Дээрх коэффициент нь ажиллагааны туршид объектын төлөвлөгөөт болон төлөвлөгөөт бус (эвдрэл, гэмтэл, осол) засварт зогссон сул зогсолтоор тодорхойлогддог. [2]

Үл эвдэх сорилын металлын соронзон санамжийн арга.

Аливаа нэг металл хийцийн ажлын ачаалал даах чадвар, бат бэх, найдвартай ажиллах чанаруудыг нь зохион бүтээх шатанд төсөллөж өгдөг.

Машин тоног төхөөрөмжийн угсралтын ажлын үед түүний бүхий л техникийн параметрууд нь төслийн шийдлээс тодорхой хэмжээгээр хазайх нь металл хийц, төхөөрөмжийн ашиглалтын найдвартай ажиллагаанд сөргөөр нөлөөлөхийн үндэс болдог.

Ашиглалтад байгаа машины хувьд, ялангуяа байгаль цаг уур, уул техникийн нөхцөл зэрэг олон сөрөг хүчин зүйлийн нөлөөн дор ажилладаг, эдэлгээний хугацаа харьцангуй өндөр уурхайн машинуудын техникийн байдлыг үнэлэхэд нэлээд хүндрэлтэй. Машины ашиглалтын хугацаа нэмэгдэх тусам түүний үндсэн металл хийцүүдийн элэгдэл ихсэж, цуцалт, ан цав үүсэх явц түргэсэж улмаар хийцийн бат бэх, ашиглалтын найдвартай ажиллах чанар буурч ослын нөхцөлд хүрч болзошгүй байдаг.

Иймээс тоног төхөөрөмжийн болзошгүй эвдрэлээс урьдчилан сэргийлж, цаг алдалгүй засварлан аюулгүй ашиглах хугацааг нэмэгдүүлэх зорилгоор металл хийцүүдийг оношлон техникийн байдлыг нь шуурхай үнэлж, эдэлгээний үлдэгдэл нөөцийг тодорхойлох нь чухал асуудлын нэг.

Ашиглалтад байгаа машинуудын үлдэгдэл нөөцийг тодорхойлохдоо өнөө үед статистик судалгаа, магадлалын онолд тулгуурласан аргаас

эвдэх ба үл эвдэх сорилтын (ҮЭС) үр дүн, түүний дараа хийгдэх бат бэхийн тооцоог хамтатгасан иж бүрэн арга руу шилжих хандлагатай байна.

Үлдэгдэл нөөцийг тогтоохдоо хэв гажилт илрүүлээд зогсохгүй эвдрэлийн механик, металл зүй болон ҮЭС зэрэгт суурилсан техникийн оношилгооны аргуудыг өргөн хэрэглэх болсон. Үүний эхний шатанд төхөөрөмж, хийцийн хүчдэлт - хэв гажилтын төлөвийг тодорхойлох ҮЭС-ын аргууд боловсруулагдаж байна. Ингэхдээ хүчдэлт хэв гажилттай туйлын аюултай бүсийг илрүүлэхийн тулд насжилт ихтэй тоног төхөөрөмжийг 100% шинжлэх шаардлагатай гэдэг нь зайлшгүй болсон.

Тоног төхөөрөмж, хийцийн эвдрэлийн үндсэн шалтгаан нь хүчлэгийн төвлөрлийн бүс (ХТБ) бөгөөд энд эвдрэлт, цуцалт, гулзайлт илүү эрчимтэй явагддаг. Тиймээс чухам ХТБ-д нэн түрүүнд металлын бүтэц-механик чанарыг шинжлэх шаардлагатай. Металл дотор явагдах дислокацын үзэгдэл нь соронзон үзэгдэлтэй нь холбоотой гэсэн онолд үндэслэсэн металлын соронзон санамж (МСС)-ийн арга нь хийцийн металлын ХТБ-д үүссэн өөрийн соронзон орны сарнилт (ӨСОС) -ыг бүртгэж шинжилдэг үл эвдэх сорилтын дэвшилтэт нэгэн арга юм. ӨСОС нь металлд үйлчилсэн гаднын ачааллын улмаас үүссэн хамгийн их хүчлэгийн үйлчлэх чигт буцалтгүй тогтсон соронзлогдох чанарын өөрчлөлт, эд ангийн үйлдвэрлэл ба ширээлтийн дараа дэлхийн соронзон орны орчинд үлдсэн бүтцийн ба технологийн ул мөрийг харуулна.

МСС-ийн аргаар сорилт хийхэд ӨСОС-ын нормал ба шүргэгч байгуулагч Н р, хэмжилтийн нэг сувгийн явсан зам Δx ба зэргэлдээ сувгуудын хоорондох зай Δz –ээр уламжлал авсан ба соронзон орны градиентууд зэрэг соронзон үзүүлэлтүүд хэмжигдэж, үүний дүнд эвдрэлийн гол үүсгүүрүүд болох хүчлэгт хэв гажилтын төлөв (ХХГТ) ба ХТБ, ХТБ дэх бүтцийн алдагдал, металл доторх микро, макро хэв гажилтууд тодорхойлогдоно.

Металлын соронзон санамжийн аргаар металлын деформацлагдах чанарын механик ба соронзон үзүүлэлтүүдийн хоорондын хамааралд үндэслэн хэмжиж авсан соронзон үзүүлэлтээр хийцийн эвдрэлийн өмнөх төгсгөлийн байдлыг тогтоодог. [8-19]

Төгсгөлөг элементийн онолын үндэс.

Төгсгөлөг элементийн арга (Finite Element Analysis, FEA) нь инженерийн бүтцийн шинжилгээ хийхэд ашиглагддаг тооцооны арга бөгөөд энэ нь янз бүрийн бүтэц, материалын ажиллагааг нарийвчлан судлах, ачаалал, хүчдэлийн нөхцөлд ямар үр дагавар үүсэхийг тодорхойлоход хэрэглэгддэг.

Төгсгөлөг элементийн арга нь төвшний бүтцийн анализ хийх зориулалтаар өргөн хэрэглэгддэг тоон арга юм. Энэ арга нь бүтцийн хувьд их хэмжээний гадаргуу, хэлбэр болон материалын шинж чанарыг харгалзан олон тооны жижиг хэсгүүд (төгсгөлөг элементийн) болгон хувааж эдгээр хэсгүүдийн хариу үйлдлийг тооцоолдог. [6;7]

Хөдлөх бүрэлдэхүүн сонголт

Уул техникийн тодорхой нөхцөлд тохируулан хөдлөх бүрэлдэхүүний төрлийг зөв сонгосон эсэхээс тухайн уурхайн техник, эдийн засгийн үндсэн үзүүлэлтүүд бүхэлдээ хамаарна.

Уурхайн авто тээврийн хөдлөх бүрэлдэхүүний төрлийг сонгох үндэслэлийг хийхдээ юуны өмнө уурхайн хүчин чадал, хэрэглэгдэх экскаваторын төрөл, автосамосвалын даацын хоорондын уялдааг харгалзана. [1]

Экскаваторын төрөл тодорхой нөхцөлд автосамосвалын тэвшний багтааж, экскаваторын шанаганы багтаамжийн хамгийн оновчтой харьцаагаар урьдчилан сонголт хийх боломжтой. Хэрэглэгдэх экскаваторын төрөл, тээвэрлэлтийн зай тодорхой үед тухайн нөхцөлд ашиглагдах автосамосвалын хамгийн оновчтой даацыг тодорхойлж сонголт хийнэ. [1]

Автосамосвалын бодит даац нь чулуулгийн физик механик шинж чанараас хамаарч тэвшний багтаамж болон техникийн даац хоёрын аль нэг нөхцөлөөр хязгаарлагдана. Тохиромжтой утгалтын тоогоор хөрсний тээврийн автосамосвалын даацыг ойролцоогоор тооцох:

$$q_{\delta} = \frac{E \cdot K_{\delta} \cdot \gamma \cdot n_3}{K_c}; \text{тн} \quad (3)$$

Энд: E - экскаваторын шанаганы багтаамж, мЗ
 K_{δ} - утгуур дүүргэлтийн коэффициент;
 γ - чулуулгийн нягт, тн/мЗ;

n_3 - утгалтын тоо;

K_c - чулуулгийн сийрэгжилтийн коэффициент.

Замын нөхцөлийг шалгах

Автозамын хамгийн хүндрэлтэй буюу хамгийн их налуутай замыг тодорхой горимоор шалгана. [1]

Ачаатай автосамосвал өгсүүр, нойтон замд байрнаасаа хий эргэхгүйгээр хөдөлж чаддаг байхын тулд:

$$K_3 \cdot \Psi - 102 \cdot \delta \cdot a_{\min} \geq \omega_0 + i_n \quad (4)$$

Нөхцөлийг хангасан байх ёстой.

Энд: K_3 - зүтгэх жингийн коэффициент,
 Ψ - дугуйн, нойтон замтай барьцалдах коэффициент, н/кн
 δ - автосамосвалын эргэлдэгч хэсгүүдийн инерцийг тооцсон коэффициент

$a_{\min}$ - хөдлөх үеийн хамгийн бага хурдатгал, м/с²

ω_0 - ачаатай автосамосвалын хөдөлгөөний үндсэн эсэргүүцлийн коэффициент

i_n - өгсүүр чиглэл дэх замын хамгийн их налуу, %.

Ачаатай автосамосвал ноёлох их налуутай замд хурдаа сааруулахгүйгээр өгсөх нөхцөл

$$\frac{270 \cdot N_x \cdot \eta}{m \cdot v_3} \geq \omega_0 + i_n \quad (4)$$

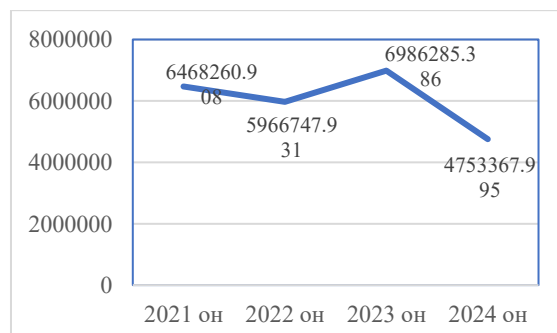
Энд: N_x - хөдөлгүүрийн хэвийн чадал, м.х;
 η - хөдөлгүүрийн а.ү.к;
 m - автосамосвалын бодит масс, тн;
 v_3 - автосамосвалын зөвшөөрөгдөх хамгийн бага хурд, км/цаг;
 ω_0 - ачаатай автосамосвалын хөдөлгөөний үндсэн эсэргүүцлийн коэффициент, н/кн;
 i_n - өгсүүр чиглэл дэх замын ноёлох их налуу, %.

III. СУДАЛГААНЫ ХЭСЭГ

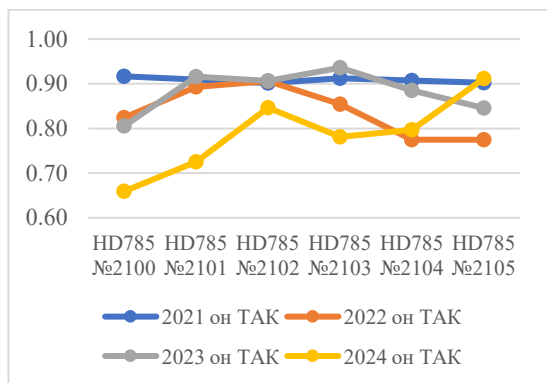
1. Ашиглалтын болон найдвартай ажиллагааны түвшин

Багануурын нүүрсний ил уурхайд 2025 оны 1-р сарын байдлаар хөрс тээвэрлэх ажлыг 2021-2024 онд ашиглалтад орсон 11 ширхэг HD-785, 2010-2019 онд ашиглалтад орсон 13 ширхэг САТ-777 маркийн автосамосвалуудаар гүйцэтгэж байна.

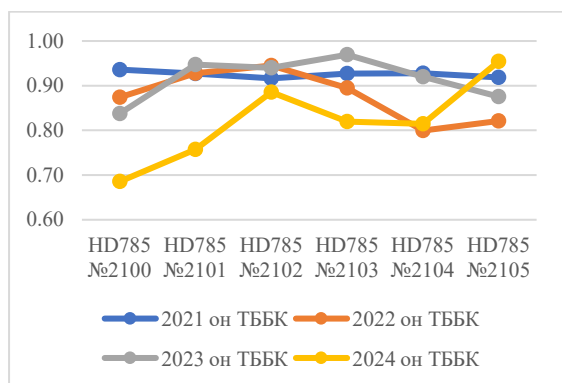
2021 онд ашиглалтад орсон 4 ширхэг HD-785-7 маркийн автосамосвалуудын доод рамд 2024 онд цууралт үүссэн бөгөөд тэдгээрийн ашиглалтын болон найдвартай ажиллагааны түвшинг үнэлсэн. Ингэхдээ Тус 2021-2024 оны ашиглалтын статистик мэдээнд үндэслэн сул хийсэн ажлын хэмжээ, зогсолтын төрлүүд, тэдгээрийн эзлэх хувь, техник ашиглалт, бэлэн байдлын коэффициентыг тодорхойлж гаргасныг дараах зургуудад харуулав.



Зураг 1. Тээвэрлэсэн хөрсний хэмжээ (2021-2024 он)



Зураг 2. TAK-ын өөрчлөлт (2021-2024 он)



Зураг 3. TBBK-ын өөрчлөлт (2021-2024 он)

Багануурын нүүрсний ил уурхайн автосамосвалуудын найдвартай ажиллагааны цогц үзүүлэлтүүдийн өөрчлөлтийг харуулсан зураг 2, 3-аас харахад тэдгээрийн техникийн байдал нь ерөнхий хангалттай түвшинд байгаа нь харагдаж байна. Гэхдээ 2022 оноос зарим машинуудын TBBK болон TAK буурч эхэлсэн нь техникийн эвдрэл, сэлбэг хангамжаас шалтгаалсан сул зогсолттой холбон тайлбарлагдана. 2024 онд №2105-аас бусад бүх хуучин машинуудын үзүүлэлт огцом буурсан (№2100 (0.69 → 0.66), №2101 (0.76 → 0.72), №2103 (0.82 → 0.78)) нь тодорхой харагдаж байна. Энэ нь 2024 онд сул зогсолт, эвдрэл гэмтэл (доод рамны цууралт), үйлдвэрээс шалтгаалсан сул зогсолт ихэссэнтэй холбоотой. Тиймдээ ч автосамосвалуудын бүтээмж жил ирэх тусам өөрчлөгдөж, 2024 онд мэдэгдэхүйц буурсан нь зураг 1-ээс харагдаж байна.

Энэ нь техникийн эвдрэл, засвар үйлчилгээ, уурхайн үйл ажиллагааны төлөвлөлт, замын нөхцөл, ашиглалтын горим зэрэг олон хүчин зүйлсээс хамаарч болно. Иймд дараах дэд бүлэгт автосамосвал-экскаваторын оновчтой хослол, замын нөхцөлийн шалгуурыг тодорхой горимоор тооцоолов.

2. Авто самосвал-экскаваторын оновчтой хослол, замын нөхцөлийн шалгуур

HD785-7 автосамосвалуудын техникийн байдалд уулын ажлын төлөвлөлт, тээврийн нөхцөл, техникийн ашиглалтын үзүүлэлтүүд хэрхэн нөлөөлж буйг нарийвчлан шинжлэх шаардлагатай. Өмнөх бүлгүүдэд дурдсанчлан, 2021-2024 оны диспетчерийн өгөгдөл, сул зогсолтын шалтгаан, эвдрэл гэмтлийн дүн шинжилгээнээс харахад техникүүдийн бүтээмж буурч, эвдрэлийн давтамж нэмэгдэж байгаа нь замын нөхцөл, ашиглалтын горимтой шууд хамааралтай байх талтай.

Иймд ил уурхайн авто тээврийн онцлогийг харгалзан экскаватор-автосамосвалын оновчтой хослол, тээврийн замын үндсэн үзүүлэлт болох урт, налуу, эргэлт болон автосамосвалын нэг удаа тээвэрлэх хөрсний хэмжээнээс хамааруулан автосамосвалын шалгуур үзүүлэлтүүдийг тооцоолсон. Ингэхдээ тус автосамосвалыг ЭКГ-10И экскаватортай хосолж ажиллана гэж үзэн ил уурхайн авто тээврийн тооцоог уурхайн план зураг дээр үндэслэн хэмжилт хийж тооцоолж, “ачаатай автосамосвал өгсүүр, нойтон замд байрнаасаа хий эргэхгүйгээр хөдлөх”, “ачаатай автосамосвал ноёлох их налуутай замд хурдаа сааруулахгүйгээр өгсөх” гэсэн хоёр нөхцөлийг хангаж буй эсэхийг шалгасан. Тус тооцоогоор дараах үр дүн гарсан болно.

Хүснэгт 1. Автосамосвалын бодит даац болон масс

д/д	Үзүүлэлт	Komatsu HD785-7
1	n',	8
2	n'',	4
3	n,	4
4	q _б , тн	80
5	m, тн	152
6	k _q	0.87

Хүснэгт 2. Автосамосвалын замын нөхцөлийн шалгуур

д/д	Үзүүлэлт	Komatsu HD785-7
1	Шалгуур 1	268.9
2	Шалгуур 2	223.75
3	Нөхцөлийг хангасан эсэх	биелэгдсэн

Автосамосвалын даац ашиглалтын коэффициент 0,87 гарсан нь тухайн экскаватортай хосолж ажиллах боломжтой нь харагдаж байна.

Уурхайн ноёлох их налуу 142‰ гарсан бөгөөд тухайн хэсгээр HD-785-7 маркийн автосамосвал хурдаа сааруулахгүйгээр өгсөх боломжтой нь тооцоогоор баглагдсан.

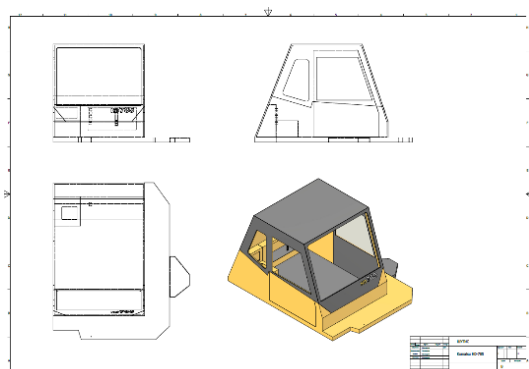
Замын хамгийн хүнд нөхцөлийг тооцсон өгсүүр, нойтон замд байрнаасаа хий эргэхгүй хөдлөх нөхцөлийг хангаж байна.

3. Төгсгөлөг элементийн аргад тулгуурласан металл хийцийн бат бөхийн тооцоо, симуляц

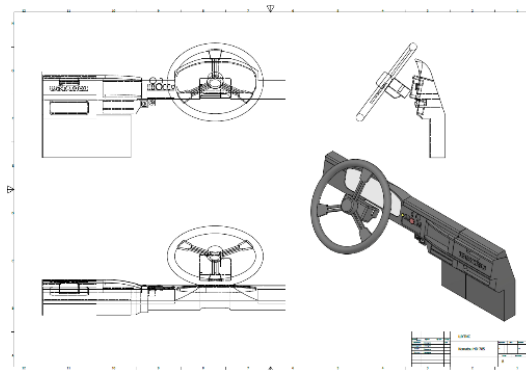
HD785-7 автосамосвалын доод рамны цууралтыг судлах нь уг машины ажиллах чадварыг урт хугацаанд хадгалах, аюулгүй байдлыг нэмэгдүүлэх зорилготой чухал ач холбогдолтой. Уг судалгаа нь тухайн автомашины рамны бүтцийг нарийвчлан шинжилж, үүсэж болох цууралтын эрсдэлийг тодорхойлох зорилготой юм. Төгсгөлөг элементийн анализ (FEA) нь инженерийн салбарт өргөн ашиглагддаг, бүтцийн гүйцэтгэлийг тооцоолох болон хувиргалтын шинжилгээ хийх хамгийн үр дүнтэй арга [7] бөгөөд бид энэ аргыг HD785-7 автосамосвалын доод рамд үүсэж болох цуцалт, хэв гажилтын анализ хийхэд ашигласан. Autodesk Inventor программ хангамжийн тусламжтайгаар уг машины 3D загварыг бүтээж, цуцалтын шинжилгээ хийх замаар цууралтын үүсэх шалтгааныг нарийвчлан тодорхойлох зорилт тавьсан болно.

Доод рам нь HD-785 автосамосвалын хамгийн чухал бүтцийн нэг бөгөөд дараах үндсэн үүрэгтэй:

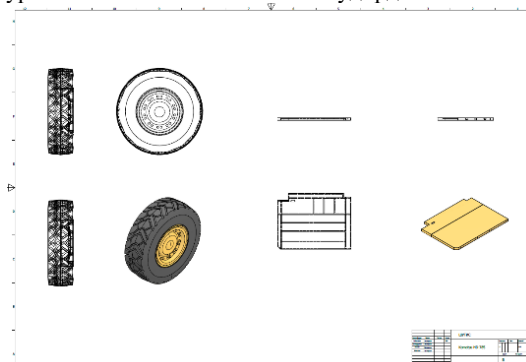
1. **Ачаалал дамжуулах** – Доод рам нь кузов, хөдөлгүүр, хөтлөгч механизм зэрэг гол бүрэлдэхүүн хэсгүүдийн жинг хүлээн авч, тэнхлэгүүд болон дугуй руу дамжуулна.
2. **Механик бат бэхийг хангах** – Хөдөлгөөний явцад үүсэх механик ачаалал, хэлбэлзэл, доргилтыг даахуйц бат бөх бүтэцтэй байна.
3. **Эд ангийн холболтыг хангах** – Хөдөлгүүр, кроп, амортизатор болон бусад эд ангиудыг холбох суурь болно. [4]



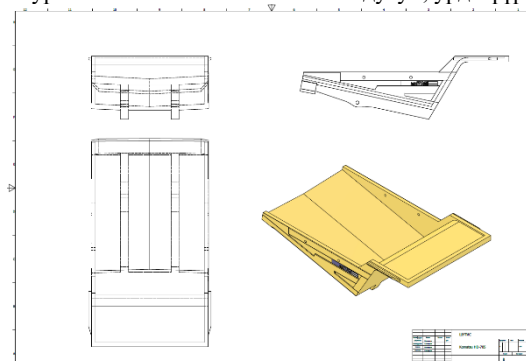
Зураг 4. HD-785 автосамосвалын кабин



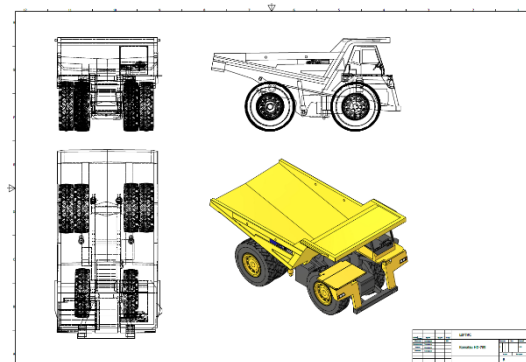
Зураг 5. HD-785 автосамосвалын удирдлагын хэсэг



Зураг 6. HD-785 автосамосвалын дугуй, урд нүүр



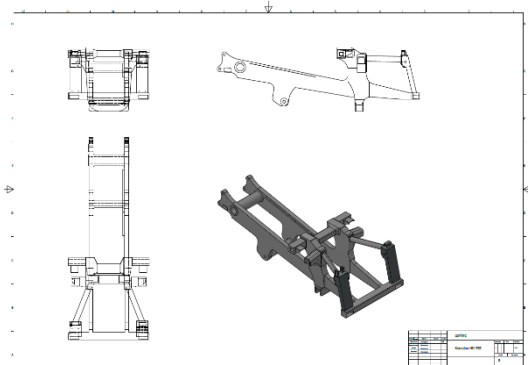
Зураг 7. HD-785 автосамосвалын тэвш



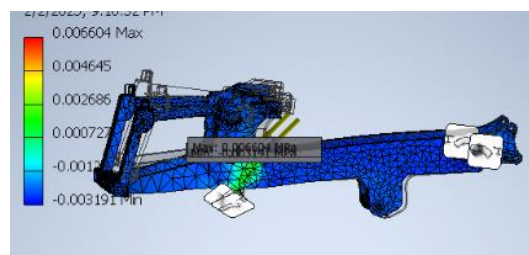
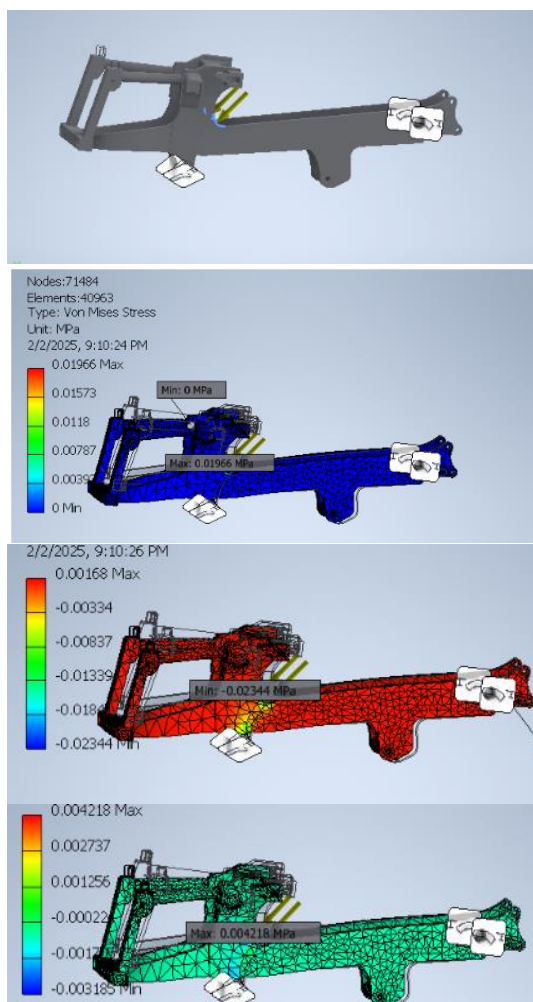
Зураг 8. HD-785 автосамосвалын ерөнхий байдал

HD-785 автосамосвалын доод рам нь бүх эд ангиудыг нэгтгэж, ачааллыг жигд тараах, динамик хүчийг шингээх, хөдөлгүүр болон

дамжуулгын системийг хамгаалах үндсэн үүрэгтэй. Иймд өндөр ачаалал, байнгын доргилт, өндөр цуцалтын улмаас цууралтын эрсдэлтэй байдаг тул ашиглалт, засвар үйлчилгээг оновчтой хийх шаардлагатай байдаг. [4]



Зураг 9. Доод рамны ерөнхий бүтэц



Force:1

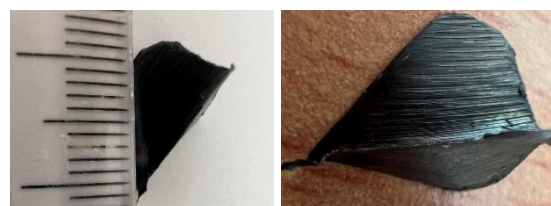
Load Type	Force
Magnitude	200.000 lbf
Vector X	200.000 lbf
Vector Y	0.000 lbf
Vector Z	0.000 lbf

Name	Steel ASTM A36
Mass Density	0.283599 lbmass/in ³
Yield Strength	36000.9 psi
Ultimate Tensile Strength	58000.6 psi
Young's Modulus	29000.1 ksi
Poisson's Ratio	0.3
Shear Modulus	11154.5 ksi
Part Name(s)	Komatsu HD-785 [2]; 185.lpt

Зураг10. Симуляцын үр дүн

4. Автосамосвалын доод рамны металлын химийн найрлага тодорхойлох судалгаа

Химийн найрлага тодорхойлох тус дээжийг №2101 дугаартай автосамосвалын цууралт явагдсан доод рамны хэсгээс тасалж авсан бөгөөд металл гялгатай, цул, нягт, хүндийн жин ихтэй, ган дээж. Дээжийн гадаргад өнгө, найрлагаараа ялгарсан ялгарал харагдаагүй.

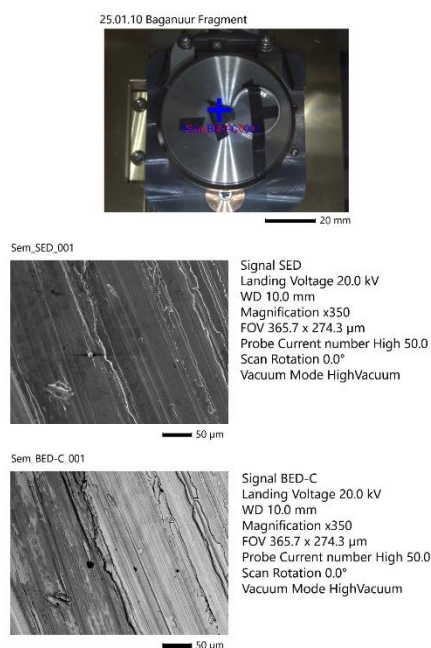


Зураг 10. Дээжний ерөнхий зураг

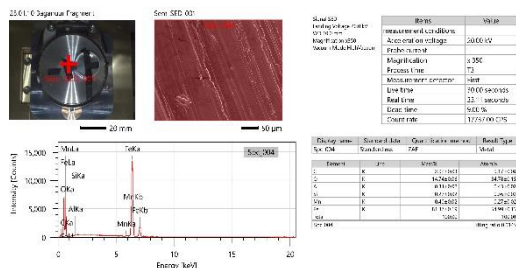
Дээжийн гадарга жигд боловч тастаж авах явцад дулааны нөлөөлөлд орж бүтэц өөрчлөгдсөн, тастагч ирний үртэс найрлагад нөлөөлсөн байж болзошгүй тул тусгай аргаар цэвэрлэн, төлөөлөх чадварыг нэмэгдүүлэх үүднээс онцгойлон 3 талд, 9 цэгт сонгон шинжлэв.

Шинжилгээг бодисын судалгааны “META” лабораторид хийж гүйцэтгэсэн бөгөөд JSM-IT500LA, JEOL LTD загварын Энергидисперсийн рентген спектроскопитэй сканнинг электрон микроскоп (SEM-EDS, Scanning electron microscopy and energy dispersive X-ray spectroscopy) ашигласан болно.

HD-785-7 автосамосвалын доод рамны металлын төрлийг тогтоох зорилгоор хийсэн химийн найрлага тодорхойлох судалгааны үр дүнг харьцуулан Сталь-20Х (ОХУ) болон S Cr22H (Япон) 5120 (АНУ) түүнтэй төстэй гангийн төрөл болохыг тогтоосон.



Зураг 11. Химийн найрлага тодорхойлох үеийн ХЭМЖИЛТ



Зураг 12. Химийн найрлага тодорхойлсон үр дүн

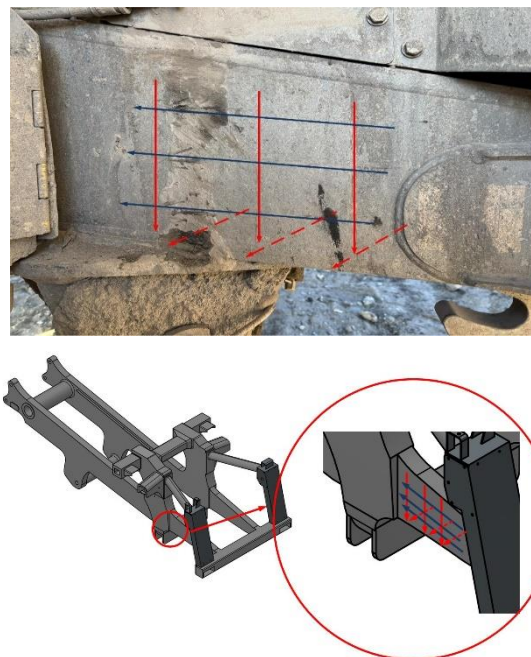
5. Металлын соронзон санамжийн оношилгоо

Тус автосамосвалын доод рамны цууралт үүссэн болон бусад хэсгүүдэд сэжигтэй бүсийг тогтоох, тухайн бүсүүдэд ХТБ үүссэн эсэх, үүссэн шалтгааныг нь илрүүлэх зорилгоор HD-785-7 маркийн №2100; №2101; №2104; №2105 дугаартай автосамосвалууд тус бүрийн доод суурийн баруун зүүн гуянд нийт 92 хэмжилт хийсэн (зураг 13).

Гадаад үзлэгээр баруун гуянд цууралт үүссэн байсныг сэргээн засварлаж гагнасан байсан бөгөөд зүүн гуянд шинээр ан цавшил үүсэж буй нь ажиглагдсан (Зураг 14).

Иймд тухайн хэсэгт ХТБ үүссэн эсэхийг нарийвчлан шалгах үүднээс баруун гуянд уртын дагуу 6, доод талаар хөндлөн 3, зүүн гуянд болон уртын дагуу 4, хөндлөн 3 хэмжилт хийж (зураг

13) металлын соронзон санамжийн оношилгооны үндсэн параметруудыг тодорхойлж хүснэгт 3-г харуулав.



Зураг 13. МСС-ийн оношилгооны хэмжилтийн дараалал, чиглэл, байршил



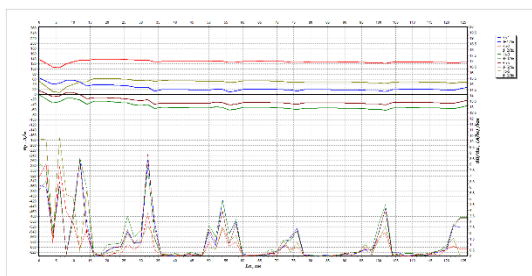
Зураг 14. Доод рамны зүүн гуянд шинээр үүссэн цууралт

Хүснэгт 2. №2101 автосамосвалын доод рамд хийсэн хэмжилт, оношилгооны үндсэн параметрууд

Металлын хэв алдагдалтын соронзон үзүүлэлтийн хязгаарын утга нь	дунджаар	5,72
	хамгийн ихдээ	10,97
	хамгийн багадаа	2,66
Градиентийн хамгийн их утга нь	дунджаар	65,40
	хамгийн ихдээ	177,7
	хамгийн багадаа	26,26
Градиентийн дундаж утга нь	дунджаар	10,8
	хамгийн ихдээ	16,2
	хамгийн багадаа	6,57

Тус рамд хийсэн хэмжилтээр металлын хэв алдагдалтын соронзон үзүүлэлтийн хязгаарын утгууд дунджаар 5,7; хамгийн ихдээ 10,97; хамгийн багадаа 2,66 гэж тогтоогдсон нь тухайн хэсгүүдийн техникийн байдал нь ерөнхийдөө муудаж буйг илэрхийлнэ. Металлын хэв алдагдалтын соронзон үзүүлэлтийн хязгаарын утга буюу нөөцийн коэффициент нь тус рамны металлын хувьд $m=5$ -аас бага байх ёстой. Тодруулбал энэхүү үзүүлэлтийн хамгийн их утга $m=10,97$ байгаа нь ХТБ зарим хэсэгт үүссэн байж болзошгүйг харуулж байгаа боловч техникийн байдалд ноцтой аюул учруулахгүй.

Жишээ болгож №2101 дугаартай автосамосвалын доод рамд хийсэн хэмжилтээр ХТБ үүссэн нь тогтоогдсон хэмжилтийн өөрийн соронзон орны сарнилт болон градиентийг зураг 15, хэмжилтийн анализыг зураг 16-д харуулав.



Зураг 15. №2101 автосамосвалын доод рамны баруун гуянд хийсэн 1-р хэмжилтийн соронзон орны сарнилт болон градиент



Зураг 16. №2101 автосамосвалын доод рамны баруун гуянд хийсэн 1-р хэмжилтийн дүнд анализ хийсэн байдал (хэмжилтийн канал бүрээр)

Автосамосвалуудын доод рамны техникийн байдал ерөнхийдөө муудсан нь хэмжилтээр тогтоогдсон. Энэ нь динамик ачаалалд өртсөний улмаас метал хийц нь ерөнхийдөө цуцалтанд орж улмаар цууралт үүсэнтэй холбоотой.

Иймд цаашид тухайн автосамосвалуудыг ямар хугацаанд ашиглаж болох, аль хэсгийг сэргээн засварлах шаардлагатай болохыг тодорхойлох зорилгоор доод рам түүний элементүүдийн аюулгүй ажиллагааг хангасан эдэлгээний үлдэгдэл нөөцийг “МПИМ-Ресурс” программаар тодорхойлов. Ингэхдээ тухайн рамны материалын бат бөхийн хязгаар, харьцангуй шахагдалт зэрэг үзүүлэлтүүдийг тооцдог. Гэвч ямар төрлийн гангаар үйлдвэрлэсэн талаар тодорхой мэдээлэл

олдоогүй тул тухайн рамны метал хийцээс дээж авч ШУТИС-ийн ГУУС-ийн “МЕТА” лабораторид судлан химийн найрлагыг тодорхойлсон үр дүнг ашигласан.

Ингээд доод рамны материалын бат бөхийн хязгаар (МПа), харьцангуй шахагдалт (Ψ) зэрэг шинж чанаруудыг (хүснэгт 4) нь тооцон үзэж ММП-Систем программаар тодорхойлсон Кср дундаж утга болон хэмжилтээр тодорхойлсон хүчлэгийн градиентийн хамгийн их утгаар (хүснэгт 3) тухайн эдэлгээний үлдэгдэл нөөцийг цуцалтын бат бэхээр нь тодорхойлсныг хүснэгт 5-8-д харуулав.

Хүснэгт 4. Автосамосвалын доод рамны хийцийн материал болох Сталь-20Х төрлийн гангийн бат бөхийн хязгаар, харьцангуй шахагдалт

д/д	Үзүүлэлтүүд	Тоон утга
1	Бат бөхийн хязгаар, МПа	780
2	Харьцангуй шахагдалт	0.6

Хүснэгт 5. №2101 автосамосвалын доод рамны эдэлгээний үлдэгдэл нөөц

д/д	Хэмжилт хийсэн элемент	Эдэлгээний үлдэгдэл нөөц, жил
1	Рамны баруун гуя	2.646
2	Рамны зүүн гуя	3.678

Хүснэгт 6. №2100 автосамосвалын доод рамны эдэлгээний үлдэгдэл нөөц

д/д	Хэмжилт хийсэн элемент	Эдэлгээний үлдэгдэл нөөц, жил
1	Рамны баруун гуя	1.312
2	Рамны зүүн гуя	1.965

Хүснэгт 7. №2105 автосамосвалын доод рамны эдэлгээний үлдэгдэл нөөц

д/д	Хэмжилт хийсэн элемент	Эдэлгээний үлдэгдэл нөөц, жил
1	Рамны баруун гуя	5.945
2	Рамны зүүн гуя	1.316

Хүснэгт 8. №2104 автосамосвалын доод рамны эдэлгээний үлдэгдэл нөөц

д/д	Хэмжилт хийсэн элемент	Эдэлгээний үлдэгдэл нөөц, жил
1	Рамны баруун гуя	2.035
2	Рамны зүүн гуя	3.166

ЕРӨНХИЙ ДҮГНЭЛТ

Багануурын нүүрсний ил уурхайд ашиглагдаж буй HD-785-7 маркийн автосамосвалуудын рамд үүссэн цууралтын шалтгааныг тодорхойлох, түүний техникийн байдлыг үнэлэх судалгааны ажлыг гүйцэтгэсний дүнд дараах дүгнэлт зөвлөмжийг гаргаж байна.

1. ТББК, ТАК үзүүлэлтүүд 2024 онд огцом буурсан нь нийт сул зогсолтын ихэнх хувийг техникийн эвдрэл (рамны цууралт)-ээс шалтгаалсан сул зогсолт эзэлж буйтай холбоотой бөгөөд энэ нь тухайн автосамосвалуудын насжилт, засвар үйлчилгээний чанар, ашиглалтын горимоос хамаарч болно.
2. Цаашид техникийн засвар, урьдчилан сэргийлэх хяналт, уурхайн төлөвлөлт зэрэгт анхаарч, оновчтой арга хэмжээ авах шаардлагатай байна.
3. Уурхайн авто тээврийн хөдлөх бүрэлдэхүүний төрлийг сонгох үндэслэлийг хийхдээ юуны өмнө уурхайн хүчин чадал, хэрэглэгдэх экскаваторын төрөл, автосамосвалын даац хоорондын уялдааг харгалзан үзэх бөгөөд тухайн нөхцөлд даац ашиглалтын коэффициент 0,87 байгаа нь автосамосвал-экскаваторын хослол оновчтой сонгогдсон байна.
4. Авто замын хамгийн хүндрэлтэй буюу хамгийн их налуутай замыг тодорхой горимоор автосамосвалын зүтгэх хүчний боломжоор шалгаж үзэхэд тухайн нөхцөлд шаардлагыг бүрэн хангаж байгаа нь машинд ямар нэгэн динамик ачаалал үүсэх, хүч алдах зэрэг техникийн байдалд сөрөг нөлөөлөх зүйл багатайг илтгэнэ.
5. Тухайн автосамосвалын рамны бүтцийг нарийвчлан шинжилж, үүсэж болох цууралтын эрсдэлийг тодорхойлох зорилгоор төгсгөлөг элементийн аргыг ашиглан симуляц хийж үзэхэд 142⁰/₀₀ налуутай замаар уруу чиглэлд тээвэрлэлт явуулах үед цууралт үүссэн хэсэг дээр хамгийн их ачаалал үүсдэг нь тогтоогдсон бөгөөд энэ нь тоормосны нөхцөлтэй холбогдон тайлбарлагдана.
6. HD-785-7 автосамосвалын доод рамны металын төрлийг тогтоох зорилгоор хийсэн химийн найрлага тодорхойлох судалгааны үр дүнгүүдийг харьцуулан Сталь-20Х (ОХУ) болон S Cr22H (Япон) 5120 (АНУ) түүнтэй төстэй гангийн төрөл болохыг тогтоосон.
7. №2100; №2101; №2104 автосамосвалуудын хувьд доод рамны зүүн гуянд цууралт үүссэн нь тогтоогдсон бөгөөд ширээлт хийх замаар сэргээн засварлах шаардлагатай.
8. №2100; №2101 автосамосвалуудын доод рамны баруун гуянд үүссэн цууралтат хийсэн ширээлтүүдэд тогтмол үзлэг үйлчилгээ хийх шаардлагатай.

9. Үл эвдэх сорилын МСС-ийн аргаар тухайн автосамосвалуудын доод рамд хэмжилт оношилгоо хийсэн үр дүн, эдгээр машины насжилт, металлын физик параметруудийг тооцон “МПМ Ресурс” программаар эдэлгээний үлдэгдэл нөөцийг тодорхойлоход харгалзан 1,3-5,9 жил байна. Иймд тухайн хэсгүүдэд тогтмол үзлэг хяналт хийх, цууралт үүссэн хэсгийг ширээлт хийх замаар ажиллах чадварыг сэргээн, эдэлгээний үлдэгдэл нөөц болон бүтээлтэй ажиллах цагийг нэмэгдүүлэх бүрэн боломжтой.
10. Автосамосвалын доод рамны ачаалал хамгийн их авдаг хэсгүүд (цууралт үүсээд байгаа)-эд ган лист давхарлан гагнах замаар тухайн эвдрэлээс сэргийлэх боломжтой.

АШИГЛАСАН МАТЕРИАЛ

- [1] Пүрэвтогтох, Б. Ил уурхайн авто тээврийн хэрэгслийн ашиглалт. 2004, 11.5 хх, ISBN-99929-0-280-9.
- [2] Нанзад, Ц. Уурхайн машины найдвартай ажиллагааны онолын үндэс. 2009, 13.8 хх, ISBN-99929-3-010-1.
- [3] Hasan Basri, Ery Diniardi, Kisman H Mahmud, Syawaluddin, Firmansyah. Analysis of Steering Wheel Heavy Komatsu Dump Truck Unit (HD) 785-7. *Journal of Applied Science and Advanced Technology*. 2019.
- [4] Andrey Pokatilov, Anastasia Shirokolobova, Roman Dobrynin, and Andrey Vinidiktov. Crack Formation in Metal Structures of Heavy Dump Trucks during Operation at Kuzbass Open Pit Mines. *5th International Innovative Mining Symposium*, 2020, doi:10.1051/e3sconf/202017403020.
- [5] J.R. Tarpania, C.O.F.T. Ruckerta, M.T. Milana, R.V. Silvaa, A. Rosato Jr.b, R.N. Pereirab, W.W. Bosea, D. Spinellia. Estimating fatigue life under variable amplitude loading through quantitative fractography– A case study. *Engineering Failure Analysis 11 (2004) 547–559*.
- [6] Chao Ge, Zhiyuan Liu, Tianfeng Miao, Yantong Huo, Jiemin Wu, Muchun Cui, Jing Han. Strength analysis and optimization of three-bridge rigid frame for mining dump truck using finite element stress linearization method; *2nd International Conference on Advanced Materials and Mechatronics (ICAMM 2022)*, doi:10.1088/1742-6596/2343/1/012025
- [7] Weiwei Liu, Jiang Liu. Strength Analysis on the Frame of Off-way Wide body Mining Dump Truck Based on Finite Element Analysis. *2022 J. Phys.: Conf. Ser. 2173 012049*.

- [8] Дубов А.А., Дубов Ал.А., Колокольников С.М. Метод магнитной памяти металла и приборы контроля. Учебное пособие. М.: ЗАО "ТИССО", 2008. 365 с.
- [9] ISO 24497-2:2007 Non-destructive testing — Metal magnetic memory —Part 2: General requirements
- [10] ISO 24497-3:2007 Non-destructive testing — Metal magnetic memory —Part 3: Inspection of welded joints
- [11] ГОСТ Р ИСО 24497-2-2009 Национальный стандарт Российской Федерации. Контроль неразрушающий. Метод магнитной памяти металла. Часть 2. Общие требования.
- [12] ГОСТ Р ИСО 24497-3-2009 национальный стандарт российской федерации. Контроль неразрушающий. Метод магнитной памяти металла. Часть 3. Контроль сварных соединений.
- [13] ГОСТ Р 52330-2005 национальный стандарт российской федерации. Контроль неразрушающий. Контроль напряженно-деформированного состояния объектов промышленности и транспорта. Общие требования.
- [14] ГОСТ Р 53006-2008 национальный стандарт российской федерации. Оценка ресурса потенциально опасных объектов на основе экспресс-методов. Общие требования.
- [15] Anatoly dubov, sergey kolokolnikov. Quality assessment of welded joints by the metal magnetic memory method compared to conventional ndt methods and means for materials properties method. 17th world conference on nondestructive testing, 25-28 oct 2008, shanghai, china.
- [16] Anatoly Dubov, Sergey Kolokolnikov, Axim Evdokimov, Alexandr Pavlov. Estimation of gas and oil pipelines condition based on the method of metal magnetic memory. 17th world conference on nondestructive testing, 25-28 oct 2008, shanghai, china.
- [17] Yan Chun-Yan, Li Wu-Shen, Di Xin-Jie. Variation regularity of metal magnetic memory signals with inspecting time-interval and location. J. Cent. South univ. Technol (2007)03-0319-05
- [18] Anatoly Dubov, Sergey Kolokolnikov. Technical diagnostics of equipment and constructions with residual life assesment using the method of metal magnetic memory. 17th world conference on nondestructive testing, 25-28 oct 2008, shanghai, china.
- [19] Нанзад Ц. Металын соронзон санамжаар оношлох судалгаа. 2021, 22.8xx, ISBN 978-99962-51-79-5
- [20] Нанзад Ц., Хавалболот К., Энхжаргал Г. Багануурын уурхайн экскаваторуудын ашиглалтын судалгаа судалгаа. УБ.: 2018.

ЗИГЛЕР НИКОЛЬСКИЙН АРГААР ПИД КОНТРОЛЛЕРЫГ ХӨГЛӨХ СУДАЛГАА

Батцагааны ОТГОНБИЛЭГ, Дамирангийн ҮЛЭМЖ

Монгол улс, Улаанбаатар, ШУТИС, Эрчим хүчний сургууль,

Дулааны инженерийн салбар, Дулааны процессын автоматжуулалт

*Холбоо барих зохиогчийн и-мэйл хаяг: otgoobattsagaan@gmail.com ulemjd@must.edu.mn

Хураангуй: Энэхүү эрдэм шинжилгээний өгүүлэлд манай орны дулаан цахилгаан болон дулааны системд өргөнөөр ашиглагддаг ПИД контроллерыг Зиглер Никольскийн аргаар хөглөх аргыг авч үзлээ. Судалгааны ажлын объектоор түвшин тохируулгын системийг сонгон авсан. Зиглер Никольскийн аргаар ПИД контроллерын хөглөлтийн параметруудийг оновчтой утгыг сонгон авч түвшин тохируулгын системийн түвшнийг тохируулах чанарын үзүүлэлтийг сайжруулсан.

Түлхүүр үг: Дамжуулалтын функц, Матлаб, Оролт дохио, Гаралт дохио

I. Оршил

Өнөө үед автоматжуулалтын системүүд үйлдвэрлэлийн бүхий л салбарт өргөн хэрэглэгдэж байна. Эдгээр системийн хамгийн чухал бүрэлдэхүүн хэсгүүдийн нэг нь ПИД (Пропорциональ-Интеграл-Дифференциал) контроллер бөгөөд түүний үндсэн зорилго нь динамик системийг оновчтой удирдах явдал юм. ПИД контроллер нь олон төрлийн үйлдвэрлэл, эрчим хүч, хими, автоматжуулалт, робот техник зэрэг салбарт өргөн хэрэглэгддэг бөгөөд тохируулгын нарийвчлалаас системийн тогтвортой байдал, гүйцэтгэл хамаардаг. ПИД контроллерын хөглөлтийн параметруудийг оновчлох олон аргачлалууд байдгаас Зиглер Никольскийн арга нь хамгийн түгээмэл хэрэглэгддэг бөгөөд энэхүү арга нь процессын шилжилтийн тодорхойлолтоос хамааран тохирох ПИД контроллерын хөглөлтийн параметруудийг [2] тодорхойлох боломжийг олгодог. Түвшин тохируулга нь олон төрлийн үйлдвэрлэлийн салбарт чухал үүрэг гүйцэтгэдэг бөгөөд тэр дундаа эрчим хүч, хими, хүнсний үйлдвэрлэл, ус цэвэршүүлэлт зэрэг салбарт өргөн хэрэглэгддэг. Хүнсний үйлдвэрлэлд хүнсний бүтээгдэхүүн боловсруулах үйлдвэрүүдэд шингэн найрлагын хэмжээг нарийвчлалтай хянах сүү, ундаа, соус зэрэг бүтээгдэхүүн үйлдвэрлэх явцад савны түвшин тогтвортой байлгахад чиглэдэг. Эрчим хүчний үйлдвэрлэлд дулааны цахилгаан станцуудад бойлерын усны түвшнийг нарийн тохируулах нь аюулгүй ажиллагааг хангах, тоног төхөөрөмжийн элэгдлийг багасгах, хэт их ачаалал үүсэхээс сэргийлэх зэрэг ач холбогдолтой. Ус цэвэршүүлэх байгууламжид шингэний түвшнийг тогтмол барих нь усны чанар, системийн аюулгүй ажиллагааг хангахад зайлшгүй шаардлагатай. Гэсэн хэдий ч энэ арга нь зарим системд тогтворгүй байдал үүсгэх эрсдэлтэй байдаг тул тохируулгын үр дүнг бусад аргачлалуудтай харьцуулан судлах шаардлагатай болдог. Энэхүү судалгааны ажлаар Зиглер Никольскийн аргаар ПИД контроллерын хөглөлтийн параметруудийг оновчлон олж, түүний үр дүнг задгай системээр хийгдсэн туршилттай харьцуулахад суурилсан болно. Судалгааны туршилтыг ШУТИС Эрчим хүчний инженерчлэлийн

сургуулийн Дулааны инженерийн салбарын Автомат удирдлагын онол, автоматжуулалтын лабораторийн CE105 шингэний түвшин хянах тохируулах системийг сонгов. Өөрөөр хэлбэл ПИД контроллер [2] ашиглан шингэний түвшнийг тогтмол байлгах, операторын өгсөн даалгаврын утганд хүргэх зорилгоор тохируулга хийгдсэн. Энэхүү туршилтаар ПИД коэффициентыг Зиглер Никольскийн аргаар тохируулж, системийн шилжилтийн тодорхойлогчийг судалсан болно. Судалгааны эцэст ПИД тохируулгын үр дүнг тогтвортой байдал, шилжилтийн процессын шинж чанар, тогтворжилтын хугацаа зэрэг үзүүлэлтээр үнэлж, харьцуулалт хийсэн. Өгүүллийн I хэсэгт оршил, II хэсэгт туршилтын объектын тухай, III хэсэгт Зиглер Никольскийн аргачлалын тухай, туршилтын судалгааны үр дүнг IV хэсэгт, эрдэм шинжилгээний өгүүллийн дүгнэлтийг V хэсэгт тус тус дурдав.

II. ОБЪЕКТЫН ТУХАЙ

1. CE105 шингэний түвшин тохируулах систем

CE105 нь шингэний түвшнийг хянах, удирдах зориулалттай лабораторийн туршилтын төхөөрөмж юм. Энэхүү стенд нь ПИД контроллерын тохируулга, системийн динамик хариу үйлдлийг судлахад ашиглагддаг. CE105 нь ихэвчлэн дараах бүрэлдэхүүн хэсгүүдээс бүрдэнэ: Танк: Шингэнийг хадгалах сав бөгөөд түвшнийг хянах үндсэн объект болдог Насос: Шингэнийг танк руу шахах буюу эргүүлэх үүрэгтэй. Түвшний мэдрэгч: Танкны шингэний түвшнийг хэмжиж, мэдээллийг хяналтын системд дамжуулна. Хяналтын систем: ПИД контроллер болон холбогдох электроникийн хэсгүүдээс бүрдэж, шингэний түвшнийг тогтмол байлгахын тулд насосыг удирддаг.



1-р зураг. CE105 шингэний түвшин тохируулах систем [3]

CE105 төхөөрөмжийг [3] ашигласнаар оюутан, судлаачид шингэний түвшний хяналтын системийн динамик шинж чанар, ПИД контроллерын тохируулга, системийн тогтвортой байдал зэрэг ойлголтуудыг практик дээр судлах боломжтой. Мөн энэ төхөөрөмж нь автоматжуулалтын системийн загварчлал, симуляц хийх, бодит систем дээр туршилт явуулахад өргөн хэрэглэгддэг. 1-р зурагт дулааны процессын удирдлагын объектыг үзүүлэв.

2. CE120 контроллер

CE120 нь контроллер нь лабораторийн төхөөрөмж бөгөөд үйлдвэрийн процессын үндсэн бүрэлдэхүүн хэсгүүдийг багтаасан. Бага хүчдэлийн оролт, гаралтуудтай тул лабораторийн зорилгоор ашиглахад тохиромжтой. Уг төхөөрөмж нь ПИД (пропорциональ, интеграл, дериватив) хяналтын блокуудыг агуулсан бөгөөд хяналтын системийн нарийвчлалыг сайжруулах боломжтой. Компьютерын интерфэйсээр TecQuipment-ийн CE2000 хяналтын программ хангамжтай холбогдож, өгөгдөл цуглуулах, удирдлага хийх боломжтой. Тодорхой тэмдэглэгээгээр удирдлагын холболтыг ойлгомжтой болгож, хэрэглэгчдэд хялбар байдлыг хангана. ПИД тохируулгад зориулсан параллель холбогдсон пропорциональ, интеграл, дериватив блокуудтай бөгөөд эдгээрийн параметруудыг нарийвчлан тохируулах боломжтой. Мөн USB интерфэйсээр найман аналог-дигитал оролт, дөрвөн дигитал-аналог гаралтыг ашиглан компьютертой холбогдоно. Энэ төхөөрөмж нь туршилтын орчинд ПИД [3] хяналтын системийн ажиллагааг гүнзгий судлах, тохируулгын үр ашгийг үнэлэх, бодит хяналтын алгоритмуудыг хэрэгжүүлэхэд чухал үүрэг гүйцэтгэнэ. 2-р зурагт CE120 контроллерыг үзүүлэв.



2-р зураг. CE120 контроллер [1]

III. ЗИГЛЕР НИКОЛЬСЫН АРГА

Зиглер Никольсийн арга нь ПИД контроллерын параметруудыг тохируулахад түгээмэл хэрэглэгддэг аргачлал юм. Энэ аргыг анх 1942 онд Жон Г. Зиглер болон Натаниал Б.Никольс нар боловсруулсан бөгөөд [2] үйлдвэрийн процессуудад ПИД хяналтыг хурдан, үр дүнтэй тохируулах зорилготой. Энэ арга нь процессын динамик шинж чанарыг ашиглан ПИД параметруудыг тооцоолдог бөгөөд тохируулгын үндсэн хоёр аргачлалтай: Step Response болон Ultimate Gain арга. Step response арга нь процессын хариу үйлдэлд үндэслэн ПИД тохиргоог тодорхойлох аргыг ашигладаг. Процессыг ажиллуулж, тогтвортой байдалд хүргээд, нэгж шаталсан үйлчилгээ оролтын нөлөөгөөр үүссэн S-хэлбэрийн хариуг бүртгэнэ. Үүнээс хожимдлын хугацаа (L) болон өсөлтийн хугацаа (T) болон тогтворжилтын хугацаа (K)-г тодорхойлсны дараа дараах томьёогоор ПИД коэффициент тооцоолдог. Зиглер Никольсийн арга нь [2] ПИД хяналтын системийг хурдан тохируулах энгийн бөгөөд үр дүнтэй аргачлал боловч зарим тохиолдолд хэт их хэлбэлзэл (overshoot), тогтворгүй байдал үүсгэж болзошгүй. Иймээс ПИД тохируулгыг илүү нарийвчлалтай хийхийн тулд сайжруулсан алгоритмууд (Autotuning, Adaptive Control, Machine Learning-д суурилсан тохируулга) ашиглах боломжтой. K_p , K_i , K_d коэффициентуудыг тооцож олох томьёог (1)-р хүснэгтэд үзүүлэв.

ПИД коэффициентийг олох хүснэгт

1-р хүснэгт.

Тохируулгын төрөл	K_p	K_i	K_d
П	$1.2 \cdot (T/L)$	-	-
ПИ	$0.9 \cdot (T/L)$	$3L$	-
ПИД	$1.2 \cdot (T/L)$	$2L$	$0.5L$

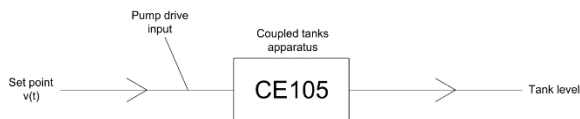
1-р хүснэгт. (ПИД коэффициент)

IV. ТУРШИЛТ СУДАЛГААНЫ ҮР ДҮН

А. Задгай системийн шилжилтийн тодорхойлолтыг тодорхойлох

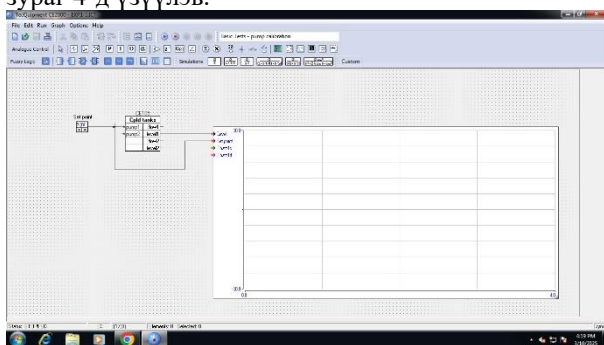
Туршилтыг CE105 төхөөрөмж дээр хийхдээ 1-р савны түвшин тохируулах нөхцөлөөр хийж гүйцэтгэв. 1 болон 2-р савны харьцах хавхалгыг бүрэн хаалттай, 1-р савны шавхах хаалтыг 50% нээлттэй байдлаар туршилтыг эхлүүлсэн.

Туршилтын ажлын зорилго нь [3] CE105 удирдлагын объектын өөрийн анхны төлөв байдлын дамжуулалтын функцийг тодорхойлох, задгай системийн шилжилтийн тодорхойломжийг гаргаж авахад оршино. 3-р зурагт CE105 түвшин тохируулах төхөөрөмжийн задгай системийн бүтцийн схемийг үзүүлэв.



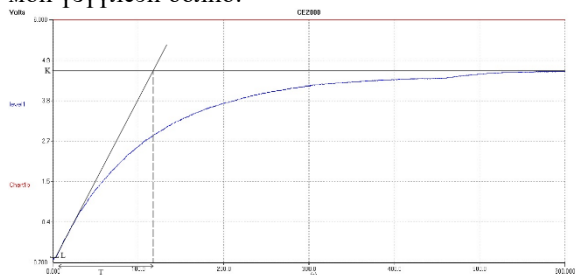
3-р зураг. Задгай системийн бүтцийн схем

CE2000 программ хангамжид зураг 3-д үзүүлсэнчлэн задгай системийн бүтцийн схемийг зохион гарган авч туршилтыг үргэлжлүүлснийг зураг 4-д үзүүлэв.



4-р зураг. CE2000 программ хангамжид дээрх задгай системийн бүтцийн схем

Туршилтыг эхлүүлэхдээ түвшний даалгаврын утгыг 6В өгч түвшин тогтворжтол шилжилтийн тодорхойломжийг гарган авсан. 596 секундйн дараа түвшин тогтворжсон бөгөөд уг шилжилтийн тодорхойломжийг зураг 5-д үзүүлэв. Уг шилжилтийн тодорхойломжоос K , L , T -г коэффициентуудыг тооцож гарган авах аргачлалыг мөн үзүүлсэн болно.



6-р зураг. Задгай системийн шилжилтийн тодорхойломж ба K , L , T коэффициент гарган авсан байдал

6-р зурагт үзүүлсэн шилжилтийн тодорхойломжоос K , L , T коэффициентуудыг тодорхойлсныг 2-р хүснэгтэд үзүүлэв.

K , L , T КОЭФФИЦИЕНТ

2-р ХҮСНЭГТ.

K	L	T
4.59	5	113.16

2-р хүснэгт. K , L , T коэффициент

Эхний туршилтаас харахад тогтворжилтын хугацаа 595 секунд байсан бөгөөд даалгаврын утга 6В-д хүрч чадаагүй болно.

Б. ПИД контроллер ашиглан битүү автомат удирдлагын системийн шилжилтийн тодорхойломж тодорхойлох

Энэ туршилтын зорилго нь IV.А хэсэгт туршсан задгай системийг ПИД контроллертой битүү систем болгон бүтцийн схемийг өөрчлөн туршиж шилжилтийн тодорхойломжийг чанарын үзүүлэлт өндөр гарган авах юм.

K_p , K_i , K_d коэффициентуудыг (1)-р хүснэгтээс тооцож олсныг Хүснэгт 3-д үзүүлэв.

ПИД КОЭФФИЦИЕНТ

3-Р ХҮСНЭГТ.

K_p	K_i	K_d
22.63	10	2.5

2-р хүснэгт. (Пид коэффициент)

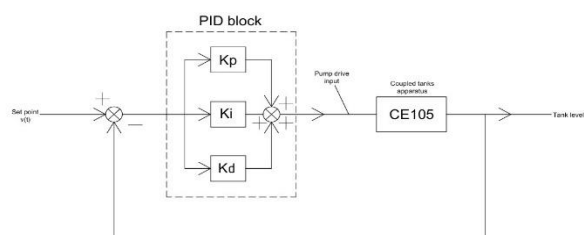
Объектын дамжуулалтын функцийг (1)-р тэгшитгэлээс харж болно.

$$W_{об} = K_p \left(1 + \frac{1}{K_i s} + K_d s \right) \quad (1)$$

Тооцооноос гаргана авсан дамжуулалтын функцийг (2)-р тэгшитгэлд үзүүлэв.

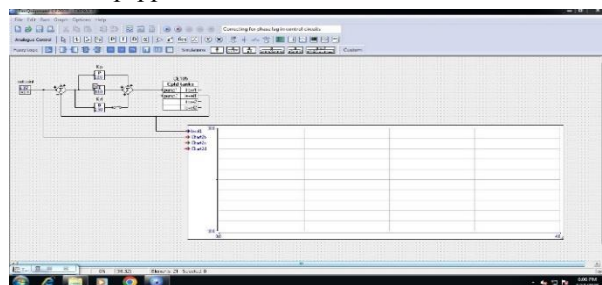
$$W_{об} = \frac{10s}{575.75s^2 + 226.3s + 22.63} \quad (2)$$

Зиглер Никольсийн аргын үр дүнд гарсан коэффициентыг ашиглана ПИД контроллерыг хөглөнө. Гэдрэг холболттой битүү системийн бүтцийн схемийг 7-р зурагт харуулж байна.



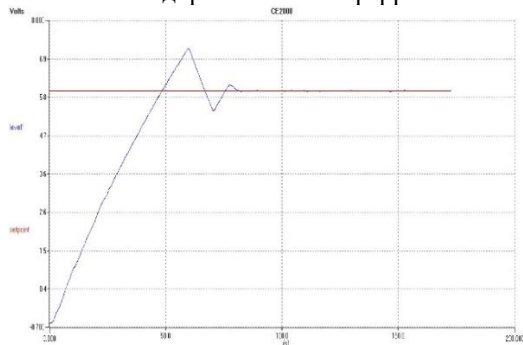
7-р зураг. Битүү системийн бүтцийн схем

8-р зурагт CE2000 программ хангамжид ПИД контроллертой битүү системийн бүтцийн схемийг зохион гаргана авч туршилтыг үргэлжлүүлсэн болохыг үзүүлэв.



8-р зураг. CE2000 программ хангамж дээрх битүү системийн бүтцийн схем

9-р зурагт тухайн объектын ПИД контроллертой битүү системийн бүтцийн схемтэй ажиллах үеийн шилжилтийн тодорхойломжийг үзүүлэв.



9-р зураг. Битүү системийн шилжилтийн тодорхойломж

Гарган авсан шилжилтийн тодорхойломжийн тогтворжсон хугацаа, хэт тохируулга, нам тохируулгыг (4)-хүснэгтэд үзүүлэв.

ЧАНАРЫН ҮЗҮҮЛЭЛТҮҮД

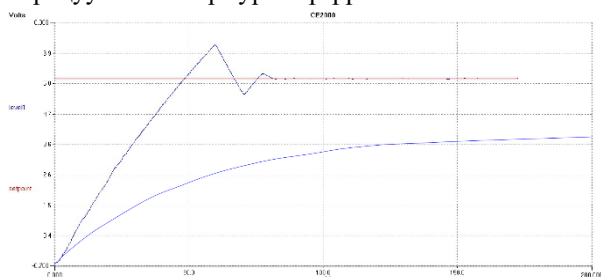
4-р ХҮСНЭГТ

Хэт тохируулга (%)	Нам тохируулга (%)	Тогтворжсон хугацаа (с)
18,34	11	64

4-р хүснэгт. (Чанарын үзүүлэлтүүд)

В. Задгай болон битүү системийн шилжилтийн тодорхойломжийн харьцуулсан үр дүн

IV.A болон IV.B хэсэгт дурдсан туршилтын үр дүнгүүд буюу шилжилтийн тодорхойломжийг харьцуулсныг 10-р зурагт үзүүлэв.



10-р зураг. Задгай болон битүү системийн шилжилтийн тодорхойломж

Дээрх шилжилтийн тодорхойломжуудын чанарын үзүүлэлтийг харьцуулан авч үзсэнийг хүснэгт 5-д үзүүлэв.

ЧАНАРЫН ҮЗҮҮЛЭЛТҮҮД

5-р ХҮСНЭГТ

АУС	Хэт тохируулга (%)	Нам тохируулга (%)	Тогтворжсон хугацаа (с)
Задгай	0	0	595
Битүү	18,34	11	64

5-р хүснэгт. (АУС-ын чанарын үзүүлэлт)

V. ДҮГНЭЛТ

Энэхүү эрдэм шинжилгээний, судалгааны ажлыг CE105 түвшин тохируулах лабораторийн төхөөрөмж дээр тулгуурлан Зиглер Никольсийн аргийн үр ашиг түүнчлэн практикт нэвтрүүлэх талаар судалж үр ашгийг туршилтын аргаар баталж үзүүлсэн болно. Туршилтын үр дүн нь объектын дамжуулалтын функцийг ашиглан түүнийг хөглөх, хөглөлтийн параметруудийн оновчтой утгуудыг Зиглер Никольсийн аргачлалын тусламжтай тодорхойлов. Туршилтын үр дүнгээс харвал задгай системийн шилжилтийн тодорхойломжийн тогтворжих хугацаа нь 595 секунд байсан бол Зиглер Никольсийн аргаар хөглөсөн ПИД контроллертой битүү автомат удирдлагын системийн тогтворжих хугацаа 64 секунд болтол бууруулж буй нь энэ аргаар ПИД контроллерын хөглөлтийн параметр, коэффициентыг оновчлох нь илүү ашигтай богино хугацаанд системийн алдааг арилгаж, тогтворжуулж чанарын үзүүлэлтийг сайжруулсан.

АШИГЛАСАН МАТЕРИАЛ, НОМ ЗҮЙ

- [1] Ц.Эрдэнэцэцэг, Д.Үлэмж Автомат удирдлагын систем, автоматжуулалт лабораторын гарын авлага, Улаанбаатар, 2019
- [2] Жон Г.Зиглер, Натаниал Б.Никольс PID Control: Ziegler Nichols tuning U.S.A 2013
- [3] TecQuipment, "CE105 Thermal process control," TecQuipment, Nottingham, 2006.

НАРНЫ ХАВТАНГИЙН НАЛАЛТЫН ӨНЦӨГ НЬ АШИГЛАЛТ, ЗАСВАРТ ҮЗҮҮЛЭХ НӨЛӨӨЛЛИЙН СУДАЛГАА

Н.Мөнхсаран¹, Г.Мөнгөншагай¹

¹Монгол улс, Улаанбаатар, ШУТИС, Эрчим хүчний сургууль, Шинэ, сэргээгдэх эрчим хүчний салбар

Холбоо барих зохиогчийн и-мэйл хаяг: mungunshagai@must.edu.mn²

Хураангуй: Нарны хавтангийн гадаргуу дээр цас, тоос, шороо хуримтлах нь эрчим хүчний гарцад сөргөөр нөлөөлж, үйлдвэрлэлийн үр ашгийг бууруулдаг. Нарны хавтан дээр цас хэрхэн хуримтлагддагийг ойлгох, цас, тоос, шорооны хуримтлал нь нарны эрчим хүч хувиргах үр ашигт хэрхэн нөлөөлдгийг тодорхойлох зорилгоор, янз бүрийн налуу өнцөг бүхий нарны хавтангуудын цас ба тоос, шороо тогтох процессыг судалсан. Мөн цас, тоос, шорооны зузаан, гулсалтын зай болон нарны хавтангийн эрчим хүч үйлдвэрлэх үр ашгийн хоорондын хамаарлыг туршилтаар тодорхойлов. Судалгааны үр дүнд, нарны хавтан ба газрын хоорондох налуу өнцөг их байх нь хавтан дээрх цас, тоос, шороо хуримтлалд сөрөг нөлөө үзүүлж, 1 см зузаан цас бүрхэх үед нийт үйлдвэрлэлийн үр ашиг буурч болохыг тогтоов. Харин цасны гулсалт нь нарны эрчим хүч үйлдвэрлэх үр ашгийг нэмэгдүүлэхэд эерэг нөлөөтэй байгааг ажигласан. Мөн цас нь гулсахдаа нарны хавтан дээрх тоос, шороог давхар гулсуулж хавтангийн доод хэсэгт дээд болон дунд хэсгээс илүү тоос, шороо тогтдог болохыг анзаарсан. Тоос, шорооны хувьд налалтын өнцгийг эгц тохируулах тусам илүү бохирдол багатай болохыг тогтоов. Туршилтын үр дүнгийн дүн шинжилгээнд үндэслэн, цастай болон тоос, шороо тогтсон нөхцөлд нарны цахилгаан станцуудын эрчим хүчний үйлдвэрлэлийн үр ашгийг сайжруулах тодорхой саналуудыг дэвшүүлж, инженерийн практикт ашиглах боломжтой зөвлөмж гаргасан.

Түлхүүр үг: Нарны хавтан, налалтын өнцөг, нарны эрчим хүч, эрчим хүчний хэмнэлт

I. УДИРТГАЛ

Сэргээгдэх эрчим хүчний эх үүсвэрүүд дундаас нарны эрчим хүч нь тогтвортой байдал, байгаль орчинд ээлтэй байдал, өргөн хүрээний хэрэглээ зэрэг олон давуу талтай. Гэвч нарны цахилгаан үүсгүүрийн үр ашгийг нэмэгдүүлэхэд олон хүчин зүйл нөлөөлдөг бөгөөд тэдгээрийн нэг нь нарны хавтангийн хазайлтын өнцөг юм. Нарны хавтангийн хазайлтын өнцөг нь нарны цацрагийг ямар хэмжээгээр хүлээн авахыг тодорхойлох гол хүчин зүйл бөгөөд үүнийг оновчтой тохируулах нь эрчим хүчний гарцыг сайжруулах үндсэн аргачлалуудын нэг гэж үздэг [1].

Хазайлтын өнцөг буруу тохируулагдсан тохиолдолд нарны цацрагийн шингээлт буурч, эрчим хүч үйлдвэрлэх чадвар сулрах, сүүдэрлэлт үүсэх, бохирдол хуримтлагдах зэрэг асуудал гарч, засвар үйлчилгээний зардал нэмэгдэх эрсдэлтэй байдаг [2]. Харин нарны хавтангийн хазайлтын өнцгийг зөв тохируулснаар эрчим хүчний үйлдвэрлэлийг нэмэгдүүлж, тоос шороо, цас хуримтлагдах байдлыг багасгах, засвар үйлчилгээний давтамжийг бууруулах боломжтой [3].

Энэхүү тойм нийтлэл нь нарны хавтангийн хазайлтын өнцөг нь эрчим хүчний үйлдвэрлэл, ашиглалтын хугацаа, засвар үйлчилгээний үр ашгийг хэрхэн сайжруулдаг талаар өмнөх судалгаануудыг нэгтгэн дүгнэх зорилготой. Мөн оновчтой өнцгийн сонголт, улирлын өөрчлөлтөд тохируулах боломж, засвар үйлчилгээний стратеги зэрэг асуудлуудыг хамарч, нарны цахилгаан станцуудын тогтвортой ажиллагааг сайжруулах чиглэлээр практик зөвлөмж боловсруулахыг зорьж байна.

II. ОНОЛЫН ХЭСЭГ

1. Нарны эрчим хүчний үндэс ба фотоцахилгаан хувиргалт

Нарны эрчим хүч нь дэлхийд хүрч буй хамгийн арвин, тогтвортой сэргээгдэх эрчим хүчний эх үүсвэр бөгөөд үүнийг ашиглан цахилгаан үйлдвэрлэхэд фотоцахилгаан (PV) технологи өргөн хэрэглэгддэг [4]. Фотоцахилгаан систем нь нарны гэрлийг цахилгаан энерги болгон хувиргах процесс бөгөөд уг хувиргалтын үр ашиг нь нарны туяаны өнцөг, нарны хавтангийн чиглэл, орчны нөхцөлөөс шууд хамаардаг [5].

2. Нарны хавтангийн хазайлтын өнцөг ба эрчим хүчний үйлдвэрлэл

Нарны хавтангийн хазайлтын өнцөг нь нарны цацрагийг ямар хэмжээгээр шингээхийг тодорхойлдог гол хүчин зүйл юм. Оновчтой хазайлтын өнцгийг тохируулах нь цахилгаан үйлдвэрлэлийн үр ашгийг нэмэгдүүлэхэд чухал үүрэгтэй [6]. Судалгаагаар тухайн газрын өргөрөгт тохирсон өнцөг нь жилийн дундаж эрчим хүчний гарцыг нэмэгдүүлдэг болохыг тогтоосон [7].

Жишээ нь:

- Экваторт ойр бүсэд нарны хавтанг бараг хэвтээ байрлуулах нь хамгийн их эрчим хүч үйлдвэрлэдэг.
- Дунд өргөрөгт хавтангийн хазайлтын өнцөг нь тухайн газрын өргөрөгтэй ойролцоо байх нь тохиромжтой.
- Улирлын өөрчлөлтөөс хамааран хазайлтын өнцгийг өөрчлөх нь гарцыг нэмэгдүүлдэг [8].

3. Хазайлтын өнцөг ба засвар үйлчилгээний үр нөлөө

Нарны хавтангийн налуу өнцөг зөв тохируулагдсанаар засвар үйлчилгээний давтамж,

зардал буурах давуу талтай. Судалгаануудад үзүүлснээр хэт бага өнцөгтэй байршуулах нь тоос, цас хуримтлуулах эрсдэлийг нэмэгдүүлж, эрчим хүч үйлдвэрлэл буурахад хүргэдэг [9]. Харин өндөр өнцөгтэй байршуулснаар:

- **Цасны хуримтлал буурах** -Цасны зузаан 1 см-ээс их болсон тохиолдолд нарны хавтангийн эрчим хүч үйлдвэрлэх үр ашиг 5-10% хүртэл буурдаг [10].

- **Бохирдол, тоосжилт багасах**-Налуу байрлалтай хавтангуудын гадаргуу дээр тоос шороо бага хуримтлагдаж, өөрөө цэвэрлэх чадвар сайжирдаг [11].

- **Салхины нөлөөлөл**-Хэт их өнцгөөр байршуулсан хавтангууд салхины ачаалалд өртөмтгий болж, механик тогтвортой байдалд сөргөөр нөлөөлж болзошгүй [12].

4. Хазайлтын өнцгийг тохируулах аргууд

Нарны хавтангийн хазайлтын өнцгийг оновчтой байлгахын тулд хэд хэдэн аргачлалыг ашигладаг:

- **Тогтмол өнцгийн систем**-Өргөрөгт тохирсон өнцгөөр байрлуулдаг бөгөөд засвар үйлчилгээ бага шаарддаг.

- **Улирлын өөрчлөлтөд тохируулах систем** -Хавтангийн өнцгийг улирал бүр өөрчилснөөр эрчим хүч үйлдвэрлэлийг дунджаар 10-15% нэмэгдүүлдэг [13]

- **Хос хөдөлгөөнт нар дагах систем**-Нарны хөдөлгөөнийг даган автоматаар өнцөг өөрчилдөг дэвшилтэт технологи бөгөөд эрчим хүчний гарцыг 20-40% хүртэл өсгөдөг боловч өртөг өндөртэй [14]

III. НАЛАЛТЫН ӨНЦГӨӨС ХАМААРСАН НАРНЫ ХАВТАН ДЭЭРХ ТУРШИЛТУУД

А) Нарны хавтангийн налалтын өнцгөөс хамааран цас ороход хавтан дээрх цас хэр хугацаанд буух судалгаа



1-р зураг. 2025.02.05-ны өдөр нарны хавтангийн налалтын өнцгөөс хамааран цас тогтсон байдал

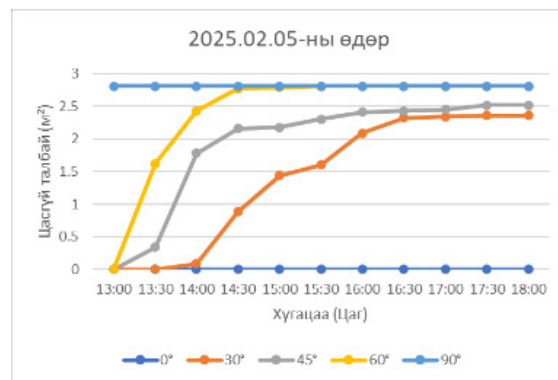


График 1. 2025.02.05-ны өдөр нарны хавтангийн налалтын өнцгөөс хамааран цас тогтоогүй тайлбай

Цас орсны дараа налалтын өнцгөөс хамааран хэсэг хугацааны дараа цас хайлж эрчим хүчний үйлдвэрлэлтэд нөлөө үзүүлж буйг (График 2, График 3, График 4)-өөс харж болно.

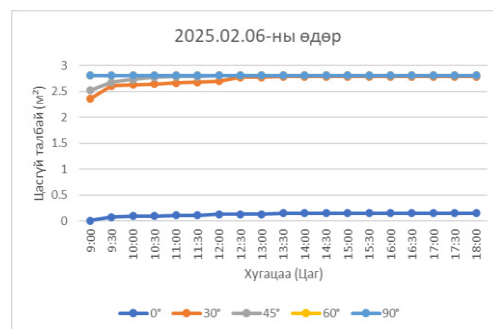


График 2. 2025.02.06-ны өдөр нарны хавтангийн налалтын өнцгөөс хамааран цас тогтоогүй тайлбай

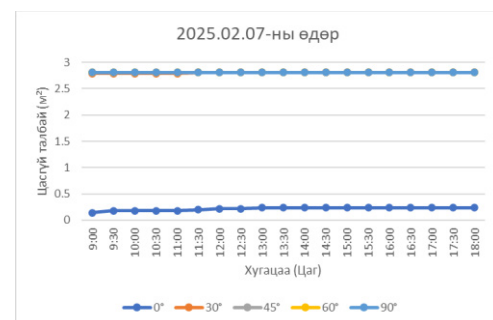


График 3. 2025.02.07-ны өдөр нарны хавтангийн налалтын өнцгөөс хамааран цас тогтоогүй тайлбай

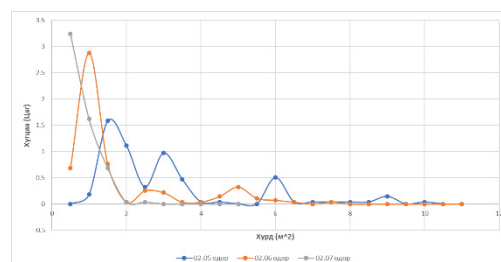


График 4. Нарны хавтангийн налалтын өнцгөөс хамаараад тогтсон цасны хайлах хурд

Нарны хавтан дээр тогтсон цас нь нарны тусгал болон агаарын температураас шууд хамаарч цас

хайлах хурд нь өөрчлөгдөж байгааг (График 4) харж байна.

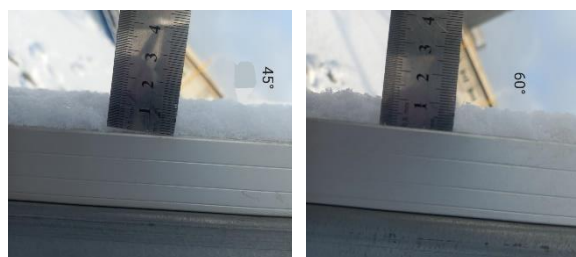


2-р зураг. 2025.03.12-ны өдөр нарны хавтангийн налалтын өнцгөөс хамааран цас тогтсон байдал



а) 0° - 2 см зузаан

б) 30° - 1.8 см зузаан



с) 45° - 1.5 см зузаан

д) 60° - 1 см зузаан

3-р зураг. 1-2 см-ийн цасны зузаантай туршилтын хэмжилт.

НАРНЫ ХАВТАНГИЙН НАЛАЛТЫН ӨНЦӨГ БА ЦАСНЫ ЗУЗААН

ХҮСНЭГТ 1.

Налалтын өнцөг	Цасны зузаан
0°	2
30°	1.8
45°	1.5
60°	1
90°	0

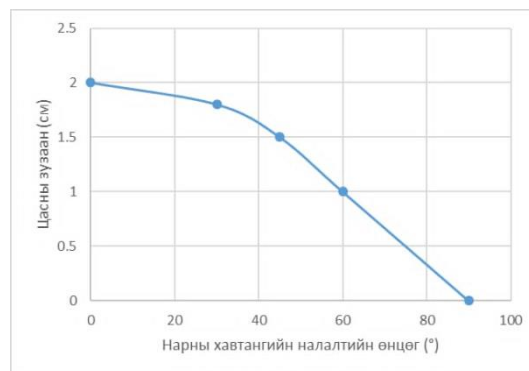
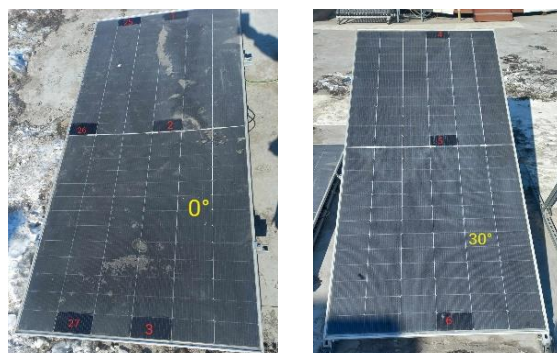


График 5. Нарны хавтангийн налалтын өнцгөөс хамааран цас тогтох хэмжээ

Нарны хавтангийн налалтын өнцгөөс хамааран цас тогтох хэмжээ өөр өөр байна. Налалтын өнцөг нь их байх тусам гулсаж унах цасны хэмжээ бага байгаад (График 5)-аас харж байна.

В) Тоосжилт бохирдол тогтох хэмжээ нь налалтын өнцгөөс хамаарсан судалгаа



а) 0° - дээрх бохирдол

б) 30° - дээрх бохирдол



с) 45° - дээрх бохирдол

д) 60° - дээрх бохирдол



е) 90° - дээрх бохирдол

4-р зураг. Нарны хавтангийн налалтын өнцгөөс хамаараад тогтсон тоос шорооны туршилт

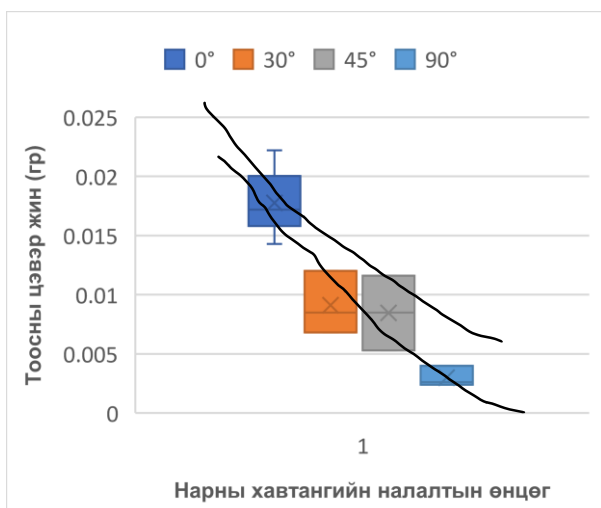


График 6. Нарны хавтан дээрх бохиролдохыг налалтын өнцөгтэй харьцуулсан байдал

Тоос, шорооны хувьд налалтын өнцөг их байх тусам илүү бохирдол багатай болохыг (График 5, 6)-аас харагдаж байна.

IV. ДҮГНЭЛТ

Энэхүү судалгаагаар нарны хавтангийн гадаргуу дээр цас, тоос, шороо хуримтлагдах нь эрчим хүчний үйлдвэрлэлийн үр ашгийг хэрхэн бууруулдагийг судалсан. Янз бүрийн налуу өнцөг бүхий нарны хавтангуудын цас, тоос, шороо хуримтлагдах үйл явцыг шинжилж, зузаан, гулсалтын зай болон эрчим хүч үйлдвэрлэх үр ашгийн хоорондын хамаарлыг туршилтаар тодорхойлсон.

Судалгааны үр дүнд нарны хавтангийн налалтын өнцөг 60° байхад нь цас хуримтлагдсан ч 6-8 цагийн

дотор арилж, эрчим хүч үйлдвэрлэх үр ашгийг 12-15% нэмэгдүүлэх эерэг нөлөөтэй болохыг тогтоов. Жишээлбэл, 1 см зузаантай цас хуримтлах үед үйлдвэрлэлийн үр ашиг мэдэгдэхүйц буурч, цас гулсаж арилах үед эрчим хүчний үйлдвэрлэл 8-10% нэмэгддэг нь ажиглагдсан. Мөн цас гулсах явцдаа нарны хавтан дээрх тоос, шороог хамт авч явах тул хавтангийн доод хэсэгт бохирдол илүү хуримтлагдах хандлагатай байгааг тогтоосон. Гэхдээ тоос шороо ёроол хэсэгтээ хуримтлагдаж байгаа нь ажиглагдсан.

Тоос, шорооны хувьд нарны хавтангийн налуу өнцгийг эгц тохируулах нь гадаргуу бохирдох хэмжээг бууруулахад чухал үүрэгтэй бөгөөд 45° болон түүнээс дээш налалтын өнцгүүд нь тоос шороог 20-25%-иар багасгадаг болох нь батлагдсан. Харин 30° болон түүнээс бага налуу өнцөгтэй хавтангуудын гадаргуу дээр 40-50% их тоос, шороо хуримтлагдах хандлагатай байгааг тогтоосон.

V. АШИГЛАСАН МАТЕРИАЛ, НОМ ЗҮЙ

- [1] Duffie, J. A., & Beckman, W. A. (2013). *Solar engineering of thermal processes*. John Wiley & Sons.
- [2] Kurtz, S., Granata, J., & Quintana, M. (2011). Photovoltaic reliability: Challenges and opportunities. *National Renewable Energy Laboratory (NREL)*.
- [3] Chow, T. T. (2010). A review on photovoltaic/thermal hybrid solar technology. *Applied Energy*, 87(2), 365-379.
- [4] Green, M. A. (2019). Photovoltaic technology and visions for the future. *Progress in Photovoltaics: Research and Applications*, 27(5), 401-415.
- [5] Luque, A., & Hegedus, S. (2011). *Handbook of Photovoltaic Science and Engineering*. John Wiley & Sons.
- [6] Jacobson, M. Z., & Delucchi, M. A. (2011). Providing all global energy with wind, water, and solar power. *Energy Policy*, 39(3), 1154-1169.
- [7] Kalogirou, S. A. (2014). *Solar Energy Engineering: Processes and Systems*. Academic Press.
- [8] Yang, D., Yin, H., & Li, X. (2018). A comprehensive review on solar tracking systems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 82, 2583-2606.
- [9] Kim, H., Kim, J., & Kim, S. (2020). Effect of dust and tilt angle on the performance of photovoltaic modules. *Applied Sciences*, 10(15), 5196.
- [10] Marion, B., Schaefer, R., & Caine, H. (2013). Measured and modeled photovoltaic system energy losses from snow for Colorado and Wisconsin locations. *Solar Energy*, 97, 112-121.
- [11] Sayyah, A., Hsu, W., & Kandlikar, S. (2014). Performance of solar photovoltaic panels under dust accumulation: A review. *Solar Energy*, 107, 70-81.
- [12] Hirata, Y., & Tani, T. (2012). Output variation of photovoltaic modules with snow coverage. *Solar Energy Materials and Solar Cells*, 74(3), 225-232.
- [13] Hassan, A., & Rahman, H. A. (2016). A review on current and future advances in tilt angle optimization for solar collectors. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 58, 703-718.
- [14] Liu, Z., Zhang, X., & Yang, Y. (2017). Research on the influence of inclination angle on solar panels. *Journal of Renewable Energy*, 6(4), 220-232.

ДОХИОНЫ ХЭЛИЙГ АВТОМАТЖУУЛАХ БОЛОМЖИЙН АСУУДАЛ

Т.Анхбаяр¹, Д.Пүрэвдаш²

Монгол улс, Улаанбаатар, ШУТИС, Эрчим хүчний инженерчлэлийн сургууль, Цахилгаан техникийн салбар,
Эмнэлгийн тоног төхөөрөмжийн ашиглалт^{1, 2}
ankhbayar9626@gmail.com¹, dashaa@must.edu.mn²

Хураангуй: Дохионы хэлний хөрвүүлэгч нь сонсгол, хэлний бэрхшээлтэй хүмүүсийн харилцааг хялбаршуулахад чухал үүрэг гүйцэтгэнэ. Энэхүү хөрвүүлэгч нь боловсрол, эрүүл мэнд, олон нийтийн үйлчилгээ, ажлын байр зэрэг салбарт харилцааны шинэчлэл авчирч, хэрэглэгчдэд илүү хүртээмжтэй орчныг бүрдүүлнэ. Автоматжуулсан системийг ашигласнаар багш, эмч, үйлчилгээний ажилтнууд дохионы хэл мэдэхгүй байсан ч үр дүнтэй харилцах боломжтой болно. Мөн 3D дүрслэл, IoT, хиймэл оюун ухааны дэвшилтэт технологийг ашиглан хөдөлгөөнийг үнэтэй нарийвчлалтай таньж, боловсруулалт хийх боломжтой. Эдийн засгийн хувьд уламжлалт хөрвүүлэгчүүд өндөр үнэтэй (\$500–\$2000) байгаа бол энэхүү загвар нь 20–30 долларын үнээр үйлдвэрлэгдэх боломжтой шийдэл юм.

Түлхүүр үг: Сонсголын бэрхшээл, сарвуу, хурууны өнцөг, соронзон мэдрэгч, хурууны хөдөлгөөн.

I. ОРШИЛ

Дэлхий даяар ойролцоогоор 466 сая хүн сонсголын бэрхшээлтэй амьдарч байгаагаас 34 сая нь хүүхдүүд байна. Энэ нь дэлхийн нийт хүн амын 5%-ийг эзэлж байгаа бөгөөд 2050 он гэхэд энэ тоо 900 саяд хүрч болзошгүй гэж үздэг бөгөөд тэдний өдөр тутмын харилцаанд дохионы хэл хамгийн чухал үүрэгтэй [1, 2]. Өдөр тутмын харилцаанд дохионы хэл чухал үүрэг гүйцэтгэдэг ч олон нийт бүрэн ойлгохгүй байх нь тэдний нийгмийн оролцоо, харилцаанд тодорхой хэмжээний саад болж, мэдээлэл солилцоонд хүндрэл үүсгэдэг [3]. Технологийн хөгжлийн ачаар дохионы хэлийг автоматжуулах, хөрвүүлэх судалгаа эрчимтэй хөгжсөнөөр мэдрэгчид суурилсан хөрвүүлэгч, хиймэл оюун ухаан, хөдөлгөөн таних системүүд нь чухал ахиц гарч байна. Дохионы хэл таних ухаалаг хөрвүүлэгч бүтээхийн тулд хурууны хөдөлгөөнийг илрүүлэх MPU6050 (хөдөлгөөн мэдрэгч), Flex Sensor (уян мэдрэгч), Vision-based (камерын суурьтай) систем, Hall Sensor (соронзон мэдрэгч) зэрэг мэдрэгчийг судалж, харьцуулсан. Камерын суурьтай систем нь нарийвчлал өндөр боловч орчны гэрэлтүүлгээс хамааралтай, бодит цагийн боловсруулалт удаан байдаг бол уян мэдрэгчүүд хурууны нугаралтыг илрүүлэх боломжтой ч элэгдэл амархан ордог сул талтай. Харин хөдөлгөөн мэдрэгч нь сарын ерөнхий хөдөлгөөнийг тодорхойлох боломжтой боловч хуруу тус бүрийг ялгаж танихад хэцүү байдаг. Эдгээрийг харьцуулсны үндсэн дээр хуруу бүрийн хөдөлгөөнийг нарийн ялгах боломжтой, удаан эдэлгээтэй, бага эрчим хүч зарцуулдаг Hall Sensor-ийг сонгон ашиглалаа. Энэхүү судалгааны ажлын зорилго нь ESP32, Hall Sensor, MPU6050 мэдрэгчээр сарвууны хөдөлгөөнийг автоматжуулахад оршино. Уг автоматжуулсан хөрвүүлэгч нь хурууны байрлал, сарвууны хөдөлгөөнийг хянаж, урьдчилж хадгалсан өгөгдөлийг харьцуулж, Bluetooth-ээр дамжуулан гар утсанд текст илгээх бөгөөд өргөн хэрэглээний үгийг найдвартай таних, хадгалах, дамжуулахыг өгүүллийн зорилгын хүрээнд ашиглалтанд оруулах зорилготой. Энэхүү автоматжуулах хөрвүүлэгч нь сонсголын бэрхшээлтэй иргэдийн харилцааг хөнгөвчлөх,

тэдний нийгмийн оролцоог нэмэгдүүлэхэд хувь нэмэр оруулах болно.

II. ОНОЛЫН ХЭСЭГ

Дэлхий даяар олон сая сонсголын бэрхшээлтэй хүн амьдарч тэдний өдөр тутмын харилцаанд дохионы хэл чухал үүрэг гүйцэтгэдэг. Иймээс технологийн хөгжлийг ашиглан дохионы хэлний автоматжуулсан хөрвүүлэгч бий болгох шаардлага гарч байна. Энэхүү автоматжуулсан хөрвүүлэгч нь дохионы хөдөлгөөнийг мэдрэгч (Hall Sensor)-ээр өргөн хэрэглээний үгийг хөрвүүлэх чадвартай. Сонсголын бэрхшээлтэй хүмүүсийн нийгэмд оролцох оролцоог нэмэгдүүлж, тэдний амьдралыг хөнгөвчлөх гол хэрэгсэл болно. Мөн боловсролын салбарт хөгжлийн бэрхшээлтэй сурагчдад туслах, эмнэлэг, төрийн үйлчилгээ, ажлын байранд хүртээмжийг нэмэгдүүлэхэд өндөр ач холбогдолтой. Технологийн хувьд энэхүү систем нь WiFi/Bluetooth холболттой, IoT дэмждэг төхөөрөмжтэй байх шаардлагатай. Мөн бодит цагийн боловсруулалт хийхийн тулд машин сургалтын өндөр нарийвчлалтай загвар ашиглах нь чухал юм. Хялбар хэрэглэгдэх, хүртээмжтэй интерфэйстэй байх нь хэрэглэгчийн туршлагыг сайжруулна [4].

Бугуй яс ба дээд мөч

Сарвуу нь бугуйн 8 жижиг яснуудаас тогтох ба дөрөв дөрвөөрөө 2 эгнээ үүсгэн байрладаг. Эдгээр нь хоорондоо хавтгай, гулгуур үеэр шуутай шуу бугуйны үеэр холбогдоно. Гарын алга нь таван яснаас тогтоно. Эдгээр нь цааш хурууны шивнүүрүүдтэй холбогдоно. Эрхийн хурууны яс (нэгдүгээр хуруу) хоёр шивнүүртэй байхад бусад дөрвөн хуруу нь гурван шивнүүртэй байна. Энэ хэсэгт нийтдээ 50 орчим булчин байрлах ба маш уян хатан, нарийн төвөгтэй үйлдэл хийхэд зориулагдсан [5].



Зураг 1. Сарвууны яс

Сарвууны ясыг 3 том бүлэгт хуваана. Бугуй (carpus), алга (metacarpus), хурууны шивнүүрүүд (phalanges) байрлана.



Зураг 2. Гарын сарвууны үе

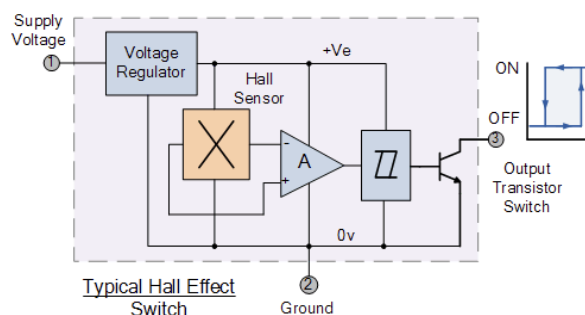


Зураг 3. Гарын сарвуун дээр байрлах мэдрэгчийн байршил

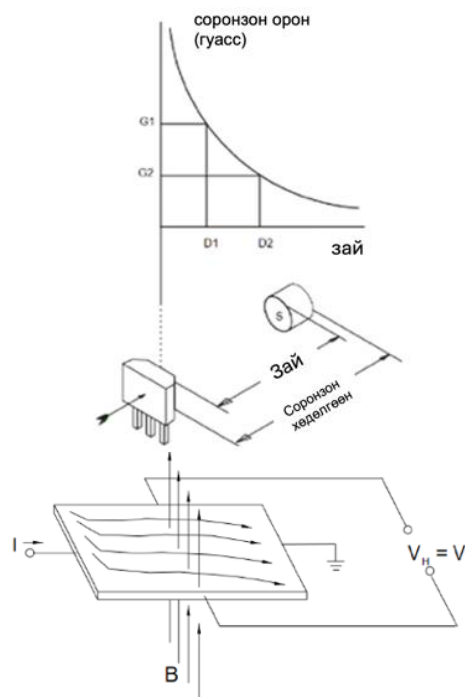
Хүний гарын хөдөлгөөнийг гарын үений өнцгөөр илэрхийлж болох тул гарын анатомийн бүтцээс хамаарч мэдрэгчийн тоо, байрлалыг тодорхойлж болно. Зураг 2-т үзүүлснээр хүний гарын чигчий, ядам, дунд, долоовор хуруунууд нь

distal interphalangeal joint (DIP), proximal interphalangeal joint (PIP), metacarpophalangeal joint (MP) гэсэн үндсэн үеүдэд хуваадаг. Харин эрхий хуруу нь interphalangeal joint (IP) болон MP гэсэн 2 үетэй байдаг. Гар эргүүлэхийн тулд MP нь carpometacarpal joint (CM)- тай холбогддог. Тиймээс хурууны өнцгийг хэмжихийн тулд мэдрэгчийг дээр дурдсан үенүүдийн ойролцоо байрлуулсныг Зураг 3-аас харж болно.

Соронзон орон мэдрэгч нь гаднын соронзон орны нөлөөгөөр идэвхэждэг мэдрэгч юм. Гаралтын дохио нь мэдрэгчийн эргэн тойрон дахь соронзон орны нягтын функц юм. Мэдрэгчийн соронзон урсгалын нягт нь урьдчилан тогтоосон босгоос хэмжээнээс давсан үед илрүүлж Hall Voltage (V_H)-ийн гаралтын хүчдэлийг үүсгэдэг. Гаралтын хүчдэл нь хүчтэй соронзон орны нөлөөнд автсан ч хэдхэн микровольт байж болох тул мэдрэгчийн дохиог сайжруулах зорилгоор тогтмол гүйдлийн өсгөгч, логик сэлгэн залгах хэлхээ, хүчдэлийн тогтворжуулагчтай байдаг [6].



Зураг 4. Соронзон орон мэдрэгчийн схем



Зураг 5. Соронзон орон болон хоорондох зайны хамаарал

Соронзон орон мэдрэгч нь аналог эсвэл тоон гаралттай байдаг. Аналоги дохиог өсгөгчийн гаралтаас шууд авч гаралтын хүчдэл нь соронзон оронтой шууд пропорциональ байна [7].

$$V_H = R_H \left(\frac{I}{t} * B \right) \quad (1)$$

V_H - гаралтын хүчдэл

R_H - Холл эффектийн коэффициент

I- Мэдрэгчээр дамжих гүйдэл

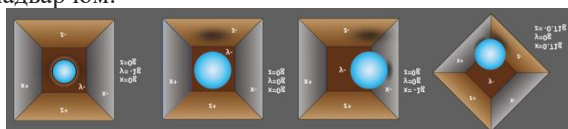
t-мэдрэгчийн зузааныг мм-ээр илэрхийлнэ

В- Теслас дахь соронзон урсгалын нягт

Соронзон орны хүч (Гаусс) нь мэдрэгчээс соронз хүртэлх зайнаас хамаарч буурдаг болохыг зураг 5-д үзүүлээ. Соронзон орон мэдрэгч нь соронзон орны өөрчлөлтийг цахилгаан дохио болгон хувиргадаг. Зай ихсэхэд соронзон орны хүч багасдаг.

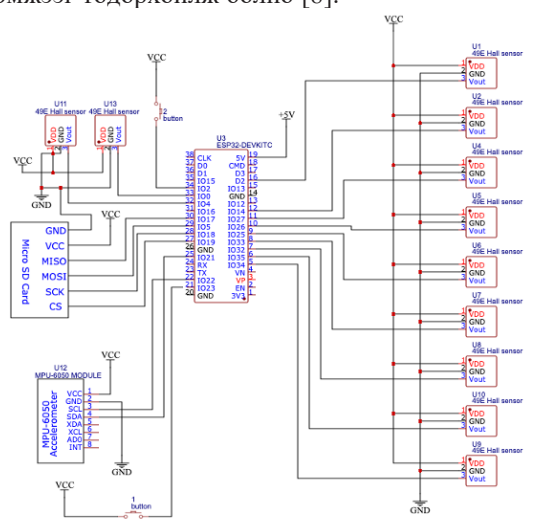
Хурлатгал хэмжигч модель

MPU-6050 нь 6 тэнхлэгтэй (3 тэнхлэгт гироскоп, 3 тэнхлэгт хурдатгал хэмжигчийг хослуулсан) хөдөлгөөнийг хянах төхөөрөмж юм. Хөдөлгөөн, хурдатгал, эргэлтийн өөрчлөлтийг илрүүлэх боломжтой. Акселерометр нь пьезо цахилгаан эффектийн зарчмаар ажиллаж зарим материалын механик үйлчлэлийн хариуд цахилгаан цэнэг үүсгэх чадвар юм.



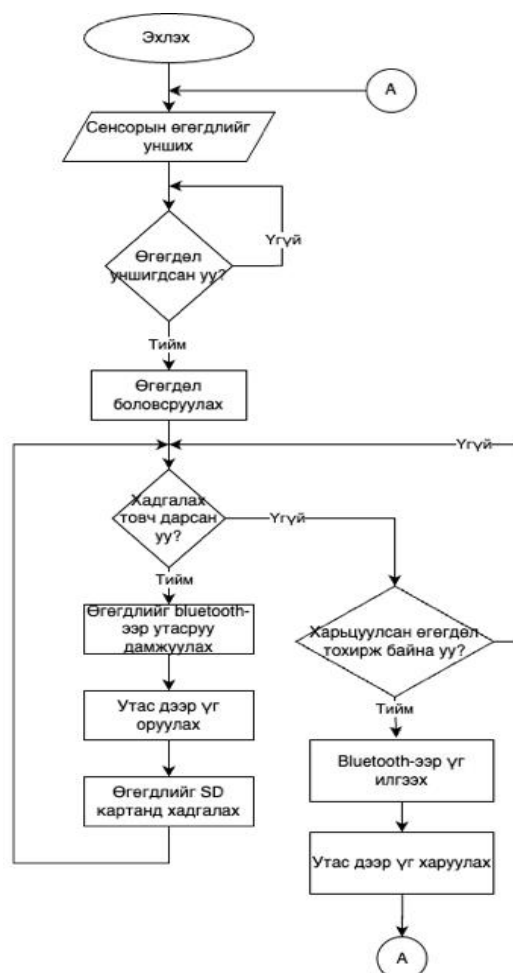
Зураг 6. MPU-6050 -ын ажиллах зарчим

Зураг бд дээрх шиг шоо хэлбэртэй хайрцгийг дотор нь жижиг бөмбөгтэй гэж төсөөлөөд үзвэл энэ хайрцгийн ханыг пьезо цахилгаан талстаар хийсэн. Хайрцгийг хазайлгах бүрд таталцлын нөлөөгөөр бөмбөг хазайсан чиглэлд шилжихээс өөр аргагүй болдог. Бөмбөлөг мөргөлдөж буй хана нь жижиг пьезо цахилгаан гүйдэл үүсгэдэг. Кубоид бүхэлдээ гурван хос эсрэг талын хана байдаг. Хос бүр нь 3D орон зай дахь тэнхлэгтэй тохирч байна: X, Y, Z тэнхлэгүүд. Пьезо цахилгаан хананаас үүссэн гүйдлээс хамааран бид налуугийн чиглэл, түүний хэмжээг тодорхойлж болно [8].



Зураг 7. Цахилгаан схем

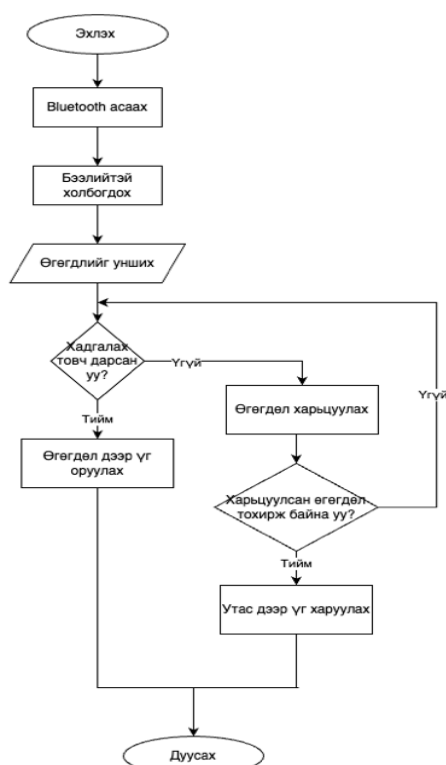
Зураг 7-д хөрвүүлэгчийн зарчмын схемийг харуулсан байна. Хөрвүүлэгч нь ESP32 нь холболтын утсаар 5В-оор тэжээгддэг.



Зураг 8. Хөрвүүлэгчийн алгоритм

49E болон MPU-6050 сенсорууд нь микроконтроллероос гарах 3.3В-оор тэжээгддэг. Эдгээр элементүүд мөн микроконтроллер дээр байрлах газардуулга дээр газардана. Харин Button1 нь 4 хөлтэй товч бөгөөд нэг хөл нь 3.3В-оор тэжээгддэг. Нөгөө хөл нь микроконтроллертой холбогддог [9]. Зураг 8-д хөрвүүлэгчийг эхлээд асааж дараа мэдрэгчүүдээс ирсэн өгөгдлүүдийг уншиж микроконтроллерт боловсруулалт хийгдэх эсийг шалгана. Микроконтроллер дээр урьдчилж бичсэн өгөгдөлтэй тохирч байвал өгөгдлийг bluetooth-ээр дамжуулахад бэлэн болно.

Bluetooth нь утастай холбогдож эхэлбэл өгөгдлийг утас руу дамжуулснаар программ дахиж эхэлнэ. Зураг 9-д утсанд дээрх хэвлэх алгоритмыг харуулсан байна. Энэ алгоритм нь утасны bluetooth-ыг асааж ESP32 -ын bluetooth-тэй холбогдсоноор өгөгдлийг дамжуулна.



Зураг 9. Утасны алгоритм

Урьдчилж бичсэн өгөгдөл дээр цагаан толгойн үсгүүдийг дамжуулахаар бичигдсэн байна.

III. СУДАЛГАА

Дохионы хэлийг хөрвүүлэгч бүтээхэд олон төрлийн мэдрэгч ашиглах боломжтой. Сарвууны хөдөлгөөнийг таних технологиуд нь өөр өөр зарчим дээр суурилсан байдаг тул үнэн зөв байдал, нарийвчлал, ажиллагааны найдвартай байдал, өртөг, хэрэглээний хүрээ зэргийг харгалзан тохиромжтой мэдрэгчийг сонгох шаардлагатай.

Хүснэгт 1. Судалгаа

Мэдрэгч	Үйл ажиллагааны зарчим	Давуу тал	Сул тал	Хэрэглээ
Уян сенсор	Хөдөлгөөнтэй хамт эсэргүүцэл өөрчлөгдөнө	Хурууны хөдөлгөөнийг мэдрэх боломжтой, хэрэглэхэд хялбар	Удаан хэрэглэснээр элэгдэл үүсэх магадлалтай, нарийвчлал дунд зэрэг	Хурууны хөдөлгөөн хэмжих, уян хатан мэдрэгчтэй хөрвүүлэгч
Хурдатгал хэмжигч (MPU-6050)	Хурдатгал, чиглэлийн өөрчлөлтийг мэдрэнэ	Хурууны ерөнхий хөдөлгөөн, чиглэл таних чадвартай	Жишээ хөдөлгөөн, нарийн байрлал илрүүлэхэд тохиромжгүй	Хурууны хөдөлгөөнийг хазайлт, чиглэлийг тодорхойлох
Vision (Камер+AI)	Дүрс боловсруулалтаар хөдөлгөөнийг таних	Дохионы хэлний хөрвүүлэхэд мэдрэгчгүйгээр ашиглах боломжтой	Гэрлийн нөлөөнд автах, бодит цагийн боловсруулалт өндөр нөөц шаарддаг	Хурууны том хөдөлгөөнийг таних, AI суурьтай систем
Соронзон мэдрэгч	Соронзон орны өөрчлөлтийг мэдрэх	Хурууны байрлал, өнцгийг тогтвортой хэмжих	Соронзон орны гадны нөлөөнд автамтгай	Хурууны үеийн өнцөг хэмжих, хурууны хөдөлгөөн тодорхойлох

Харилцааны хэрэгслийг сайжруулахад хөдөлгөөн, байрлал, өнцгийг өндөр нарийвчлалтай илрүүлэх мэдрэгч шаардлагатай. Дээрх харьцуулалтаас харахад:

-Flex Sensor нь хурууны хөдөлгөөнийг мэдрэх ч удаан хугацааны хэрэглээнд элэгдэл үүсэж болзошгүй.

-Accelerometer нь динамик хөдөлгөөнийг хянахад сайн боловч жижиг хөдөлгөөнийг бүрэн илрүүлж чадахгүй.

-Vision (камер + AI) нь өндөр түвшний боловсруулалт хийх боловч гэрэлтүүлгийн нөлөөнд амархан автдаг.

-Hall-effect Sensor нь сарвууны үеийн өнцгийг хэмжих боломжтой ч соронзон орчны гадны нөлөөнд мэдрэг.

-Stretch Sensor нь уян хатан, нарийвчлалтай боловч материалын элэгдэл хурдан явагдана.

-Magnetic Sensor нь өндөр нарийвчлалтай, хурууны хөдөлгөөн, сарвууны байрлалыг тогтвортой илрүүлэх чадвартай.

Дохионы хэлийг таних боломжтой 6 төрлийн мэдрэгчийг харьцуулж, хамгийн оновчтой шийдэл болох Magnetic Sensor-ийг сонгон автоматжуулсан хөрвүүлэгч бүтээх үндэслэлийг тодорхойллоо. Энэ нь хөдөлгөөн, хурууны байрлалыг өндөр нарийвчлалтай хэмжих, тогтвортой ажиллах, бодит цагийн боловсруулалт хийх давуу талтай тул сонсгол болон харааны бэрхшээлтэй хүмүүсийн харилцааг сайжруулах боломжтой технологи болохыг харуулж байна [10].

IV. ӨГӨГДЛИЙГ БОЛОВСРУУЛАХ

Дохионы хэлийг үсгэнд хөрвүүлэх хөрвүүлэгч системийн техник хангамж нь хэд хэдэн хэсгээс бүрдэнэ. Үүнд:

1. Хурууны үеийн өнцгийг бүртгэх соронзон орон мэдрэгч
2. Мэдээллийг хүлээн авч боловсруулах микроконтроллер
3. Боловсруулсан мэдээллийг дамжуулах USB холболтын утас эсвэл Bluetooth дамжуулагч
4. Боловсруулсан мэдээллийг гаргах боломжтой Android утас эсвэл компьютер

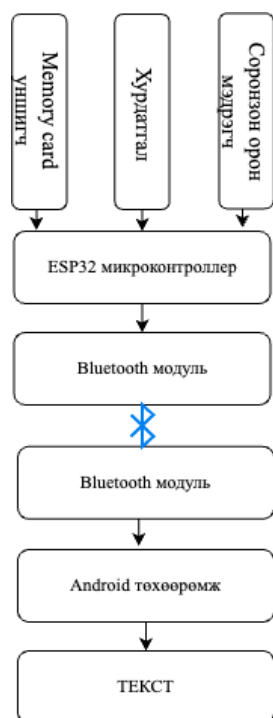
Зураг 10-д хөрвүүлэгчид суурилуулсан мэдрэгч нь сарвууны хөдөлгөөний өгөгдлийг бүртгэн дараа нь микроконтроллер өгөгдөл цуглуулах процессыг эхлүүлж, боловсруулсан өгөгдлийг Serial Peripheral Interface (SPI) интерфэйсээр хүлээн авч, USB холболтын шугам эсвэл Bluetooth дамжуулагчаар дамжуулан ухаалаг утсанд хүлээн авдаг. Эцэст нь утас сарвууны хөдөлгөөнийг текстэд хөрвүүлдэг. Автоматжуулсан хөрвүүлэгчийн ажиллах явцыг хурууны хөдөлгөөн нь тайван байдалд байх үеийн өнцгийг нь тэг градус гэж үзсэн. ESP32 нь хурдатгал болон соронзон мэдрэгчээс мэдээлэл хүлээн авдаг. Дараа нь ESP32 өгөгдлийг дохионы хэлийг таних кодыг ашиглан аливаа дохиог боловсруулахад ашигладаг.

Хүснэгт 2. Аналог гаралт

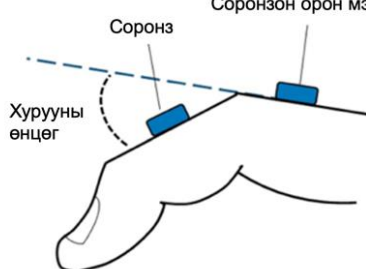
Өнцөг	Аналог гаралт
0°	2950<X<3100
45°	2500<X<2900
90°	2100<X<2450

Мэдрэгчээс ирсэн дохиог боловсруулсны дараа Bluetooth-ээр өгөгдлийг гаралтын бүрэлдэхүүн хэсгүүд илгээдэг. Хурдатгал ба соронзон орон

мэдрэгч нь нийт арван аналог оролтыг дамжуулдаг [11].



Зураг 10. Ажиллагааны бүдүүвч
Соронзон орон мэдрэгч



Зураг 11. Хуруун дээрх мэдрэгчийн байрлал

Дохионы хэл нь хурууны хөдөлгөөнөөр илэрхийлэгдэх тоон өгөгдлийг үг болгон хөрвүүлэгддэг. Тиймээс хурууны хөдөлгөөнийг өнцгийг кодлох боломжтой болсон. Хурууны хөдөлгөөн болох атгах үеийг 90^0 , тэнийлгэсэн үеийг 0^0 , хагас атгасан үеийг 45^0 гэсэн 3 хэсэгт хуваасан.

V. ҮР ДҮН БУЮУ ХЭРЭГЖИЛТ

Дохионы хэлийг автоматжуулах технологи нь сонсголын бэрхшээлтэй болон ярих чадваргүй хүмүүсийн харилцааг сайжруулах, нийгэмд илүү хүртээмжтэй орчин бүрдүүлэхэд чухал ач холбогдолтой. Энэхүү технологи нь AI, мэдрэгч, машин сургалт ашиглан дохионы хөдөлгөөнийг таньж, текст болон дуу хоолой болгон хөрвүүлдэг [12].

1. Сонсголын бэрхшээлтэй хүмүүст туслах

Ойлголцлыг хялбаршуулах – Сонсголын бэрхшээлтэй хүмүүс бусадтай амархан харилцах боломжтой болно.

Хэлний саадыг арилгах – Дохионы хэлийг мэдэхгүй хүмүүст зориулж бодит цагийн боловсруулалт хийгдэнэ.

Нийгмийн хүртээмжийг нэмэгдүүлэх – Хүн бүр хоорондоо үл ойлголцолгүй харилцах нөхцөл бүрдэнэ.

2. Боловсрол, эрүүл мэнд, ажлын байранд ашиглах

Боловсрол – Сонсголын бэрхшээлтэй сурагчид багшийн яриаг шууд ойлгож, сурах үйл явц сайжирна.

Эрүүл мэнд – Эмнэлгийн ажилтнууд дохионы хэлээр ярьдаг өвчтөнүүдтэй шууд харилцах боломжтой болно.

Ажлын байр – Хөгжлийн бэрхшээлтэй хүмүүс ажиллахад илүү хялбар болно.

3. Технологийн давуу тал

AI ба машин сургалт ашиглан илүү өндөр нарийвчлалтай боловсруулалт хийх

3D хөдөлгөөнт дүрслэлээр сарвууны хөдөлгөөнийг бодит цагт харуулах

IoT, ухаалаг төхөөрөмжтэй холбож, автоматжуулсан систем бий болгох

4. Дохионы хэлийг хүн бүрд ойлгомжтой болгох

Энэ технологи нь зөвхөн сонсголын бэрхшээлтэй хүмүүст зориулаагүй олон нийтийн үйлчилгээ (банкнууд, дэлгүүрүүд, засгийн газрын байгууллагууд), аялал жуулчлал, олон улсын харилцаанд ашиглах боломжтой юм [13, 14].

Хүснэгт 3. 35 үсгийн өгөгдөл

Үсэг	А	Е	Н	Й	Н	О	Р	У	Ш
Эрхий	>3000	<3000	<3100	>2800	>2800	>2800	>2800	>2800	<3100
Долоовор эхлэх	<2400	<2500	<2400	<2400	>2800	<2450	>2800	>2600	>2800
Долоовор сүүлийнх	<2400	<2800	<2800	<2800	>2800	<2600	>2800	>2600	>2800
Дунд эхнийх	<2300	<2500	<2400	<2400	>2800	>2900	<2400	<2500	>2600
Дунд сүүлийнх	<2400	<2700	<2900	<2900	>2800	>2900	<2700	<2600	>2600
Ядам эхнийх	<2400	<2500	>3000	>3000	<2500	>2500	>2800	<2600	>2800
Ядам сүүлийнх	<2600	<2600	>3000	>3000	<3050	>2900	>2900	<2800	>2900
Чигчий эхнийх	<2300	<2500	>3000	>3000	>2800	>2900	>2900	<2900	<2600
Чигчий сүүлийнх	<2300	<3000	>3000	>3000	>2800	>2900	>2900	<2900	<3000
Нийлэх	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Тягшлэг	-	-	<0	>0	-	-	-	-	<0

Үсэг	Ы	Ю	Ж	Ч	Б	С	Я	У	Д
Эрхий	<3000	<3100	>3000	>2900	<3000	>2900	<3050	<2800	>3000
Долоовор эхлэх	>2800	<2400	>2950	<2800	>3000	<2500	>2900	>2900	>2900
Долоовор сүүлийнх	>2800	<2600	<2700	<2700	>3000	>2900	<2900	>3000	>3000
Дунд эхнийх	<2600	<2400	>3000	>3000	>3000	<2500	<2800	>3000	>3000
Дунд сүүлийнх	<2700	<2600	<2600	<2600	<2600	>2800	>3000	>3000	>3000
Ядам эхнийх	<2600	<2500	>2800	<2600	<2600	<2500	>3000	<2600	<2600
Ядам сүүлийнх	<3100	<3100	<3000	<2900	<2900	>2800	<2600	<3100	<3100
Чигчий эхнийх	>2900	>2900	>2900	<2500	<2500	<2500	<3100	<2600	<2600
Чигчий сүүлийнх	>2900	>2900	>2900	<2500	<2500	>2800	<2500	<3000	<3000
Нийлэх	-	-	-	-	-	-	<2500	<2500	<2500
Тягшлэг	-	-	-	-	-	-	<0	<0	<0

Дохионы хэлэнд үсэг бүр өөр өөр хурууны хөдөлгөөн мөн гараа дээшээ доошоо хөдөлгөдөг тул мэдрэгчид ирэх аналог мэдээлэл нь үсэг бүрд өөр байна. Үүнийг дээрх хүснэгтэд үе бүр дээр суулгасан мэдрэгчийн тоон өгөгдлийг харуулав

VI. ДҮГНЭЛТ

Энэхүү судалгааны ажлын хүрээнд ESP32, Hall Sensor, MPU6050 мэдрэгчүүдийг ашиглан дохионы хэлийг таних, хадгалах, текстэд хөрвүүлэгчийн загварыг угсран туршилт хийлээ. Техникийн шийдлийн хувьд уг хөрвүүлэгч нь хуруу тус бүрийн хөдөлгөөнийг Hall Sensor, гарын бугуйн хөдөлгөөнийг MPU6050, өгөгдөл боловсруулах, хадгалах, дамжуулах үүргийг ESP32 микроконтроллероор гүйцэтгэж ажилладаг. Bluetooth-ээр холбогдож, гар утсанд таньсан үгсийг илгээх бөгөөд хэрэглэгч товчлуур ашиглан шинэ үг нэмэх боломжтой. Эдийн засгийн хувьд Vision-based камерын системээс 3-5 дахин бага үнэтэй, Flex Sensor суурьтай системээс илүү урт хугацаанд тогтвортой ажиллах, бага эрчим хүч зарцуулдаг зэрэг давуу талуудтай. Судалгааны үр дүнд өргөн хэрэглээний үгийг таних, хадгалах, Bluetooth-ээр утсанд илгээх боломжтой хөрвүүлэгч бүтээж сонсголын бэрхшээлтэй иргэдийн харилцааг хөнгөвчлөх, нийгмийн оролцоог нэмэгдүүлэхэд чухал ач холбогдолтой шийдэл болсон юм. Цаашид уг хөрвүүлэгчийг машин сургалтын алгоритм ашиглан олон үгийг таних, бодит цагийн дуу хоолой болгон хөрвүүлэх боломжийг хөгжүүлэх нь зүйтэй.

НОМЗҮЙ

- [1] World Health Organization (2022) – Сонсголын бэрхшээлтэй хүмүүсийн дэлхийн статистик, асуудлууд
- [2] Монгол Улсын Сонсголын Бэрхшээлтэй Иргэдийн Холбоо (2021) – Монгол дахь нөхцөл байдал, хүртээмжийн асуудал
- [3] American Speech-Language-Hearing Association (2021) – Харилцааны саад, дохионы хэлний хэрэглээ

- [4] Chen F., Wang Y., & Liu X. (2020) – Sign Language Recognition System Based on Machine Learning and Sensor Technology
- [5] Лхагвасүрэн Д., Жаргалсайхан С. (2018). *Хүний Анатоми* (2-р хэвлэл). Улаанбаатар: Монсудар.
- [6] Popovic, R. S. (2004). *Hall Effect Devices: Magnetic Sensors and Characterization*. Taylor & Francis
- [7] Монгол Улсын Их Сургууль, Электроникийн тэнхим. (2015). *Микроконтроллер ба мэдрэгчүүдийн хэрэглээ*. Улаанбаатар: МУИС.
- [8] Hazman M. A. W., Nordin, I. N. A. M., Noh F. H. M. Khamis, N., Razif, M. R. M., Faudzi, A. A., & Hanif, A. S. M. (2020). IMU sensor-based data glove for finger joint measurement. *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science*, 20(1), 82–88.
- [9] Kim B., & Choi D. (2022) – Digital Signal Processing and Machine Learning Algorithms
- [10] Maqbool, H. F., Husman, M. A. B., Awad, M. I., & Iqbal, K. (2016). Wearable technologies for hand joints monitoring for rehabilitation: A survey. *Microelectronics Journal*, 59, 20–33.
- [11] Xu, W., & Yu, C. (2019) – Smart Glove with Wireless Connectivity for Motion Recognition
- [12] Brown, T., & Smith, R. (2020) – AI, Machine Learning Applications, and Accessibility Technologies
- [13] Miller, J. A. (2018) – Human-Computer Interaction (HCI) and Accessibility Research
- [14] Jones, L., & Patel, R. (2020) – IoT and Smart Device Accessibility Technologies

**БАЙГАЛИЙН УХААН,
ХЭРЭГЛЭЭНИЙ ШИНЖЛЭХ
УХААНЫ САЛБАР**

ГОВЬ ХЭЭРИЙН БҮСЭД АГААРЫН ЧИЙГИЙГ АШИГЛАН ХУУРАЙ САЙРЫН ҮҮСГЭМЭЛ ХУРДАСТ УСАН САН БАЙГУУЛАХ БОЛОМЖИЙН СУДАЛГАА

Ганбаатар Соджавхлан¹, Наранцогт Насанбаяр²

Монгол Улс, Улаанбаатар, ШУТИС, Барилга архитектурын сургууль, Инженерийн байгууламжийн салбар

nasanbayar.narantsogt@must.edu.mn, sodjavkhlanganbaatar10@gmail.com

Хураангуй

Говь хээрийн худаг усгуу бүс нутагт бэлчээрийг бүрэн ашиглахад хүндрэлтэй нөхцөл үүсдэг. Иймээс ерийн жилийн давтамж болон орох хур тунадасны хэмжээ эрс нэмэгдэж буй сүүлийн жилүүдэд байгалийн тогтоц бүхий тойромыг ардын хөв цөөрөмөөр хуримтлуулан нөхөн сэргээгдэх, хэрэглээний усны эх үүсвэр болгох нь ихэссэн ч бэлчээрийн болоод байгалын тогтоц, улирлын зөрүүнээс шалтгаалан иргэдийн хэрэглээг бүрэн хангах боломжгүй байна. Иймд дээр дурдсан хүчин зүйлүүдийг үл хамааран аль ч цаг үед, агаарын чийгшилтийг хөргөх, ус гаргаж авах технологийг усны барилга байгууламж бүхий хөв цөөрөмтөй хослуулан байгуулах нь усны эх үүсвэрийн хомсдолд орсон говийн бүс нутагт хамгийн хэрэгцээтэй агаад тохиромжтой шийдэл болно. Улиралын чанар агаарын чийгшилтийн нөлөөгөөр гарцийн хэмжээ хэлбэлзэх боломжтойч гадаргын болон газрын доорх ашиглах боломжит усны нөөцийг урт хугацаандаа нэмэгдүүлэх, аймаг сумдын засаг захиргаад, усны экологи-эдийн засгийн үнэлгээнд тулгарах дарамтийг бууруулахад оруулах хувь нэмэр нь байнгийн ундарга бүхий жижиг булагтай дүйцэхүйц байна.

Түлхүүр үг: Говь, чийгшил, хуримтлуулах, агаар, байгууламж

I. УДИРТГАЛ

Газрын доорх усны ашиглалтын нөөц гэдэг нь голын гадаргуугийн усаар болон хур тунадсаар нөхөн сэргээгддэг динамик ашиглалтын нөөц байна. Гадаргын усны томоохон нөөц, гол мөрөн, хур тунадас багатай говийн бүс нутагт энэ нь нөхөн сэргээгдэхгүй болоод сэргээгдсэн тохиолдолд хэдэн мянган жилээр тооцогдох байгалийн үнэт баялагт зүй ёсоор багтана.

Говийн бүсдээ ус хэрэглэгч, ашиглагч болон хэрэглээний хэмжээгээрээ нэг дүгээрт бичигддэг Өмнөговь аймгийн Даланзадгад сумын нутаг дэвсгэрт 10557 (арван мянга таван зуун тавин долоо) өрөмдмөл болоод энгийн уурхайн, богино яндант худгууд ашиглагдаж байна.

Орчин үеийн шинэлэг инноваци бүхий худгуудыг барих нэн шаардлагатай дээр нөхөн сэргээгддэг гадаргуудийн усыг усны эх үүсвэр болгон ашиглах инженерийн шийдэл бүхий барилга байгууламжийг төлөвлөх хэрэгцээ үүсэж байна.

Хур бороо багатай бүс нутгуудад баригдсан хөв цөөрөмүүд нь цаг уурын өөрчлөлтөөс хамааран байнгын урсацтай байх нь ховор байна. Үүнд тулгуурласан “атмосфере ватер генератор” буюу агаарын чийгшилээс ус гарган авах технологийг түр зуурын урсацтай хуурай сайр бүхий газар элсэн грунттай боомтуудад нэмэлтээр байрлуулан нөхөн сэргээгдэх нөөц бүхий уст цэгийг бүтээх боломжтой. усны шинжилгээнд хамруулсанаар ундны усанд ч ашиглах боломжтой

Энэ төхөөрөмж нь байгалын зохилдолгоо буюу говь цөл дундах баянбүрдийн ус татах конденсацийн үзэгдэл дээр үндэслэн бүтээгдсэн. Монгол орны хувьд Өмнөговь аймгийн Сэврэй суманд

байршилтай Хонгорын гол (зураг 1), Завхан аймгийн Эрдэнэхайрхан суманд байршилтай Мухартын гол (зураг 2) гэх мэт нь байнгын ундаргатай булаг бүхий баянбүрдүүд байна.



Зураг 1. Хонгорын элсэн манхан ба Хонгорын гол

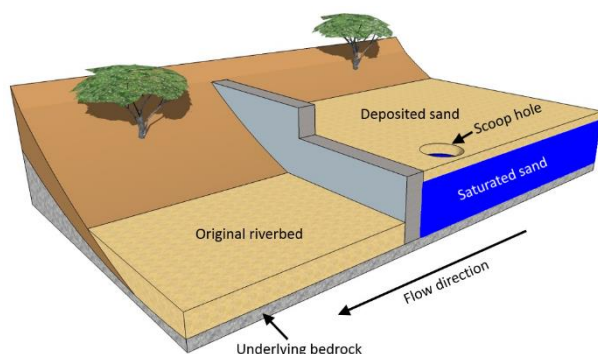
Эдгээр баянбүрд нь шөнийн сэрүүнд агаар хурдан хөрөх ба харин элсэн манхан удаан хөрж дулаанаа хадгалан, температур, даралтын зөрүү үүсгэнэ.



Зураг 2. 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 сорн агаарын чийгийг элсэн сангийн ёроолд конденсацид оруулан ус гаргаж авах технологи юм.



Зураг 3. Хуурай сайрын элсээр дүүргэсэн боомт

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 салхиний эрчимийг ашиглан механик хөдөлгөөнөөр агаарийг татан оруулж байгалийн конденсацаар усыг ялган үлдээж, хөрсөн агаараа голд байрлах хоолойгоор дээш түрэн гаргах (зураг 4) боломж бүхий шийдэлтэй юм. Энэ хосолмол хуурай сайрын элсэн боомт, агаар сорох төхөөрөмжийг хуурай сайрт байршуулан ус гарган авах явдал нь энэ сэдвийн гол зорилго болно.



Зураг 4. 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.

II. ТЕХНОЛОГИ БА ОНОЛ

A. Технологи

(Atmosphere water generator) “атмосфере ватер генератор” нь агаар дахь чийгшилээс халуун хүйтэний 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 (гурван метр сэкүнд)ээс дээш аль ч бүс нутагт тооцоо судалгааны үндсэн дээр байгуулж болно.

Нэгдсэн үндэсний байгууллагийн гаргасан зөвлөмж дээр 40 (дөчин хувь аас) өөс 60 (жаран) хувын чийгшилтэй орчинд хүн амьдрахад хамгийн тохиромжтой гэж үзэж хэрэглээний өмнөх заалтын хамгийн бага утгыг 40 (дөчин) хувь гэж авч үзсэн боловч түүнээс бага чийгшилтэй орчинд гарц багатай боловч ашиглах боломжтой.

III. АРГА ЗҮЙ

Өвлийн улиралд хөрс хөлдөх буюу 0 градусаас бага температуртай болох үед бүр цаашлаад газар доорх температур мөн адил 0 болон түүнээс доошлох үед ус хуримтлуулах цэгт хөлдөх процесс явагдаж үүсгэвэр болон хураан авах тэнхлэгийг гацаах өндөр эрсдэлтэй. Мөн тус цаг хугацаанд агаарын чийгшилийн хэмжээ эрс багасдаг агаад үүнд тулгуурлан цас мөсийг шүүрүүлж цэвэршүүлэн ус хуримтлуулах цэгт хүргэх зориулалттай нарийн ширхэг бүхий хайрга дайрга элсэнцэрээр шороон боомтийг дүүргэх нь зуны хур бороог мөн адил шингээж ууршилтыг багсган шүүрлээр цэвэршүүлэх боломжийг олгох юм. Малчин өрх гишүүдийн тооноос хамааран өдөрт хамгийн багадаа 50-аас дээш литр усыг ахуйн хэрэглээндээ ашигладаг гэж үзэн усны гарцийг 300л/хоног болон түүнээс дээш байхаар тооцоолов. Агаарын температур хорин градус байхад 1м3 агаарт агуулагдах чийгийн хэмжээ 100 хувын чийгшилтэйгээр 17.3г/м3 байна [2]. Газарзүйн цаг уурийн өгөгдөл болох 40хувын чийгшилээр авч үзвэл 6.92г/м3 юм.

$$\frac{1}{0.00692\text{литр}} = 144.50\text{м}^3$$

$$144.50\text{м}^3 * 300\text{литр} = 43350\text{м}^3$$

Мөн ашиглалтийн коэпцентийг 30 хувь гэж үзвэл

$$43350\text{м}^3 * 3.33 = 144355.5\text{м}^3$$

Иймд 144355м3 агаарийг 24 цагт татан оруулсанаар бид хоногт 300 литр ус гарган авах нөхцөл бүрдэнэ.

Энэ нь 1м/с хурдтай салхины үеийн хэмжээ бол орчины мэдээ дээрх минимум утга 4.5м/с салхины хурдтай байх тул.

$$144355.5\text{м}^3/24\text{цаг}=6014.8125\text{м}^3/\text{цаг}$$

$$6014.8125\text{м}^3/\text{цаг} * 4.5\text{м/с} = 27066.65$$

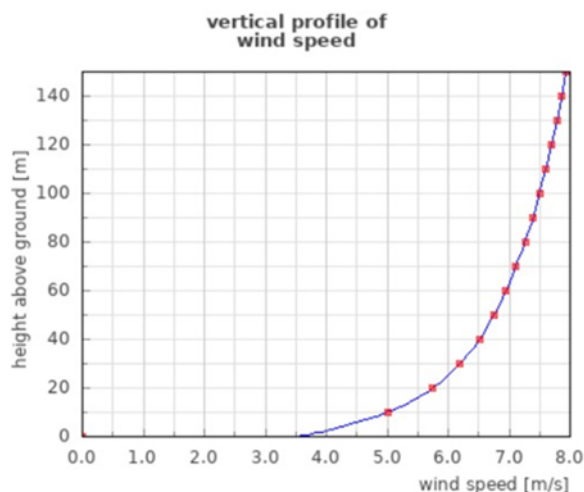
Өмнөговь аймагын даланзадгад сумын нутагт өдөрт дунджаар 649599.7488м³ агаар шууд ирэх боломжтой буюу хэрэгтэй агаарын урсгалийг бүрдүүлж чадаж байна. Үүнд тулгуурлан төхөөрөмжийн оролтын диаметрийг тодорхойлвол [3].

$$\frac{6014.8125\text{м}^3/\text{цаг}}{3600} = 1.67\text{м}^3/\text{с}$$

Үүнээс оролтын хоолойн эзэлхүүнээс хамааруулан гаралтын хоолойн диаметрийг болон эзэлхүүнийг тодорхойлож олсоноор нийт дамжуулах шугамийн хэрэгцээт өргөнийг гаргаж авна .

$$D_2 = \sqrt{\frac{1.67\text{м}^3/\text{с}}{3.14*5\text{м/с}}}, D_2 = 0.56\text{м}, s_2 = 0.331\text{м}^2$$

Иймд оролт болон гаралтын нийт диаметр 1.596м байна . Нийт диаметр ээс хамааран конденсацын танкны диаметрийг 3.99 ≈ 4 метр ээр тооцов. Мөн салхины дайран өнгөрөх хэмжээ хэрэгцээт хэмжээнээс 4.5 дахин их буй тул усны савны багтаамжийг хамгийн багадаа 4500 литр багтаамжтай байхаар төлөвлөх хэрэгтэй ингэснээр максимум утгаар ус хуримтлуулсанч 3 хоногийн хугацаанд ус шавхах шаардлаггүй болно.



Зураг 5. Газраас өндөрт байх салхины хурд

Агаарын чийгшил өндөр байх үед усны конденсацын хасах температурт ч явагдаж болно. Хөрсны болон газрын доорх дулааны солилцоо мөн харилцан үйлчлэлийг харгалзан үзэж ус хуримтлуулах сав байршуулахад хамгийн тохиромжтой гүнийг бүс нутагын хөлдөлтийн гүн болоод төхөөрөмжийн хөргөлтийн чанараас хамааруулж 3 аас 5 метр гүн хэмээн тодорхойлж бусад тооцоонд ашигласаны дагуу хамгийн бага утга 3 метрээр тооцов . Салхины хурд нь газар зүйн онцлог болоод чийгшил агаарын даралт, улирлийн чанар гэх мэт үндсэн

шалтгаануудийн уламаас газраас дээш холдох тусам нэмэгдэх боломжтой[4]. Өмнөговь аймагийн Даланзадгад сумын хувьд хөрснөөс дээш 10 метр т салхи 1м/с ээс 3м/с хүртэл нэмэгдэн хурдлах боломжтойг[5] жишээ зураг[1] дээр үзүүлэв. Энэ өндөрт конденсацын танкийг байршуулсанаар тоос шороо хоолой руу орж ус хадгалан саванд лаг шавар үүсэх нөхцөлөөс тодорхой хэмжээнд хамгаална . Мөн 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 төмөр бетон оор хашиж буух шат тусгаарлах тасалгаа зэрэгийг нэмэлтээр хийх шаардлагатай. Салхин турбин бүтэц бүхий конденсацын танк доторх үлээлтийн сэнсийг менахик энергээр эргүүлэх үүрэгтэй оройн хэсэгт байрлах төхөөрөмжнөөс гарах ус нь ундны усны стандартыг бүрэн хангах боловч хавар зуны улиралд буух үерийг шүүх зориулалттай хайрга дайрагаар дамжин өнгөрөх тул хэрэглээний ус хангамжинд шууд ашиглаж харин ундны усанд эрүүл ахуйн шинжилгээд зайлшгүй хамруулж байж ашиглах хэрэгтэй дээр гүнд байрлах ус цуглуулах савтай шууд хүрэлцэн орших тул тодорхой хугацаанд тогтмол лаг шавар нэвчсэн эсэхийг шалгах нь ашиглалтын хугацааг нэмэгдүүлнэ.

Дүгнэлт

Жилийн ямар ч улиралд ундны усны болоод хэрэглээний усны эрүүл ахуйн стандартад нийцсэн цэвэр ус олборлох боломж бүхий хөв цөөрмийн барилга байгууламжуудийг байгуулах хэрэгтэй байна. Монгол орны хамгийн хуурай газар нутаг болох говийн бүс нутагт гадаргийн болоод газрын доорх усыг олборлох найдвартай эх сурвалж нь агаарын чийгийг хуримтлуулах усан сан байна. Үүнийг түр зуурын урсцацтай хуурай сайрт боомт барьж элсээр дүүргэж агаарын чийгийг ус болгон хуримтлуулах технологийг байршуулсанаар сард дунджаар 30 гаруй тонн цэвэр усыг олборлох боломжийг бүрдүүлэнэ. Зөвхөн говь гэлтгүй Монгол орны аль ч бүс нутагт тооцоо судалгааны үндсэн дээр төрөл бүрийн хэмжээгээр олноор үйлдвэрлэж усан сан байгуулах боломжтойгоороо онцлог юм.

НОМ ЗҮЙ

- [1] Статистикийн мэдээллийн нэгдсэн сан
- [2] <https://usug.ub.gov.mn/>
- [3] Барилгын норм ба дүрмийн эмхэтгэл
- [4] ResearchGate.net Nasanbayar Narantsogt гадаргуугийн сэргээгддэг усаар уурхайн ус хангамж, нууруудыг байгуулах судалгаа 2023 оны 10-р сар
- [5] "Handbook of Thermodynamics", "Atmospheric Science: An Introductory Survey"
- [6] Research articles on atmospheric water generators (AWG), e.g. Journal of Water Resource and Protection
- [7] www.sciencedirect.com/wind/profile
- [8] <https://wind-data.ch>

ЗАЙНААС ТАНДАН СУДЛАЛЫН АРГАД ҮНДЭСЛЭН, БЭЛЧЭЭРИЙН ТӨЛӨВЛӨЛТӨД АШИГЛАХ СУУРЬ ЗУРАГЛАЛЫГ БОЛОВСРУУЛАХ НЬ

Ганбаатарын ХУЛАНГОО¹, Доржсүрэнгийн МАРАЛМАА¹, Батаагийн ЖАВЗАНДУЛАМ¹

¹Монгол Улс, Улаанбаатар, ШУТИС, Геологи, уул уурхайн сургууль, Геодезийн салбар

Холбоо барих зохиогчийн и-мэйл хаяг: javzandulam@must.edu.mn

Хураангуй: Монгол Улсын хэмжээнд бэлчээрийн газрын төлөв байдлын өөрчлөлтийг бэлчээрийн мониторингийн 5166 цэгт үндэслэн гаргадаг нь учир дутагдалтай. Тухайлбал, Дорнод аймгийн хэмжээнд 243 бэлчээрийн мониторингийн цэг байдаг бөгөөд энэ нь тухайн аймгийн 14 сумын бэлчээрийн төлөв байдлыг төлөөлөхөд хангалтгүй юм. Энэхүү асуудлыг оновчтой шийдвэрлэхийн тулд улсын хэмжээнд зайнаас тандан судлалын аргад үндэслэн, бэлчээрийн төлөвлөлтөд ашиглах суурь зураглалыг боловсруулах нь чухал. Иймээс зайнаас тандан судлалын аргад үндэслэн, бэлчээрийн төлөвлөлтөд ашиглах суурь зураглалыг боловсруулах арга зүйг гарган авч Дорнод аймгийн Баянтүмэн сумын нутаг дэвсгэрт туршсан. Уг арга зүй нь хиймэл дагуулын мэдээг боловсруулан растер зургийн давхцуулалтыг тус бүрийн ач холбогдлоор нь жинлэх дүн шинжилгээний аргад тулгуурлан хийж байгаагаараа онцлогтой. Туршилт судалгааны ажилдаа Америкийн Нэгдсэн Улсын ландсат 8 хиймэл дагуулын 2016, 2020, 2024 оны мэдээ, малчдын байршлыг тодорхойлсон хээрийн судалгааны өгөгдөл, статистикийн 2010-2023 оны малын тоон мэдээ, газрын нэгдмэл сангийн 2020 оны мэдээ болон уур амьсгалын 2010-2021 оны мэдээ зэргийг ашигласан бөгөөд гарган авсан арга зүйн схемийн дагуу газрын бүрхэвчийн ангиллын зураглал, ургамлын нормчлогдсон ялгаврын индексийн зураглал болон бэлчээрийн биомассын зураглалыг гарган авав. Эдгээр зураглалуудыг нийтлэг шинж чанар болон ач холбогдлоор нь жинлэх дүн шинжилгээний аргаар давхцуулан эцсийн үр дүн болох Дорнод аймгийн Баянтүмэн сумын бэлчээрийн төлөвлөлтөд ашиглах суурь зураглалыг гарган авсан. Уг суурь зураглалаас тухайн салбарын шийдвэр гаргагч болон мэргэжилтэн, судлаачид ашиглаж болох дараах чухал өгөгдлийг гаргалаа. Дорнод аймгийн Баянтүмэн сумын бэлчээрийн газар нь 801575.2 га буюу нийт талбайн 96%-ийг эзэлдэг бөгөөд нийт бэлчээрийн газрын 10% буюу 80553.2 га нь хүчтэй доройтсон, 10.1% буюу 81145.2 га нь дунд зэрэг доройтсон, 5.1% буюу 40670.5 га нь доройтож эхэлсэн байна. Энэхүү гаргаж авсан зураглал болон өгөгдөл мэдээнд тулгуурлан цаашид нарийвчилсан бэлчээрийн төлөвлөлтийг хийх бүрэн боломжтой.

Түлхүүр үг: *NDVI – Ургамлын нормчлогдсон ялгаврын индекс, NIR – Ойрын нэл улаан туяаны муж*

I. УДИРТГАЛ

Уур амьсгалын өөрчлөлтийн тухай НҮБ-ын суурь конвенцийн Парисын хэлэлцээрийг Монгол Улс 2016 онд соёрхон баталсан. Тус хэлэлцээрийн дагуу гишүүн улсууд хүлэмжийн хийн ялгарлыг бууруулах үндэсний зорилтоо тодорхойлон, хэрэгжүүлэх үүрэг хүлээжээ. Парисын хэлэлцээр 2020 оноос хэрэгжиж эхэлсэнтэй холбогдуулан, гишүүн улсууд үндэсний тодорхойлсон хувь нэмрийг шинэчлэн тодорхойлж, цаашид таван жил тутамд зорилтыг ахиулан, хэрэгжилтийг тайлагнах үүрэгтэй. Энэхүү баримт бичгийн хүрээнд Монгол Улс үндэсний зорилтоо шинэчилж, хүлэмжийн хийн ялгаралтын хэмжээг бууруулахаар өмнө нь дэвшүүлсэн зорилтоо ахиулан тодорхойлж, уур амьсгалын өөрчлөлтийн улмаас учрах сөрөг нөлөө, эрсдлийг багасгах, түүнд дасан зохицоход чиглэсэн арга хэмжээг тодорхойлов.

Монгол Улс 2014 оны байдлаар жилд 34,482.73 мянган тонн нүүрсхүчлийн хийтэй дүйцүүлсэн хэмжээний хүлэмжийн хий ялгаруулж байгаагийн 50.08% нь эрчим хүч, 48.51% нь хөдөө аж ахуй, 0.95% нь аж үйлдвэр, үлдсэн 0.46% нь хог хаягдлын салбараас ялгарч байна [1].

Энэхүү хүлэмжийн хий ялгаруулалтыг шингээхийн тулд Монгол Улсын Ерөнхийлөгчийн зарлигаар 2021 оноос эхлэн, 2030 он хүртэл тэрбум

мод тарих үндэсний хөдөлгөөнийг эхлүүлсэн байдаг [2].

Түүнчлэн нийт хүлэмжийн хий ялгаруулалтын 48.51%-ийг эзэлж байгаа хөдөө аж ахуйн салбараас гарч байгаа хүлэмжийн хий ялгаруулалтыг багасгах хэрэгтэй. Хөдөө аж ахуйн салбараас ялгарч байгаа хүлэмжийн хийн ялгаралтыг багасгах хамгийн үр дүнтэй арга нь бэлчээрийн төлөвлөлтийг оновчтой хийх юм.

Сүүлийн жилүүдэд малчдын хувьд нутаг бэлчээрээ сэлгэхгүй ашигласнаар бэлчээрийн газар талхлагдах, цөлжих зэргээр хүлэмжийн хий ялгаруулалтыг ихэсгэж байна [3].

Иймээс бэлчээрийн төлөвлөлтийн тухай ойлголтыг малчдад болон шийдвэр гаргагчдад ойлгуулахын өмнө одоогийн бэлчээрийн төлөв байдал, нөхцөлийг харуулсан, зөвхөн тухайн баг, сум, аймгийнх нь хэмжээнд бус бүс нутаг, улсын хэмжээнд суурь зураглалыг гаргаж ойлголтыг нэгдсэн байдлаар өгөх хэрэгцээ шаардлага үүсэж байна.

Энэхүү бодлогын хэмжээн дэх ойлголтыг зөвхөн Монгол Улсын хэмжээнд байгаа 5166 бэлчээрийн мониторингийн цэгт үндэслэн бэлчээрийн газрын тохиромжтой байдлын үнэлгээ хийх аргаар хийж, илэрхийлэх нь учир дутагдалтай [4].

Тиймээс 1972 оноос хойш хурдацтай хөгжсөн зайнаас тандан судлалын аргад суурилан, бэлчээрийн төлөвлөлтөд ашиглах суурь зураглалыг боловсруулах арга зүйг гаргаж авах нь чухал юм. Энэ нь одоо мөрдөгдөж байгаа аргачлалыг хиймэл дагуулын мэдээ, өндөр болон дунд нарийвчлалын хиймэл дагуулаас тодорхойлох боломжтой малчдын байршлын мэдээгээр сайжруулан, хиймэл дагуулын мэдээнээс боловсруулан гаргаж авсан растер зураглалуудыг нийтлэг шинж чанар болон ач холбогдлоор жинлэх дүн шинжилгээний аргаар давхцуулах юм.

Энэхүү гаргаж авсан зайнаас тандан судлалын аргад үндэслэсэн бэлчээрийн төлөв байдлын одоогийн зураг болон өмнөх онуудын суурь зураглалыг малчид болон шийдвэр гаргагчид нэгдсэн нэг ойлголтоор хоорондох өөрчлөлтийг харьцуулах замаар улсын хэмжээнд ойлгох юм.

Суурь зураглалаас талууд нэгдсэн ойлголттой болсноор цаашид суурь зураглалаа ашиглан, тухайн мэргэжлийн салбар нь бэлчээрийн нарийвчилсан төлөвлөгөөг хийж, талууд хэрэгжилтийг амжилттай хангах болно. Үр дүнд нь малчид уламжлан ирсэн сэлгэн нүүлтийг хийснээр улсын хэмжээнд хүлэмжийн хий ялгаруулалт буурах, шингэх ач холбогдлыг бий болгож, үндэсний зорилтдоо хүрнэ.

II. СУДАЛГААНЫ МАТЕРИАЛ, АРГА ЗҮЙ

1. Судалгааны материал

Судалгаандаа дараах мэдээ, материалыг ашигласан. Үүнд:

- Ландсат 8 хиймэл дагуулын 2016, 2020, 2024 оны мэдээ
- Малчдын байршлыг тодорхойлох хээрийн судалгааны өгөгдөл
- Статистикийн 2010-2023 оны тоон мэдээ (Малын тоо)
- Газрын нэгдмэл сангийн мэдээ, 2020 он
- Уур амьсгалын 2010-2021 оны мэдээ (Хур тунадас, температур)

2. Судалгааны арга зүй

Зайнаас тандан судлалын аргад үндэслэн бэлчээрийн төлөвлөлтөд ашиглах суурь зураглалыг боловсруулахдаа Зураг 1-д харуулсан судалгааны арга зүйн схемийг хэрэглэсэн. Зураг 1-д харуулав.



1-р зураг. Зайнаас тандан судлалын аргад үндэслэн бэлчээрийн төлөвлөлтөд ашиглах суурь зураглалыг боловсруулах арга зүйн схем

Малчдын байршлыг тодорхойлох: Малчдын байршлыг суурин нөхцөлд дунд болон өндөр нарийвчлалын хиймэл дагуулын мэдээ ашиглан тодорхойлно. Эсвэл хээрийн судалгаагаар GPS хэрэглэн тодорхойлж болно.

Бэлчээрийн даанч тодорхойлох болон бэлчээрийн даанцын үнэлгээ хийх: Бэлчээрийн даанцыг тодорхойлох болон үнэлгээ хийхдээ “Малын бэлчээрийн даанч тодорхойлох аргачлал” (УСХ, ХХААХҮЯ, БОАЖЯ, 2019 оны А/113, А/250, А/422 тушаал)-д үндэслэн, ArcGIS Pro 3.4 программын Field calculator хэрэгслийг ашигласан [5].

Хиймэл дагуулын мэдээ боловсруулалт:

• Газрын бүрхэвчийн ангилал

Газрын бүрхэвчийн ангиллыг олон сувгийн мэдээ хүлээн авдаг хиймэл дагуулын мэдээгээр хийнэ.

• Ургамлын нормчлогдсон ялгаврын индекс

Хиймэл дагуулын мэдээ ашиглан, ургамлын нормчлогдсон ялгаврын индекс/NDVI болон ургамлын ургац буюу биомассыг тодорхойлсон [6].

$$NDVI = (NIR - Red) / (NIR + Red) \quad (1)$$

NDVI – Ургамлын нормчлогдсон ялгаврын индекс

NIR – Ойрын нэл улаан туяаны муж

Red – Үзэгдэх улаан гэрлийн муж

• Бэлчээрийн биомассыг тодорхойлох

Бэлчээрийн биомасс болон бэлчээрийн биологийн ургацыг тодорхойлохдоо ургамлын нормчлогдсон ялгаврын индекс тооцсон үр дүнд суурилан, ArcGIS Pro 3.4 программыг ашиглан тооцсон. Биомассыг тооцоолох загварыг спекторрадиометрийн нэмэлт хэмжилтийн өгөгдлийг ашиглан сайжруулах боломжтой. Хүснэгт 1 дэх “e” нь иррациональ тоо, ойролцоогоор 2.72 утгатай. “e” нь бүх тасралтгүй өсөн нэмэгдэж буй процессуудын хуваалцсан өсөлтийн суурь хурд юм.

БЭЛЧЭЭРИЙН БИОМАСС ТООЦОХ ЗАГВАР

1-р ХҮСНЭГТ

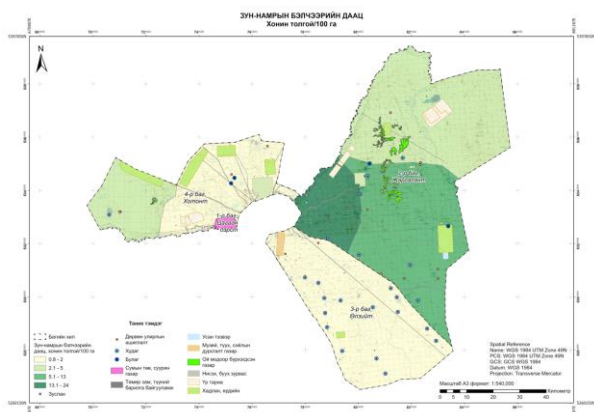
№	Байгалийн бүс, бүслүүр	Бэлчээрийн биомасс, г/м2
1	Өндөр уулын бүс	Биомасс = $388.43 \times NDVI2 - 176.42 \times NDVI + 43.054$
2	Уулын ойт хээрийн бүс	Биомасс = $16.559 \times e^{(3.0014 \times NDVI)}$
3	Хээрийн бүс	Биомасс = $19.535 \times e^{(3.0232 \times NDVI)}$
4	Цөлийн хээрийн бүс	Биомасс = $137.1 \times NDVI + 9.2753$
5	Цөлийн бүс	Биомасс = $336.75 \times e^{(-19.34 \times NDVI)}$

• Уур амьсгалын мэдээ боловсруулалт

Цаг агаар гэдэг нь агаар мандлын богино хугацааны өөрчлөлтийг хэлдэг бол, уур амьсгал нь тухайн газар нутгийн удаан хугацааны цаг агаарын ерөнхий төлөв байдлыг тодорхойлдог.

Бид судалгаандаа хэрэглэхийн тулд Зүүн Английн Их Сургуулийн Уур амьсгалын судалгааны албанаас гаргадаг уур амьсгалын олон жилийн хугацааны мэдээг татаж авсан. CRU TS (Climate

3-р зураг. Дорнод аймгийн Баянтүмэн сумын өвөл-хаврын бэлчээрийн даацын зураглал хонин толгой/100 га



4-р зураг. Дорнод аймгийн Баянтүмэн сумын зун, намрын бэлчээрийн даацын зураглал хонин толгой/100 га

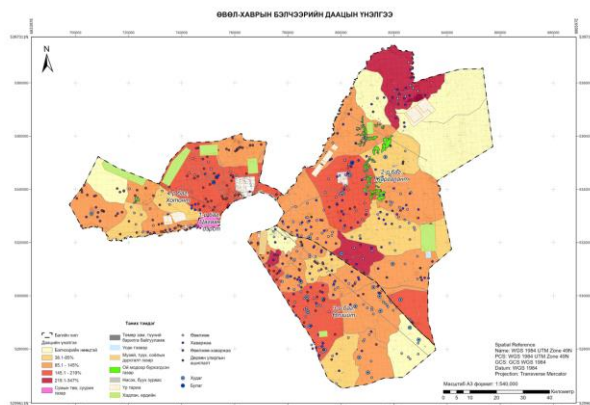
3. Дорнод аймгийн Баянтүмэн сумын бэлчээрийн даацын үнэлгээний зураглал

Баянтүмэн сумын өвөл, хаврын бэлчээрийн даацын үнэлгээгээр бэлчээрийн нөөцтэй талбай 155553 га нийт бэлчээрийн 20%-ийг, 38-85% буюу бэлчээрийн даац 0.38-0.85 хувийн ашиглалттай бэлчээрийн талбай 94724 га, нийт бэлчээрийн 12 хувь, 100-145% буюу бэлчээрийн даац 1.0-1.45 дахин хэтэрсэн бэлчээрийн талбай 316105 га, нийт бэлчээрийн 41%-ийг, даацын үнэлгээ 145-219% буюу бэлчээрийн даац 1.46-2.2 дахин хэтэрсэн бэлчээрийн талбай 155552 га, нийт бэлчээрийн 20%-ийг, 219.1-347% буюу бэлчээрийн даац 2.21-3.5 дахин хэтэрсэн бэлчээрийн талбай 57023 га, нийт бэлчээрийн 7%-ийг тус тус эзэлж байна. Хүснэгт 3 болон Зураг 5-д харуулав.

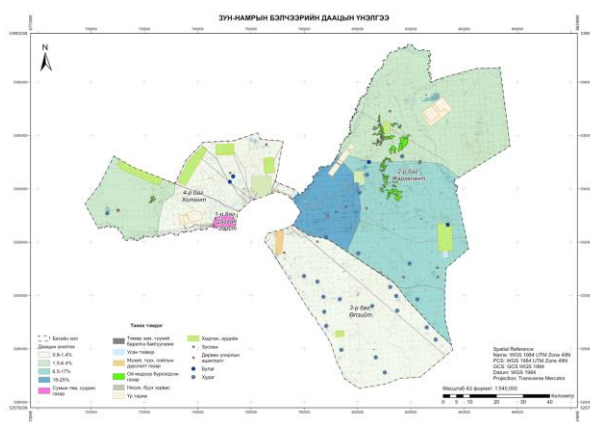
БЭЛЧЭЭРИЙН ДААЦЫН ҮНЭЛГЭЭ

3-Р ХҮСНЭГТ

Улирал	Бэлчээрийн даацын үнэлгээ	Талбай, га	Хувь
Өвөл, хавар	Бэлчээрийн нөөцтэй	155553	20%
	0.38 - 0.85 бэлчээр ашиглалттай	94724	12%
	Бэлчээрийн даац 1.01-1.45 дахин хэтэрсэн	316105	41%
	Бэлчээрийн даац 1.46-2.2 дахин хэтэрсэн	155552	20%
	Бэлчээрийн даац 2.21-3.5 дахин хэтэрсэн	57023	7%
Өвөл, хаврын дүн		778956	100%
Зун, намар	0.8%-1.4% бэлчээр ашиглалттай	292783	38%
	1.5%-6.4% бэлчээр ашиглалттай	250875	32%
	6.5%-17% бэлчээр ашиглалттай	178250	22%
	18%-25% бэлчээр ашиглалттай	57049	7%
Зун, намрын дүн		778956	100%



5-р зураг. Дорнод аймгийн Баянтүмэн сумын өвөл, хаврын бэлчээрийн даацын үнэлгээ



6-р зураг. Дорнод аймгийн Баянтүмэн сумын зун, намрын бэлчээрийн даацын үнэлгээ

Баянтүмэн сумын зун, намрын бэлчээрийн даацын үнэлгээгээр бэлчээрийн даац хэтрээгүй буюу нөөцтэй байна.

Баянтүмэн сумын 2023 оны малын тоог ашиглан бэлчээрийн даац болон даацын үнэлгээг баг тус бүрээр тодорхойлсон. Тус сумын өвөл, хаврын даацын үнэлгээний дундаж утга 130% буюу бэлчээр 1.3 дахин хэтэрсэн байна. Хүснэгт 4-т харуулав.

БЭЛЧЭЭРИЙН НИЙТ ДААЦ, ДААЦЫН ҮНЭЛГЭЭ

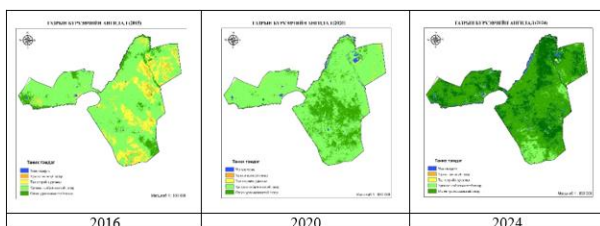
4-Р ХҮСНЭГТ

№	Багийн нэр	Малын тоо, хонин толгой	Нийт даац	Даацын үнэлгээ %
Өвөл, хавар		676235	653258	130%
1	2-р баг, Жаргалант	394119	404125	141%
2	3-р баг, Өлзийт	145108	131625	128%
3	4-р баг, Хотонт	137008	117509	122%

4. Хиймэл дагуулын мэдээ боловсруулалт

4.1 Газрын бүрхэвчийн ангиллыг тооцсон үр дүн

Дорнод аймгийн Баянтүмэн сумын газрын бүрхэвчийн ангиллыг тооцохдоо ландшафт 8 хиймэл дагуулын 2016, 2020, 2024 оны мэдээг боловсруулан ашигласан. Зураг 7-д харуулав.



7-р зураг. Дорнод аймгийн Баянтүмэн сумын газрын бүрхэвчийн ангилал

Үүний дараа газрын бүрхэвчийн ангиллыг 2016, 2020, 2024 он тус бүрээр 4 жилийн зайтайгаар ургамлын индексийн утгаар ангилсан. Газрын бүрхүүлийн ангиллыг зонхилох гадаргын хэлбэрээр усан гадарга, үржил шимгүй газар, тал хээрийн ургамал, ургамалжилтай газар, өтгөн ургамалжилтэй газар гэсэн 5 ангид ангилж авч үзсэн. Хүснэгт 5-д харуулав.

ГАЗРЫН БҮРХЭВЧИЙН АНГИЛАЛ ТУС БҮР ДЭХ ТАЛБАЙН ХЭМЖЭЭ

5-Р ХҮСНЭГТ

№	Ангилал	Талбай, га-аар		
		2016	2020	2024
1	Усан гадарга	76770.45	103654	107218
2	Үржил шимгүй газар	174675	151232.5	92433
3	Тал хээрийн ургамал	155561	83420	24871
4	Ургамалжилтай газар	321268	301711	286906
5	Өтгөн ургамалжилтэй газар	103808.05	212061.5	320652
Нийт талбай		832080	832080	832080

Газрын бүрхэвчийн ангиллын үр дүнгээс үзэхэд, сүүлийн жилүүдэд ургамалжилт сайн нягт ургалттай үржил шим муутай газраас ургамалжилттай газрын анги руу нэмэгдсэн байна.

4.2 Ургамлын нормчлогдсон ялгаврын индексийн үр дүн

Зайнаас тандан судлалын аргаар бэлчээрийн биомассыг судалгааг хийхийн тулд ландсат 8 хиймэл дагуулын мэдээг ашиглан боловсруулалт хийж, ургамлын нормчлогдсон ялгаврын индексээр тооцсон. Боловсруулалтын үр дүнг нийт сум тус бүрээр гаргав.

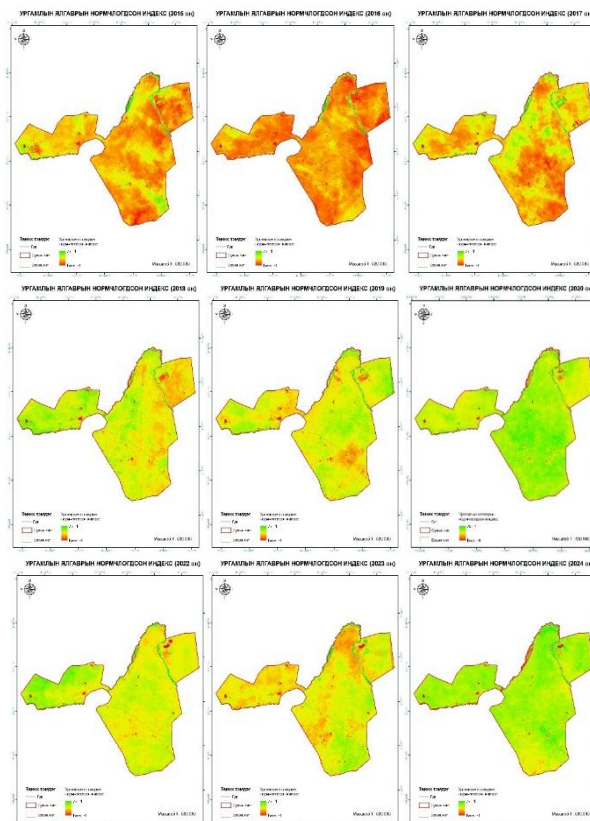
Баянтүмэн сумын ургамлын төлөв байдал 2015-2024 оны хооронд ургамлын нормчлогдсон ялгаврын индексийг тооцоолсон үр дүнгээс харахад, NDVI-ийн дундаж утга нь 0.24 байна. Эдгээр онуудын хувьд 2024 онд ургамлын нормчлогдсон ялгаврын индексийн хамгийн их утга буюу 0.98, хамгийн бага утга буюу -0.98 гарсан байна.

УРГАМЛЫН НОРМЧЛОГДСОН ЯЛГАВРЫН ИНДЕКС

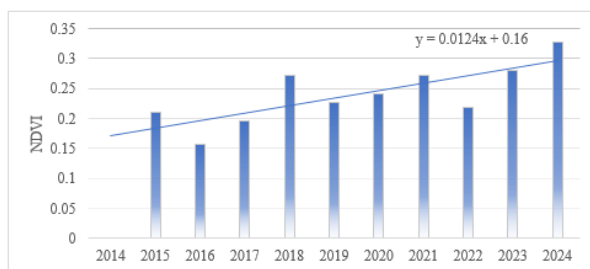
6-Р ХҮСНЭГТ

Он	Хамгийн бага утга	Хамгийн их утга	Дундаж утга	Стандарт хазайлт
2015	-0.148	0.546	0.211	0.044
2016	-0.243	0.521	0.156	0.033
2017	-0.188	0.524	0.196	0.041
2018	-0.226	0.656	0.272	0.051

2019	-0.260	0.628	0.227	0.039
2020	-0.278	0.506	0.241	0.042
2021	-0.327	0.691	0.271	0.064
2022	-0.329	0.625	0.218	0.045
2023	-0.548	0.691	0.280	0.068
2024	-1	1	0.327	0.067



8-р зураг. Дорнод аймгийн Баянтүмэн сумын ургамлын нормчлогдсон ялгааны индексийн үр дүнгийн зураглал



9-р зураг. Дорнод аймгийн Баянтүмэн сумын ургамлын нормчлогдсон ялгааны индекс (Дундаж утгаар)

4.3 Бэлчээрийн биомассыг тодорхойлсон үр дүн

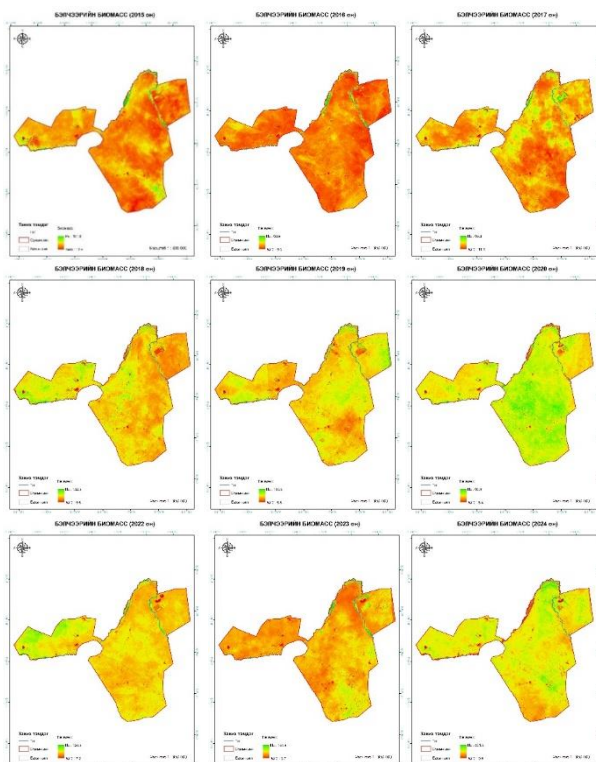
Дорнод аймгийн Баянтүмэн сумын 2014-2024 оны хоорондох ургамлын биомасс тооцоолсон үр дүнгээс харахад, дундаж утга нь 40.9 байна. Эдгээр онуудын хувьд биомассын хамгийн их утга нь 2024 онд буюу 401.58 гр/м², 2014-2024 онуудын хамгийн бага утга нь 2024 онд буюу 0.95 утгатай байна. Бэлчээрийн биомассыг гр/м² >25, 25-30, 30-35, 35-40, 40-50, 50< гэсэн 6 ангид хуваан ангилж, талбайн хэмжээг тодорхойлсон. Хүснэгт 7-д болон Зураг 10-д харуулав.

Хээрийн бүсэд Дорнод аймгийн Баянтүмэн сум оршиж байгаа учир хүснэгт 1 дэх Биомасс = $19.535 \times e^{(3.0232 \times NDVI)}$ томъёогоор ургамлын биомассыг тооцож гаргав [9].

БЭЛЧЭЭРИЙН БИОМАССЫН ИНДЕКС

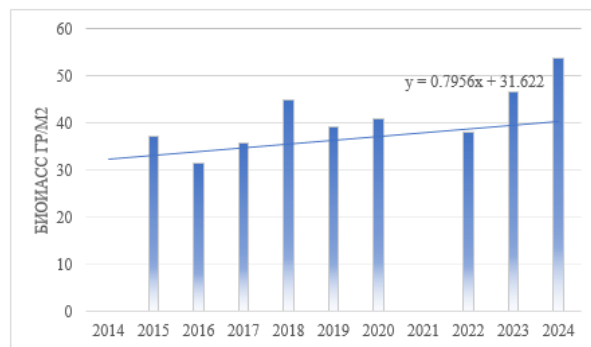
7-Р ХҮСНЭГТ

Он	Хамгийн бага утга	Хамгийн их утга	Дундаж утга	Стандарт хазайлт
2015	12.45	101.91	37.35	5.43
2016	9.35	94.65	31.49	3.55
2017	11.06	95.43	35.72	4.69
2018	9.86	142.33	45.01	6.92
2019	8.89	130.57	39.15	4.57
2020	8.42	90.39	40.81	4.78
2021	-	-	-	-
2022	7.22	129.34	38.13	5.26
2023	3.72	157.82	46.64	9.91
2024	0.95	401.58	53.64	9.60



10-р зураг. Дорнод аймгийн Баянтүмэн сумын бэлчээрийн биомассын зураглал

Бэлчээрийн биомассын үр дүнгээс харахад, сүүлийн жилүүдэд ургамалжилтын биомасс буурсан бөгөөд голлох биомассын хэмжээгээр 25-30 гр/м² ангид 2308603.1 га буюу 30.6%, 30-35 гр/м² ангид 3621672 га буюу 48.1%-ийн тархалттай байна. Зураг 11-д харуулав.

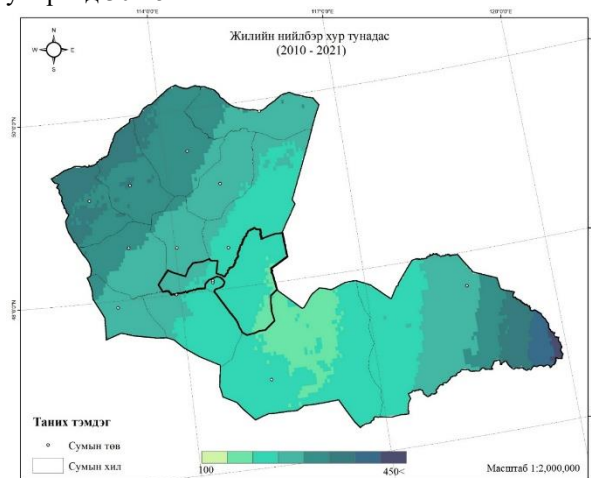


11-р зураг. Дорнод аймгийн Баянтүмэн сумын бэлчээрийн биомасс, дундаж утгаар

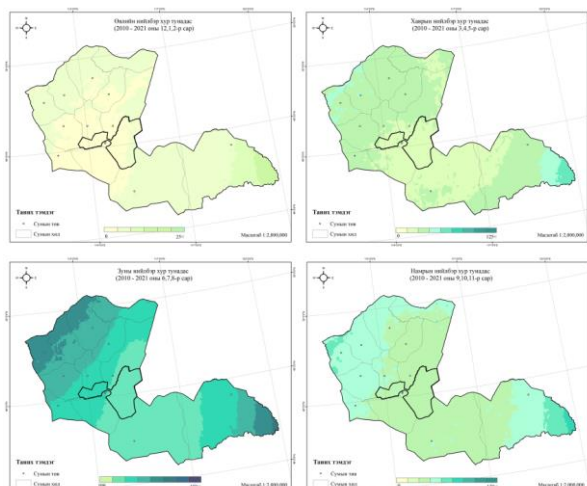
Баянтүмэн сумын 2024 оны бэлчээрийн биомасст ангилал хийхэд, хамгийн бага буюу >25 гр/м² ангид 266045.6 га буюу нийт талбайн 3.5%, 25-30 гр/м² ангид 2308603.1 га буюу 30.6%, 30-35 гр/м² ангид 3621672 га буюу 48.1%, 35-40 гр/м² ангид 1217862.2 га буюу 16.1%, 40-50 гр/м² ангид 119075.9 га буюу 1.5%, 50< гр/м² ангид 13.23 га буюу 0.003%-ийн тархалттай байна.

4.4 Уур амьсгалын мэдээ

Баянтүмэн сумын хэмжээнд олон жилийн нийлбэр хур тунадас 200-300 мм. Өвлийн улирлын хур тунадасны дундаж хэмжээ 0-5 мм, зуны улиралд 160-200 мм, хаврын улиралд 15-30 мм, намрын улиралд 30-45 мм байна.



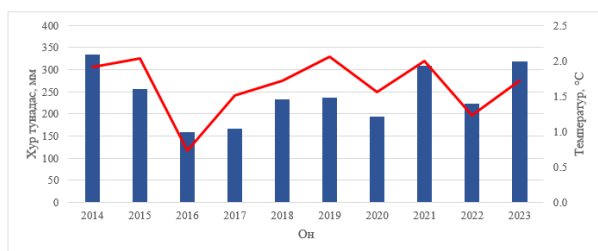
12-р зураг. Дорнод аймгийн Баянтүмэн сумын 2010-2021 оны жилийн нийлбэр хур тунадас



13-р зураг. Дорнод аймгийн Баянтүмэн сумын 2010-2021 оны улирлын нийлбэр хур тунадас

Он/ср	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
I	3.5	2.3	0.7	0.2	0.5	0.4	0.2	2.3	1.7	0.7	1.5
II	0.9	0.7	0.0	0.3	0.4	0.3	2.1	0.8	2.9	0.0	2.5
III	2.3	2.2	3.1	0.9	3.2	0.7	0.2	2.6	2.9	6.3	6.5
IV	6.1	2.5	4.3	1.1	4.3	0.3	0.0	2.9	0.3	1.8	3.2
V	20.9	13.8	21.9	4.9	8.8	4.3	19.3	17.5	2.0	3.8	15.1
VI	155.8	18.9	6.2	2.4	18.9	81.5	43.8	25.3	53.9	24.2	15.6
VII	72.7	45.8	33.5	71.6	63.0	83.5	95.7	69.3	86.6	93.0	
VIII	39.3	130.6	4.2	60.5	91.2	51.7		103.2	33.8	149.0	
IX	17.8	27.4	68.7	15.3	36.9	3.6	9.2	52.6	26.0	25.7	
X	10.5	2.7	5.2	7.0	4.5	4.7	18.6	27.6	5.3	5.9	
XI	1.6	1.7	11.2	2.1	0.0	4.9	2.2	3.2	2.7	6.7	
XII	3.7	7.7		0.4	0.9	0.0	1.8	0.8	4.8	1.3	
Жигд	335.1	256.3	159.0	166.7	232.6	235.9	193.1	308.1	222.9	318.4	

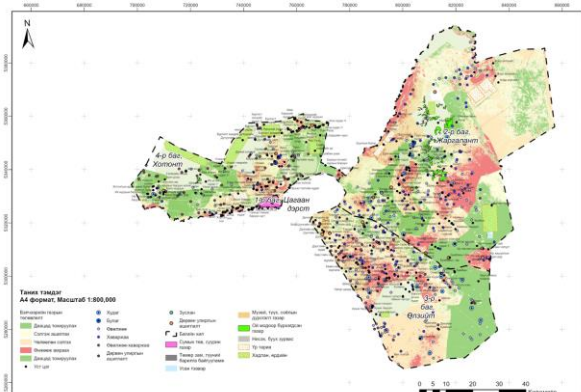
14-р зураг. Дорнод аймгийн Баянтүмэн сумын 2014-2024 оны хур тунадас, мм



15-р зураг. Дорнод аймгийн Баянтүмэн сумын агаарын дундаж температур болон нийлбэр хур тунадас, 2014-2024 он

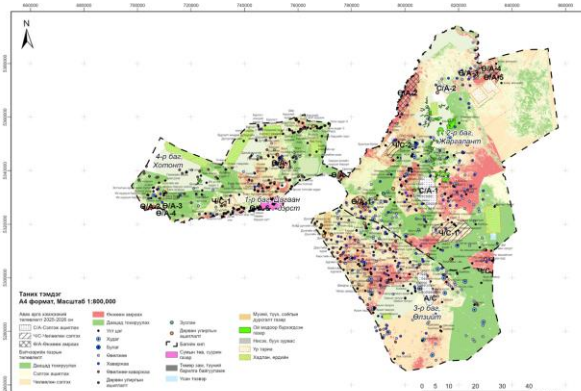
5. Бэлчээрийн төлөвлөлтөд ашиглах суурь зураглал

Дорнод аймгийн Баянтүмэн сумын газар нутгийг бүрхсэн ландсат 8 хиймэл дагуулын 2016, 2020, 2024 оны мэдээнээс газрын бүрхэвчийн ангилал, ургамлын нормчлогдсон ялгаврын индекс болон бэлчээрийн биомассын зураглалыг тус тус боловсруулан гарган авав. Мөн хээрийн судалгаагаар тус сумын малчдын байршлыг малын тоотой холбож зураглал гаргасан. Эдгээр растер зургуудыг ArcGIS Pro 3.4 программын “Weighted overlay” дүн шинжилгээний хэрэгслийг ашиглан, нийтлэг шинж чанаруудаар нь давхцуулан, ач холбогдлоор нь жинлэж бэлчээрийн төлөвлөлтөд ашиглах боломжтой суурь зураглалыг гаргасан. Зураг 16-д харуулав.



16-р зураг. Дорнод аймгийн Баянтүмэн сумын зайнаас тандан судлалын аргад үндэслэн хийсэн бэлчээрийн төлөвлөлтөд ашиглах суурь зураглал. Зураг дээрх улаан өнгө нь бэлчээрийн газар хүчтэй доройтсоныг, цайвар шар өнгө нь дунд зэрэг доройтсоныг, улбардуу шар өнгө нь доройтож эхэлж байгааг илэрхийлж байна.

Зураг 16-д харуулсан эцсийн үр дүн болох суурь зураглалаас бэлчээрийн газар аль хэсэгт, ямар хэмжээнд доройтсоныг тооцож болно. Мөн энэ зураглалыг цаашид бэлчээрийн төлөвлөлтөд ашиглах бүрэн боломжтой. Зураг 17-д харуулав.



17-р зураг. Дорнод аймгийн Баянтүмэн сумын суурь зураглалыг бэлчээрийн менежментийн төлөвлөлтөд ашигласан байдал. Уг суурь зураглал дээр өнжөөж амрах, чөлөөлөн сэлгэх, сэлгэн ашиглах зэрэг бэлчээрийн менежментийн төлөвлөлтийг хийсэн байна.

IV. ДҮГНЭЛТ

Зайнаас тандан судлалын аргад үндэслэн Дорнод аймгийн Баянтүмэн сумын бэлчээрийн төлөвлөлтөд ашиглах суурь зураглалыг гарган авлаа.

Уг суурь зураглалыг гаргаж авахдаа ландсат 8 хиймэл дагуулын 2016, 2020, 2024 оны мэдээнээс боловсруулан гаргаж авсан газрын бүрхэвчийн ангилал, ургамлын нормчлогдсон ялгаврын индекс болон бэлчээрийн биомассын зураглалыг ашиглан, растер зургуудын давхцуулалтын дүн шинжилгээг хийж, ач холбогдлоор нь жинлэсэн.

Энэхүү суурь зураглалаас бэлчээрийн төлөвлөлтөд ашиглаж болох дараах чухал өгөгдөл, мэдээллийг гаргаж авав.

Дорнод аймгийн Баянтүмэн сумын нийт бэлчээрийн газрын 10% буюу 80553.2 га нь хүчтэй

доройтсон, 10.1% буюу 81145.2 га нь дунд зэрэг доройтсон, 5.1% буюу 40670.5 га нь доройтож эхэлсэн байна.

Дээрх зайнаас тандан судлалын аргад үндэслэн гарган авсан зураглал болон өгөгдөлд суурилан тухайн салбарын мэргэжлийн хүн нарийвчилсан бэлчээрийн төлөвлөгөөг хийх бүрэн боломжтой юм.

АШИГЛАСАН МАТЕРИАЛ, НОМ ЗҮЙ

- [1] Парисын хэлэлцээрийг хэрэгжүүлэх үндэсний хэмжээнд тодорхойлсон хувь нэмрийн зорилт, Засгийн газрын тогтоол, 2019 он.
- [2] "Тэрбум мод" үндэсний хөдөлгөөний талаар авч хэрэгжүүлэх зарим арга хэмжээний тухай, Засгийн газрын тогтоол, 2021 он.
- [3] Р. Жамъяанмядаг, Ш. Наран-Очир, "Бэлчээрийн газрын ашиглалт, төлөвлөлт," Газрын харилцаа эрдэм

шинжилгээний сэтгүүл. хуудас. 54, Улаанбаатар, №24/01, 2024 он.

- [4] <https://old.gazar.gov.mn/p/belcheerijn-gazryn-rchl-ltjig-foto-monitoringijn-argaar-neleh-azhil11>
- [5] "Малын бэлчээрийн даац тодорхойлох аргачлал" (ҮСХ, ХХААХҮЯ, БОАЖЯ, 2019 оны А/113, А/250, А/422 тушаал.
- [6] Ian C. Dodd, Andrew D. Hiron and Jaime Puértolas, "Plant-water relations," Encyclopedia of Soils in the Environment, 2nd ed., vol.5. 2023, pp.516-526.
- [7] <http://cru.csi.cgiar.org>
- [8] https://www2.1212.mn/stat.aspx?LIST_ID=976_L10_1
- [9] <https://old.gazar.gov.mn/report/other/zajnaas-tandan-sudlalyn-argaar-belcheerijn-biomass-todorhojloh-garyn-avлага>

ӨМНӨД МОНГОЛЫН ЭХ ГАЗРЫН ЦЭНГЭГ УСНЫ ОСТРАКОД БА БИОСТРАТИГРАФИ

Оюун-Эрдэний ИЖИЛМӨРӨН¹, Жалбаагийн УНДАРЪЯА¹

¹Монгол Улс, Улаанбаатар, ШУТИС, Геологи Уул Уурхайн сургууль, Геологи-гидрогеологийн салбар

Холбоо барих зохиогчийн и-мэйл хаяг: j_undar@must.edu.mn¹
ijilmoronoyunerdene@gmail.com¹

ХУРААНГУЙ

Монгол орны нутаг дэвсгэрт эх газрын гаралтай цэрд, палеогений хурдас өргөн тархдаг бөгөөд эдгээр хурдас нь эртний нуур, усны бичил амьтан болох остракодын үлдэгдлийг ихээр агуулсан байдаг. Остракод нь янз бүрийн нас, найрлагатай тунамал хурдас чулуулагт үй олноороо хадгалагдан үлддэг тул тэдгээрийн үлдэгдлээр хурдас чулуулгийн геологийн насыг тогтоох, нарийвчлан ангилах, улмаар эртний газар зүйн нөхцөл, орчныг сэргээн судлах ач холбогдолтой юм.

Энэхүү ажилд Говь-Алтай, Алтай Шар тээг, Баянхонгор, Баянлиг сум Ширээгийн худаг, Загийн Овооны худаг, Шинэжинст Толь булаг, Өмнөговь, Мандал Овоо, Хотгорын хөндий, Ханбогд, Цахиуртайн Овоо талбайнуудад тархсан цэрд, палеогений хурдсын 6 зүсэлтэт судалгаа, 13 дээжид боловсруулалт хийсэн үр дүнг орууллаа. Судалгааны ажлаар остракодын 6 төрөл 12 зүйлийн остракодыг илрүүлж, агуулагч хурдсын геологийн насыг тогтоож, тархалтыг нь харуулсан болно.

Түлхүүр үг: Өмнөд Монгол, остракод, Cypridea, Darwinulidae, Microdarwinula zimmeri.

ОРШИЛ

Остракод нь зөөлөн бие, түүнийг хамгаалсан хүнхэр хэлбэрийн 2 хатуу хавтсан бүрхүүлээс тогтсон микро амьтан юм. Хурдас чулуулагт остракодын хатуу бие хадгалагдан үлдэх бөгөөд урт нь харилцан адилгүй, тэнгисийнх 0.21-23 мм, цэнгэг усных 0.27-7.3мм байдаг. Остракод нь далай, тэнгис, нуур, гол мөрөн зэрэг бүх төрлийн усан санд эргээс 200м хүртэлх гүнд амьдарна. Монгол орноос цэнгэг усны остракодууд элбэг олддог учраас мезозой-кайнозойн хурдсын ангилалд ач холбогдолтой. Агуулагч хурдсын нас, ангилал, эртний газар зүйн орчныг тодорхойлоход остракодын хавтсын хэлбэр дүрс, гадаргын хээ хуар, хээлэмж болон хавтсын урт, өргөн, өндөр, уртыг өндөрт харьцуулсан харьцааны хэмжээс, хавтсыг хаах, нээх үүрэгтэй булчингийн ормын бүтэц, байрлал, тоо ширхэг гол үүрэг гүйцэтгэнэ (Ханд, 1970; Неуструева, 1974, 1976, 1982; Ханд, 1974, 1975, 1976, 1977, 1987, 2000, 2001, 2004; Khand & Badamgarav., 1995; Matsukawa et al., 1997).

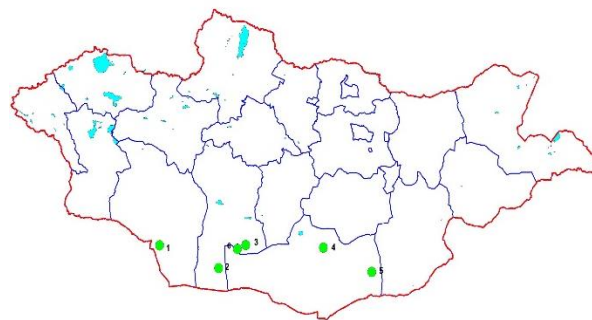
СУДАЛГААНЫ АРГА

Остракодын дээжийг боловсруулахдаа дараах аргуудыг хэрэглэнэ. Хээрийн судалгааны үед тухайн

олдворт газрын чулуулагт үечлэн бичиглэл хийж, үеүдээс 0,5-1м зайтайгаар 200-500 гр жинтэй шороон дээжүүдийг авч, тэдгээрийг дугаарлан, байршлыг бичиж баримтжуулж авна. Суурин боловсруулалтын үед уусган, угаах аргаар дээжүүдийг боловсруулна. Ингэхдээ шороон дээжийг усанд дэвтээж, 24 цаг байлгасны дараа хэрэв шороо дэвтэж задарсан нөхцөлд 0.25 мм хэмжээтэй шигшүүрт хийж угаан шаварлаг хольцоос салтал усаар зайлж, угаана. Угаагаад үлдсэн 0,25 мм-ээс дээш хэмжээтэй хэсгийг шаазан аяганд хийж, хатаана. Дээж хатсаны дараа нь бинокуляр тусламжтайгаар остракодыг үлдэгдлийг түүж ялгаж авдаг. Ялгасан остракодын хатуу биеийн үлдэгдлийг электрон микроскопоор харж, зургийг авч, хэлбэр морфологийг тодорхойлж, үр дүнг гаргана.

Остракодын судалгаа

Энэхүү ажилд Говь-Алтай, Алтай Шар тээг, Баянхонгор, Баянлиг сум Ширээгийн худаг, Загийн Овооны худаг, Шинэжинст Толь булаг, Өмнөговь, Мандал Овоо, Хотгорын хөндий, Ханбогд, Цахиуртайн Овоо зэрэг 6 талбайн Мезозой-Кайнозойн хурдсын зүсэлтүүд хамрагдсан (зураг 1).



Зураг 1. Судалгааны талбайн байршлын зураг

Судалгаанд нийтдээ 13 дээжээс 523 остракодын үлдэгдлийг илрүүлж, тодорхойлсон бөгөөд эдгээр дээжид булчингийн ором сайн хадгалагдан үлдсэн байв. Хатуу биеийн хэлбэр, хэмжээ, булчингийн ормын тоо, байрлалаар нь хавтасны төв хэсэг, дээд жажуурын, нурууны дээд хэсгийн гэсэн 3 бүлэг ором бүхий 6 төрөл, 8 зүйлийн остракод тодорхойлогдлоо.

Судалгааны шинэлэг тал: Өмнө нь остракод тогтоогдож байгаагүй шинэ талбайд остракодыг

тодорхойлсон нь шинжлэх ухааны шинэлэг ач холбогдолтой.

Практик ач холбогдол: Тухайн талбайн агуулагч хурдсын насыг остракодын нарийвчлан судалж, харьцуулснаар судалгааны талбайд тархсан цэрдийн хурдсуудын насыг нарийвчлан гаргасан нь практик ач холбогдолтой. Энэ ажлын үр дүнг 1:50000-ны зураглал хийж буй геологийн ангиуд авч ашиглах боломжтой.

Остракодын судалгаа: Энэхүү судалгаагаар дараах 6 төрөл, 12 зүйлд хамаарагдах остракодыг тодорхойлов.

АНГИ *CRUSTACEA Brongniart et Desmarest*, 1822

Дэд анги *OSTRACODA Latreille*, 1806

Баг *PODOCOPIDA Sars*, 1865

Төрөл: *MONGOLIANELLINAE Keustrueva*, 1989

Зүйл: *Mongolianella zerrussata Galeeva*, 1955

Зүйл: *Mongolianella palmosa Mandelstam*, 1955

Зүйл: *Mongolianella aff. palmosa Mandelstam*, 1955

Зүйл: *Mantelliana mantelli Mandelstam*, 1955

Төрөл: *LIMNOCYPRIDEA LUBIMOVA*, 1956

Зүйл: *Limnocypridea grammi Lubimova*, 1956

Төрөл: *CYPRIDEA Bosquet*, 1852

Зүйл: *Cypridea kanzuensis Hou*, 1956

Төрөл: *LYCOTEROCYPRIS Mandelstam*, 1956

Зүйл: *Lycoteroocypris debilis Lubimova*, 1956

Зүйл: *Lycoteroocypridea trapezoids Galeeva in Lubimova*, 1956

Зүйл: *Lycoteroocypris bagataratschensis Khand et Stankevitch*, 1975

Зүйл: *Lycoteroocypris bajshintsavicus Khand et Stankevitch*, 1975

Төрөл: *CYPRINOTUS BRADY*, 1886

Зүйл: *Cyprinotus bayanzagensis Khand*, 1975

Төрөл: *Darwinula Brady et Norman*, 1889

Зүйл: *Darwinula dubia Zhong*, 1965 (Таблиц 1)

Darwinula sarytirmensis Sharapova, 1947., (Таблиц 2,3)

Darwinula ovata Galeeva, 1955., (Таблиц 4)

Булчингийн ормын судалгаагаар:

Cypridopsis vidua зүйлд хавтасны төв хэсгийн ором 4, дээд жажуурын ором 2, дээд урд хэсгийн ором 1, *Pyocypris bradyi* зүйлд төв хэсгийн ором 6, дээд жажуурын ором 2, дээд урд хэсгийн ором 1, *Cypridea uncostata*, *Cypridea vitamensis* зүйлүүдэд төв хэсгийн ором 4, дээд жажуурын ором 2, дээд урд хэсгийн ором 2, *Lycoteroocypris* зүйлд төв хэсгийн ором 4, дээд жажуурын ором 2, дээд урд хэсгийн ором 2, *Microdarwinula zimmeri* зүйлд баруун талын хавтсан дээр төвөөсөө цацарсан дугуйрсан хэлбэртэй төв хэсгийн ором 7, дээд жажуурын ором 1, *Darwinula ovata* зүйлд төв хэсгийн ором 10 ширхэг тус тус илэрч байна.

Судалгааны үр дүнд: *Cypridea copulenta* зүйл нь доод цэрдийн готерив-барремын түвшин Шинэхудаг формац (Ихбэрх толгой), *C. vitamensis* зүйл готерив-альбын түвшин Шинэхудаг-Хөхтээг формац (Балин толгой), *Lycoteroocypris* зүйл готерив-альбын түвшин Шинэхудаг-Хөхтээг формац (Улаан худаг), *C. uncostata* зүйл готерив-аптын түвшин Шинэхудаг-Хөхтээг формац (Холбоо уул), *Darwinula ovata* зүйл готерив-барремын түвшин Шинэхудаг формац (Довцог худаг), *Pyocypris bradyi* зүйлийн остракод коньяк-кампанын түвшин Баянширээ, Баруунгоёот формац (Ихбэрх толгой, Балин толгой), *Cypridopsis vidua* зүйл кампан-маастрихт түвшин Баруунгоёот, Нэмэгт формац, (Ихбэрх толгой), *Microdarwinula zimmeri* зүйл дээд палеогены дани түвшин, Наранбулаг формацад (Улаан худаг) тус тус хамаарагдаж байна.

Мөн судалгааны үр дүнд доод цэрдийн Шинэхудаг, Хөхтээг формацын үед төрөл зүйл их, дээд цэрдийн Баянширээ формацын үед төрөл, зүйл өөрчлөгдөн шинэчлэгдсэн, дээд палеогены үед остракодын төрөл, зүйл тооны хувьд цөөрсөн нь цэрд-палеогенийн хил зааг дээр хурдас хуримтлалын тасалдал болсныг гэрчилнэ. Мөн остракодын олдворт газруудаас хаарын замаг, дун элбэг олддог зэрэгт тулгуурлан, тухайн цаг үед гүехэн устай эх газрын цэнгэг устай орчин байсныг гэрчилнэ. Тэрчлэн остракод, дун, хаарын замагны олдвор, тэдгээрийн бүтэц бүрэлдэхүүний өөрчлөлтөд тулгуурлан, эртний нуурын температур, нуур усны гүн, эрдэсжилт зэрэг өөрчлөлтийг сэргээн судлахад өндөр ач хобогдолтой болох нь харагдаж байна (Станкевич, 1982, Ханд, 1987, Неуструева, Ханд, 1994).

Остракодын тодорхойлолт

Улаанхудаг орчмын эргийн зүсэлтийн цайвар саарал өнгийн алевролит чулуулгаас олдсон остракодын *Microdarwinula zimmeri* зүйлийг Монголоос анх удаа илрүүлэн тодорхойлж бичиглэлийг хавсаргав.

Хүрээ: *ARTHROPODA Siebold ve Stannius*, 1985

Анги: *CRUSTACEA Brongniart et Desmarest*, 1982

Дэд анги: *OSTRACODA Latreille*, 1806

Баг: *PODOCOPIDA Sars*, 1865

Овог: *Cyprideidae Martin*, 1940

Төрөл: *Microdarwinula DANIELOPOL*, 1968 Зүйл: *Microdarwinula zimmeri Danielopol*, 1968

Синоним: *Microdarwinulidae Kashevarova & Neustrueva*, 1982

Бичиглэл. 0,40 мм-ээс бага хэмжээтэй, хавтас бөөрөнхий зууван хэлбэртэй, дунгийн урд тал нь хойд талаасаа ялгүй намхан, ижил өндөртэй. Булчингийн ором нь төв хэсэгтээ, бөөрөнхий хэлбэртэй. Булчингийн ормын тоо 7 ширхэг. Баруун хавтас нь зүүн хавтсаа эмжээрлэж хөвөөлсөн. Тээглүүрийн бүтэц нь мэдэгдэхүйц, дунгийн гадарга нь гөлгөр, ховилтой, хавтасны хойд тал болон урд талын кардинал шүд нь муу хөгжсөн.

Хэмжээ (мм). Урт-0,35, өндөр -0,19, өргөн -0,19.

Харьцуулалт. Энэ зүйлийн онцлог шинж нь хажуугаас харагдах байдал нь бөөрөнхий хэлбэртэй, үржлийн уутанцар байхгүй шинжээрээ бусад Darwinulidae- аас ялгагдана.

Газар зүйн тархалт ба геологийн нас. Бразил, Герман, Хятад, Африк, дээд палеоген.

Материал. 106 ширхэг дун, сайн хадгалагдсан.

Монголоос анх удаа олдож байна. Дэлхийн Microdarwinula zimmeri Danielopol зүйлийн тархалт юм.

Дүгнэлт:

1. Остракодын булчингийн ормын судалгаанд үндэслэн 6 төрөл, 12 зүйлийн остракодыг тодорхойлов.
2. Microdarwinula zimmeri (MENZEL) зүйл Монголоос анх удаа олдож байна.
3. Доод цэрдийн Шинэхудаг, Хөх тээг формацын, үед төрөл зүйл их.
4. Дээд цэрдийн Баянширээ формацын үед төрөл, зүйл өөрчлөгдөн шинэчлэгдсэн, тооны хувьд цөөрсөн.
5. Палеогены үед хавтас зузаан, хадгалалт сайн байгаа нь гүехэн бүлээн устай, амьдрах нөхцөл таатай байсныг гэрчилнэ.
6. Нуурууд талбайн хувьд багассан.
7. Уур амьсгал дулаарч, хуурайшил нэмэгдсэн.
8. Дээд палеогены хурдсын остракодын цогцолборын бүтэц бүрэлдэхүүн нь цэрдийн хожуу үеийнхтэй харьцуулахад төрөл, зүйлийн хувьд цөөрсөн нь цэрд-палеогенийн хил зааг дээр хурдас хуримтлалын тасалдал болсныг гэрчилнэ.

АШИГЛАСАН МАТЕРИАЛ, НОМ ЗҮЙ

- [1] Васильев В.Г., Волхонин В.С., Геологическое строение МНР (стратиграфия и тектоника). Л., 1959
- [2] Галеева Л.И. Остракоды меловых отложений Монгольской Народной Республики. М., 1955. с. 95.
- [3] Любимова П.С. Остракоды меловых отложений Восточной части Монгольской Народной Республики и их значение для стратиграфии. Л., 1956. с. 174. (Тр. ВНИГРИ Н.С.; Вып. 93).
- [4] Мартинсон Г.Г., Шувалов В.Ф. Стратиграфическое расчленение юры и мела Юга-Восточной Монголии Изв. АН СССР. Сер.геол. 1973. ¹10. с. 139-143
- [5] Неуструева И.Ю. Условия обитания раннемеловых остракод Монголии Мезозойские озерные бассейны Монголии. Л., Наука, 1982. с. 126-144.
- [6] Станкевич Е.С, Сочава А.В. Остракоды сенона Монголии // Тр. ССМПЭ. 1974. Вып. 1. с. 268-287.
- [7] Сеница С.М. Новые остракоды из юрских и нижнемеловых отложений Восточного Забайкалья // Палеонтол. журн. 1992. ¹3. с. 20-33
- [8] Ханд Ё. Тафономия и условия обитания поздне меловых и раннепалеогеновых остракод Монголии // Теория и опыт тафономии. Саратов: Изд-во Саратов.ун.-та, 1989. с. 131-140
- [9] Ханд Ё. Меловые остракоды Монголии Проблемы геологии Монголии. УланБатор, 2001. с. 46-54
- [10] Хосбаяр П. 1982. Стратиграфия мезозойских вулканогенно-осадочных образований Нилгинской депрессии (Восточная Монголия) Известия АН СССР, Серия геологическая, 10, хуудас 68-77
- [11] Аж богдын талбайн 1:200 000-ны масштабын геологийн тайлан 1998-2002 он Д.Гансүх нар (5520 ф)

ШАЛГАЛТЫН МАТЕРИАЛЫН ТҮВШИНГ БОДЛОГО БҮРЭЭР ТОДОРХОЙЛОХ НЬ

Машбатын ТАМИР

¹Монгол Улс, Улаанбаатар, ШУТИС, Хэрэглээний шинжлэх ухааны сургууль, Математикийн тэнхим

Холбоо барих зохиогчийн и-мэйл хаяг: derecwilliam@gmail.com¹

Хураангуй: Энэхүү судалгаа нь ШУТИС-ийн 2024-2025 оны намрын улиралд орсон “Математик 1В” хичээлийн тестийн үр дүнгийн статистик найдварын шинжилгээг танилцуулна. Үүнд бодлого бүрийн гүйцэтгэлийн хувь, гүйцэтгэл муу, сайн оюутнуудын гүйцэтгэлийн ялгаа буюу бодлогын ялгах чадвар, шалгалтын хувилбаруудын статистик найдварын шинжилгээнд анхаарлаа хандуулса. Мэдээллийг оюутнуудын хариултын хуудаснаас шууд цуглуулж, сканердсан хариултуудыг хүснэгтийн өгөгдөл болгон хувиргах OpenCV-ийг ашигладаг Python-д суурилсан системийг ашиглан боловсруулсан. Энэхүү статистик найдварын шинжилгээ нь бодлого бүр оюутны мэдлэгийг шалгаж чадаж байгаа байдлыг гаргаж өгдгөөрөө шалгалт сорилын бүтэц, агуулгыг шалгалт бэлтгэгчдэд сайжруулахад тустай байдаг.

Түлхүүр үг: Ялгах чадвар, найдвар, Гронбахын альфа

I. УДИРТГАЛ

Шалгалт сорилын үнэлгээний найдвартай байдал нь сурагчдын мэдлэг, ур чадварыг үр дүнтэй үнэлэх чухал хүчин зүйл юм. Боловсролд мэдлэгийг шалгахын тулд шалгалтын асуултууд нь сурагчдын ойлголтыг үнэн зөв хэмжих, шударга бөгөөд утга учиртай үнэлгээ хийхэд чухал ач холбогдолтой юм. Шалгалтын найдвартай байдлыг үнэлэх өргөн хэрэглэгддэг аргуудын нэг нь Гронбахын альфа коэффициент бөгөөд энэ нь тестийн дотоод уялдаа холбоог хэмждэг. Энэхүү судалгаанд бид “Математик 1В” хичээлийн тестийн үр дүнгийн статистик шинжилгээг хийж, янз бүрийн туршилтын хувилбаруудын найдвартай байдлыг үнэлэв.

Энэхүү судалгааг хийхэд ШУТИС-ийн сорил шалгалтыг шогломоор авч, дүнгийн онооны өгөгдлийг зөвхөн нийлбэр дүнгээр гаргадаг нь шинжилгээ хийхэд бодлого тус бүрийг гараар тоолох шаардлага гарч, их хугацаа зарцуулж байсан бөгөөд сорил шалгалтыг сайжруулахад хүндрэлийг учруулж байсан. Үүнийг шийдэж, өгөгдлийг бодлого тус бүрээр сканердсан хариултын хуудаснуудаас цуглуулсан бөгөөд хариултуудыг хүснэгтэн өгөгдөл болгон задлах, бүтэцлүүлэхийн тулд зураг боловсруулах Python программчлалын хэлний OpenCV санд суурилсан программ ашиглан боловсруулав. Энэхүү автоматжуулсан арга нь хүний алдааг багасгаж, өгөгдөл боловсруулах үр ашгийг нэмэгдүүлсэн. Нийт нэг багштай, 59 оюутны өгөгдлийг цуглуулж, судалгааны өгөгдөл болгон ашиглав.

II. СОРИЛЫН НАЙДВАР

Сорилын найдвартай байдал гэдэг нь хэмжих гэж буй зүйлээ хэмжихдээ үнэлгээний тууштай, тогтвортой байдлыг хэлнэ. Өөрөөр хэлбэл, нэг оюутнаас авсан сорилын нийт оноо дахин ижил төстэй сорил өгөхөд, ижил оноо авч байвал тухайн сорилыг найдвартай байна гэж статистикт хэлдэг. Найдвартай сорил нь тухайн оюутны мэдлэгийг шалгаж чаддаг байна.

A. Найдварыг судлах аргууд

Туршилтын найдвартай байдлыг үнэлэх хэд хэдэн арга байдаг бөгөөд үүнд:

- Дахин сорил авах: Нэг бүлэг оюутнуудад өөр өөр цаг үед ижил сорилтыг өгөх замаар найдвартай байдлыг шалгана.
- Олон үнэлэгчдээр үнэлүүлэх: Хариуны хэсэг биш бодолт ашиглаж, олон үнэлэгчдээр шалгуулна.
- Гронбахын альфа болон бодлого тус бүрээр шинжлэх: Олон шалгуулагчтай үед ялгарах байдлыг сорил болон бодлого тус бүр дээр шалгана.

Дээрх аргуудын эхний 2 нь зардал өндөртэй тул боловсролын стандартад Гронбахын альфа болон бодлого тус бүрээр нь шинжилгээ хийхийг шаарддаг [1].

B. Гронбахын альфа

Гронбахын альфа нь тестийн дотоод нийцлийг үнэлэхэд ашигладаг статистик хэмжүүр юм. Үүнийг дараах томъёогоор тооцоолно.

$$\alpha = \frac{k}{k-1} \left(1 - \frac{\sum \sigma_i^2}{\sigma_t^2} \right) \quad (1)$$

k- Сорилын асуултын тоо

σ_i^2 - Асуулт бүрийн вариаци

σ_t^2 - Оюутнуудын нийт дүнгийн вариаци

Тестийн найдвартай байдлыг түүний асуулт, сорилын нийт оноотой хэр нягт уялдаатай байгааг үнэлэх замаар хэмждэг. Энэ нь тестийн асуулт хоорондын дундаж хамаарлыг тооцдог бөгөөд дотоод тогтвортой байдал өндөртэй тест нь ижил үндсэн ойлголтыг хэмжих асуултуудтай байх ёстой гэж үздэг. Илүү өндөр альфа утга (1-тэй ойр) нь хүчтэй дотоод тогтвортой байдлыг илэрхийлдэг бөгөөд энэ нь туршилтын зүйлүүд тогтвортой, найдвартай үр дүнг гаргадаг гэсэн үг юм. Гэсэн хэдий ч, хэт өндөр альфа нь олон асуулт хэтэрхий төстэй байгаа тохиолдолд

илүүдлийг санал болгож болно. Сорил шалтгалтын найдвартай байдлаг доорх хүснэгт 1-ээр дүгнэдэг ба сонгон авсан шалгалтын өгөгдөл дээрх үр дүнг хүснэгт 2-т харуулав.

Хүснэгт 1. Гронбахын альфа коэффициент

№	Гронбахын альфа	Дүгнэлт
1	[0.9,1]	Маш сайн
2	[0.8,0.9[	Сайн
3	[0.7,0.8[	Зөвшөөрөгдөх
4	[0.6,0.7[	Эргэлзээтэй
5	[0.5,0.6[	Муу
6	[0,0.5[	Үл зөвшөөрөгдөх

Хүснэгт 2. Найдварын шинжилгээ вариант бүрээр

Вариант	Гронбахын альфа	Дүгнэлт
Бүгд нийлээд	0.7242	Зөвшөөрөгдөхүйц
A	0.7029	Зөвшөөрөгдөхүйц
B	0.6095	Асуудалтай
C	0.8320	Сайн
D	0.6914	Асуудалтай

В. Ялгах чадвар

Гэхдээ Гронбахын альфа коэффициент сорилыг ерөнхийд нь авч үздэг нь дутагдалтай бөгөөд бодлого тус бүрийн хувьд гаргах нь зүйтэй. Үүний тулд өндөр гүйцэтгэлтэй болон муу гүйцэтгэлтэй шалгуулагчдын гүйцэтгэлийн түвшинг хооронд нь харьцуулдаг [2]. Гүйцэтгэлийн хүндрэлийг тухайн тестэд оролцсон нийт шалгуулагчдын нийт гүйцэтгэлээр нь дээд, доод квантилаар ангилдаг. Өөрөөр хэлбэл хамгийн сайн гүйцэтгэлтэй 25%, хамгийн муу гүйцэтгэлтэй 25%-г авч бүлэглэдэг. Эдгээр хүмүүсийг гүйцэтгэл муу, гүйцэтгэл сайн гэж хоёр ангилъя. Тус хоёр бүлгийн i дугаар бодлогын гүйцэтгэлийн хувийг харгалзан $d_{\text{доод}}$, $d_{\text{дээд}}$ гэж тэмдэглэнэ. [2]-д бол квантилыг 25%-аар авдаг бол [1]-д 27%-аар сонгосон байдаг.

$$\Delta_i = d_{i,\text{дээд}} - d_{i,\text{доод}}$$

$d_{i,\text{дээд}}$ - Гүйцэтгэл сайн оюутнуудын i дугаар бодлогын гүйцэтгэсэн хувь

$d_{i,\text{доод}}$ - Гүйцэтгэл муу оюутнуудын i дугаар бодлогын гүйцэтгэсэн хувь

Δ_i - i дугаар бодлогын ялгах чадвар

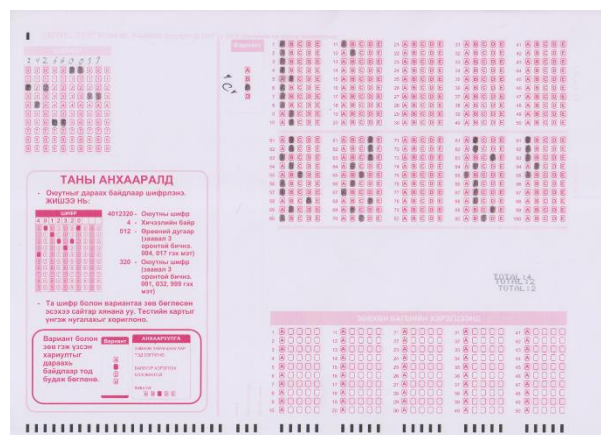
Бодлого тус бүр сорилын нийт онооны найдварт хувь нэмэр оруулах ёстой байдаг бөгөөд тесттэй сорил шалгалтын хувьд гүйцэтгэл сайтай оюутныг гүйцэтгэл муутай оюутантай харьцуулахад, ялгах чадвар нь их байх тусам сайн байна гэж үздэг.

Ш. ӨГӨГДӨЛ ЦУГЛУУЛАХ

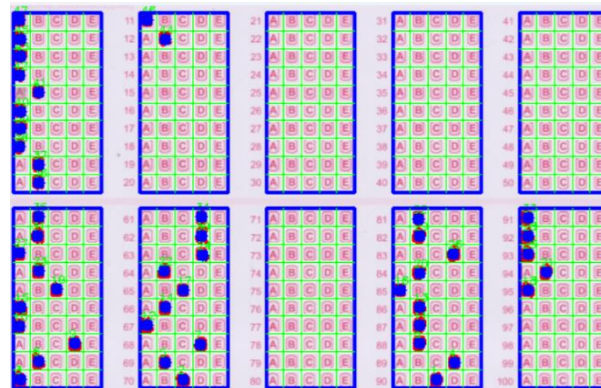
Бодлого тус бүрээр шинжилгээ хийхэд, бүх оюутан тухайн тестийн бодлого тус бүрийг зөв эсвэл буруу хийсэн тухай мэдээлэл хэрэгтэй болдог. ШУТИС-д ашиглагддаг шалгалтын шогломоос хариуг гаргахад, тус сургуульд хэрэглэж буй

төхөөрөмж зөвхөн нийлбэр оноог гаргадаг нь өгөгдөл цуглуулахад хүндрэлийг учруулж, судалгаа хийхэд тохиромжгүй байна. Иймд үүнийг сайжруулах үүднээс, Python OpenCV сан ашиглаж, сканердсан шогломыг хүснэгтэн өгөгдөл болгон хувиргадаг программ зохиов.

Шогломыг программд оруулах үед оюутны код, вариант, хариултын хэсгийг таслан авна (Зураг 1). Үүний дараа бөглөх боломжтой бүх нүдийг тусгаарлан тойруулж, цагаан зураас татсанаар илүү гаргаж будсан хэсгүүдийг устгана (Зураг 2). Үүний дараа харласан хэсгүүдийг илрүүлэн, харласан хэсэг бүрийн координатын төвийг олж, байршлаас нь хамааруулан бодлогын дугаар, хариулсан үсгэн тэмдэгтийг илрүүлдэг (Зураг 3, 4). Ингэсний дараагаар хүснэгтэн байдлаар зөв, буруу хариулсан мэдээллийг хадгална (Зураг 5).



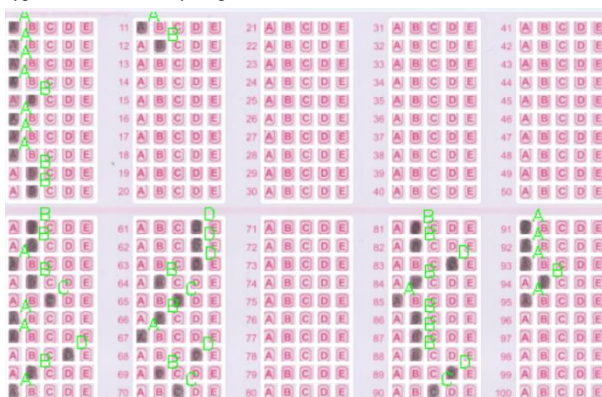
Зураг 1. Оролтын зураг.



Зураг 2. Будагдсан хэсгийг таних процесс



Зураг 3. Бодлогын дугаарын тэмдэглэл



Зураг 4. Хариулсан тэмдэгтүүд

stud_code	var	1	2	3	4	5
Оюутны код 1	A	1	0	1	0	1
Оюутны код 2	D	1	1	1	1	1
Оюутны код 3	D	0	0	1	0	1

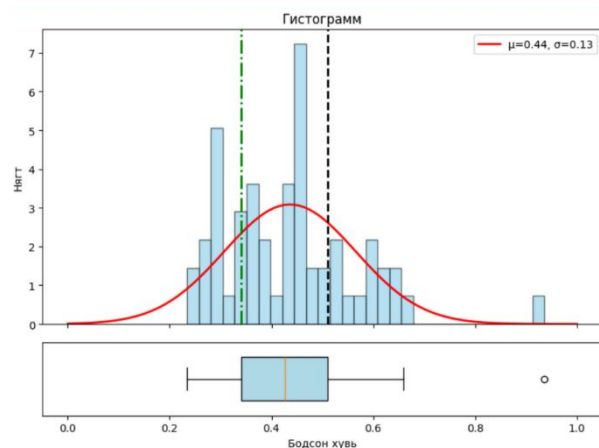
Зураг 5. Гаралтын өгөгдөл

Энэхүү кодын ашигтай зүйл нь зөвхөн харандаа биш, дурын харлуулсан зургийг таньдаг тул тэсвэртэй болон найдвартайгаар өгөгдлийг буцаадаг. Мөн процессыг ажиглах боломжтой. Дутагдалтай тал нь сканер ашигладаг бөгөөд үүнээс болж материал тус бүрийг сканердах хэрэгтэй.

IV. ШИНЖИЛГЭЭНИЙ ҮР ДҮН

Сорилын найдварын шинжилгээг 2024-2025 оны хичээлийн жилийн хаврын улиралд сонгож авсан нэг багшийн хичээлд ижил шалгалт өгсөн оюутнуудын шалгалтын материалыг сонгон авч, судалгаа хийхэд дараах үр дүн гарлаа.

A. Оюутнуудын нийт гүйцэтгэл



Зураг 6. Оюутнуудын нийт гүйцэтгэлийн гистограмм

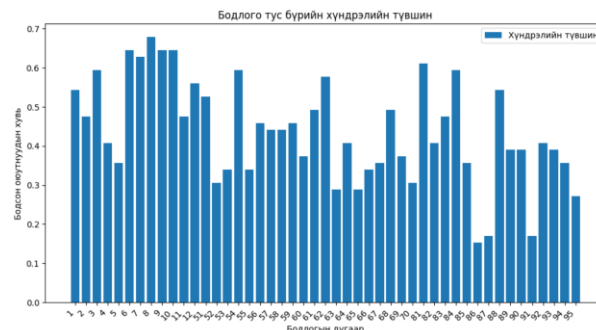
Нийт гүйцэтгэл буюу оюутнуудын авсан оноо Гауссын тархалттай дөхөх ёстой байдаг. Сорилын үр дүнгээс хэвийн тархалттай байгаа эсэхийг шалгахад:

- Ажиглалтын утга: $\chi^2 = 5.52$
- p утга: 0.479
- чөлөөний зэрэг: 4

гарч нормал тархалттай гэдэг таамаглал үгүйсгэгдэхгүй байна.

Б. Бодлого тус бүрийн гүйцэтгэл

Бодлого тус бүрээр шинжилгээ хийхэд шаардлагатай болон шаардлагагүй бодлогуудыг ялгах хэрэгцээ гардаг. Иймд эхлээд бодлого тус бүрийн гүйцэтгэл буюу бодсон оюутны хувийг харж, хэт их байвал шаардлагагүй бодлого хэмээн үздэг.

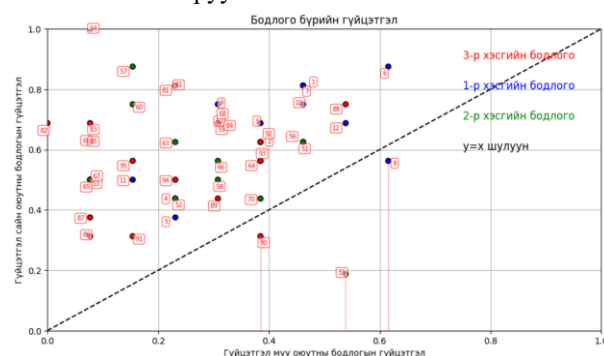


Зураг 7. Бодлого тус бүрийн гүйцэтгэлийн түвшин

Зураг 7-оос үзэхэд, хэт хялбар бодлого байхгүй буюу хамгийн ихдээ 70%-ийн гүйцэтгэлтэй бодлогууд байна. Иймд хангалттай гэж үзнэ.

В. Ялгах чадвар

25%-аар дээд квантилыг сайн гүйцэтгэлтэй, доод квантилыг муу гүйцэтгэлтэй хүмүүс гэж үзээд, бодлого тус бүрийн хувьд гүйцэтгэлээр харуулав (Зураг 8). Эндээс харахад 90, 55, 8 дугаар бодлогыг гүйцэтгэл муу оюутнууд бодохдоо сайн оюутнуудаас илүү бодсон тул зохимжгүй бодлогууд байна гэж үзнэ. Хэрэв агуулгын хувьд, зөв бодлогууд байсан бол тухайн агуулгыг хичээл зааж байх үед хангалттай заагаагүй байж болох юм. Хэвийн бус буюу хуулах, хэт хүнд, эсвэл агуулгад ороогүй зүйл болохоор санамсаргүйгээр ийм зүйл болсон, хичээл дээр үзээгүй сэдэв орсон гэх мэт хэвийн бус үзэгдлийг илэрхийлж байна. Зөвхөн $y = x$ шулуунас доош биш, ойролцоо бодлогууд мөн асуудалтай бодлогод орох бөгөөд дээшээ байх тусам сайн, оюутнуудын мэдлэгийг ялгаж чадсан бодлогууд болох тул дараа дараагийн шалгалтад оруулах замаар сорил шалгалтыг сайжруулах ёстой юм.



Зураг 8. Гүйцэтгэлийн харьцуулсан түвшин

ДҮГНЭЛТ

Эрдэм шинжилгээний ажлын хүрээнд сорил шалгалтын найдвартай байдлыг шинжлэхийн тулд шоглом таньж уншдаг программ код зохиож, бодлого тус бүрийн болон “Математик 1B” үзсэн зарим оюутнуудын хувьд шинжилгээ хийн, дараа дараах сорилыг сайжруулах зөвлөгөө боловсрууллаа.

АШИГЛАСАН МАТЕРИАЛ, НОМ ЗҮЙ

[1] Боловсролын үнэлгээний төв, “Элсэлтийн ерөнхий шалгалтын тайлан-2022”, 2022 он.

[2] Ц.Лувсандорж, “Боловсролын хэмжил зүй” Монгол Улсын боловсролын их сургууль, Улаанбаатар, 2021 он.

СЭЛЭНГЭ АЙМГИЙН МАНДАЛ СУМЫН УСНЫ НАЙРЛАГЫН СУДАЛГАА

Чойжилын Номин¹, Т. Баттөмөр

¹Монгол Улс, Улаанбаатар, ШУТИС, Хэрэглээний шинжлэх ухааны сургууль, Химийн инженерчлэлийн салбар

Холбоо барих зохиогчийн и-мэйл хаяг: nominchoijil16@gmail.com¹

Хураангуй: Ус бол амьдралын эх үндэс төдийгүй, экосистемийн тэнцвэрийг хадгалах, хүн амын эрүүл мэнд, аж үйлдвэр, хөдөө аж ахуй, эдийн засагт шууд нөлөө үзүүлдэг хүний хэрэглээний чухал нөөц мөн. Гэвч сүүлийн жилүүдэд усны бохирдол, нөөцийн хомсдол, чанарын асуудал хурцаар тавигдаж, хүн төрөлхтөн усны эрүүл ахуй, найдвартай байдлын талаар илүү их анхаарал хандуулах шаардлагатай болж байна. Ялангуяа, ундны усны найрлагын шинжилгээ, түүний үр дагаврыг шинжлэх ухааны үндэслэлтэй судлах нь манай нийгэмд чухал ач холбогдолтой учир нэн тэргүүнд усны чанар, зохистой хэрэглээний талаар иргэдийн мэдлэгийн хүртээмжийг сайжруулах, Монгол Улсын ундны усны MNS стандартад нийцэж буй эсэх, хүний эрүүл мэнд болоод байгаль орчинд үзүүлэх нөлөөллийг үнэлэх зорилгоор Сэлэнгэ аймгийн Мандал сумын гүний усны химийн найрлагын шинжилгээг хийж гүйцэтгэв. Судалгааны объектоор тус сумд байрлал бүхий гүний 9 худгийг сонгож, найрлагын 18 төрлийн шинжилгээг Шинжлэх Ухаан Технологийн Их Сургуулийн Т-404 лаборатори, хүнд металл агуулгын 8 төрлийн шинжилгээг Монгол Улсын Магадлан Итгэмжлэгдсэн “SGS” лабораторид тус тус шинжилсэн. Судалгааны үр дүнд ихэнх гүний ундны усны дээж дэх үзүүлэлт MNS стандартад нийцэж байсан бол, зарим найрлага стандарт хэмжээнээс давсан нь усны чанарт тогтмол хяналт тавих, ус цэвэршүүлэх арга хэмжээ авах, усны бохирдлын эх үүсвэрт анхаарах, ундны усны стандарт худгийн нөөцийн боломжийг тооцоолж, зорилтот бүсэд тоо хэмжээг нэмэгдүүлэх шаардлагатайг харуулж байна. Энэ нь орон нутгийн хөгжилд чухал хувь нэмэр оруулахаас гадна иргэдийн эрүүл мэнд, амьдралын чанарыг сайжруулах нөлөөтэйг судалгаа онцоллоо.

Түлхүүр үг: Усны хими, физикийн үзүүлэлтүүд, гүний ус, усны хатуулаг

I. УДИРТГАЛ

Мандал сумын газар нутаг нь Сэлэнгэ аймгийн зүүн урд хэсэгт Хэнтийн нурууны баруун, Хэнтийн салбар уулс Ерөө Хараагийн сав газарт оршдог. Хойд талаараа Ерөө сум, зүүн урд талаараа Төв аймгийн Эрдэнэ, зүүн талаараа Батсүмбэр сумуудтай тус тус хил залгана. Хан хэнтийн уулсын салбар 1000 – 2228 м өргөгдсөн ойн хээрийн бүсэд багтдаг. Хараа, Ерөө, Чулуут, Түнхэл гэсэн 4 томоохон гол болон 120 гаруй гол горхитой, 136 булаг шандтай. Улаанбаатар хотоос 174 км, аймгийн төвөөс 201 км зайд байрладаг. Төвийн бүсийн аймгуудтай олон улсын төмөр зам болон авто замаар холбогддог, дэд бүтэц сайн хөгжсөн, улсын хэмжээнд аймгийн төвөөс алслагдсан сумаас хүн амын тоогоороо 1 дүгээрт ордог бөгөөд 1 хавтгай дөрвөлжин км-т 5.3 хүн ноогддог. Монгол Улсын хамгийн том сум юм. Мөн тус сумын хэмжээнд хүнсний манлай үйлдвэр “Спирт Бал Бурам” ХК, “Мод боловсруулах үйлдвэр”, “Төмрийн болон тоосгоны үйлдвэр” зэрэг том том үйлдвэр байршихаас гадна сүүлийн жилүүдэд жижиг дунд үйлдвэрлэл, үйлчилгээ эрчимтэй хөгжиж байна. Зүүнхараагийн баруун өмнөд зүгт 30 км зайд “Бороогийн алтны уурхай”, зүүн өмнөд зүгт 30 км зайд “Гацууртын алтны уурхай” тус тус байрладаг [1]. Түүнчлэн Мандал сумын иргэдийн ихэнх нь мал аж ахуй болон газар тариалан голлон эрхэлдэг бөгөөд үүнээс улбаалж, ихэнх өрх эзэмшил хашаандаа худагтай. Гэвч иргэд ундны болон аж ахуйдаа хэрэглэдэг усны чанар нөлөөллийн талаар мэдлэг мэдээлэл хомсоос үүдэж,

гадаргын болон бохирдлын эхтэй ойр гэх мэт стандарт бус худгийн усыг өдөр тутмын унд хэрэглэндээ хэрэглэж байна. Иймээс энэхүү судалгааны ажлаараа тус сумын иргэдийн унд ахуйдаа хэрэглэж буй усыг шинжилж үнэлэн дүгнэсэн болно. Цаашид уг сумын усан хангамжийг сайжруулах, мал аж ахуй болон газар тариалангийн тогтвортой байдлыг хангах, усжуулах нь хүнд болон хөнгөн үйлдвэрийн салбар хөгжлийг тодорхойлох тогтвортой хөгжлийн үндсэн хүчин зүйл болох юм.

Судалгааны ажлын зорилго: Сэлэнгэ аймгийн Мандал сумын ундны усны чанарын физик, химийн үзүүлэлтүүдийг шинжилж, МУ-ын MNS стандартад нийцэж байгаа эсэхийг үнэлэх замаар хүний эрүүл мэнд, байгаль экологид үзүүлэх нөлөөг тодорхойлох зорилготой.

Судалгааны шинэлэг тал: Хөдөө орон нутгийн ундны усны чанарын шинжилгээг физик, химийн аргаар хийж, үр дүн Монгол Улсын MNS стандартад нийцэж буй эсэх дээр тулгуурлан экологи, эрүүл мэндийн нөлөөллийг судалж, цаашид орон нутгийн усны менежментийг сайжруулах, цэвэр усны аюулгүй байдлыг хангах санал зөвлөмж боловсруулахаас гадна орон нутгийн нөхцөлд тулгарч буй бодит асуудлуудыг шийдвэрлэхэд хувь нэмэр оруулснаараа шинэлэг юм.

Бид “Дэнж, Гүн худаг, Баянхангай, Минжийн хангай, Баруун өлөнт, Булагийн 4, Мандал энерго, Спирт бал бурам, Төмөр зам” зэрэг цэгүүдээс усны дээж авсан. Хөдөө орон нутаг нь төв суурин газраас алслагдсан учраас усны судалгаа шинжилгээний

¹ Оюутан, Монгол Улс, Улаанбаатар, ШУТИС, Хэрэглээний шинжлэх ухааны сургууль, Химийн инженерчлэлийн салбар, и-мэйл хаяг: nominchoijil16@gmail.com

ажил бага хийгдсэн байна. Бид судалгааны объектоор Сэлэнгэ аймгийн Мандал сумын зарим гүний усны химийн найрлагын судалгааг хийв.

II. СУДАЛГААНЫ ОБЪЕКТ БА АРГАЧЛАЛ

Судалгааны объект нь Мандал сумын гүний болон гадаргын байрлал бүхий 9 худаг усан хангамжийн системээс авсан усны дээжүүд юм. Дээжийг MNS ISO 5667 стандартын дагуу ариутгасан саванд авч, лабораторид хүргэсэн. Усны химийн найрлага, чанарын үндсэн үзүүлэлтүүдийг дараах стандарт аргачлалын дагуу тодорхойлж, лабораторийн баталгаат тоног төхөөрөмж ашиглан, шинжилгээ хийсэн болно. Усны орчны хүчиллэг-шүлтлэг байдлыг (pH) шууд хэмжих электрон pH метр багаж ашиглан тодорхойлов. Цахилгаан дамжуулах чанар (ЕС)-ыг мөн шууд хэмжилтийн багаж ашиглан хэмжсэн бөгөөд энэ нь усны нийт эрдэсжилтийн хэмжээг илэрхийлнэ. Усны хатуулаг, кальци (Ca^{2+}), магни (Mg^{2+})-ийн агуулгыг комплексонометрийн аргаар тодорхойлов. Уусмал дахь кальци, магнийн ионуудыг этилендиаминтетраацетатын (ЭДТА) уусмалаар титрлэх замаар нийт болон түр хатуулгийг хэмжсэн. Натри (Na^+) болон кали (K^+)-ийн ионуудыг тооцооны аргаар тооцож гаргав. Гидрокарбонатын (HCO_3^-) агууламжийг потенциометр, титрлэх аргаар тодорхойлсон бөгөөд усны буферийн системийн төлөв байдлыг илтгэнэ. Хлоридын (Cl^-) агуулгыг аргентометрийн аргад тулгуурлан, мөнгөний нитрат уусмалаар титрлэх замаар тодорхойлов. Сульфат (SO_4^{2-})-ын агууламжийг турбидиметрийн аргаар, тусгай урвалжийн оролцоотой гэрэл сарнилын хэмжээг хэмжиж гаргав.

Усны нийт эрдэсжилтийг тооцооны аргаар тооцсон. Аммонийн азот ($\text{NH}_4\text{-N}$)-ыг несслер, нитритийн азот ($\text{NO}_2\text{-N}$)-ыг грисс, нитратын азот ($\text{NO}_3\text{-N}$)-ыг салицилатын аргаар тус тус тодорхойлов. Фосфат ($\text{PO}_4\text{-P}$), цахиур (Si), фтор (F)-ын агууламжийг фотоколориметрийн аргаар тодорхойлсон бөгөөд энэ аргаар тодорхой долгионы урттай гэрэл ашиглан ион агууламжийг хэмжсэн. Төмрийн (Fe) агууламжийг спектрофотометрийн аргаар хэмжиж, үр дүнг нарийвчлан гаргав.

ҮР ДҮН, ХЭЛЭЛЦҮҮЛЭГ

Судалгааны дээжүүдийг 2025 оны 01-р сарын 13-ны өдөр авсан бөгөөд газар дээр нь зарим физик шинж чанарын үзүүлэлт болон тогтворгүй компонентуудыг тодорхойлсон болно. Мандал сумын усны зарим физик шинж чанарын үзүүлэлтүүдийг 1-р хүснэгтэд харуулав.

Цахилгаан химийн хэмжилтүүд буюу усны pH, цахилгаан дамжуулах чанар зэргийг электродын тусламжтай хэмждэг. Усны дээжийг шинжлэхдээ хамгийн эхэнд түүний цахилгаан дамжуулах чанар болон pH-ийг хэмжих шаардлагатай байдаг. Ундны усны эрүүл ахуйн шаардлага, чанар, аюулгүй

байдлын үнэлгээ “MNS 0900:2005” стандартад зааснаар pH-ын агуулга 8.5 байхаар заасан байдаг. Худгуудын усны pH нь 7.22-8.12-ийн хооронд хэлбэлзэж, ундны усны стандартын шаардлагыг бүрэн хангаж байна.

СЭЛЭНГЭ АЙМГИЙН МАНДАЛ СУМЫН ГҮНИЙ УСНЫ ФИЗИК ШИНЖ ЧАНАРЫН ҮЗҮҮЛЭЛТ

1-р ХҮСНЭГТ

№	Нэр	pH	ЦДЧ, $\mu\text{S/cm}$
Дээж 1	Дэнж	8.09	560
Дээж 2	Гүн худаг	7.94	338
Дээж 3	Баянхангай	8.12	461
Дээж 4	Минжийн хангай	7.22	463
Дээж 5	Баруун өлөнт	7.80	355
Дээж 6	Булагийн 4	7.24	917
Дээж 7	Мандал энерго	7.66	548
Дээж 8	Спирт бал бурам	7.76	443
Дээж 9	Төмөр зам	7.66	552

Цахилгаан дамжуулах чанар гэдэг нь усны дээжийн цахилгаан гүйдлийн дамжуулах чадварыг илэрхийлэх хэмжигдэхүүн бөгөөд усан дахь иончлогдсон бодисын агууламжаас хамаарна. Усан дахь эрдэс бодисын агуулга ихсэхэд ЦДЧ мөн өсдөг. Худгуудын усны цахилгаан дамжуулах чанар нь 338-917 $\mu\text{S/cm}$ хооронд байв.

Усны катионы агуулгыг 2-р хүснэгтэд үзүүлэв. Ундны усны эрүүл ахуйн шаардлага, чанар, аюулгүй байдлын үнэлгээ “MNS 0900:2005” стандартад зааснаар кальци (Ca^{2+}) ионы агуулга 100 мг/л байхаар заасан байдаг [2]. Худгуудын усны хатуулаг 2.9-14.8 мг/экв хооронд байв.

Ундны усны стандартад зааснаар магни ионы агуулга 30мг/л байдаг. Худгийн усны магнийн ионы агуулга 8.51-69.31 мг/л-ийн хооронд байсан. Дээж 6-ийн магни ионы агуулга зөвшөөрөгдөх дээд хэмжээнээс хэтэрсэн үзүүлэлттэй байна.

СЭЛЭНГЭ АЙМГИЙН МАНДАЛ СУМЫН ГҮНИЙ УСНЫ КАТИОНЫ АГУУЛГА

2-р ХҮСНЭГТ

Дээжийн №	Хат. мг/экв	Катионы агуулга мг/л			
		$\text{Na}^+ + \text{K}^+$	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Fe
Дээж 1	3.18	124.7	15.03	10.21	0.14
Дээж 2	2.9	70.0	13.02	9.72	0.17
Дээж 3	4.1	95.1	24.04	12.16	0.10
Дээж 4	3.6	61.0	39.07	8.51	0.25
Дээж 5	5.0	51.8	25.05	15.20	0.14
Дээж 6	14.8	106.5	34.06	69.31	0.32
Дээж 7	5.1	107.2	23.04	17.02	0.17
Дээж 8	4.8	78.8	13.02	21.28	0.12
Дээж 9	5.0	95.4	21.04	17.63	0.11
MNS0900-2005	7.0	200	100	30.0	0.3

Байгалийн усан дахь төмрийн үндсэн эх үүсвэр нь геологийн биетүүдийн химийн хувирал юм. Хөрсөн дэх төмөр нь уусдаггүй Fe_2O_3 , FeS_2 болон бага зэрэг уусдаг FeCO_3 хэлбэрээр тохиолдоно [2]. Ундны усны стандартад төмрийн ионы агуулга 0.3 мг/л-аас ихгүй байхаар тогтоосон [3]. Худгуудын усны төмрийн агуулга 0.10-0.32 хооронд байв. Дээж 6-ийн усны төмрийн ионы агуулга стандартын утгаас давсан байлаа.

Мандал сумын гүний усны анионы агуулгыг 3-р хүснэгтэд харуулав.

СЭЛЭНГЭ АЙМГИЙН МАНДАЛ СУМЫН ГҮНИЙ УСНЫ АНИОНЫ АГУУЛГА

3-Р ХҮСНЭГТ

Дээжийн №	Анионы агуулга, мг/л					Эрдэс жслт, мг/л
	SO_4^{2-}	PO_4^{3-}	Cl^-	HCO_3^-	CO_3^{2-}	
Дээж 1	12.67	0.006	26.3	366.0	0.0	373.3
Дээж 2	30.71	0.008	33.7	176.5	0.0	225.1
Дээж 3	113.78	0.016	23.8	189.1	0.0	307.1
Дээж 4	61.82	0.006	31.2	253.5	0.0	308.4
Дээж 5	47.46	0.016	25.8	183.0	0.0	236.3
Дээж 6	206.24	0.033	26.9	457.5	0.0	611.7
Дээж 7	84.52	0.016	33.7	274.5	0.0	365.0
Дээж 8	54.47	0.006	25.5	244.0	0.0	295.1
Дээж 9	84.42	0.016	32.0	244.0	0.0	368.3
MNS0900-2005	500.0		350.0			1000.0

Ундны усны стандартад гидрокарбонатын ионы агуулгыг тогтоогоогүй байдаг. Гүний худгуудын усны гидрокарбонат ионы агуулга 183.0 -366.0 мг/л хооронд байв.

Ундны усны стандартад зааснаар сульфат ионы агуулга 500 мг/л байхаар тогтоосон байдаг. Нийт 9 худгийн усны сульфатын ионы агуулга 12.67-206.24 мг/л хооронд хэлбэлзэж байгаа бөгөөд ундны усны стандартын шаардлагыг бүрэн хангаж байна.

Гүний худгуудын усны хлоридын ионы агуулга 23.8-33.7 мг/л хооронд хэлбэлзэж байгаа бөгөөд ундны усны стандартын шаардлагыг хангаж байна.

Мандал сумын гүний усны биоген ионуудын агуулгыг 4-р хүснэгтэд харуулав.

Ундны усан дахь нитритийн ионы зөвшөөрөгдөх дээд агуулгыг ундны усны стандартад 1.0 мг NO_2 гэж тогтоосон байдаг. Судалгаанд хамрагдсан гүний худгуудын усны нитритийн ион 0.05 мг/л – 2.0 мг/л хооронд хэлбэлзэж байсан. Дээж 7 -ийн нитрит ионы агуулга стандарт утгаас давсан байна.

Ундны усны стандартад зааснаар аммоний ионы агуулга 1.5 мг/л байхаар тогтоосон байдаг бөгөөд аммонийн агуулгын хэмжээгээр усны бохирдлыг үнэлж болно. Нийт 9 худгийн усны аммонийн ионы агуулга 0.5-10.0 мг/л хооронд хэлбэлзэж байгаа бөгөөд Булаг худгийн (Дээж 6) ундны ус стандартын шаардлагыг хангахгүй байна. Үүнээс харахад, дээрх худаг нь малчдын ундны усандаа хэрэглэдэг, мал

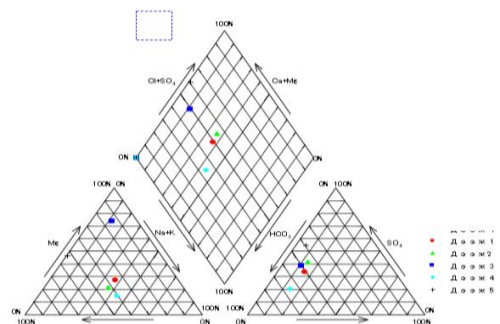
ахуйгаа усалдаг худаг бөгөөд малын шороо тоос, шээс баас зэрэг усанд орж бохирдсон учраас аммонийн ион агуулга их байгаа байх гэж үзэж байна.

СЭЛЭНГЭ АЙМГИЙН МАНДАЛ СУМЫН ГҮНИЙ УСНЫ БИОГЕН ИОНУУДЫН АГУУЛГА

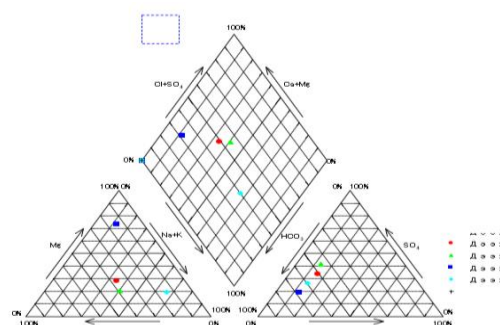
4-Р ХҮСНЭГТ

Дээжийн №	Биоген ионуудын агуулга мг/л		
	NH_4^+	NO_2^-	NO_3^-
Дээж 1	0.5	0.05	1.56
Дээж 2	0.5	0.1	1.58
Дээж 3	0.25	0.1	3.0
Дээж 4	1.0	0.1	4.2
Дээж 5	0.25	0.05	1.43
Дээж 6	10.0	0.05	4.0
Дээж 7	1.0	2.0	2.1
Дээж 8	1.0	0.05	1.7
Дээж 9	1.0	0.05	2.2
MNS0900-2005	1.5	1.0	50.0

Гадаргын цэвэр усан дахь нитратын ион нь бактерийн нитрификаци гэх мэт үйл ажиллагаагаар үүсдэг. Энэ нь аэроб орчинд аммонийн ион бактерийн нөлөөгөөр исэлдэж, нитратад шилжих процесс юм. Ундны усны стандартад зааснаар нитрат ионы агуулга 50 мг/л байхаар тогтоосон байдаг. Усны дээжүүдийн нитрат ионы агуулга 1.43-4.2 мг/л хооронд хэлбэлзэж байсан.



1-р зураг. Мандал сумын гүний усны гурвалжингийн диаграмм (Дээж 1-5)



2-р зураг. Мандал сумын гүний усны гурвалжингийн диаграмм (Дээж 6-9)

Усны гурвалжингийн диаграмм (1944) нь янз бүрийн ууссан бүрэлдэхүүн хэсгүүдийн хамаарлыг тодорхойлох, химийн шинж чанарт нь үндэслэн, усны ангиллыг тодорхойлоход маш их хэрэгтэй. Усны төрлийг тодорхойлохын тулд гурвалжингийн диаграммыг ашиглаж болно.

Гурвалжингийн диаграмм нь дээж тус бүрийн катионуудын (зүүн диаграмм) болон анионуудын (баруун диаграмм) харьцангуй концентрацыг харуулдаг. Гурвалжингийн диаграммын зорилго нь катионуудыг натри (Na^+) нэмэх кали (K^+), кальци (Ca^{2+}), магни (Mg^{2+}) гэсэн гурван үндсэн бүлэгт хуваана. Анионуудыг бикарбонат (HCO_3^-), сульфат (SO_4^{2-}), хлорид (Cl^-) гэсэн гурван үндсэн ангилалд хуваадаг. Зураг 1 болон 2-оос харахад, Мандал сумын гүний худгийн уснаас авсан цэгүүд болох дээж 5-ын катионуудын хувьд $\text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+} > \text{Na}^+ + \text{K}^+$, дээж 1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9 анионууд $\text{HCO}_3^- > \text{SO}_4^{2-} > \text{Cl}^-$ гэсэн бууралт эрэмбэлэгдэж байна. Дээж 1, 2, 6-ийн катионы агуулга нь: $\text{Ca}^{2+} > \text{Na}^+ + \text{K}^+ > \text{Mg}^{2+}$, дээж 3, 8-ийн катионы агуулга нь: $\text{Mg}^{2+} > \text{Ca}^{2+} > \text{Na}^+ + \text{K}^+$, дээж 5-ийн анионууд нь $\text{SO}_4^{2-} > \text{HCO}_3^- > \text{Cl}^-$ байна. Эндээс харахад, дээж 1, 2, 6-р цэгүүдийн ус нь гидрокарбонатын ангийн кальцийн бүлгийн ус байна. Дээж 3, 8-р цэгийн ус нь гидрокарбонатын ангийн магнийн бүлгийн ус, дээж 5-р цэгийн ус нь сульфатын ангийн кальцийн бүлгийн ус, дээж 4, 7, 9-р цэгийн ус нь гидрокарбонатын ангийн натри-калийн бүлгийн ус тус тус байв. Сульфатын ангийн ус нь тунамал хурдас, чулуулаг дахь гөлтгөнө ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) усанд шууд уусдаг учир сульфатлаг кальцийн ус бий болох нөхцөлийг бүрдүүлдэг. Ийм усыг “Анхдагч найрлагатай ус” гэж нэрлэх бөгөөд улмаар хувирлын процесст орж, Na_2SO_4 ба MgSO_4 -ыг агуулснаар хоёрдогч найрлагатай сульфатлаг ус болдог байна. Хувирлын процессын дүнд бий болсон эх газрын гаралтай сульфатлаг давс тунамал хурдас, чулуулагт түгээмэл тархана. Гөлтгөнө агуулагч хурдас ямагт бусад давс агуулагч хурдас чулуулагтай хамт байдаг онцлогтой тул сульфатлаг кальцийн ус маш ховор, харин сульфатлаг натрийн ус түгээмэл тархацтай байдаг. Сульфид агуулагч тунамал чулуулаг исэлдэх процесс болон хүхрийн хүчлийн өгөршилд орсноор сульфатын ангийн кальци - магни, эсвэл магни-кальцийн ус бий болно. Газрын доорх ус нь сульфидын орд газраар дамжин гарахдаа сульфатын ионыг их хэмжээгээр уусгаснаас усны эрдэжилт нь ихэсдэг. Сульфат ихтэй ус хүний биед зохимж муутайгаас гадна усны кальци, магнитай нэгдэж, хатуу усны нөлөөллийг ихэсгэдэг. Хлорид болон сульфатын давсууд нь их хэмжээтэй байх нь барилгад сөрөг нөлөө үзүүлж, усны идэмхий чанарыг ихэсгэнэ. Сульфатын идэмхий чанар нь бетон, төмөр, бетон барилга байгууламжид муу нөлөөтэй [4].

Ерөнхийдөө эрдэжилт дотроо сульфат, хлорын ионууд, харин хатуулаг дотроо магнийн ион зонхилсон байвал хүний эрүүл мэндэд илүү тохиромжгүй байдаг. Гидрокарбонатын буюу цэнгэг ус нь хоол шингээх, хлорид, иод нь бодисын солилцоог сайжруулах, кальци, сульфат нь ясны эд эсийг бэхжүүлэх, магни нь хүний оюун ухааныг

стрессээс хамгаалах тайвшруулах нөлөөтэй нь тогтоогдсон байдаг. Худгуудын усны эрдэжилт нь 225.1 -611.7 мг/л-ийн хооронд хэлбэлзэж, ундны усны стандарт шаардлагыг хангаж байна.

СЭЛЭНГЭ АЙМГИЙН МАНДАЛ СУМЫН ГҮНИЙ УСНЫ
НИЙТ ОРГАНИК НҮҮРСТӨРӨГЧ, ХИМИЙН ХЭРЭГЦЭЭТ
ХҮЧИЛТӨГЧ БОЛОН НИЙТ УУССАН ХАТУУ БОДИСЫН
АГУУЛГА

5-Р ХҮСНЭГТ

Дээжийн №	Агуулга мг/л		
	НОС	XXX	НУХБ
Дээж 1	10.5	7.1	103.0
Дээж 2	20.1	15.8	105.0
Дээж 3	1.4	0.7	139.0
Дээж 4	0.0	0.0	0.0
Дээж 5	0.0	0.0	0.0
Дээж 6	1.3	0.6	203.0
Дээж 7	1.7	1.0	252.0
Дээж 8	0.0	0.0	0.0
Дээж 9	0.4	0.2	188.0

ТОС (Нийт органик нүүрстөрөгч) 0.4 – 20.1 мг/л хооронд байна. Хамгийн өндөр утга нь 20.1 мг/л гарсан бол, хамгийн бага нь 0 mg/L. COD (химийн хэрэгцээт хүчилтөрөгч)-ийн утга 0 – 15.8 мг/л хооронд байв. 15.8 мг/л-ийн өндөр утга нь усан дахь органик бодис химийн аргаар исэлдэх чадвар өндөр байгааг харуулж байна. Харин зарим дээжид COD 0 мг/л гарсан нь органик бохирдол байхгүйг илтгэнэ. Тэрчлэн судалгааны үр дүнд TDS (Нийт ууссан хатуу бодис)-ийн хэмжээ 103 – 252 мг/л байна. Хамгийн өндөр утга нь 252 мг/л, харин хамгийн бага нь 103 мг/л. Энэ нь усан дахь ууссан эрдэс бодис, хатуулгийн ялгаатай түвшинг илтгэнэ. Усны чанар дээжээсээ хамаарч, ихээхэн ялгаатай гарсан. Зарим усанд органик бохирдол байхгүй бол зарим нь өндөр үзүүлэлттэй байна.

СЭЛЭНГЭ АЙМГИЙН МАНДАЛ СУМЫН ГҮНИЙ УСНЫ
ХҮНД МЕТАЛЛЫН АГУУЛГА

6-Р ХҮСНЭГТ

Дээжийн №	Агуулга мг/л			
	Cu	Mn	Ni	Zn
Дээж 1	<0.005	<0.005	<0.003	<0.005
Дээж 2	0.005	<0.005	<0.003	0.018
Дээж 3	<0.005	<0.005	<0.003	<0.005
Дээж 4	0.009	<0.005	0.0082	0.038
Дээж 5	<0.005	<0.005	<0.003	<0.005
Дээж 6	<0.005	<0.005	0.0099	0.299
Дээж 7	<0.005	<0.005	<0.003	<0.005
Дээж 8	0.014	<0.005	0.006	0.053
Дээж 9	<0.005	<0.005	0.005	<0.005
MNS0900-2005	0.01	0.1	0.01	0.01

СЭЛЭНГЭ АЙМГИЙН МАНДАЛ СУМЫН ГҮНИЙ УСНЫ
ХҮНД МЕТАЛЛЫН АГУУЛГА

7-Р ХҮСНЭГТ

Дээжийн №	Cr	Cd	Pb
Дээж 1	<0.010	0.0001	<0.0005
Дээж 2	<0.010	<0.0001	<0.0005
Дээж 3	<0.010	0.00054	<0.0005
Дээж 4	<0.010	0.0001	<0.0005
Дээж 5	<0.010	0.0002	<0.0005
Дээж 6	<0.010	0.0002	<0.0005
Дээж 7	<0.010	0.0002	<0.0005
Дээж 8	<0.010	0.0002	0.0006
Дээж 9	<0.010	0.0001	<0.0005
MNS0900-2005	0.01	0.005	0.01

Мөн хүнд металлын агуулгыг Монгол Улсын Магадлан итгэмжлэгдсэн SGS лабораторид шинжлүүлж, нийт 9 усны дээжид Cr, Cd, Pb, Cu, Mn, Ni, Zn агууламжийг MNS0900-2005 стандарттай харьцуулан үнэлгээ хийлээ. Шинжилгээний үр дүнд бүх дээжийн хром (Cr), манган (Mn), никель (Ni) кадми (Cd), хар тугалга (Pb)-ийн агууламж хязгаараас хэтрээгүй буюу стандартад нийцсэн бөгөөд маш бага илэрсэн, хүний биед хортой нөлөө үзүүлэхгүй. Зэс (Cu) агууламж “Спирт бал бурам” цэгт стандартаас давсныг тухайн дээж авсан цэгийн ус хангамжийн хоолойтой холбон тайлбарлаж болно.

Цайр (Zn)-ын агууламж “Гүн худаг, Булагийн 4, Минжийн хангай, Спирт бал бурам” гэх цэгүүдэд стандарт хэмжээнээс хэтэрсэн байна. Ялангуяа Булагийн 4 цэгт хамгийн өндөр буюу 0.299 мг/л илэрсэн нь стандартаас 29.9 дахин их байгаа юм. Ундны усан дахь цайрын хэт агууламж нь хүн, байгаль орчин, амьтанд олон төрлийн сөрөг нөлөө үзүүлэх боломжтой. Цайр нь амьд организмд хэрэгтэй элемент боловч хэт их хэмжээний цайр нь янз бүрийн эрүүл мэндийн асуудал үүсгэж, экосистемд сөрөг нөлөө үзүүлнэ.

ДҮГНЭЛТ

Энэхүү судалгааны ажлын хүрээнд Сэлэнгэ аймгийн Мандал сумын нутагт орших 9 худгаас усны дээж авч химийн найрлагыг судлав.

Судалгааны үр дүнд үндэслэн дараах дүгнэлтүүдийг хийж байна. Үүнд:

1. Усны ихэнх үзүүлэлт ундны усны стандартад нийцэж байна. Дээж авсан худгуудын усны pH нь 7.22-8.12 хооронд хэлбэлзэж байгаа нь сул шүлтлэг орчинтой байв.

3. “Дэнж, Гүн Худаг, Булаг”-ийн 4 цэгийн усны дээж нь гидрокарбонатын ангийн кальцийн бүлгийн, “Баянхангай, Спирт бал бурам” цэгүүдийн дээжийн ус нь гидрокарбонатын ангийн магнийн бүлгийн ус, “Баруун өлөнт”-ийн ус нь сульфатын ангийн кальцийн бүлгийн, “Минжийн хангай, Мандал энерго, Төмөр зам” цэгүүдийн ус нь гидрокарбонатын ангийн натри-калийн бүлгийн ус байна.

4. Дээж 6 буюу “Булагийн 4”-ийн усны төмөр, магни, аммонийн ионууд усны стандартаас өндөр байгаа учир онцгой анхаарч арга хэмжээ авах шаардлагатай. Төмөр, магни, аммонийн ионуудын ундны усанд буй агууламж нь стандартын хэмжээнээс хэтэрч байгаа нь хүний эрүүл мэнд, мал аж ахуй, газар тариалан болон орчны хувьд ноцтой сөрөг нөлөөтэй. Энэ нь хүний биед хуримтлагдан хордлого үүсгэж, мал амьтдын хооллолт, ургацын чанарт сөргөөр нөлөөлөх боломжтой.

5. “Баруун өлөнт” цэгийн усанд зэс, “Минжийн хангай” цэгийн усанд төмөр, “Булаг 4” цэгийн усанд манган, цайрын агуулга стандарт хэмжээнээс давсан байна. Үүнийг тухайн газар нутгийн онцлогтой холбон тайлбарлаж болох юм.

6. Дээрх судалгаанаас харахад, эдгээр газрын худгийн усны чанарыг тогтмол хянах, ус цэвэршүүлэх системийг шинэчлэх, усны бохирдлын эх үүсвэрт анхаарах, ундны усны стандарт худгийн нөөцийн боломжийг тооцоолж, зорилтот бүсэд тоо хэмжээг нэмэгдүүлэх шаардлагатай. Энэ нь орон нутгийн хөгжилд чухал хувь нэмэр оруулахаас гадна иргэдийн амьдралын чанарыг сайжруулах юм. Бидний энэхүү судалгаа нь зөвхөн тус сумын өнөөдрийн байдлыг илэрхийлсэн төдийгүй, цаашдын усны менежмент, эрүүл ахуйн шийдлүүдийг тодорхойлох үндэс суурь болох бөгөөд судалгааг цаашид үргэлжлүүлж, амжилттай хэрэгжүүлэхийн тулд орон нутгийн удирдлага, иргэдийн идэвхтэй оролцоо, шинжлэх ухааны арга зүй, тогтвортой санхүүжилт шаардлагатай. Ундны усны чанарыг сайжруулах энэ үйл ажиллагаа нь зөвхөн Мандал сумын хөгжлийг дэмжих төдийгүй, иргэдийн эрүүл мэнд, амьдралын чанарыг дээшлүүлэх чухал алхам болох билээ.

АШИГЛАСАН МАТЕРИАЛ, НОМ ЗҮЙ

- [1]. Ч. Гүнчин, А. Доржготов, М. Отгонтуул Усны хими УБ 2019
- [2]. Б.Мягмар, Г.Даваа. Монгол орны гадаргын ус. УБ, 1999 он
- [3]. Монгол Улсын стандарт, 2005. “Хүрээлэн буй орчин. Эрүүл мэндийг хамгаалах аюулгүй байдал.
- [4]. James I. Drever. "The geochemistry of Natural waters", Pearson Education Canada, 1988

МОЛИБДЕНИЙ ДИСЕЛЕНИДИЙН ГАДАРГУУГИЙН ОНОЛЫН БОЛОН ТУРШЛАГЫН СУДАЛГАА

Р. Саруултуяа¹, Д.Содхүү², Н.Жаргалан², Д.Отгонбаяр^{1,*}

¹Монгол Улс, Улаанбаатар, ШУТИС, Хэрэглээний Шинжлэх Ухааны Сургууль, Физикийн тэнхим

²Монгол Улс, Улаанбаатар, ШУА, Физик технологийн хүрээлэн

dotgonbayar@must.edu.mn

Хураангуй: Хоёр хэмжээст (2D) шилжилтийн металлын дихалкогенидууд нь сүүлийн жилүүдэд судлаачдын анхаарлыг ихээр татаж байна. Тэрчлэн, хоёр хэмжээст материалын дефектүүдийг судлах нь тэдгээрийн дефектээс хамаарсан физик шинж чанарыг ойлгоход тустай төдийгүй шинжлэх ухааны судалгаа болон хэрэглээнд ч өндөр ач холбогдолтой юм. Энэхүү өгүүлэлдээ бид MoSe_2 материалын байгалийн дефектүүдийг өндөр вакум дахь тэмтрэх туннелийн микроскоп (STM) ашиглан, байрлал болон цэнэгийн түгэлтийг нь нарийвчлан тодорхойллоо. Мөн нягтын функционал онол (DFT) ашиглан, дефектүүдийн онолоор бодож, дефектээс хамаарсан материалын соронзон шинж чанарыг тодорхойлов.

Түлхүүр үг: Хоёр хэмжээст материал, MoSe_2 , STM, байгалийн дефект, нягтын функционал онол, соронзон шинж чанар

I. УДИРТГАЛ

2D Графен төст болон 2D шилжилтийн металлын дихалкогенидууд нь маш онцгой физик, химийн шинж чанартай учир сүүлийн жилүүдэд судлаачдын анхаарлыг өргөнөөр татаж байгаа бөгөөд эдгээр 2D материалуудыг онол болон туршлагын аргуудаар олон талаас нь эрчимтэй судалсаар байна [1-2]. Эдгээр 2D материалууд нь наноэлектроник, эрчим хүч төдийгүй бүхий л салбарын хөгжилд өндөр ач холбогдолтой юм [3-6].

Шилжилтийн металл болох Мо болон халкоген Se-ний атомаас тогтох молибдений диселенид буюу MoSe_2 нь хоорондоо Ван-Дер-Вальсын холбоосоор холбогдож, үелсэн бүтэц үүсгэдэг хоёр хэмжээст материал юм. Энэ төрлийн материалуудыг ерөнхийд нь шилжилтийн металлын дихалкогенид гэх бөгөөд халкогены хоёр үеийн дунд шилжилтийн металлын атом байрласан бүтцийг үүсгэдэг бөгөөд эдгээр атом нь хоорондоо ковалент холбоосоор холбогддог [7]. Тэрчлэн MoSe_2 нь хагас дамжуулагч шинж чанартай бөгөөд түүний зузаан болон кристалл бүтэц дэх дефектүүдээс хамаарч, цахилгаан болон соронзон шинж чанар нь өөрчлөгддөг [7-8]. Жишээлбэл, MoSe_2 -ын дан үеийн хориотой бүсийн өргөн ойролцоогоор 1.1-1.5 eV байдаг [8] тул энэ шинж чанар нь түүнийг өндөр хурдтай транзистор, фотодетектор зэрэг төхөөрөмжүүдэд ашиглах боломжийг олгоно. Ойрын жилүүдэд судлаачид 2D шилжилтийн металлын дихалкогенидуудын кристалл бүтцийн өөрчлөлтөөс хамаарсан физик шинж чанарыг өргөнөөр судалж байна [9-10]. Антал А.Коос нар 2D MoSe_2 -ын фазын шилжилт болон түүний кристалл бүтцийн өөрчлөлтөөс хамаарч, соронзон шинж чанар хэрхэн сайжирч буйг туршлагаар тодорхойлсон байна [11]. Мөн Е.Миттерейтер нар MoS_2 -ын гадаргууд механик аргаар дефект үүсгэн, үүссэн дефектээс хамаарсан

физик шинж чанарыг онол болон туршлагын аргуудаар нарийвчлан тодорхойлжээ [12].

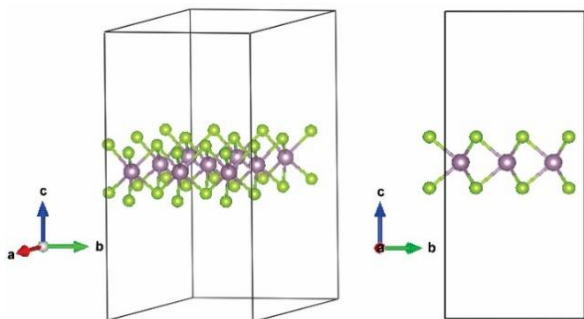
Энэхүү судалгаагаараа бид MoSe_2 материалын байгалийн дефектүүдийн байрлал болон цэнэгийн түгэлтийг STM ашиглан, нарийвчлан тодорхойлсон бөгөөд энэхүү туршлагын үр дүнд үндэслэн, DFT ашиглан дефектүүдийг онолоор бодож, дефектээс хамаарсан материалын соронзон шинж чанарыг тодорхойлохыг хичээлээ.

II. СУДАЛГААНЫ АРГАЧЛАЛ

MoSe_2 дээжийг STM-ийн туршилтад бэлтгэж гадаргын бохирдлыг арилгахын тулд дээжийн гадаргууд өндөр вакумын зориулалт (kapton tape) бүхий скоч нааж, өндөр вакумын (ultra-high vacuum) чамберт (chamber) оруулсны дараа скочийг хуулж, цэвэр гадаргуу үүсгэсэн. STM-ийн туршилтыг Солонгос Улсын Korean Research Institute of Standards and Science (KRISS) хүрээлэн дэх RHK R9 электроник систем ба home-made STM толгой бүхий STM систем ашиглан, өрөөний температурт, 1.5×10^{-10} Тогт даралттай өндөр вакумын чамберт гүйцэтгэсэн. STM зургуудыг цахилгаан химийн идүүлэлтээр гарган авсан поликристалл W зүү (tip) ашиглан, STM-ийн тогтмол гүйдлийн горимд гарган авлаа.

MoSe_2 нь гексагональ бүтэцтэй бөгөөд $\text{P6}_3/\text{mmc}$ огторгуйн группэд харьяалагддаг, $a=b=0.3319$ нм, $c=1.3337$ нм торын параметртэйгээр загварчлан судлав. Онолын тооцооллыг гүйцэтгэхдээ, Vienna Ab-initio Simulation Package (VASP) программ ашиглан, [13] солилцлын харилцан үйлчлэлийн хувьд ерөнхий градентын ойролцоолол (GGA), Perdew-Burke-Ernzerhof (PBE) аргачлалуудыг ашиглав[14]. Бүтцийн тогтворжилтын тооцоог гүйцэтгэхдээ энергийн тайралтыг 600 эВ, Бриллионий бүсийн k-цэгийг $3 \times 3 \times 1$ байхаар сонгон авсан. Тооцооллыг захын үелэх нөхцөлийг тооцон харилцан үйлчлэлгүй байхаар вакум үүсгэж,

явуулсан бөгөөд вакумын хэмжээг 1.3 нм-ээр MoSe_2 -ийн дан үе дээр явуулсан [15]. DFT тооцоог ШУА-ын Математик, тоон технологийн хүрээлэнгийн тооцоолох серверийг ашиглан гүйцэтгэсэн.



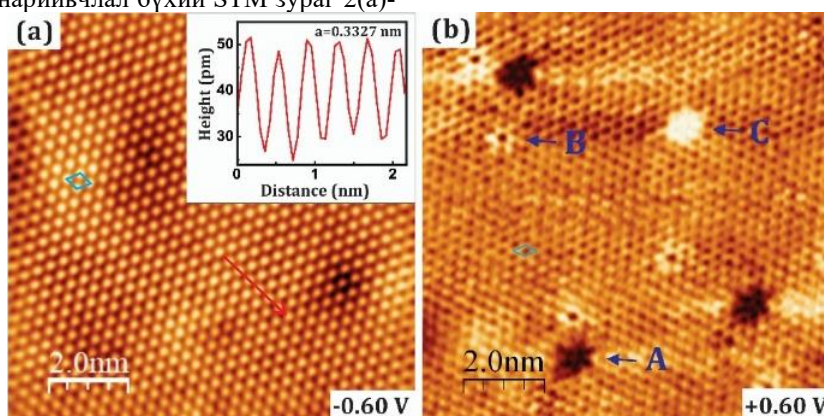
Зураг 1. MoSe_2 -ийн дан үеийн модель. Вакум үеийн урт 1.3 нм.

III. ҮР ДҮН

MoSe_2 дээжийн цэвэр гадаргуугийн атомын түвшний нарийвчлал бүхий STM зургуудыг 2-р зурагт харуулав. Дээжийн гадаргууд нааж оруулсан скочийг 1.5×10^{-10} Тогт даралттай өндөр вакумын чамберт хуулсны дараа зуугаас хэдэн зуун нанометр өргөнтэй атомын хэмжээний цэвэр гадаргуу үүссэн болох нь харагдаж байсан бөгөөд уг өргөн террасууд дээрээс нарийвчлан хэмжилт хийж 8 гарган авсан атомын түвшний нарийвчлал бүхий STM зураг 2(a)-

ээс харвал гадаргуу дээр маш сайн эрэмбэлэгдсэн Se-ийн атомуудын гексагональ бүтэц маш тодорхой харагдаж байна. Энэ зураг дээр гадаргуу дахь Se-ийн атомуудын эгэл торыг цэнхэр өнгийн параллелграммаар тэмдэглэлээ. Мөн зураг 2(a) дээрх сумтай улаан шугамын дагуу авсан шугаман анализын үр дүнг Зураг 2(a) дотор дүрслэн харуулав. Эндээс гадаргуу дахь Se-ийн атомуудын хоорондох зай буюу эгэл торын тогтмолыг нарийн тодорхойлж болох бөгөөд уг утга 0.3327 нанометртэй тэнцүү байлаа. Өмнөх судалгааны ажлуудад дурдсанаар, MoSe_2 нь гексагональ кристалл бүтэцтэй бөгөөд торын тогтмолууд нь $a=b=0.3326$ нм ба $c=1.3075$ нм байдаг [7]. Харин бидний тохиолдолд торын тогтмол бага зэрэг зөрүүтэй (их) гарсан бөгөөд энэ нь хэмжилтийг гүйцэтгэсэн STM-ийн пиезо хоолойн тохируулга болон STM-ийн зураг авах үед хэмжилтийн зүүний шилжилтээс хамаарч, бага зэрэг өөрчлөгдөж болдог.

Хэмжилтийн явцад MoSe_2 -ийн дээжийн гадаргууд ажиглагдсан дефектүүдийн STM зургуудыг 2(b)-р зурагт харуулав. Дээжид +0.60 В хүчдэл өгч гарган авсан зураг 2(b)-аас харвал, гадаргын зарим Se-ийн атомууд бусдаасаа илүү бараанаар, мөн зарим хэсэг нь цагаан хүрээгээр болон тод цагаанаар харагдаж байна. Эдгээр дефектүүдийг зураг дээр А, В болон С үсгээр тодотгон тэмдэглэж харуулав.



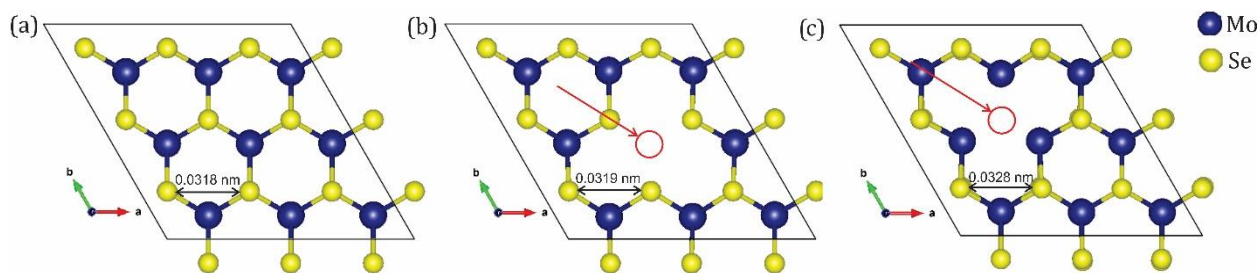
Зураг 2. MoSe_2 дээжийн гадаргуу. (a) Гадаргуугийн цэвэр хэсгийн атомын түвшний нарийвчлал бүхий STM зураг. (б) Гадаргуугийн дефект бүхий хэсгийн бүхий STM зураг. Дээжийн гадаргуугийн хамгийн дээд үеийн Se атомын дефектийг А, дундах үе буюу Мо атом дээр үүссэн дефектийг В, доод үе дэх Se атомын үүсгээж буй дефектийг С үсгээр зурагт тэмдэглэв. Гадаргуугийн эгэл торыг цэнхэр өнгийн параллелграммаар тэмдэглэв.

А дефектийн хувьд, зураг дээр бараан зургаан өнцөгт хэлбэртэй харагдаж байгаа бөгөөд нарийвчлан харвал, гадаргын зургаан Se атомын төвд орших атом алга болсон харагдаж байна. Иймээс энэ дефект нь гадаргын хамгийн дээд үеийн Se атом сугаран гарсантай (Se vacancy) шууд холбоотой юм. Бидний судалж буй дээжтэй төстэй 2D материалуудын STM-ээр болон бусад гадаргуугийн судалгааны багажуудаар судалсан ажлуудад төсөөтэй дефектүүд ажиглагдаж, нарийвчлан судлагдсан байдаг [16-18]. Р.Аддоу нарын судалгаанд биднийхтэй ижил дефектүүд ажиглагдсан бөгөөд тэд эдгээр дефектүүд нь гадаргын Se атомуудын доор W-ын атомуудын үед

орших зарим W-ын атом өөр донор болон акцептор атомуудаар солигдох юм уу, W-ын атомын вакансын үед гадаргуу дээр үүсдэг дефектүүд болохыг баталсан [19]. Тиймээс зураг 2(b) дэх дефект нь нэмэх хүчдэл бүхий зурагт дундаа хар толбо бүхий цагаан хүрээ байдлаар харагдаж байгаа, мөн дефектийн төв цэг нь гадаргуугийн Se-ийн атомуудын хооронд байгааг тооцож үзвэл, гадаргын Se атомуудын доод атомын үед орших Мо-ийн атом сугаран гарч, зангилаа хоосон үлдсэний (Mo vacancy) улмаас үүссэн дефект гэж таамаглаж болохоор байна [20]. Үүнтэй ижлээр зураг 2(b) дээрх тод цагаан дефектийн хувьд цэнэгийн түгэлт болон дефектийн байрлалаас нь харвал, гадаргуугийн хамгийн доод үе дэх Se атомтой холбоотой болох нь

ажиглагдаж байна. Хэмжилтийн явцад эдгээр гурван төрлийн дефект үргэлж ажиглагдаж байсан энэ үр дүн нь эдгээр дефект дээжийн нийт эзлэхүүнээр түгсэн болохыг илэрхийлж байна.

Туршлагын аргын дээрх үр дүнд тулгуурлан, нягтын функцийг онолоор MoSe_2 -ын цэвэр гадаргуугийн болон дефект бүхий гадаргуугийн тооцоог $3 \times 3 \times 1$ торын хувьд хийж, үр дүнг Зураг 3-т харууллаа.



Зураг 3. MoSe_2 $3 \times 3 \times 1$ үеийн онолоор тооцоолсон гадаргуу. (a) Дефектгүй үеийн цэвэр гадаргуу (c) Мо-ийн атомд үүсгэсэн дефект. (e) Se-ийн атомд үүсгэсэн дефект. Зураг дээр дефектийг улаан өнгийн сумаар зааж тэмдэглэв.

Бүтцийн тогтворжилтын тооцооноос торын параметруудийг тодорхойлоход дефектгүй үндсэн бүтцийн хувьд $a=b=0.3318$ нм ба $c=1.334$ нм байв. Энэ үр дүн нь бидний туршилтад ашигласан нимгэн үеийн STM-ээр тодорхойлсон торын параметруудтай нийцэж байсан (Хүснэгт 1).

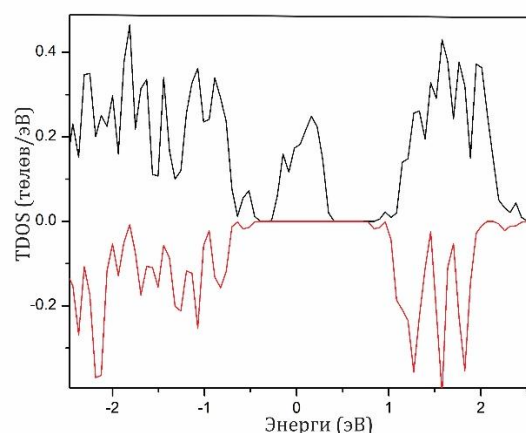
ХҮСНЭГТ 1. Цэвэр MoSe_2 болон Мо ваканс, Se-ийн дээд, доод вакансын тооцоолсон торын параметрууд

Нэгдэл	a (нм)	c (нм)	Эзлэхүүн (нм ³)	Энерги (эВ)	Соронзон момент (μB)
MoSe_2	0.0318	13.342	0.1909	-17.952	0.00
Se ваканс (дээд)	0.0319	13.334	0.1909	-17.346	0.00
Se ваканс (доод)	0.0319	13.334	0.1909	-17.346	0.00
Мо ваканс	0.0328	13.334	0.1909	-16.277	2.59

Соронзон шинж чанарын тооцооллыг цэвэр болон Мо нэг атом, Se нэг болон хоёр атомын ваканстай тохиолдолд тооцооллоо. Цэвэр болон Se атомын ваканстай тохиолдлуудад нийт соронзон момент нь 0 μB гэж тодорхойлогдсон бол, Мо ваканс үүсгэсэн бүтцийн хувьд 2.59 μB болж соронзон шинж чанар үзүүлсэн.

Энэхүү өөрчлөлтийн шалтгааныг тодорхойлохын тулд бүтэц тус бүрийн электрон шинж чанарыг тооцоолов (Зураг 4). Тооцооны үр дүнгээс цэвэр MoSe_2 -ийн электрон төлөвтэй харьцуулахад, Мо атомын ваканс үүсэх үед Ферми түвшний ойролцоо нэмэлт электрон төлөв үүсэж байгаа нь ажиглагдсан бөгөөд энэ төлөв нь d орбиталын электронуудын шилжилт болох нь TDOS-ийн зургаас харагдаж байна. d орбиталын энэ хослоогүй электронуудын төлөв нь нимгэн үед соронзон шинж чанар үүсгэж буй гол фактор гэж үзэж байна. Мо ваканс үүсэх үед соронзон шинж чанар үүсэж байгаа энэхүү үр дүн нь өмнө хийгдэж байсан туршилтын үр дүнг бататгаж

байна.



Зураг 4. Мо-ийн төлөвийн нягтын график

ДҮГНЭЛТ

Өндөр вакумын чамберт хуулалтын арга ашиглан, MoSe_2 дээжийн цэвэр гадаргууг гарган авлаа. STM-ийн хэмжилтээр гадаргуугийн атомуудын кристалл бүтэц болон гадаргууд үүссэн гурван төрлийн дефектийг олж илрүүллээ. Мөн уул дефектүүдийг цэнэгийн түгэлт болон байршлуудын хувьд анализ хийж, гадаргуугийн Se болон Мо-ийн атомын вакансууд болохыг тогтоолоо.

Онолын тооцооллоор анализ хийж, гадаргуугийн дээр болон доорх Se-ын атомын үед үүссэн дефектүүд болон Мо атомд үүссэн дефектүүд болохыг тогтоож тайлбарлалаа. Мөн Мо атомын дефектийн үед үүссэн соронзон шинж чанарыг илрүүлж төлөвийн нягтаар нь тайлбарлав.

АШИГЛАСАН МАТЕРИАЛ, НОМ ЗҮЙ

- [1] Novoselov. K. S, Geim, A. K, Morozov. S. V, Jiang. D, Zhang, Y, Dubonos. S. V, Grigorieva. I. V, Firsov. A. A, "Electric Field Effect in Atomically Thin Carbon Films" Science, 306, 666-669. 2004.
- [2] Novoselov. K. S, Geim. A. K, Morozov. S. V, Jiang. D, Katsnelson. M. I, Grigorieva. I. V, Dubonos. S. V, Firsov. A. A, "Two-Dimensional Gas of Massless Dirac Fermions in Graphene" Nature, 438, 197-200, 2005.

- [3] B. Radisavljevic, A. Kis, et al, "Single-layer MoS₂ transistors", *Nature Nanotechnology*, 6, 147–150, 2011.
- [4] D. Somvanshi and S. Jit, "Transition metal dichalcogenides based two-dimensional heterostructures for optoelectronic applications", In *Micro and Nano Technologies, 2D Nanoscale Heterostructured Materials*, Elsevier, 125-149, 2020.
- [5] D. Gupta, V. Chauhan, and R. Kumar, "A comprehensive review on synthesis and applications of molybdenum disulfide (MoS₂) material: Past and recent developments", *Inorg. Chem. Commun.* 121, 108200, 2020.
- [6] G.S.Kamble, "2D Functional Nanomaterials: Synthesis, Characterization, and Applications", Wiley-VCH; 1st Ed., March 14, 2022.
- [7] Brixner, L. H. "Preparation and Properties of the Single Crystalline AB₂-type Selenides and Tellurides of Niobium, Tantalum, Molybdenum and Tungsten", *J. Inorg. Nucl. Chem.* 24, 257-263, 1962.
- [8] Zhenlu Sun, Hongwei Chu, Ying Li, Lijie Liu, "Optical properties of MoSe₂ nanosheets: characterization, simulation and application for Q-switching" *Optical Materials Express* Vol. 9, 3494-3503, 2019.
- [9] D. Taposhree, N. Yadav, "Electronic properties of 2D materials and their junctions", *Nano Materials Science*, Vol.6, 1-23, 2024.
- [10] B.Mateus, B.Querne, "Crystal structure and electrical and optical properties of two-dimensional group-IV monochalcogenides", *Phys. Rev. B* 108, 2023.
- [11] Antal A, Koós, "Influence of Native Defects on the Electronic and Magnetic Properties of CVD Grown MoSe₂ Single Layers", *Phys. Chem. C*, 123, 24855–24864, 2019.
- [12] E. Mitterreiter, "Atomistic Positioning of Defects in Helium Ion Treated Single-Layer MoS₂", *Nano Lett.* 20, 4437, 2020
- [13] G. Kresse, J. Furthmüller, "Efficient iterative schemes for ab initio total- energy calculations using a plane-wave basis set," *Phys. Rev. B* 54, 11169 , 1996.
- [14] J. P. Perdew, K. Burke, M. Ernzerhof, "Generalized gradient approximation made simple," *Phys. Rev. Lett.* 77, 3865 1996.
- [15] Imam Abdul Rahman, Acep Purqon, "First Principles Study of Molybdenum Disulfide Electronic Structure", *Journal of Physics, Series 877*, 2017.
- [16] Sommerhalter. Ch, Matthes. Th. W, Boneberg. J, Lux-Steiner. M. Ch, Leiderer. P, "Investigation of Acceptors in p-Type WS₂ by Standard and Photo-Assisted Scanning Tunneling Microscopy/Spectroscopy", *Appl. Surf. Sci.* 144–145, 564–569, 1999.
- [17] Klein. A, Dolatzoglou. P, Lux-Steiner. M, Bucher. E, "Influence of Material Synthesis and Doping on the Transport Properties of WSe₂ Single Crystals Grown by Selenium Transport", *Sol. Energy Mater. Sol. Cells*, 46, 175–186, 1999.
- [18] Matthes. Th. W, Sommerhalter. Ch, Rettenberger. A, Bruker. P, Boneberg. J, Lux-Steiner. M. C, Leiderer. P, "Imaging of Dopants in Surface and Sub-Surface Layers of the Transition Metal Dichalcogenides WS₂ and WSe₂ by Scanning Tunneling Microscopy", *Appl. Phys. A: Mater. Sci. Process*, 66, 1007–1011, 1998.
- [19] Addou. R, Wallace. R. M, "Surface Analysis of WSe₂ Crystals: Spatial and Electronic Variability", *ACS Appl. Mater. Interfaces*, 8, 26400–26406, 1998.
- [20] Zhang. Ch, Wang. C, Yang. F, Huang. J. K, Li. L. J, Yao. W, Ji. W, Shih. Ch. K, "Engineering Point-Defect States in Monolayer WSe₂", *ACS Nano*, 13, 1595–1602, 2019.

Эмийн жор бичээч ухаалаг систем

Үүрцайхын МӨНХТУЯА¹, Гантулгын МАГВАН - ЭРДЭНЭ², Батжаргалын ДОЛГОРСҮРЭН³

^{1,2,3}ШУТИС, Мэдээлэл Холбооны Технологийн Сургууль, Мэдээллийн технологийн салбар, Компьютерын ухааны салбар

и-мэйл хаяг: munkht46@gmail.com¹, mgldj13@gmail.com², b.dolgorsuren@must.edu.mn³

Хураангуй: Монгол Улсын эрүүл мэндийн байгууллагууд, эмчээс өвчтөнд зориулж бичдэг эмийн жорыг механикаар буюу гар аргаар үйлдэж, цаасан хэлбэрээр иргэдэд үйлчилдэг. Энэ нь эм олголтын ил тод байдал, эмчийн бичиг гаргацтай биш байх, иргэд эмийн жорыг хаяж үрэгдүүлснээс үүдэн шаардлагатай эмээ авч чадахгүй байх, эмийн жорыг хуурамчаар үйлдэх зэрэг дутагдалтай талуудыг үүсгэж байна. Энэ үйл явцыг хиймэл оюун ухааны дэвшилтэт технологийг ашиглан судалгаа, хөгжүүлэлт дээр үндэслэж, автоматжуулахаар зорьсон бөгөөд оновчтой загварыг хэрэгжүүлсэн ухаалаг веб системийн шийдлийг боловсруулсан болно. Уг систем нь эмчийн яриаг хүлээн авч, эмийн тун хэмжээ, бэлтгэх арга, яаж хэрэглэхийг заасан эмийн жорыг бүх шатлалын эрүүл мэндийн байгууллага, эмийн сангууд үйл ажиллагаандаа даган мөрддөг MNS 5376:2016 стандартын дагуу гаргах юм. Үүний үр дүнд системд бичигдсэн жор нь тухайн өвчтөний регистрийн дугаараар бүртгэгдэж, эм зүйчид эмийн жор нь тус иргэн дээр бичигдсэн эсэхийг хянах, бусад эмийн сангийн программ хангамжуудтай хамтран ажиллах боломжийг судалсан болно. Тус сэдвийн хүрээнд бусад улс орнуудад ашигладаг ижил төстэй системүүдийг судалж, түүнд чиглэсэн оновчтой үр дүнг боловсрууллаа.

Түлхүүр үг: *whisper, pyannote, LLM, эм зүйн салбар*

I. Удиртгал

Хиймэл оюун ухаан (AI) нь эрүүл мэнд, анагаахын шинжлэх ухааны салбарт инновац, өөрчлөлтийн шинэ эрин үеийг бий болгож байна. “AI” технологи ашигласнаар уламжлалт байдлаар буюу хүний оролцоотой хийгддэг үйлдлүүдийг автоматжуулах боломжтой бөгөөд цаашид илүү ухаалаг системүүд бүтээгдсээр байна [1]. Ухаалаг танилтын технологи нь хиймэл оюун ухааны үндсэн ангилалд хамаарагддаг. Үүнийг хоёр хэсэгт хуваадаг. Эдгээр нь дүрс таних технологи болон яриа таних технологиуд юм. Хиймэл оюун ухаан нь цаг хугацааг хэмнэх, мэдээллийн үнэн зөв, бүрэн бүтэн байдлыг хангах зэрэг эрүүл мэндийн салбарт өргөн хүрээний боломжит хэрэглээтэй. Монгол Улсад үйл ажиллагаагаа явуулдаг эрүүл мэндийн байгууллагууд эмийн жорыг эмч, мэргэжилтнүүд механикаар буюу гар аргаар бичиж, цаасан хэлбэрээр ард иргэдэд үйлчилдэг үйл явцыг хиймэл оюун ухаан, машин сургалт, гүн сургалтын аргуудыг ашиглан хэрэглэх ухаалаг веб системийн оновчтой шийдлийг боловсруулахыг зорилоо. Энэ нь эмчийн ачааллыг бууруулах, эмийн жорыг хуурамчаар үйлдэх, хаяж гээгдүүлэх зэрэг асуудлыг шийдвэрлэхэд чухал нөлөө үзүүлж байна [3].

Судалгааны зорилго: Энэхүү судалгааны зорилго нь эмчийн яриаг боловсруулж, тогтсон стандарт, загварын дагуу тухайн өвчтөнд зориулсан эмийн жорыг хиймэл оюун ухааны яриа

танилтын дэвшилтэт технологид суурилагдсан веб системийн оновчтой шийдэл боловсруулан, анагаах ухааны салбарт нэвтрүүлэхэд оршино.

Судалгааны зорилт:

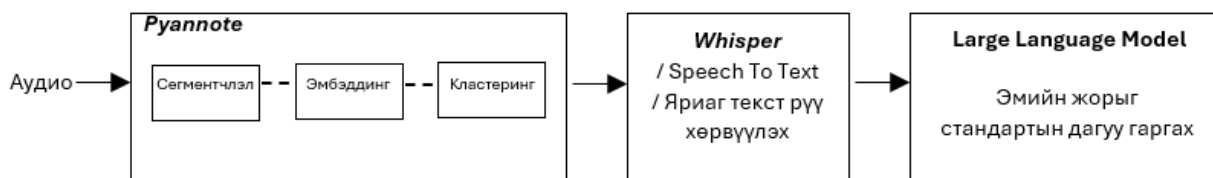
1. Яриаг бичвэрт хөрвүүлэх, ярьж буй субъектүүдийг таних, эмийн жорыг стандарт, шаардлагын дагуу боловсруулахад шаардлагатай онолын судалгааг хийнэ.
2. Өгөгдөл цуглуулж, бэлтгэнэ.
3. Хөгжүүлэлт хийнэ.
4. Алдааны хувийг тооцоолно.

II. Онолын хэсэг

Хиймэл оюун ухааны машин сургалт, гүн сургалтын фреймворкэд хөгжүүлэгдсэн дуу хоолойг текст рүү хөрвүүлэх, ярьсан субъектүүдийг ялгах, текст боловсруулах олон технологи байдаг бөгөөд үүнээс хамгийн өргөн ашиглагддаг Google Text To Speech, Kaldi, DeepSpeech, IBM, Whisper, Pyannote, LLM гэх мэт сангууд юм. Энэхүү судалгааны ажил нь эдгээрийг тодорхой үзүүлэлтүүдээр харьцуулсны үндсэн дээр хамгийн оновчтойг нь сонгон, бэлтгэсэн өгөгдлөөр сургаж, бодит бүтээгдэхүүн болгоход тулгуурласан болно. Харьцуулсан судалгааны үр дүнг Хүснэгт 1-д орууллаа. Үүний үр дүнд яриаг текст рүү хөрвүүлэхэд хамгийн бага алдааны хувьтай, мөн хамгийн олон буюу 100 гаруй хэл дээр хөрвүүлэг хийх боломжтой whisper, яриа

танилт болон ярианы хэлбэр таних (speaker diarization) зэрэг дууны дохио боловсруулахад чиглэгдсэн Pyannote сан, эмийн жорыг тогтсон

стандарт шаардлагын дагуу боловсруулахад LLM моделиудыг ашиглахаар сонгосон болно. Зураг 1-т системийн ажиллах үйл явцыг харуулав.



1-р зураг системийн үйл ажиллагааны диаграмм

2.1 Өгөгдлийн багц

Бид судалгааны ажилдаа дараах өгөгдлийг багцаар бэлтгэж, ашигласан болно. Үүнд:

- Монгол Улсад бүртгэлтэй 4788 эмийн худалдааны нэр, олон улсын нэр, тун хэмжээ, эмийн мэдээлэл [8,9].
- Эмч, эрүүл мэндийн ажилтны эмийн жорыг тайлбарласан 100 цагийн аудио өгөгдөл зэрэг болно.

2.2 Өгөгдлийн урьдчилсан боловсруулалт

Бидний цуглуулж бэлтгэсэн өгөгдлийн багц нь Монгол им импекс концерн болон Монголын гаалийн ерөнхий газраас авсан бүртгэл, мэдээлэл байсан тул хоосон утга болон давхардсан утга байгаагүй. Харин эмийг зориулалтаар нь ангилж, шошголох шаардлагатай болсон.

Аудио өгөгдөлд өгөгдлийн цэвэрлэгээ хийх:

- Хүн хоорондын харилцан ярианы өгөгдлийн “аа”, “mmm” гэх мэт сул үгсийг хассан.

Эмийг зориулалтаар нь шошгололт хийх:

- Эмийг зориулалтаар нь ангилж (антибиотик, элэг, нойр гэх мэт) шошгололтыг гараар үүсгэсэн.

2.3 Whisper (Яриаг бичвэрт хөрвүүлэх)

Бидний сонгосон Whisper нь дэвшилтэт яриа танилтын (ASR – Automatic Speech Recognition) модель бөгөөд олон хэлээс яриаг текст болгон хөрвүүлэх чадвартай [2]. Whisper сан нь яриаг текст рүү хөрвүүлэх (Speech To Text), яриа танилт, дууны дохио боловсруулах салбарт ашиглагддаг нээлттэй эхийн “toolkit” юм. Үүний давуу талуудыг дурдвал:

1. **Орчин үеийн дэвшилтэт технологи:** Whisper нь яриаг текст рүү хөрвүүлэх, яриа танилт, ярианы сегментаци, илрүүлэлт зэрэгт хамгийн сүүлийн үеийн гүн сургалтын технологийг ашигладаг.
2. **Олон хэл дээр боловсруулалт хийх:** Монгол Улс 51 орноос эм импортлодог бөгөөд 100 гаруй хэлээр боловсруулж, яриаг текст рүү хөрвүүлдэг нь энэхүү санг эм зүйн салбарт ашиглахад оновчтой болгож байна [2].
3. **Алдааны хувь бага:** Whisper нь бусад яриаг текст рүү хөрвүүлдэг технологиудтай харьцуулбал, хамгийн бага буюу 5-10% алдааны хувьтай байна.

Эдгээр давуу талууд нь Whisper-г яриаг текст рүү хөрвүүлэх, яриа таних, яриа сегментацлах гэх мэт нарийн дууны дохио боловсруулах ажлуудад хүчирхэг хэрэгсэл болгодог.

Үзүүлэлт	Whisper	Google Speech To Text	DeepSpeech-Mozilla	Kaldi	IBM Watson
Олон хэл дээр ажиллах чадвар	100 гаруй хэл, Монгол хэл дээр сургах боломжтой	70 гаруй хэл	Зөвхөн англи хэл	20 гаруй хэл	10 гаруй хэл
Яриа танилтын сантай хамтран ажиллах чадвар	(Pyannote, DeepSeek зэрэгтэй холбож болно)	Google AI – тай хамтран ажилладаг	Бусад сангуудтай холбох боломжгүй, бие даасан загвар	Яриа танилт дэмждэг	IBM AI ашигладаг
Үнэ төлбөр	Нээлттэй, үнэ төлбөргүй	Төлбөртэй API	Үнэгүй	Үнэгүй	Төлбөртэй
Урьдчилан боловсруулагдсан эсэх	Pre-trained модель, fine-tuning хийх боломжтой	Google API модель ашигладаг	Тохиргоо шаардлагатай	Гараар тохиргоо хийнэ	AI модель ашигладаг
Алдааны хувь	5-10%	4-10%	15-25%	10-20%	6-12%

1-р хүснэгт Whisper санг бусад яриа танилтын сангуудтай харьцуулсан хүснэгт [2]

2.3.1 Whisper-Текст хөрвүүлэлт (Speech-to-Text)

Whisper модель нь дарааллаас дараалал Seq2Seq (Sequence-to-Sequence) хосолсон загвараар яриаг текст болгон хөрвүүлдэг.

Томьёо 2.2.1: Seq2Seq алгоритмын томьёо

$$P(Y|X) = \prod_{t=1}^{T'} P(y_t|y_1, y_2, \dots, y_{t-1}, X; \theta)$$

Хувьсагчид:

- X - Өгөгдлийн орж ирсэн дараалал
- Y - Гарах текст
- θ - Моделийн параметрууд
- $P(y_t|y_1, \dots, y_{t-1}, X)$ – оролтын дагуу дараагийн текст үүсгэх функц

2.4 Pyannote (Ярьж буй субъектийг ангилах)

Пианнот нь Pytorch машин сургалтын фреймворк дээр тулгуурлан ажилладаг Python хэл дээр бичигдсэн яриа танилтын сан юм. Үүнийг аудио өгөгдлөөс эмч болон өвчтөнийг танихад ашиглана. Ингэхдээ бинари классификайшн хийх юм. Ингэснээр эмийн жортой холбоотой хэсгийг ялгаж, стандартын дагуу текст болгоно. Энэ үйл явц нь сегментчлэл, эмбеддинг, кластеринг гэсэн үе шатуудтай.

2.4.1 Pyannote-Сегментчлэл (Segmentation)

Сегментчлэл нь аудио бичлэгийг хэд хэдэн хэсэг болгон хувааж, хүн ярьж байгаа эсэхийг шүүх, шуугианыг бууруулах зэргээр өгөгдлийн цэвэрлэгээ хийгддэг. Ингэснээр тухайн аудионоос ярьж буй субъектүүдийг ангилах боломжийг олгодог [5]. Сегментчлэл нь Recurrent Neural Network (RNN) алгоритм дээр суурилагдаж гүйцэтгэгддэг [томьёо 2.4.1].

$$h_t = \sigma(W_x X_t + W_h h_{t-1} + b)$$

Томьёо 2.1.2 Recurrent Neural Networks алгоритмын томьёо

Хувьсагчид:

- X_t : Аудио сигналын оролт
- h_{t-1} : Илэрүүлэх хувьсагчийн утга
- W_x : Матрицын оролтын утгын жин
- W_h : Матрицын хувьсагчийн утгын жин
- b : Хазайлтын утга
- σ : Идэвхжүүлэлтийн функц

2.4.2 Pyannote-Эмбеддинг (Embedding)

Энэхүү шатанд сегментүүдээс буюу ярьж буй субъектүүдээс хоолойны өнгө, ярианы хурд, ярианы зангилаа(pitch) зэрэг шинж чанаруудыг илрүүлэх үйл явц хийгддэг [5]. Эмбеддинг нь Deep Neural Network (DNN) алгоритм дээр суурилан гүйцэтгэгддэг [томьёо 2.4.2].

Томьёо 2.4.2 Deep Neural Network алгоритмын томьёо

$$E(X) = f_{NN}(X)$$

- X : Оролтын аудио сигнал
- f_{NN} : Нейрон сүлжээ

2.4.3 Pyannote-Кластеринг (Clustering)

Энэ шат нь эмбеддинг хийсний үр дүнд илэрсэн шинж чанаруудыг ангилах үйл явц юм [5]. Кластеринг нь Agglomerative Hierarchical Clustering (AHC) алгоритм дээр суурилан, гүйцэтгэгддэг [томьёо 2.4.3].

Томьёо 2.4.3: AHC алгоритмын томьёо

$$D(E_i, E_j) = 1 - (E_i \cdot E_j) / (\|E_i\| \|E_j\|)$$

Хувьсагчид:

- E_i, E_j : Эмбеддинг үе шатны үр дүн
- $\|E_i\| \|E_j\|$: Эвклидийн зай

$$\text{Attention}(Q, K, V) = \text{softmax}\left(\frac{QK^T}{\sqrt{d_k}}\right)V$$

2.5 LLM

(Эмийн жорыг стандартын дагуу боловсруулах)

Эмч, эрүүл мэндийн мэргэжилтэн болон өвчтөний хоорондын аудио өгөгдлөөс хөрвүүлэгдсэн текстийг бүх шатны эрүүл мэндийн байгууллага, эмийн сангууд үйл ажиллагаандаа ашигладаг MNS 5376:2016 стандартын дагуу эмийн жор боловсруулж гаргахад бүтэцлэгдсэн өгөгдлийг нейрон сүлжээний алгоритмоор боловсруулдаг трансформер моделийг ашиглав. Энэ нь “self-attention” функц дээр тулгуурлан ажилладаг.

Томьёо 2.5.1 Self-attention функцийн томьёо

Хувьсагчид:

- Q : Квери вектор

- K : Түлхүүр вектор
- d_k : Түлхүүр векторын хэмжээс
- V : Оролтын утгын вектор

III. Судалгааны хэсэг

Дижитал эрин зуунд, хүний оролцоотой хийгддэг үйлдлүүдийг автоматжуулах замаар алдааг багасгах, ачааллыг бууруулах, үнэн зөв, бодит өгөгдлийг хадгалах, эрүүл мэндийн салбарын үйл ажиллагааг оновчтой болгохоор зорьж байна.

3.1 Ижил төстэй системийн судалгаа

Эрүүл мэндийн салбарын эмч, мэргэжилтнээс өвчтөнд зориулан бичдэг эмийн жорыг хиймэл оюун ухааны дэвшилтэт технологи ашиглан автоматжуулах, эмчийн ачааллыг бууруулах, цаасан эмийн жорыг дижитал хэлбэрт шилжүүлэх системүүдийг дэлхийн улс орнууд хэрэглээндээ нэвтрүүлсэн байна. Харин АНУ, Их Британи, Швед зэрэг Европын ихэнх орнууд эм олгох цахим системийг ашигладаг байна. Тэдгээрийн ажиллах зарчим, ашигласан технологиудыг судалсны үндсэн дээр үр дүнг хүснэгт 2-т орууллаа.

Улс	АНУ	Их Британи	Швед
Систем	ERX Network	Electronic Prescription Service (EPS)	ePrescription
Ажиллах зарчим	Эмч нар эмийн жорыг цахимаар бичиж, эмийн сан руу илгээдэг	Эмч нар эмийн жорыг цахимаар үүсгэж, өвчтөн сонгосон эмийн сангаасаа эмээ авдаг	Өвчтөн эмийн сангаас иргэний үнэмлэхээрээ эмээ авдаг
Ашигласан технологи	NLP - Graph-based AI: Эмийн харилцан үйлчлэлийг шинжлэх	NLP: Эмийн жорын өгөгдлийг боловсруулах - Predictive Analytics: Өвчтөний эмийн хэрэглээг таамаглах	Machine Learning: Эмийн жорын хэв маягийг шинжлэх - Anomaly Detection: Хуурамч жор илрүүлэх

2-р хүснэгт Төстэй системийн судалгааны үр дүн

3.2 Монгол Улсын эм зүйн салбарт ашигладаг программ хангамжуудтай холбох боломжийн судалгаа

Монгол Улсын хувьд E-Mongolia төрийн нэгдсэн мэдээлэл, үйлчилгээний системд байршсан эмийн жор цэс нь одоогийн байдлаар ажиллагаагүй байна [13]. Эрүүл мэндийн салбарт үйл ажиллагаа явуулж буй эмийн сангууд нь ORION PHARM [12], MEDACCOUNT[10], MPharmaPOS, Smart Pharmacy [11] зэрэг программ хангамжуудыг ашигладаг байна. Эдгээр системүүдийн ажиллах орчин, ашигласан технологи, давуу, сул талуудыг судлан хүснэгт 3-т харуулав. Үүний үр дүнд ирээдүйд эмийн жор бичээч ухаалаг системд эмийн жор нь тухайн өвчтөний регистрийн дугаараар бүртгэгдэж,

эдгээр программ хангамжуудад холбогдох боломжтой байж магадгүй юм.

Систем	ITPark - ORION PHARM	Andromeda - MEDACCOUNT	MindGolia - Smart Pharmacy	MindGolia - MPharmaPOS
Ажиллах орчин	Desktop - Windows	Desktop - Windows	Desktop - Windows	Desktop - Windows
Ашигласан технологи	C#, .NET Framework, SQL Server	Java, PostgreSQL	JavaScript	Python, Django, SQLite
Давуу тал	ЭМДСангаас хөнгөлөлт үзүүлэх 200 эмийн бүртгэлтэй.	Агуулахын бүртгэл хийх боломжтой.	Олон салбартай эмийн сангууд ашиглахад тохиромжтой.	ЭМД-ын цахим системтэй холбогдсон.
Сул тал	Эмийг жороор олгохдоо иргэний мэдээллийн үнэн зөв эсэхийг шалгадаггүй.	Эмийн бүртгэлийг гар аргаар, өөрсдөө хийдэг.	Жороор олгох эмийн бүртгэл огт хийдэггүй.	Эмийн жорны бүртгэл огт байхгүй.

3-р хүснэгт Эмийн санд ашигладаг системүүдийн судалгаа [10,11,12]

IV. Хөгжүүлэлт

Эрүүл мэндийн байгууллагад ажилладаг эмч, эмийн жор бичиж өгөх эрх бүхий этгээд нь дуу бичлэг хураах хэсэгт өөрийн яриаг оруулах юм. Ингэхдээ эмнэлгийн байгууллагын нэр, тэмдэг, өвчтөний овог, нэр, нас, хүйс, өвчний онош, эмчийн овог нэр, хаяг, харилцах утас, жор бичсэн он сар өдрийг заавал дурдсанаар эмийн жор боловсруулан гаргана. Боловсруулсан эмийн жорыг pdf, docx өргөтгөлтэйгөөр татаж авах, хэвлэх боломжтой.

4.2 Алдааны тооцоолол

Яриан дахь үг хэллэгүүдийг зөв таньж, бичсэн эсэхийг Word Error Rate (WER) метрикээр, стандартын дагуу бүрэн бүтэн, үнэн зөв эмийн жор бичсэн эсэхийг Cross Entropy Loss (CEL) метрикээр тус тус хэмжиж гаргав. Үүний үр дүнд үгийн алдааны хувь = 6.3722, эмийн жорын алдааны хувь = 23.8542 гарлаа.

$$\text{Яриа танилтын алдааны хувь} = \frac{\text{алдаж таньсан хугацааны тоо}}{\text{нийт ярианы хугацаа}} = 5.8542$$

Томьёо 4.3.1 DER метрикийн томьёо

$$\text{Үгийн алдааны хувь} = \frac{\text{зассан үгийн тоо} + \text{устгасан үгийн тоо}}{\text{нийт үгийн тоо}}$$

Томьёо 4.2.2 WER метрикийн томьёо

$$\text{Эмийн жорын алдааны хувь} = \text{бодит утга} * \log(\text{боловсруулагдсан утга})$$

Томьёо 4.2.1 LLM моделийн алдааг тооцох томьёо

ДҮГНЭЛТ

Энэхүү судалгааны ажлаар эрүүл мэндийн салбарт тулгамдаж буй асуудлуудын нэг болох эмийн жорыг гар аргаар бичиж, цаасан хэлбэрээр ашигладаг үйлдлийг хиймэл оюун ухааны

дэвшилтэт технологийн тусламжтайгаар автоматжуулах, ингэснээр эм олголтын ил тод байдлыг дэмжих, эмчийн ачааллыг бууруулах, эмийн жорын үнэн зөв, бүрэн бүтэн байдлыг хангаж ажиллах ухаалаг системийн оновчтой шийдлийг боловсруулахаар зорилоо. Тус систем нь эмчийн эмийн жороо тайлбарлаж буй ярианаас стандартын шаардлагад нийцсэн эмийн жорыг боловсруулан, тухайн өвчтөний регистрийн дугаараар бүртгэх боломжоор хангаж, эмч, эм зүйч, өвчтөн эмийн жорыг хянах боломжоор хангасан болно.

[17] АШУҮИС-ийн Монгол-Японы эмнэлэг

АШИГЛАСАН МАТЕРИАЛ, НОМ ЗҮЙ

- [1] Rajpurkar, P., Chen, E., Banerjee, O., & Topol, E. J. (2022). AI in health and medicine. *Nature medicine*, 28(1), 31-38.
- [2] Batta, A., & Singh, B. (2018). Rational approach to prescription writing: A preview. *Neurology India*, 66(4), 928-933.
- [3] Wang, S., Yang, C. H., Wu, J., & Zhang, C. (2024, April). Can whisper perform speech-based in-context learning?. In *ICASSP 2024-2024 IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP)* (pp. 13421-13425). IEEE.
- [4] Sharaf, N. I. (2024). PRESCRIPTION AUTOMATION: ENHANCING MEDICATION SAFETY AND HEALTHCARE EFFICIENCY. *Gland Surgery*, 9(2), 416-442.
- [5] Soeny, K., Pandey, G., Gupta, U., Trivedi, A., Gupta, M., & Agarwal, G. (2021). Attended robotic process automation of prescriptions' digitization. *Smart Health*, 20, 100189.
- [6] Chen, H. K., Chen, F. H., & Lin, S. F. (2021). An ai-based exercise prescription recommendation system. *Applied Sciences*, 11(6), 2661.
- [7] Bredin, H. (2023, August). pyannote. audio 2.1 speaker diarization pipeline: principle, benchmark, and recipe. In *24th INTERSPEECH Conference (INTERSPEECH 2023)* (pp. 1983-1987). IS4CA.
- [8] Монголын гааль - <https://customs.gov.mn/>
- [9] Монгол эм импекс концерн - meic.mn
- [10] <https://andromeda.mn/>
- [11] <https://mindgolia.mn/>
- [12] <http://www.orion.mn/>
- [13] <https://e-mongolia.mn/service/emiin-jor>
- [14] Эмийн жор бичих MNS 5376:2016 стандарт
- [15] Ач интернейшнал эмнэлэг
- [16] Эх Хүүхдийн Эрүүл Мэндийн Үндэсний Төв

УУРАГЛАГ ЦАГААН ИДЭЭНИЙ ЧАНАРЫН ҮЗҮҮЛЭЛТИЙН СУДАЛГАА

Одгэрэлийн ПҮРЭВХАНД¹, Совдын ДЭЛГЭРМАА², Хасбаатарын МӨНХЗАЯА²

¹Монгол Улс, Улаанбаатар, ШУТИС, Хүнс, хөнгөн үйлдвэрлэл, дизайны сургууль, Биотехнологи, шим тэжээлийн салбар, Хүнсний чанар, аюулгүй байдал 4-р курс

² Монгол Улс, Улаанбаатар, ШУТИС, Хүнс, хөнгөн үйлдвэрлэл, дизайны сургууль, Биотехнологи, шим тэжээлийн салбар

Холбоо барих зохиогчийн и-мэйл хаяг: B212030024@must.edu.mn¹

Хураангуй: Бид энэхүү судалгаанд монгол сарлагийн түүхий сүүг үндсэн түүхий эд болгон ашиглан, сүүн хурууд хийх технологийн горимыг боловсруулж, хими, микробиологийн зарим үзүүлэлтүүдийг тодорхойллоо. Судалгааны материал болгон Булган аймгийн Могод сумын сарлагийн сүүг ашигласан. Судалгааны ажлын үр дүнгээр сарлагийн сүү үнээний сүүнээс тосны агууламжаараа 1 дахин их, уургийн агууламжаар 1.5 дахин илүү, мөн бактерицид шинж чанар өндөртэй байгаа нь тогтоогдсон. Бактерицид шинж чанар өндөр байгаа нь сарлагийн сүүний тослогийн агууламжтай хамааралтай гэж үзэж байна. Сүүн хурууд хийх технологийн горимыг боловсруулан, сүү эздүүлэх, ээдмийг нухах, хурууд хатаах тохиромжтой хугацаа, температурыг тодорхойллоо. Иймээс сарлагийн сүүгээр уураглаг цагаан идээ хийхэд тохиромжтой малын сүү гэж дүгнэв.

Түлхүүр үг: Сарлагийн сүү, сүүн хурууд, химийн үзүүлэлтүүд, эрүүл ахуйн хяналтын үнэлгээ

I. УДИРТГАЛ

Сүү, цагаан идээний уламжлалт мэдлэгийг шинжлэх ухаан, технологийн мөн чанартай холбон тайлж, хүн амын хэрэглээнд уламжлал, шинэчлэл хосолсон, эрүүл мэндийг дэмжин хамгаалах үйлчлэл бүхий шинэ үеийн хэрэглээний олон нэрийн бүтээгдэхүүний технологи гаргах нь манай орны сүүний аж үйлдвэрийн хөгжлийн тэргүүлэх зорилтуудын нэг болоод байна.

Сүү цагаан идээний уламжлалт мэдлэгээ үйлдвэрлэлийн технологи болгон хөгжүүлбэл асар өргөн нутгаар тархсан бэлчээрийн малынхаа сүү шимийг боловсруулж, цагаан идээний хэрэглээ өсөж, хүн ард, ялангуяа хүүхэд залуучуудын өсөлт, хөгжил, эрүүл мэндийг сайжруулах бүрэн боломжтой [2].

Сарлагийн сүү нь уургаар баялаг учир ааруул хийхэд, хамгийн тохиромжтой малын сүү юм. Сарлагийн сүүний эрдэс бодисын агууламж дахь уураг, тослог, лактоз, илчлэг чанар нь бусад малын сүүтэй харьцуулахад илүү өндөр байдгаараа онцлог бөгөөд кальци болон төмрөөр баялаг байдгаараа чухал ач холбогдолтой [3]. Бид энэхүү судалгаандаа сарлагийн сүүг ашиглан, сүүн хурууд хийж, технологийн горимыг тогтоон, сүүн

хуруудын чанарын үзүүлэлтүүдийг судлах зорилго тавьж ажиллалаа.

II. СУДАЛГААНЫ АРГА ЗҮЙ

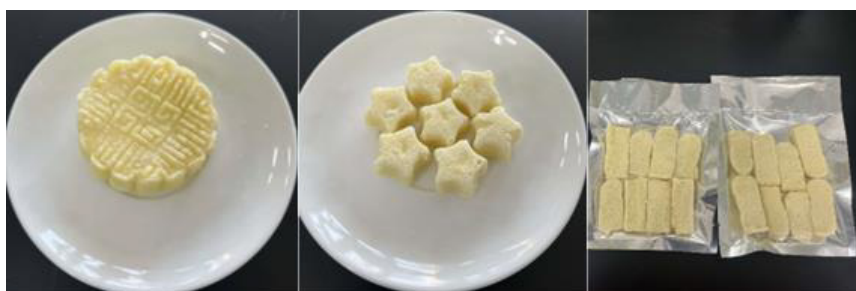
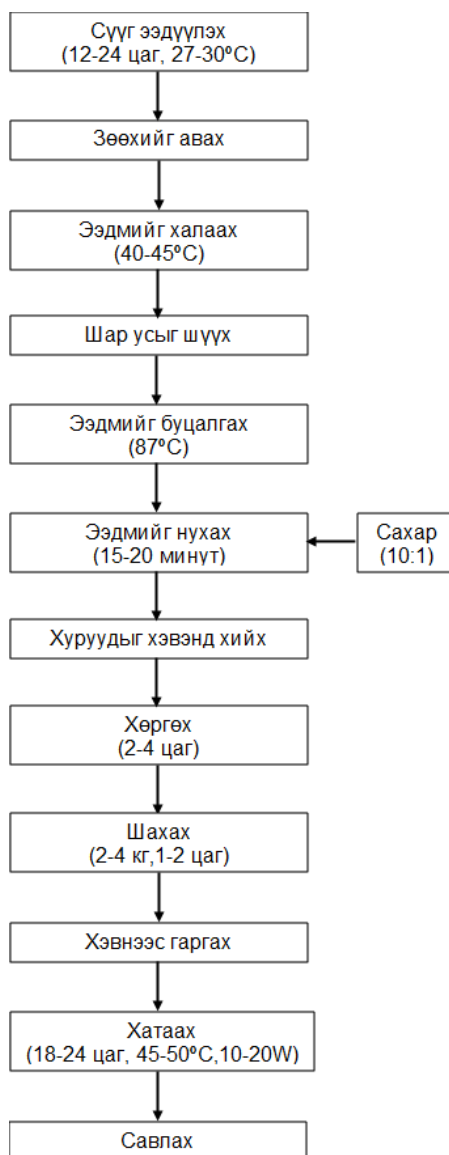
Шинжилгээ туршилтыг ХХҮДС-ийн Монгол Хятадын хамтарсан молекул биологийн хэрэглээний лабораторид дараах арга зүйн дагуу хийж гүйцэтгэсэн болно.

ТУРШИЛТ СУДАЛГААНЫ АРГА ЗҮЙ

1-Р ХҮСНЭГТ (4)

№	Үзүүлэлт	Арга зүй
1.	Чийг	Жингийн арга
2.	Үнслэг	Жингийн арга
3.	Тос	Сокслетын арга
4.	Нүүрс ус	Бертраны арга
6.	Уураг	Кьелдалийн арга
7.	Микробиологийн бохирдол	Хөгц мөөгөнцөр тодорхойлох арга
8.		Бичил биетний ерөнхий тоо тодорхойлох арга
9.		Гэдэсний савханцрын титр тодорхойлох арга
10.	Хатаалт	Хатаах шүүгээ ашиглан явуулах арга

Сарлагийн сүү ашиглан, сүүн хурууд гаргах туршилтыг хэрэглэгчийн хэрэглээ, шаардлагад нийцүүлэх байдлаар олон удаагийн давтамжтай явуулж дараах технологийн шийдлийг боловсрууллаа.



1-р зураг. Сүүн хурууд гаргах дараалал, гарган авсан сүүн хурууд

III. СУДАЛГААНЫ ҮР ДҮН, ХЭЛЭЛЦҮҮЛЭГ**ТҮҮХИЙ СҮҮНИЙ ЧАНАРЫН
ҮЗҮҮЛЭЛТИЙН ҮР ДҮН**

Сарлаг, үнээний түүхий сүүний найрлагыг лактоскан багажаар тодорхойлон, MNS 4228:2011 стандартад заасан шаардлагатай харьцуулж, дараах үр дүнд хүрэв.

ТҮҮХИЙ СҮҮНИЙ ХИМИЙН НАЙРЛАГА

2-Р ХҮСНЭГТ

№	Үзүүлэлт хэмжих нэгж	Стандарт		Дээж	
		Сарлаг хайнаг	Үнээ	Сарлаг	Үнээ
1	Исгэлэн, °C	21-25	19-21	18	17
2	Нягт, кг/мл	1.030-1.034	1.027-1.032	1.031	1.029
3	Тослог, % багагүй	5.5	3.2	5.53	4.19
4	Хуурай бодис	16-18	12-13	15.14	9.36
5	Уураг, % багагүй	5.0	3.0	5.06	3.45

Судалгаанд авсан дээж нь “Түүхий сүүний физик, химийн үзүүлэлт” MNS 4228:2011 стандартад нийцэж байна.

**СҮҮН ХУРУУДЫН ХИМИЙН
НАЙРЛАГА**

Сарлаг, үнээний сүүгээр хийсэн сүүн хуруудын химийн шинжилгээг хийж гүйцэтгэн, MNS 4230:2005 стандартад заасан шаардлагатай харьцуулж, дараах үр дүнд хүрэв.

**УУРАГЛАГ ЦАГААН ИДЭЭНИЙ ХИМИЙН
ҮЗҮҮЛЭЛТИЙН ҮР ДҮН**

3-Р ХҮСНЭГТ

№	Бүтээгдэхүүний нэр	Үзүүлэлт			
		Чийглэг %, багагүй	Уураг, %	Тослог, %	Исгэлэн °C
1	Ааруул, хурууд (Стандарт)	10.0-20.0	30.0-40.0	0.5-30.0	180-270
2	Сүүн хурууд (Сарлаг)	15	35	32	200
3	Сүүн хурууд (Үнээ)	16	32	27	320

Хүснэгтээс харахад, бидний хийсэн сүүн хурууд нь уураглаг цагаан идээний химийн үзүүлэлт MNS 4230:2005 стандартад нийцэж байна. Үнээний түүхий сүүгээр хийсэн сүүн хуруудын исгэлэнгийн агууламж өндөр байгаа нь сүү гашилгах явцтай холбоотой. Учир нь сүүг удаан хугацаанд тасалгааны температурт тавихад исэг шинж чанар нэмэгдсэнтэй холбоотой гэж үзэж байна.

**СҮҮН ХУРУУДЫН
МИКРОБИОЛОГИЙН БОХИРДОЛ**

Арга зүйд заасны дагуу сүүн хуруудын микробиологийн шинжилгээг явуулж, дараах үр дүнд хүрэв.

**УУРАГЛАГ ЦАГААН ИДЭЭНИЙ ЭРҮҮЛ АХУЙ,
АЮУЛГҮЙ БАЙДЛЫН ҮЗҮҮЛЭЛТИЙН ҮР ДҮН**

4-Р ХҮСНЭГТ

№	Бүтээгдэхүүний нэр	Гэдэсний бүлгийн эмгэг төрөгч нян, 25 °C-д	Гэдэсний савханцрын танд, ихгүй	Хөлд мөөгөнцөр, 1 °C-д	Нянгийн ерөнхий тоо, 1 г-д ихгүй	Бичил биетний бүрэлдэхүүн, /микроскопыг үзлэгээр/	
						Хөлд	Сүүн хууцлын бичил
1	Ааруул, хурууд (стандарт)	Илрэх ёсгүй	0.3	Илрэх ёсгүй	1×10^3	-	-
2	Сүүн хурууд (сарлаг)	Илрэхгүй	-	Илрээгүй	-	-	-
3	Сүүн хурууд (үнээ)	Илрэхгүй	-	Илрээгүй	6.6×10^2	-	-

- илрээгүй

Сарлагийн сүүгээр хийсэн сүүн хурууд нь бохирдолгүй байхад, үнээний сүүгээр хийсэн сүүн хуруудын ерөнхий бичил биетний тоо 6.6×10^2 байна. Энэ нь түүхий сүүнд агуулагдаж байсан бичил биетэн бүрэн устгаагүйг харуулж байна.

ДҮГНЭЛТ

1. Сарлаг, үнээний түүхий сүү нь түүхий сүүний физик, химийн үзүүлэлтэд тавигдах шаардлага MNS 4228:2011 стандартад нийцэж байгаа ч тослогийн агууламж өндөр байгаа нь намрын сүүл сар буюу малын сүү татрах үеэр дээжээ цуглуулсантай холбоотой гэж үзэж байна.

2. Хоёр нэр төрлийн сүүн хуруудын химийн шинжилгээний үр дүн уураглаг цагаан идээнд тавигдах гол шаардлагад нийцэж байна. Сарлагийн сүүгээр хийсэн сүүн хуруудын тослогийн агууламж нь стандартад зааснаас өндөр байна. Энэ нь малын сүү татрах үеийн сүүний тослогийн агууламжаас хамаарсан гэж дүгнэлээ.

3. Хоёр нэр төрлийн сүүн хуруудын микробиологийн шинжилгээний үр дүнд үнээний сүүгээр хийсэн сүүн хуруудын ерөнхий бичил биетний тоо 6.6×10^2 байна. Энэ нь сүүн хуруудыг хийх явцад орчны бохирдлоос шалтгаалсан байх магадлалтай гэж үзэж байна.

АШИГЛАСАН МАТЕРИАЛ

- Д.Нансалмаа. 2009 он. Сүү боловсруулах үйлдвэрлэлийн технологи. 7-17 тал, УБ
- Л.Дамдинсүрэн. 2014 он. Сүү, цагаан идээний шинжлэх ухаан, технологийн тайлал. 1.2 33-38 тал, 2.1 160-163 тал, УБ.
- Ё.Загдсүрэн. 2018 он. Монголын сарлаг судлал. УБ.
- С.Дэлгэрмаа, Х.Мөнхзаяа ба бусад. 2022. Хүнсний шинжилгээний арга. 9.2 130-134 тал, УБ.

5. Стандарт, хэмжил зүйн газар. Сүү, сүүн
бүтээгдэхүүний стандарт,

[https://estandard.gov.mn/website/masm/standards.aspx
search=%D1%81%D2%AF%D2%AF](https://estandard.gov.mn/website/masm/standards.aspx?search=%D1%81%D2%AF%D2%AF) , 2025, 02, 10

420 МВТ ЧАДАЛТАЙ ЦӨМИЙН ЦАХИЛГААН СТАНЦЫГ АШИГЛАН, УСТӨРӨГЧ ҮЙЛДВЭРЛЭХ СУДАЛГАА

Ч.Хонгор¹, Ш. Энхбаяр^{1,2*}

¹Монгол Улс, Улаанбаатар, ШУТИС, Эрчим хүчний инженерчлэлийн сургууль, Дулааны инженерийн салбар

²Монгол Улс, Улаанбаатар, ШУТИС, Дулааны техник, үйлдвэрлэлийн экологийн хүрээлэн

*Холбоо барих зохиогчийн и-мэйл хаяг: enkhbayar.sh@must.edu.mn

Хураангуй: Дэлхий даяар эрчим хүчний хэрэглээ нэмэгдэж, хүлэмжийн хийн ялгарал, уур амьсгалын өөрчлөлт, агаарын бохирдол зэрэг нь тулгамдсан асуудал болж байна. Тиймээс улс орнууд нүүрсхүчлийн хийн ялгаруулалт багатай, үр ашиг өндөртэй эрчим хүчний эх үүсвэрүүдийг эрэлхийлж, устөрөгчийн эдийн засагт шилжихийг зорьж байгаа бөгөөд Монгол Улсын хувьд эрчим хүчний тогтвортой байдлыг хангах, нүүрсний хэт хамаарлыг бууруулах, цэвэр эрчим хүчний технологийг нэвтрүүлэх шаардлагатай байна. Энэхүү судалгааны ажлаар HTR-PM (High Temperature Gas-cooled Reactor - Pebble-bed Module) цөмийн реактортай, 420 МВт-ын чадалтай цөмийн цахилгаан станц (ЦЦС)-ыг ашиглан, устөрөгч (H₂) үйлдвэрлэх боломжийг судлав. Судалгаанд Ebsilon Professional программ хангамжийг ашиглан, ЦЦС-ын термодинамик загварыг боловсруулж, ажиллагааны гүйцэтгэл болон техник-эдийн засгийн үзүүлэлтүүдийг тооцооллоо. Мөн шөнийн бага ачааллын үед 420 МВт-ын ЦЦС-ын үйлдвэрлэх цахилгаан ачааллын 50%-аар шүтлэг усны электролизийн аргыг ашиглан, устөрөгч үйлдвэрлэх боломжийг судлав. Судалгааны үр дүнд ЦЦС-ын ашигт үйлийн коэффициент (АҮК) 42.5%, устөрөгч үйлдвэрлэх цахилгаан энергийн интеграцийн АҮК 71%, үйлдвэрлэсэн устөрөгчийн өөрийн өртөг 1.11 ам.доллар/кг тус тус гарсан байна. Иймд HTR-PM реактортай, 420 МВт ЦЦС нь устөрөгчийн тогтвортой үйлдвэрлэлд өндөр үр ашигтайгаар ашиглагдах боломжтой бөгөөд Монгол Улсын эрчим хүчний салбарт цэвэр устөрөгч үйлдвэрлэх технологийг хөгжүүлэх үндэс суурь болж чадна.

Түлхүүр үг: Цөмийн эрчим хүч, HTR-PM цөмийн реактор, Ebsilon professional загвар, шүтлэг усны электролизийн арга.

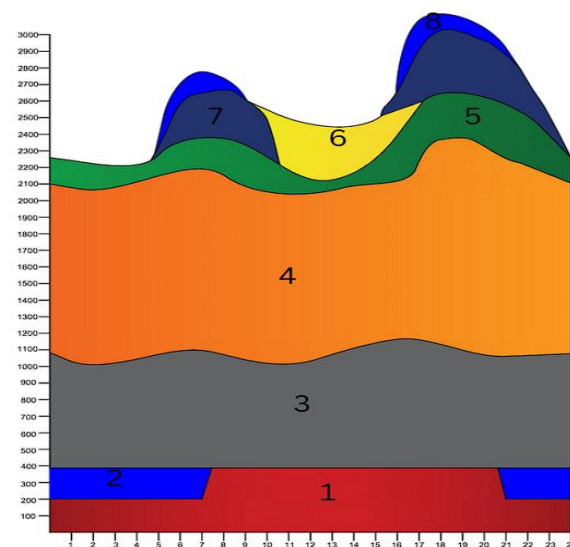
I. УДИРТГАЛ

Дэлхий дахинд эрчим хүч үйлдвэрлэхэд устөрөгчийг ашиглах боломж, сорилт, эдийн засгийн бодит байдлыг ойлгох сонирхол нэмэгдэж байна. BloombergNEF-ийн 2020 оны 03-р сарын устөрөгчийн хэтийн төлөвийн тайланд дурдсанаар 2020 онд жил бүр 70 сая тонн устөрөгчийг олборлох төлөвтэй бөгөөд 2050 он гэхэд 1.3 тэрбум тонн болж, 30 жилийн дотор 18 дахин өснө гэж тооцоолжээ. Устөрөгчийг байгалийн хий эсвэл нар, салхи, усан цахилгаан станц гэх мэт сэргээгдэх эрчим хүчний эх үүсвэрээс гаргаж авч болно. Эдгээр аргууд нь их хэмжээний ус шаарддаг. Электролизийн гол дүрэм нь есөн килограмм уснаас нэг килограмм устөрөгч (9:1) гаргах юм [1].

Монгол Улсын хувьд ихэнх цахилгаан станцууд нь нүүрсээр ажилладаг тул их хэмжээний CO₂ болон бусад хорт хийг ялгаруулдаг. Мөн сэргээгдэх эрчим хүч нь нэгж (1 кВт·ц) цахилгаан эрчим хүчийг өндөр өртгөөр үйлдвэрлэдэг тул устөрөгчийн өөрийн өртгийг нэмэгдүүлдэг сөрөг талтай [2]. Иймд устөрөгч үйлдвэрлэхэд хамгийн тохиромжтой эрчим хүчний эх үүсвэрийг эрэлхийлэх нь чухал.

Цөмийн цахилгаан станц нь маш бага хэмжээний CO₂ ялгаруулдаг бөгөөд нэгж цахилгаан эрчим хүчийг хамгийн хямд өртгөөр үйлдвэрлэдэг давуу талтай. Олон улсын судалгаагаар, ЦЦС нь 1 МВт·ц цахилгаан эрчим хүч үйлдвэрлэхэд, уламжлалт нүүрсээр ажилладаг ДЦС-тай харьцуулахад, CO₂ ойролцоогоор 50–100 дахин бага ялгаруулдаг [3]. Энэ нь HTR-PM реактортай 420 МВт-ын ЦЦС-ын хувьд жилд 2695.14 сая.кВт·ц цахилгаан эрчим хүч түгээж, 2.39 сая тонн CO₂ ялгарахаас сэргийлэх боломжтойг харуулж байна.

Түүнчлэн ЦЦС нь реакторын цөмийн физикийн процесстэй холбоотой учраас цахилгаан ачааллаас хамааруулж, реакторыг зогсоохыг зөвшөөрдөггүй. Тиймээс ачааллын тохируулгын хүрээ багатайг нь харгалзаж, ЦЦС-ыг эрчим хүчний системийн ачааллын графикийн суурь горимд тогтмол чадлаар ажиллуулдаг. 2030 он гэхэд Монгол Улсын төвийн бүсийн эрчим хүчний системийн цахилгаан эрчим хүчний хэрэглээ 3000 МВт хүрэх төлөвтэй байна [4]. Зураг 1-т 2030 оны цахилгаан эрчим хүчний хоногийн ачааллын графикаар устөрөгчийн үйлдвэрлэл 10 орчим цаг байх боломжтойг үзүүлэв.

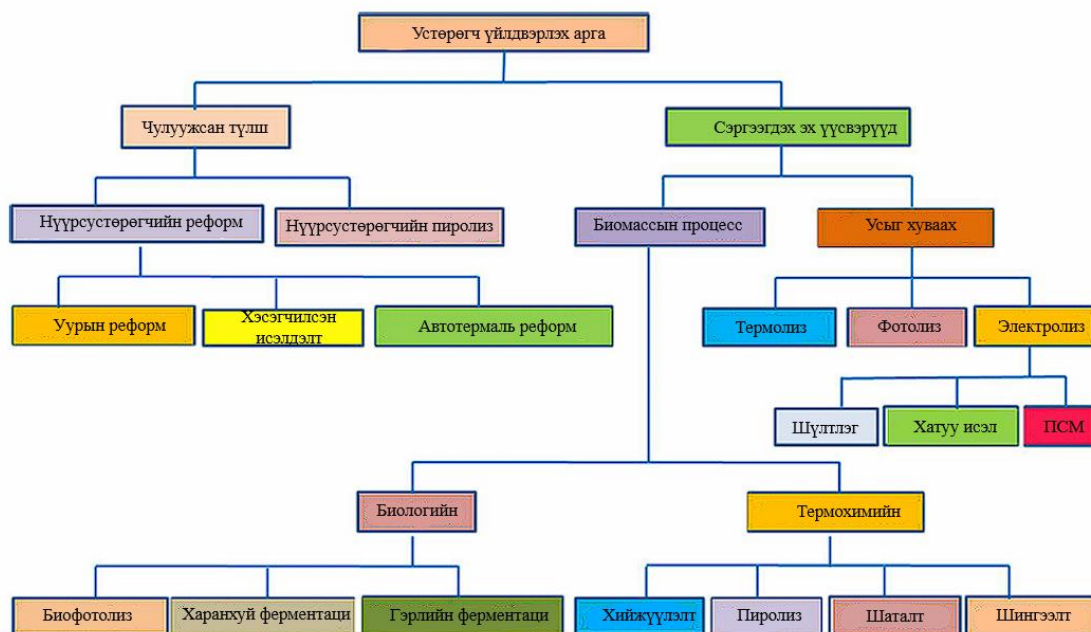


1-р зураг. 1. HTR-PM реактортай ЦЦС, 2. Устөрөгчийн үйлдвэрлэл, 3. Одоо байгаа ДЦС+өргөтгөл, 4. (Бөөрөлжүүт, Тавантолгой, Баян) КЦС, 5. СЦС, 6. НЦС, 7. УЦС+батареи хуримтлуурын станиц, 8. Устөрөгчийн хийн турбинт цахилгаан станц

2030 оны цахилгаан эрчим хүчний хоногийн ачааллын графикт 420 МВт ЦЦС болон түүнийг ашигласан устөрөгчийн үйлдвэрлэл хэрхэн оролцохыг харуулав. Дээр дурдсанчлан, ЦЦС-ыг ачааллаас хамааруулж олон дахин маневрлах (ачаалал нэмэх/хасах) боломжгүй байдаг. Иймд эрчим хүчний хэрэглээ бага шөнийн цагт ЦЦС-ын

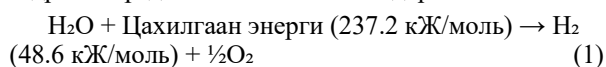
үйлдвэрлэсэн цахилгаан эрчим хүчийг ашиглан шүтлэг усны электролизийн аргаар устөрөгч үйлдвэрлэж, улмаар үйлдвэрлэсэн устөрөгчөө ашиглан оргил ачааллыг хаах, НТР-РМ цөмийн реакторын найдвартай, тогтвортой ажиллагааг хангах боломжтой.

Устөрөгчийг гарган авах маш олон арга байдаг бөгөөд 2-р зурагт устөрөгч үйлдвэрлэх аргуудыг харуулав.



2-р зураг. Устөрөгч үйлдвэрлэх аргууд

Устөрөгч гарган авах олон арга байгаа боловч дэлхий дахинд сэргээгдэх эрчим хүчний эх үүсвэр ашиглан, устөрөгч үйлдвэрлэх аргыг илүү нарийн судалж байна. Усыг задлах процесс нь цэвэр устөрөгч (99.999% H_2) үйлдвэрлэх хямд, хамгийн өргөн дэлгэрсэн арга юм. Дараах томъёогоор усны задралын үндсэн тэгшитгэлийг тодорхойлов.

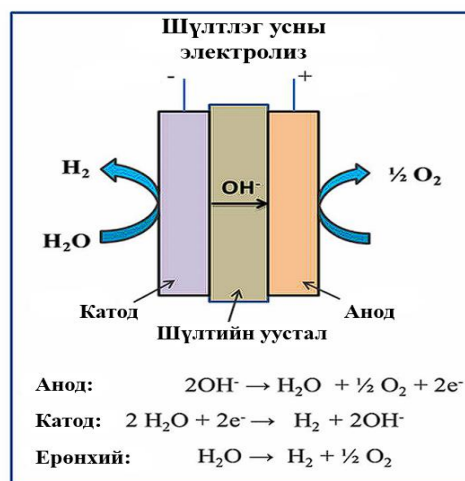


Энэ процессын үед 1 молекул усыг задлахад, 237.2 кЖ эрчим хүч шаардлагатай гэдгийг илэрхийлдэг. Энэ нь усны молекулыг устөрөгч (H_2) болон хүчилтөрөгч (O_2) болгон задалж гаргах энергийн хэмжээ юм. Усыг задлахад 48.6 кЖ илүүдэл дулааны энергийг ялгаруулдаг. Энэ дулааны энерги нь процессыг халаахад зарцуулагддаг байна.

Усыг задлах электролиз нь дотроо шүтлэг усны электролиз, протон солилцооны мембран болон хатуу ислийн электролиз гэсэн 3 арга байдаг [5].

Шүтлэг усны электролиз нь 80-90°C температуртай, 20%-30% хүртэлх концентрацитай КОН эсвэл NaOH уусмал ашигладаг хямд, батлагдсан электролизийн арга бөгөөд үйлдвэрлэлийн зориулалтаар их хэмжээний устөрөгч үйлдвэрлэхэд ашиглагддаг боловсронгуй технологи

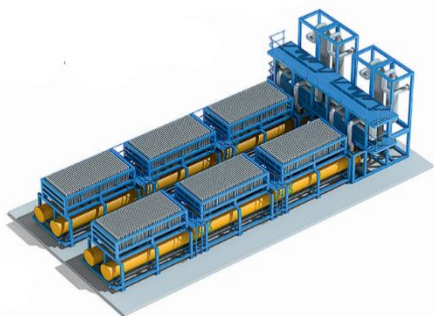
юм [6]. 3-р зурагт шүтлэг усны электролизийн процессыг харуулав.



3-р зураг. Шүтлэг усны электролиз

Шүтлэг усны электролизийг ашиглан, их хэмжээний устөрөгч үйлдвэрлэх боломжтойг Герман Улсын "Thyssenkrupp Nucera" компани харуулсан бөгөөд тус компанийн зохион бүтээсэн 20 МВт чадалтай устөрөгч үйлдвэрлэх блоккийг [6] 4-р зурагт харуулав. Уг блоккийг тээвэрлэх болон угсрахад

хялбар бөгөөд олон тоогоор үйлдвэрлэлд ашиглах боломжтой.



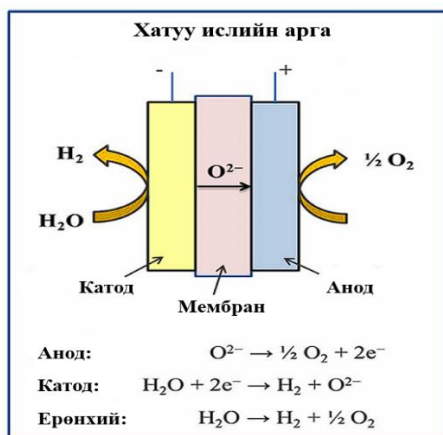
а.



б.

4-р зураг. Шүлтлэг усны электролизийн 20 МВт блок

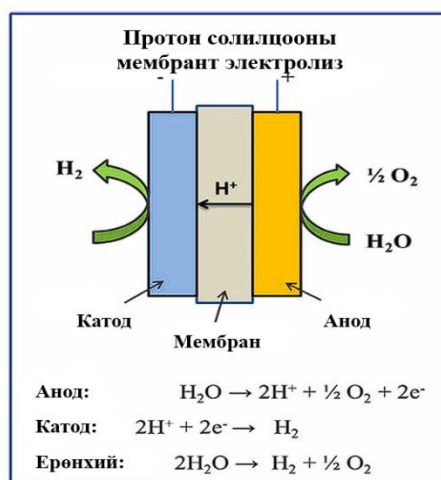
Хатуу ислийн электролиз нь шинэлэг санаа бөгөөд 600-аас 900°C хүртэл температуртай ус эсвэл уурыг бага цахилгаан эрчим хүчний тусламжтайгаар үр дүнтэй электролиз хийх боломжийг олгодог технологи юм. Шүлтлэг усны электролизийн аргаас илүү үр ашигтай бөгөөд 90% хүртэл электролизийн процесс явуулдгаараа давуу талтай. Хэдийгээр өндөр үр ашигтай боловч өндөр температурыг тэсвэрлэх материалын нөхцөлөөс хамаарч үйлдвэрлэлд хараахан нэвтрээгүй байна [7]. 5-р зурагт хатуу ислийн электролизийн процессыг үзүүлэв.



5-р зураг. Хатуу ислийн электролиз

Анхны протон солилцооны мембрант (ПСМ) электролизийг 50-аад оны эхээр Грубб оновчтой болгосон ба General Electric компани шүлтлэг усны электролизийн сул талыг арилгахын тулд 1966 онд бүтээсэн ба шүлтлэг усны электролизээс илүү давуу

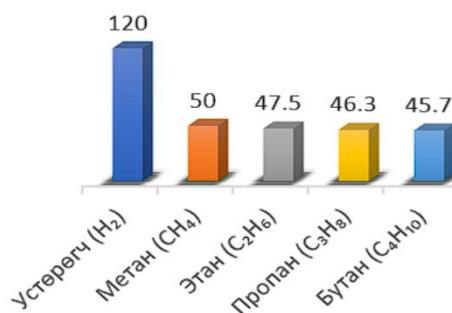
талтай юм. ПСМ электролизийн технологи нь хатуу полисульфонжуулсан мембраныг электролит (протон дамжуулагч) болгон ашигладаг, хийн нэвчилт бага, протоны өндөр дамжуулалт ($0.1 \pm 0.02 \text{ S/cm}^2$), бага зузаан ($\Sigma 20\text{--}300 \text{ мкм}$), өндөр даралтын ажиллагаа зэрэг олон давуу талтай. Шүлтлэг усны электролизийг орлох авсаархан дизайн, өндөр гүйдлийн нягтрал (2 A/cm^2 -ээс дээш), өндөр үр ашигтай, хурдан хариу үйлдэл үзүүлэх, бага зай эзэлдэг, бага температурт ($20\text{--}80^\circ\text{C}$) ажилладаг ирээдүйтэй технологи юм. ПСМ электролиз нь үнэт металлыг катод, анод болон электрокатализатор болгон ашигладаг. Тиймээс ПСМ электролизийн гол сорилтуудын нэг бол үйлдвэрлэлийн өртгийг бууруулах явдал юм [5]. 6-р зурагт ПСМ электролизийн процессыг харуулав.



6-р зураг. ПСМ электролиз

Усыг задлах дээрх гурван аргаас шүлтлэг усны электролиз нь одоогийн технологид нийцсэн цор ганц арга юм. Иймд НТЭР-РМ цөмийн реактортай ЦЦС-д шүлтлэг усны электролизийн блокийг суурилуулан, устөрөгч үйлдвэрлэж, ЦЦС-ын маневрлах чадварыг дээшлүүлэх боломжтой байна.

Устөрөгч нь хүн төрөлхтний ирээдүйн эрчим хүч бөгөөд түүний дулаан гаргах чадвар 120 МЖ/кг байдаг [8]. 7-р зурагт шатамхай хийнүүдийн дулаан гаргах доод чадварыг харуулав.



7-р зураг. Дулаан гаргах доод чадвар (илчлэг), МЖ/кг

Устөрөгч нь дулаан гаргах чадварын хувьд бусад хийн түлштэй харьцуулахад өндөр, жишээлбэл метан хийнээс 2.4 дахин өндөр байна. Мөн устөрөгч шатахад зөвхөн ус (H_2O) үүсдэг тул нүүрстөрөгчийн

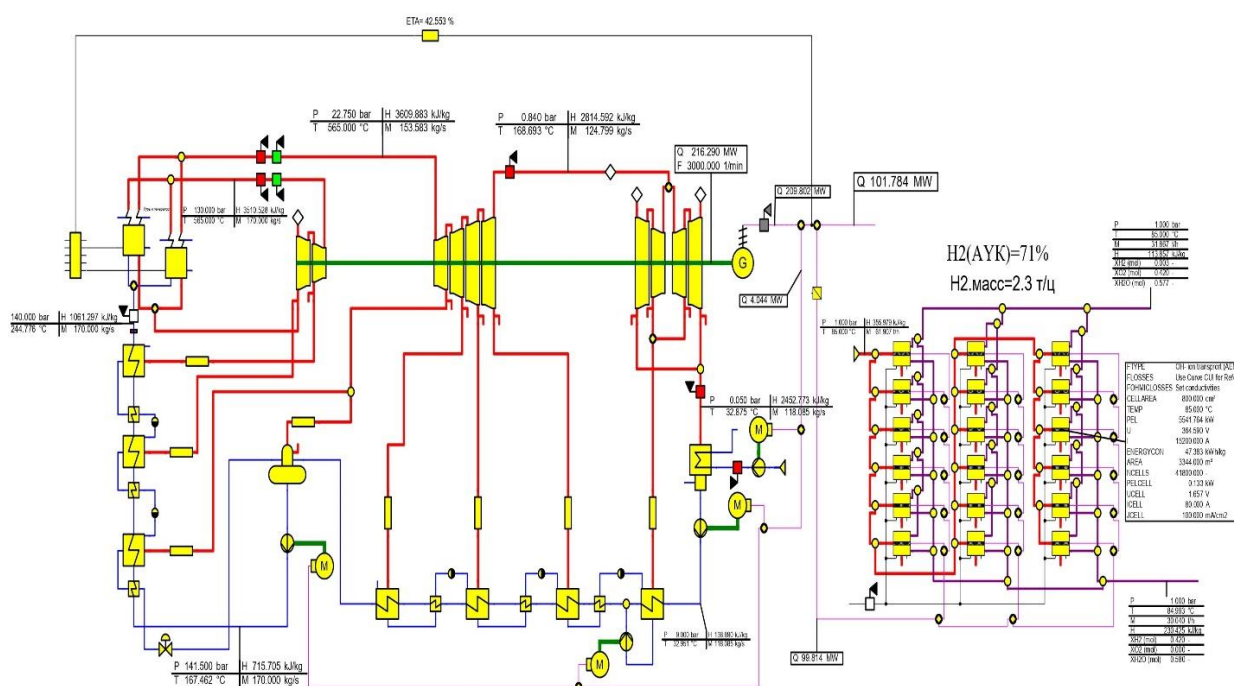
давхар исэл (CO_2), хөө тортог болон бусад хорт хий ялгардаггүй. Мөн энергийн нягт өндөр тул агаарын болон сансрын тээвэрт онцгой ач холбогдолтой [11]. Иймд устөрөгч нь өндөр энергийн багтаамж, цэвэр шаталттай, ирээдүйд ногоон эрчим хүчний гол түлш болох боломжтой хэмээн дэлхийн улс орнууд үзэж байна [13].

II. СИСТЕМИЙН ТАЙЛБАР

420 МВт цахилгаан чадалтай ЦЦС нь 4-н (4х250 МВт дулааны чадалтай) НТР-PM төрлийн цөмийн реактортай, 2хК-210-130 маркийн уурын турбинтай 2 дубль блок байхаар төлөвлөсөн. 210 МВт чадалтай 1-р блок болон устөрөгчийн үйлдвэрлэх системийн термодинамик загварыг 8-р зурагт үзүүлэв. 210 МВт

чадалтай 1-р блокгийн уурын турбины хэсгийн тэжээлийн ус халаах систем нь 3 өндөр даралтын халаагуур (ӨДХ), 1 деаэратор, 4 нам даралтын халаагуур (НДХ)-аас тус тус бүрдэнэ. Устөрөгч үйлдвэрлэх систем нь нийт 18 блокоос бүрдэх бөгөөд нэг блок нь 190 ялтастай (stacks). Ялтас тус бүр 800 см² талбайтай, 220 ш электролизийн эсээс (cell) бүрдэнэ.

Уурын турбин нь цагт 565°C температуртай, 130 ата даралттай 612 т/ц зарцуулалттай хэт халсан уурыг ашиглан, 210 МВт цахилгаан чадал үйлдвэрлэнэ. Үүнээс дотоод хэрэгцээнд 4 МВт, давтамж хувьсгуурын тусламжтайгаар 100 МВт цахилгаан энергийг электролизийн блокуудад хуваарилна.



8-р зураг. ЦЦС болон шүдлэг усны электролиз, түүний Epsilon professional загвар

420 МВт-ын ЦЦС нь 210 МВт-ын чадалтай 2 эрчим хүчний блокоос бүрдэнэ. Эрчим хүчний блок бүрд 250 МВт дулааны чадалтай хоёр HTR-PM цөмийн реактор суурилагдана. ЦЦС-ын 210 МВт-ын чадалтай эрчим хүчний блокийн термодинамикийн загварыг үйлдвэрлэгчийн техникийн үзүүлэлтүүдийн дагуу Ebsilon professional программ хангамж ашиглан, дизайны горимд боловсруулж, баталгаажуулсан.

Сүүлийн жилүүдэд усыг задалж, устөрөгч үйлдвэрлэх онолын болон R&D судалгаанууд эрчимтэй хийгдэж байна. Жишээлбэл: Эрчим хүчний блокуудын маневрлах чадварыг нэмэгдүүлэх, хэрэглэгчийн цахилгаан ачааллаас хамааруулж устөрөгч үйлдвэрлэх боломж [8,9,10,12], шүтлэг усны электролизын үр ашиг, цахилгаан эрчим хүчний зарцуулалт, устөрөгчийн гарц зэргийг судалсан [5,6,7,11,13,14] байна.

Бидний боловсруулсан Ebsilon professional дээрх загварын үр дүнг бусад судалгааны үр дүнгүүдтэй харьцуулахад, алдааны хувь бага байгаа нь загвар үнэн, цаашид судалгаанд ашиглаж болно гэж үзлээ.

*EBSILON PROFESSIONAL ДЭЭРХ ЗАГВАР БОЛОН БУСАД
СУДАЛГААНЫ ҮР ДҮНГИЙН ХАРЬЦУУЛАЛТ*

1-Р ХҮСНЭГТ.

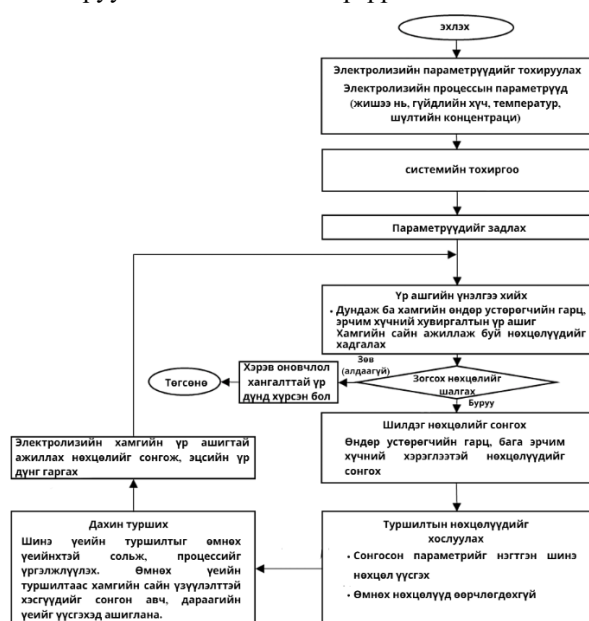
Үзүүлэлт	Нэгж	Бусад судалгаа	Ebsilon professional I загвар	Харьцаанг уй алдаа, %
Шүтлэг усны электролизийн үр ашиг	%	70	70.8	1
Эрчим хүчний зарцуулалт	кВт.ц/кг	47	47.4	0.85
Гүйдлийн нягт	A/cm ²	100	100	0
Эсийн хүчлэл	B	1.65	1.657	0.43

III. СУДАЛГААНЫ АРГА ЗҮЙ

Шүтлэг усны электролизийн үр ашиг, техник-эдийн засгийн үзүүлэлтүүдийг Epsilon professional программ ашиглан тооцоолсон [15].

Мөн натрийн гидроксид (NaOH), сахлын хутга зэрэг энгийн материалуудыг ашиглан, шүтлэг усны электролизийн аргаар устөрөгч үйлдвэрлэх боломжийг туршилтаар хийж гүйцэтгэв.

9-р зурагт 100 МВт шүтлэг усны электролизийн процессын термодинамикийн загварыг Epsilon professional программ хангамж ашиглан боловсруулах логик схемийг үзүүлэв.



9-р зураг. 100 МВт шүтлэг усны электролизийн процессын схемийг загварчлах хялбаршуулсан схем

Epsilon professional программ хангамжийн алгоритмууд нь физик тэгшитгэл, олон гишүүнт болон шинж чанарын муруй дээр суурилдаг. Энэхүү судалгаанд тоон загварчлал, техник-эдийн засаг ба системийн шинжилгээ зэрэг аргуудыг ашигласан бөгөөд загварт ашигласан зарим тэгшитгэл, томьёонуудыг дараах байдлаар өгөв [5,10,11,13,16, 17, 18].

Шүтлэг усны электролизийн АҮК, %.

$$\eta_{LHV} = \frac{\dot{m}_{H_2} \cdot LHV_{H_2}}{Q_{ор,ус} + P_{си}}; \quad (1)$$

1 кг устөрөгч (H_2) үйлдвэрлэхэд шаардагдах цахилгаан эрчим хүч, кВт.ц/кг:

$$E_{con} = \frac{LHV_{H_2}}{\eta_{LHV}}; \quad (2)$$

Энд: $\dot{m}_{H_2}$ – Устөрөгчийн массын зарцуулалт (кг/с); LHV_{H_2} – Устөрөгчийн доод дулаан гаргах чадвар, (кЖ/кг); $Q_{ор,ус}$ – Электролиз руу орж байгаа усны дулаан, (кВт); $P_{си}$ – Электролизийн нийт системийн цахилгаан чадал (кВт).

Устөрөгчийн массын фракц:

$$Y_{H_2} = \frac{(X_{H_2} \cdot M_{H_2})}{(X_{H_2} \cdot M_{H_2}) + (X_{H_2O} \cdot M_{H_2O})}; \quad (3)$$

Энд: X_{H_2}, X_{H_2O} – Устөрөгч болон усны молийн фракц; M_{H_2}, M_{H_2O} – Устөрөгч болон усны молекул масс, (г/моль).

Устөрөгчийн массын зарцуулалт, кг/с.

$$\dot{m} = Y_{H_2} \cdot \dot{m}_n; \quad (4)$$

Энд: $\dot{m}_n$ – нийт массын зарцуулалт, (кг/с).

Электролизийн эсийн хүчдэлийг стандарт нөхцөлд дараах байдлаар тодорхойлж болно (В).

$$U_{rev} = \frac{\Delta G}{n \cdot F} = 1.23 \quad (5)$$

Энд: ΔG – Гиббсийн чөлөөт энергийн өөрчлөлт, (Ж/моль); n – Электрон дамжуулалтын тоо (устөрөгчийн хувьд $n=2$); F – Фарадейн тогтмол (96485 Кл/моль).

Эсийн хүчдэлийг Омын хуулиар тооцоолно (В).

$$U_{cell} = U_{rev} + \eta_{act} + \eta_{conc} + \eta_{res}; \quad (6)$$

Энд: η_{act} – Анод, катод дээрх идэвхжлийн энерги; η_{conc} – Концентрацийн алдагдал; η_{res} – Омын эсэргүүцлийн алдагдал.

Шүтлэг усны электролизийн термодинамикийн АҮК, %:

$$\eta_{термо} = \frac{1.23}{U_{cell}}; \quad (7)$$

Электролизийн явцад ашигтай урвалд зарцуулагдсан цахилгаан гүйдлийн АҮК:

$$\eta_{Фарадейн} = \frac{n \cdot F \cdot Q_{H_2}}{I \cdot t}; \quad (8)$$

Энд: Q_{H_2} – Үйлдвэрлэгдсэн устөрөгчийн хэмжээ, (моль).

Шингэн уснаас гарч буй устөрөгчийн хийн эзлэхүүн, (m^3).

$$V_{H_2} = \frac{n \cdot R \cdot T}{P}; \quad (9)$$

Электролизийн цахилгаан эрчим хүчний зардал, (ам.доллар/кг).

$$З_{элек} = E_{con} \times 3_{ц}; \quad (10)$$

Энд: $3_{ц}$ – ЦЦС-ын үйлдвэрлэх нэгж цахилгаан эрчим хүчний өөрийн өртөг, (цент/кВт.ц).

Анхны хөрөнгө оруулалт, (ам.доллар).

$$i_o = N_{ц} \cdot R_H; \quad (11)$$

Энд: R_H – Нэгж хөрөнгө оруулалт, (ам.доллар/кВт).

Жилийн устөрөгчийн үйлдвэрлэл, (кг/ж).

$$\dot{m}_{H_2}^{жил} = \dot{m}_{H_2} \cdot \tau_{схч}; \quad (12)$$

Энд; $\tau_{\text{схч}}$ – Суурилагдсан хүчин чадал ашиглах хугацаа, (цаг).

Элэгдлийн зардал, (ам.доллар/кг).

$$Z_3 = \frac{i_0}{\dot{m}_{H_2} \cdot \tau_{\text{ах}}}; \quad (13)$$

Энд; $\tau_{\text{ах}}$ – Ашиглалтын хугацаа, (цаг).

Ашиглалтын зардал, (ам.доллар/кг).

$$Z_{\text{аш}} = 0.1 \cdot Z_3; \quad (14)$$

1 кг устөрөгчийн өөрийн өртөг, (ам.доллар/кг).

$$S_{H_2} = Z_3 + Z_{\text{аш}} + Z_{\text{элек}} + Z_{\text{ус}}; \quad (15)$$

Энд; $Z_{\text{ус}}$ – 1 кг устөрөгч үйлдвэрлэхэд шаардагдах усны зардал, (ам.доллар/кг).

IV. ҮР ДҮН БА ХЭЛЭЛЦҮҮЛЭГ

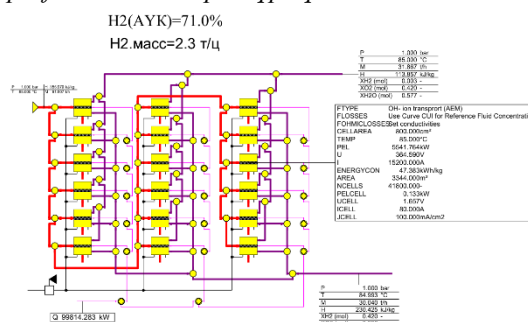
4.1 420 МВТ ЦЦС-ыг ашиглан шүтлэг усны электролизийн аргаар устөрөгч үйлдвэрлэх загварчлалын судалгаа

420 МВТ ЦЦС болон 100 МВТ шүтлэг усны электролизийн системийн техник-эдийн засгийн зарим үзүүлэлтүүдийг хүснэгт 2-т нэгтгэн үзүүлэв.

2-р хүснэгт. 100 МВТ ШҮТЛЭГ УСНЫ ЭЛЕКТРОЛИЗИЙН СИСТЕМИЙН ТЕХНИК-ЭДИЙН ЗАСГИЙН ЗАРИМ ҮЗҮҮЛЭЛТҮҮД

№	Тэмдэглэгээ	Нэгж	Утга
1	Эсийн хүчдэл	В	1.657
2	Гүйдлийн нягт	мА/см ²	100
3	1 кг H ₂ үйлдвэрлэхэд шаардагдах цахилгаан энергийн хэмжээ	кВт.ц/кг	47.4
4	Эсийн электролиз явуулахад шаардагдах цахилгаан чадал	кВт	0.133
5	Устөрөгчийн массын зарцуулалт	т/ц	2.3
6	Электролизийн нийт системийн усны зарцуулалт	т/ц	61.9
7	1 кВт-ц ЦЭХ-ний өөрийн өртөг	төг/кВт-ц	52.6
8	1 кг устөрөгчийн өөрийн өртөг	төг/ кг	3820
9	ЦЦС-ын жилд зарцуулах баяжуулсан UO ₂ -ийн хэмжээ	кг/ж	4506
10	Цөмийн түлшний цикл	ж	2.61
11	Уурын турбины уурын хувийн зарцуулалт	кг/кВт-ц	2.34
12	Шүтлэг усны электролизийн АҮК	%	71
13	Станцын АҮК	%	42.5

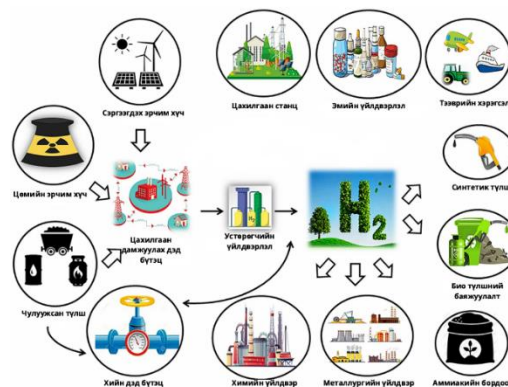
100 МВт-ын шүтлэг усны электролизийн Ebsilon professional загварын үр дүн



10-р зураг. Шүтлэг усны электролиз түүний Ebsilon professional загвар

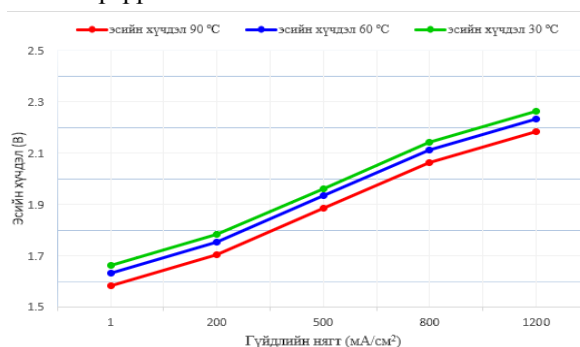
Энэхүү шүтлэг усны электролизийн Ebsilon professional дээрх термодинамик загварын үр дүнгээс харахад, шөнийн бага ачааллын үед 420 МВТ-ын ЦЦС-ын үйлдвэрлэсэн цахилгаан эрчим хүчнээс цагт 200 МВТ-ыг ашиглан устөрөгч үйлдвэрлэх, улмаар ЦЦС-ын маневрлах чадварыг дээшлүүлэх, шөнийн бага ачааллын үед нэмэлт цахилгаан хэрэглээ бий болгох, үйлдвэрлэсэн устөрөгчийг ашиглан, хийн турбины тусламжтай системийн оргил ачааллыг хангах боломжтойг харуулав.

Судалгааны үр дүнд эрчим хүчний блок тус бүр шөнийн бага ачааллын үед 100 МВТ-аар 2.3 т/ц зарцуулалттай устөрөгч үйлдвэрлэх боломжтойг баталлаа. Шөнийн бага ачааллын үргэлжлэх хугацаа 10 цаг гэж үзвэл, нийт 46 тонн устөрөгч үйлдвэрлэх юм. Энэхүү үйлдвэрлэсэн устөрөгчийг ашиглан, түлшний эсийн хөдөлгүүртэй Toyota Mirai загварын 23000 ширхэг автомашиныг тус бүр 200 км зам туулуулах боломжтой [14]. Мөн түүнчлэн үйлдвэрлэсэн устөрөгчөөр газрын тос, металлурги, химийн үйлдвэрлэл болон оргил ачаалал хаах устөрөгчийн хийн турбинт цахилгаан станц зэрэгт ашиглах бүрэн боломжтой байна [16]. Устөрөгчийн хэрэглээг 11-р зурагт үзүүлэв.



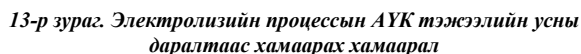
11-р зураг. Устөрөгчийн хэрэглээ

Шүтлэг усны электролизийн процесс нь түүн рүү орох усны температур болон эсийн гүйдлийн нягтаас ихээхэн хамааралтай байгааг батлав. Мөн энэхүү хамаарал нь Dincer нарын [13] судалгааны үр дүнтэй ижил байгаа нь уг судалгааг бататгаж байна. 12-р зурагт гүйдлийн нягт болон эсийн хүчдэлийн хамаарлыг тухайн температураас хэрхэн хамаарч байгааг үзүүлэв.



12-р зураг. Гүйдлийн нягт болон температурын нөлөө

13-р зурагт электролизийн процессын АҮК-д процессын даралт хэрхэн нөлөөлж буйг харуулав. Даралт 1 бараас бага үед 65%-69%, 1-10 барын хооронд 71%-ийн тогтвортой, 11-50 барын хооронд АҮК 69.5% болж буурав. Даралтын хэт бага болон их үед эсийн хүчдэл нэмэгдсэнээс шалтгаалж, АҮК буурахад нөлөөлж байна.



Гүйдлийн нягт, mA/cm²	АУК, %	Эсийн хүчлэл, В
100	72.2	1.68
200	70.5	1.72
300	69.0	1.78
400	67.5	1.82
500	66.0	1.88
600	64.8	1.92
700	63.5	1.96
800	61.8	1.98

4.2 Электролизийн аргаар устөрөгч гарган авах түршилтын судалгаа

15-р зураг. Устөрөгч гарган авах туршилт

$$\text{NaHCO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{NaOH} + \text{CO}_2(\text{хий}) + \text{H}_2\text{O} \quad (16)$$

Электролизийн аргаар хүнсний сод ашиглан, устөрөгч гарган авах туршилтыг амжилттай гүйцэтгэв.

ДҮГНЭЛТ

Энэхүү судалгаагаар эрчим хүчний системийн шөнийн бага ачааллын үед 420 МВт чадалтай цөмийн цахилгаан станцыг түшиглэн, шүтлэг усны электролизийн аргаар устөрөгч (H_2) үйлдвэрлэх боломжийг судалсан. Ebsilon Professional программ хангамж ашиглан боловсруулсан термодинамик загварын үр дүнгээс харахад, 100 МВт-ын чадалтай электролизийн системийг ашиглахад шөнийн бага

ачааллын үед 2.3 т/ц устөрөгч үйлдвэрлэх боломжтой болохыг тогтоов. Судалгааны үр дүнд 1 кг устөрөгч үйлдвэрлэхэд шаардагдах цахилгаан эрчим хүчний хэмжээ 47.4 кВт.ц, шүтлэг усны электролизийн АҮК 71% байна. Мөн түүнчлэн устөрөгчийн өөрийн өртөг АНУ, Европт 3-7 ам.доллар/кг, Хятадад 2-3 ам.доллар/кг, Дубай, Саудын Араб (сэргээгдэх эрчим хүч хямд) 1.5-2 ам.доллар/кг байхад уг судалгаагаар устөрөгчийн өөрийн өртөг 1.11 ам.доллар/кг гарав. ЦЦС-ын цахилгаан эрчим хүчний өөрийн өртөг 1.5 цент/кВт.ц гарсан нь устөрөгчийн өөрийн өртгийг бууруулахад нөлөөлж байна.

Электролизийн үр ашиг нь эсийн хүчдэл, гүйдлийн нягт, тэжээлийн усны даралт, температур зэрэг параметруудээс хамааралтай болохыг загварчлалын аргаар болон туршилтын судалгаагаар нотолсон. Температур нэмэгдэхэд, электролит доторх ионы хөдөлгөөн хурдсаж, эсийн эсэргүүцэл буурснаар нийт эрчим хүчний зарцуулалт багасах хандлагатай байв. Гүйдлийн нягт нэмэгдэхэд, эсийн хүчдэл ихсэж, улмаар электролизийн системийн үр ашиг буурч байгааг тогтоолоо.

Судалгааны үр дүнгээс дүгнэхэд, шүтлэг усны электролиз нь тогтвортой, өндөр үр ашигтай устөрөгч үйлдвэрлэх боломжтой арга болохыг баталж байна. Цаашид устөрөгчийн үйлдвэрлэлийг нэмэгдүүлж, оргил ачаалал хаах устөрөгчийн хийн турбинт цахилгаан станцын чиглэлээр судалгааг гүнзгийрүүлэх боломжтой. Энэ нь Монгол Улсад цэвэр эрчим хүчний технологийг хөгжүүлэх, устөрөгчийн эдийн засагт шилжих боломжийг нэмэгдүүлэх чухал үндэс суурь болно.

ТАЛАРХАЛ

ШУТИС, Эрчим хүчний инженерчлэлийн сургуулийн нийт багш, ажилчид, үе үеийн төгсөгчдөдөө 65-н жилийн ойн мэндийг дэвшүүлье.

Энэхүү судалгааг гүйцэтгэхэд дэмжлэг үзүүлж, Ebsilon Professional программ хангамжийг судалгааны хугацаанд ашиглах боломжийг олгосон EBSILON®Professional компанид гүн талархал илэрхийлье.

Энэхүү судалгааны ажлыг ЭХИС-ийн ДИС-ын “Дулааны цахилгаан станцын симулятор

лаборатори”-д хийж гүйцэтгэв. Судалгааны ажлыг удирдсан ахлах багш доктор (Ph.D.) Ш.Энхбаярт талархал илэрхийлье. *Холбогдох зохиогчийн мэдээлэл: enkhbayar.sh@must.edu.mn, 94490717.

АШИГЛАСАН МАТЕРИАЛ, НОМ ЗҮЙ

- [1] <https://www.powermag.com/>, Cost-Effective Source of Energy for Hydrogen Production, 2021.
- [2] <https://www.iea.org/>, Global average levelised cost of hydrogen production by energy source and technology, 2019 and 2050, 2020.
- [3] <https://world-nuclear.org/>, Carbon Dioxide Emissions From Electricity, 2024.
- [4] <https://energy.gov.mn/>
- [5] S.ShivaKumar,V.Himabindu, Hydrogen production by PEM water electrolysis, 2019.
- [6] ThyssenKrupp AG, Hydrogen from large-scale electrolysis
- [7] Rachael Elder, Ray Allen, Nuclear heat for hydrogen production: Coupling a very high/high temperature reactor to a hydrogen production plant.
- [8] A.I.Schastlivtsev, V.I.Borzenko and D.O.Dunikov, Increase of maneuverability of nuclear and geothermal power plants by hydrogen-oxygen complexes, 2019.
- [9] Victor Solovey, Mykola Zipunnikov and Roman Rusanov, Increasing the manoeuvrability of power units of the thermal power plants due to applying the hydrogen-oxygen systems, 2023..
- [10] Fawzi Kayali, Integrating Waste Heat from Hydrogen Production into District Heating, 2023.
- [11] Alex Badgett, Mark Ruth, Bryan Pivovar, Chapter 10-Economic considerations for hydrogen production with a focus on polymer electrolyte membrane electrolysis, 2022.
- [12] Zuoyi Zhang, Yuliang Sun, Economic potential of modular reactor nuclear power plants based on the Chinese HTR-PM project, 2007.
- [13] Ibrahim Dincer, Canan Acar, Review and evaluation of hydrogen production methods for better sustainability, 2015.
- [14] <https://www.toyota.com/> Toyota Mirai leading the way in fuel cell electric vehicle, 2024.
- [15] EBSILON®Professional. (2025). Version [17.00]. Iqony Solutions GmbH. <https://www.ebsilon.com/en/>.
- [16] Pavlos Nikolaidis, Andreas Poullikkas, A comparative overview of hydrogen production processes, 2017.
- [17] Kai Zeng, Dongke Zhang, Recent progress in alkaline water electrolysis for hydrogen production and applications, 2010.
- [18] Zsolt Dobo, Arpad Bence Palotas, Impact of the current fluctuation on the efficiency of Alkaline Water Electrolysis, 2016.

НАРНЫ ЦАХИЛГААН ҮҮСГҮҮРИЙГ ДАХИН БОЛОВСРУУЛАХ ТЕХНОЛОГИЙН СУДАЛГАА

Сүхболдын МАРГАД¹, Чулуунхүүгийн НАРАНЗУЛ², Доржжаргалын БАТДОРЖ³,
Эрдэнэбатын МӨНХТУЯА⁴

Монгол Улс, Улаанбаатар, ШУТИС, Эрчим хүчний сургууль, Шинэ сэргээгдэх эрчим
хүчний салбар

*Холбоо барих зохиогчийн и-мэйл хаяг: margad9914@gmail.com¹, naranzulchuluunhv@gmail.com²,
dbatdori82@gmail.com³, e.munkhtuya@must.edu.mn⁴*

Хураангуй: Нарны панелийн дахин боловсруулалтын хамгийн чухал зорилго нь байгаль орчныг хамгаалах, эрчим хүчний хэрэглээг хэмнэх, мөн шинэ панелүүдийн үйлдвэрлэлд хэрэгцээтэй түүхий эдийг дахин ашиглах боломжийг олгох юм. Нарны цахилгаан үүсгүүрийн (НЦҮ) дахин боловсруулалт нь байгаль орчныг хамгаалах, тогтвортой хөгжлийг хангах, ховор болон үнэ цэнтэй материалыг үр ашигтай ашиглахад чухал ач холбогдолтой. Энэхүү судалгаанд НЦҮ-ийг дахин боловсруулах үндсэн аргачлалууд болох механик, термохимийн болон химийн боловсруулах аргуудыг харьцуулан судалж, Монгол Улсад нэвтрүүлэх боломж, тулгарч буй бэрхшээлүүдийг тодорхойлов. Судалгааны үр дүнд механик дахин боловсруулах арга нь бага зардалтай боловч цахиурын цэвэршилт бага, химийн арга нь өндөр цэвэршилттэй боловч өртөг өндөр болох нь тогтоогдсон. Монголын нөхцөлд механик болон термохимийн аргуудыг хослуулан хэрэглэх нь илүү оновчтой шийдэл болохыг туршилтаар батлав. Судалгааны үр дүнд гарсан дүгнэлтүүд нь Монгол Улсад нарны цахилгаан үүсгүүрийн дахин боловсруулах салбарыг хөгжүүлэх бодлогын үндэс суурь болох боломжтой.

Түлхүүр үг: Нарны цахилгаан үүсгүүр, ашиглалтаас гарсан төхөөрөмж, дахин боловсруулалт, тогтвортой хөгжил

I. УДИРТГАЛ

Сэргээгдэх эрчим хүчний хэрэглээ дэлхий даяар өсөн нэмэгдэж байгаа энэ үед нарны цахилгаан үүсгүүрийн (Цаашид НЦҮ гэнэ.) үйлдвэрлэл, хэрэглээ, ашиглалтын хугацаа дууссаны дараах дахин боловсруулах асуудал чухал сэдэв болоод байна. Нарны цахилгаан үүсгүүр нь нүүрстөрөгчийн ялгарал багатай, байгаль орчинд ээлтэй шийдэл боловч тэдгээрийг зохистойгоор дахин боловсруулахгүй бол байгаль орчинд сөрөг нөлөө үзүүлэх эрсдэлтэй.

Нарны эрчим хүчийг цахилгаан болгон хувиргадаг НЦҮ нь дэлхийн эрчим хүчний тогтвортой хөгжлийн нэг чухал тулгуур болж байна. Уламжлалт эрчим хүчний эх үүсвэрүүдийн хомсдол, уур амьсгалын өөрчлөлт, ногоон эрчим хүчний эрэлт хэрэгцээ нэмэгдэж байгаатай уялдан НЦҮ-ийн үйлдвэрлэл, суурилуулалт ихээр нэмэгдэж байгаа нь үүний тод жишээ юм.

НЦҮ нь цахиур, хөнгөн цагаан, шил, полимер зэрэг материалуудаас бүрдэх бөгөөд эдгээрийг дахин боловсруулах нь материалын дахин ашиглалтыг нэмэгдүүлж, хаягдлыг бууруулахад чухал үүрэг гүйцэтгэнэ. [1] Гэвч энэхүү дахин боловсруулах үйл явц нь технологийн болон эдийн засгийн хүндрэлтэй тулгарч буйгаас гадна улс орон бүрийн нөхцөл байдал харилцан адилгүй байдаг.

НЦҮ-ийн ашиглалтын хугацаа дунджаар 20-25 жил байдаг. [2] Энэ хугацаа дуусах үед тэдгээрийн үр ашгийг бууруулдаг механик элэгдэл, хэт ягаан туяаны нөлөөллөөс үүссэн материалын элэгдэл зэрэг хүчин зүйлс үүсдэг. Ашиглалтаас гарсан НЦҮ-ийг зүгээр л хог хаягдал болгон үлдээх нь байгаль орчинд аюултай бөгөөд тэдгээрээс агуулагдах цахиур, хар тугалга, мөнгөн ус зэрэг бодисууд хөрс, ус, агаарын бохирдол үүсгэх эрсдэлтэй. [3] Иймээс эдгээр хаягдал

материалыг дахин боловсруулах технологийн судалгаа зайлшгүй шаардлагатай болж байна.

Сүүлийн жилүүдэд Европын Холбоо (ЕХ), АНУ, Хятад зэрэг улс орнууд НЦҮ-ийн дахин боловсруулалтын асуудалд анхаарч, бодлого боловсруулан, технологийн шинэчлэл хийж байна. [4] Европын Холбооны PV Cycle хөтөлбөр нь НЦҮ-ийн хаягдлыг цуглуулж, дахин боловсруулах бүтцийн системийг хөгжүүлсэн бол Хятад Улс НЦҮ-ийн үйлдвэрлэл болон дахин боловсруулах салбарт ихээхэн хөрөнгө оруулалт хийж байна. [5]

Технологийн хувьд НЦҮ-ийг дахин боловсруулах үндсэн гурван арга бий. Үүнд механик дахин боловсруулалт, термохимийн дахин боловсруулалт, химийн аргаар цэвэршүүлэх арга багтдаг. Эдгээр аргууд нь тус тусын давуу болон сул талтай бөгөөд Монгол Улсад аль аргыг хэрэгжүүлэх боломжтойг судлах шаардлагатай юм. [6]

Монгол Улс сэргээгдэх эрчим хүчний хэрэглээг нэмэгдүүлэх зорилгоор олон нарны цахилгаан станцуудыг байгуулсан бөгөөд цаашид ч энэ чиглэлд хөгжинө гэж үзэж байна. Гэвч хуучирч ашиглалтаас гарах НЦҮ-ийг хэрхэн зохистойгоор дахин боловсруулах тухай бодлого, стандартууд дутмаг байна. Иймд энэхүү судалгаагаар НЦҮ-ийг дахин боловсруулах технологийн боломжуудыг судалж, Монгол Улсад нэвтрүүлэх боломж, сорилтуудыг тодорхойлох зорилготой.

Монгол Улсын нөхцөлд НЦҮ-ийн дахин боловсруулалтыг хөгжүүлэхийн тулд дараах асуудлуудыг шийдвэрлэх шаардлагатай. Үүнд:

- Дахин боловсруулах технологийн судалгаа, хөгжүүлэлт: Одоогоор Монголд НЦҮ-ийн дахин боловсруулах

үйлдвэр байхгүй бөгөөд энэ чиглэлээр судалгаа, хөгжүүлэлтийг дэмжих бодлого бидэнд хэрэгтэй.

- Хууль, эрх зүйн орчин: НЦҮ-ийн хаягдлыг зохицуулах тодорхой хууль, дүрэм, стандарт байхгүй тул энэ чиглэлээр бодлого боловсруулалт шаардлагатай.
- Санхүүжилт, хөрөнгө оруулалт: Дахин боловсруулах үйлдвэр байгуулах, шаардлагатай технологийг нэвтрүүлэхийн тулд хөрөнгө оруулалт татах.
- Олон нийтийн ойлголт, оролцоо: НЦҮ-ийн дахин боловсруулалтын ач холбогдлын талаар хэрэглэгчид, компаниуд болон төрийн байгууллагуудын мэдлэгийг нэмэгдүүлэх зэрэг болно.

II. НАРНЫ ЦАХИЛГААН ҮҮСГҮҮРИЙН БҮТЭЦ, ҮЙЛДВЭРЛЭЛ

Цахиурын нарны цахилгаан үүсгүүр (НЦҮ) нь өнөө үед хамгийн өргөн хэрэглэгдэж буй нарны эрчим хүчний технологи юм. Үүнийг үйлдвэрлэх үйл явц нь цахиурын цэвэршүүлэлт, талст үүсгэлт, нарны модуль үйлдвэрлэх, самбар угсрах гэсэн үндсэн үе шаттай. [7]

А. Цахиурын нарны цахилгаан үүсгүүрийн үйлдвэрлэлийн процесс

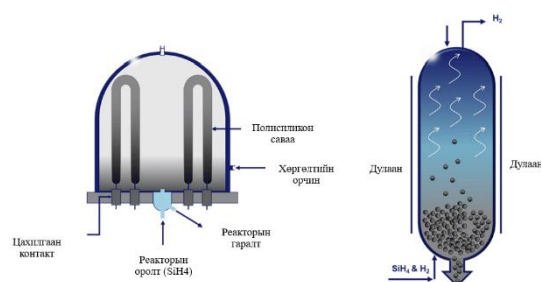
1-р шат. Цахиур олборлох ба цэвэршүүлэх

Цахиур нь байгалийн элсэн чулуу, кварцаас гаргаж авдаг гол түүхий эд бөгөөд цахиурыг нарны үүсгүүр үйлдвэрлэхийн тулд кварц дахь цэвэр бус цахиурын давхар ислийг багасгаж, цэвэршүүлэх замаар олж авах шаардлагатай.



Зураг 1. 1 Нарны цахилгаан үүсгүүрийн үндсэн элемент болох цахиурын олборлолт.

Эхний алхамд кварцыг өндөр температурт нүүрстэй урвалд оруулж, металл цахиур гаргаж авна. Гэхдээ энэ нь нарны үүсгүүрт шууд ашиглагдах боломжгүй тул химийн аргаар дахин цэвэршүүлж, өндөр цэвэршилттэй цахиур гарган авдаг. [8]



Зураг 1. 2 Цахиурын давхар ислийг багасгаж, цэвэршүүлэх процесс.

2-р шат. Цахиурын талст үүсгэх (Нэг талст болон олон талст цахиур)

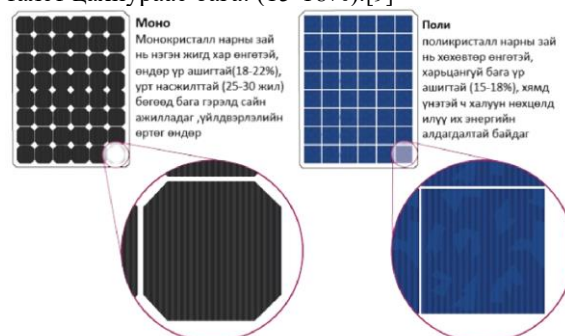
Цэвэршүүлсэн цахиурыг хайлуулж, талстжуулан нарны үүсгүүрт тохиромжтой хэлбэрт оруулдаг.

- Нэг талст цахиур (Monocrystalline Silicon, Mono-Si)

Czochralski аргаар нэгэн жигд талст үүсгэдэг бөгөөд өндөр үр ашигтай (18-22%) боловч үйлдвэрлэлийн өртөг өндөр байдаг.

- Олон талст цахиур (Polycrystalline Silicon, Poly-Si)

Олон талст цахиурыг хайлуулж хэвд цутгах замаар үүсгэдэг. Энэ нь үйлдвэрлэлийн хувьд илүү хялбар бөгөөд хямд боловч үр ашиг нь нэг талст цахиураас бага. (15-18%).[9]



Зураг 1. 3 Нэг талст болон олон талст цахиурын харьцуулалт.

3-р шат. Цахиурын нимгэн хавтан (Wafer) зүсэх

Бэлэн болсон цахиурын талстыг алмаз утсан хөрөө ашиглан, 160-200 микрометрийн зузаантай нимгэн хавтан болгон зүснэ.

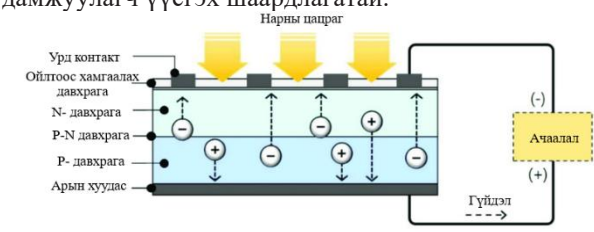


Зураг 1. 4 Цахиурын нимгэн хавтан (Wafer) зүсэлт.

Энэ үе шат нь өндөр нарийвчлалтай бөгөөд нимгэн зүсэлт хийх нь материалын хаягдлыг багасгах чухал ач холбогдолтой.

4-р шат. P-N дамжуулагч үүсгэх (Doping)

Нарны эсүүд нь фотоволтайк эффект дээр үндэслэдэг бөгөөд цахилгаан талбай үүсгэхийн тулд p-n дамжуулагч үүсгэх шаардлагатай.

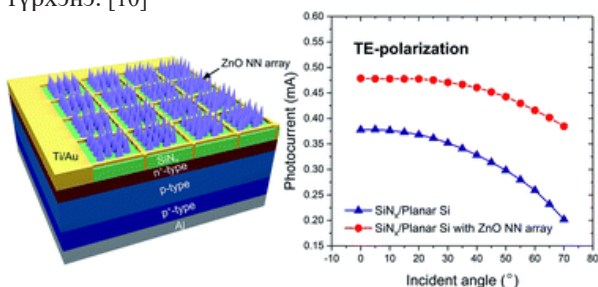


Зураг 1. 5 P-N дамжуулагчийн бүтэц.

Электрон болон цоорхой үүсгэхийн тулд цахиурын давхаргад фосфор, мөн бор нэмнэ. Үүний үр дүнд гэрлийн энергийг цахилгаан болгон хувиргах суурь бүтэц бий болно.

5-р шат. Гэрэл шингээх чадварыг сайжруулах (Anti-Reflective Coating, ARC)

Цахиур нь гэрлийн ихэнхийг ойлгодог учраас цахиурын нитрид (Si_3N_4) зэрэг тусгай бүрхүүл түрхэнэ. [10]



Зураг 1. 6 Гэрэл шингээх давхаргын бүтэц болон үр дүнгийн хүснэгт.

Энэ бүрхүүл нь нарны гэрлийн ойлтыг бууруулж, илүү их энергийг шингээж авах боломжийг бүрдүүлнэ.

6-р шат. Металл электрод суулгах

Нарны эсүүдийг цахилгаан гүйдэл дамжуулахын тулд тусгай мөнгөн эсвэл зэс электрод нэмдэг.

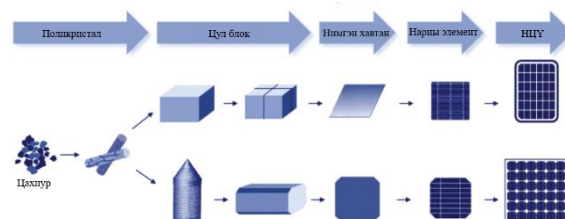


Зураг 1. 7 Бүрхүүл дээр металл электрод суулгах.

Эдгээр дамжуулагч нь нарны үүсгүүрийн дотоод эсэргүүцлийг бууруулж, үр ашгийг нэмэгдүүлэх чухал үүрэгтэй.

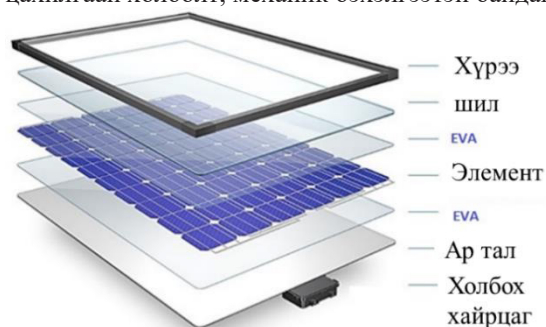
7-р шат Нарны цахилгаан үүсгүүр угсрах

Эцэст нь нарны эсүүдийг холбож, хамгаалалтын давхаргатай нарны самбар болгон угсардаг.



Зураг 1. 8 Нарны цахилгаан үүсгүүр угсрах үе шат.

Хавтан бүр хамгаалалтын шилэн бүрхүүл, цахилгаан холболт, механик бэхэлгээтэй байдаг.



Зураг 1. 9 Нарны цахилгаан үүсгүүрийн дэлгэрэнгүй бүтэц.

III. ЦАХИУРЫН ТӨРЛИЙН НАРНЫ ЦАХИЛГААН ҮҮСГҮҮРИЙН ДАХИН БОЛОВСРУУЛАЛТЫН ШААРДЛАГА, АРГУУД

Цахиурын нарны цахилгаан үүсгүүрүүдийг дахин боловсруулах нь байгаль орчинд ээлтэй, эрчим хүчний салбарт тогтвортой байдлыг хангах

чухал үйл явц юм. [11] Нарны цахилгаан үүсгүүрийн дахин боловсруулах гол зорилго нь цахиур (силикон), мөн бусад үнэтэй материалыг (мөнгө, зэс, хөнгөн цагаан, шил) дахин ашиглах явдал юм. [12] Иймээс эдгээр материалыг шинэ нарны үүсгүүрүүдийн үйлдвэрлэлд ашиглах боломжтой болгох нь байгаль орчныг хамгаалах, эрчим хүчний хангамжийг сайжруулах, мөн эдийн засгийн хувьд чухал ач холбогдолтой юм.

А. Механик дахин боловсруулах

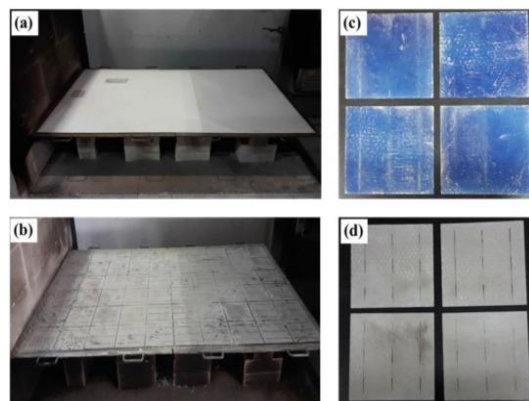
Механик дахин боловсруулах арга нь цахиурын нарны үүсгүүрийн дахин боловсруулах хамгийн түгээмэл арга юм. Энэ процесс нь нарны панелийг жижиг хэсгүүдэд бутлах, үүнээс металл (хөнгөн цагаан, мөнгө, цагаан тугалга, хар тугалга, зэс) болон бусад материалыг ялгах үйл явц юм. [13] Цахиур нь хамгийн үнэтэй, хамгийн чухал материал тул үүнийг цэвэрлэж, дахин боловсруулж, шинэ нарны үүсгүүр үйлдвэрлэхэд ашиглах боломжтой. Механик дахин боловсруулах нь материалыг 90% хүртэл сэргээн ашиглах боломжийг олгодог бөгөөд байгаль орчны хог хаягдлыг бууруулахад чухал үүрэг гүйцэтгэдэг. [14]



Зураг 1.10 Механик дахин боловсруулалтын процесс.

В. Дулааны аргаар дахин боловсруулах

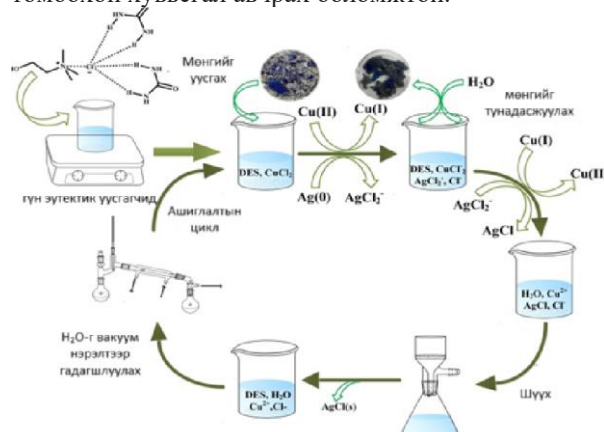
Цахиурын нарны зай ба шилний хоорондох наалдамхай материалаас болж, шилийг PV хавтангаас салгахад хүндрэлтэй байдаг. Нарны цахилгаан үүсгүүрийг бүхэлд нь зууханд хийж, 300-600°C хүртэл температурт пиролизд оруулна. [15] Хавтангийн EVA давхарга нь азотын дор 450°C-д задардаг, ингэснээр хавтангаас шил болон цавуулаг бодисыг хялбар салгадаг. [16] Энэ арга зардал багатай, өргөн ашиглагдаж буй арга хэдий ч тодорхой хэмжээгээр эрчим хүчний хэрэглээ шаарддаг, мөн хорт хий ялгаруулдаг сул талууд бий.



Зураг 1.11 Дулааны аргаар дахин боловсруулах.

А. Химийн дахин боловсруулах

Цахиурын нарны үүсгүүрийг дахин боловсруулах бас нэгэн орчин үеийн арга юм. Хөнгөн цагаан хүрээ болон шилэн давхаргыг механик аргаар салгасны дараа тусгай хүчиллэг, шүтлэг уусгагчаар цахиурын давхарга, металл бүрхүүлийг задлах бөгөөд ингэснээр илүү цэвэр, өндөр чанартай цахиурыг дахин боловсруулах боломжийг олгодог. [17] Ирээдүйд энэ арга нь улам боловсронгуй болж, нарны цахилгаан үүсгүүрийн дахин боловсруулах процесст томоохон хувьсгал авчрах боломжтой.



Зураг 1.12 Химийн дахин боловсруулах.

IV. МОНГОЛ УЛСАД НАРНЫ ЦАХИЛГААН ҮҮСГҮҮРИЙГ ДАХИН БОЛОВСРУУЛАХ БОЛОМЖ, СОРИЛТУУД

Монгол орны газар зүй, уур амьсгал нь нарны эрчим хүчний үйлдвэрлэлтэд хамгийн тохиромжтой орон бөгөөд сүүлийн жилүүдэд нарны цахилгаан үүсгүүрийн үйлдвэрлэл болон ашиглалтыг нэмэгдүүлэх чиглэлээр олон төслүүд хэрэгжүүлсэн. Мөн мал аж ахуй эрхлэн амьдрах иргэд, аж ахуй нэгж, үүрэн телефоны томоохон байгууллага, эрчим хүчний үүрэг хүлээсэн хэрэглэгчид нарны цахилгаан үүсгүүрийг ихээр суурилуулах болсон нь бидэнд дахин боловсруулах технологийн оновчтой шийдэл хэрэгтэй байгааг илтгэж байна. Гэхдээ нарны

цахилгаан үүсгүүрийг дахин боловсруулах асуудал нь тодорхой хэмжээний сорилтуудыг дагуулдаг бөгөөд эдгээрийг шийдвэрлэх нь нарны эрчим хүчний салбарын тогтвортой байдлыг хангах чухал алхам юм.

Монгол Улсад хамгийн анхны томоохон нарны цахилгаан станц 2017 онд Дархан хотод ашиглалтад орсон. Дархан нарны цахилгаан станц нь 10 мегаватт хүчин чадалтай бөгөөд Монгол Улсад байгуулагдсан анхны том хэмжээний нарны станц юм. [18] Энэ станц нь орон нутгийн эрчим хүчний хэрэгцээг хангах, мөн нарны эрчим хүчийг тогтвортой ашиглах чиглэлд чухал алхам болсон.

Монгол Улс дахь нарны цахилгаан үүсгүүрийн дахин боловсруулах боломжийн талаар авч үзэхэд хэд хэдэн сорилт, боломжууд үүсэж байна.

Сорилтууд:

1. Дахин боловсруулалт хийх дэд бүтэц дутагдал

Монгол Улс дахь дахин боловсруулалтын дэд бүтэц нь нарны цахилгаан үүсгүүрийн үйлдвэрлэл болон ашиглалтын хэмжээнд тохирохоор хөгжөөгүй байна. Нийтлэг дахин боловсруулах төвүүд эсвэл өндөр технологийн бүрэн боловсруулах байгууламжууд олдоход хүнд байж болох бөгөөд энэ нь дахин боловсруулах процессыг удаашруулж, өртөг нэмэгдүүлэх хүчин зүйл болж байна.

2. Мэдлэг, боловсролын дутагдал

Нарны цахилгаан үүсгүүрийг дахин боловсруулах талаар хангалттай мэдлэг, боловсролын дэмжлэг, үйлдвэрүүд болон дахин боловсруулах үйл ажиллагаа эрхлэгчдэд зориулсан сургалт, зөвлөмжийн дутагдал юм. Энэ нь технологийн шинэчлэл хийх, сайн туршлага бүхий дахин боловсруулах төвүүдийг байгуулахад бэрхшээлийг үүсгэж байна.

3. Технологийн дэвшил

Нарны үүсгүүрийг дахин боловсруулах техник технологи нь өндөр өртөгтэй бөгөөд нарийн технологитой. Мөн ашиглаж буй тоног төхөөрөмж, процесс нь орон нутагт оруулж ирэхэд нэмэлт хөрөнгө оруулалт шаарддаг. Энэ нь дахин боловсруулах үйл явцын үр ашгийг бууруулж, эрчим хүчний хэмнэлт болон хаягдлын асуудлыг шийдвэрлэхэд саад болж байна.

4. Нарны цахилгаан үүсгүүрийн хаягдал бага

МУ-ын анхны нарны цахилгаан станцын хавтангууд нь ашиглалтын хугацаанаас гараагүй, хэрэглээ харьцангуй бага байгаа учир тэдгээрийг дахин боловсруулах шаардлага ч бага байдаг.

Боломжууд:

1. *Дахин боловсруулалтад оруулах шинэ технологиуд*
Монгол Улс нь энэхүү шинэ технологиудыг нэвтрүүлэх боломжтой. Дахин боловсруулалтыг хөнгөвчлөх технологиудыг нэвтрүүлэх, ялангуяа лазер, хими болон дулааны технологийг ашиглан, дахин боловсруулах процессыг сайжруулах нь нарны цахилгаан үүсгүүрийн хаягдлыг бууруулах боломжтой.

2. Олон улсын хамтын ажиллагаа

Нарны цахилгаан үүсгүүрийн дахин боловсруулалтын асуудалд олон улсын хамтын ажиллагаа нэмэгдэж байгаа нь Монгол Улс шинэ технологиудыг ашиглах, мэдлэг, туршлага хуримтлуулах боломжийг олгоно. Эдийн засгийн болон технологийн дэмжлэгийг олон улсын байгууллагуудаас авах нь Монгол Улсын нарны эрчим хүчний дахин боловсруулалтын салбарт амжилт гаргах боломжийг нэмэгдүүлнэ.

3. Нарны цахилгаан үүсгүүрийн дахин боловсруулалтын бодлого

Монгол Улс нарны цахилгаан үүсгүүрийн дахин боловсруулалтын чиглэлээр тодорхой бодлого, хуулиудыг боловсруулж, шинэ санаачилгуудыг дэмжих боломжтой. Тухайлбал, дахин боловсруулалтыг дэмжих санхүүгийн тусламж, татварын хөнгөлөлт үзүүлэх, шаардлагатай техник технологийг нэвтрүүлэх зэрэг дэмжлэг үзүүлэх нь энэ салбарт чухал үүрэг гүйцэтгэх болно.

Жишээ тооцоолол: Дарханы нарны цахилгаан станцын нарны цахилгаан үүсгүүрүүд дээр жишээ авъя.

Дарханы нарны цахилгаан станцад Японы Шарп брендийн, 310 Вт чадлын 32274 ширхэг нарны цахилгаан үүсгүүр бий. Монгол Улсад 32,274 ширхэг Sharp 310W поли кристал нарны цахилгаан үүсгүүрийг, механик дахин боловсруулах замаар, ямар материалуудыг сэргээн ашиглах боломжтойг тооцоолоход дараах үр дүн гарсан. Эдгээр нарны цахилгаан үүсгүүрийн нийт жин нь ойролцоогоор 580,932 кг бөгөөд үүний ихэнх хэсэг нь шил, хөнгөн цагаан, зэс, мөнгө зэрэг үнэтэй материалыг агуулдаг. Дахин боловсруулах аргаар хамгийн их сэргээгдэж болох материал бол шил юм. Шил нь нийт жингийн 70-75%-ийг эзэлдэг бөгөөд нийтдээ 420,176 кг шил, хөнгөн цагаан 43,570 кг нь дахин ашиглагдаж, 8,714 кг зэсийг сэргээн ашиглах боломжтой. Нарны цахилгаан үүсгүүрүүдэд мөнгө 0.1-0.2%-ийг эзэлдэг бөгөөд ойролцоогоор 871.4 кг мөнгийг гаргаж авна.

Үүнд эдийн засгийн тооцоолол хийхэд:

2025 оны 1-р сарын байдлаар Монгол Улсын Ашигт малтмал, газрын тосны газар (АМГТГ)-аас гаргасан мэдээллээр: [19]

Зэс	8,439.29 ам.доллар/тонн
Хөнгөн цагаан	2,000 ам.доллар/тонн
Мөнгө	700,000 ам.доллар/тонн
Шил	Шилний үнэ нь харьцангуй бага тул тооцоогүй, дахин боловсруулалтын зардлыг нөхөхөд ашиглагддаг.

- Нийт үнэ цэнийг 770,726 ам.доллар буюу 2,671,238,169 төгрөг гэж тооцов.
- Нийт талбай $= 32,274 \text{ ш} \times 1.6 \text{ м}^2 = 51,638$

м2

НЦҮ-ийн дахин боловсруулалтын нийт зардал = $\sum$ Өөрийн зардал + $\sum$ Гадаад зардал – $\sum$ Ашиг. [20]

- Өөрийн зардал = Хөрөнгө оруулалтын зардал + Үйлдвэрлэлийн зардал + Тээврийн зардал

Дарханы нарны цахилгаан станцын 32,274 нарны хавтанг дахин боловсруулахад, нийт 2.44 төрбум төгрөгийн үнэ бүхий металлууд сэргээгдэнэ.

Нийт зардал (хувийн + гадаад зардал) = 2.23 төрбум төгрөг болно.

Үйлдвэрлэлийн болон байгаль орчны зардлыг тооцсоны дараа 212.5 сая төгрөгийн цэвэр ашиг гарч байна. (Өөрөөр хэлбэл, 32,274 ширхэг нарны хавтанг дахин боловсруулж, металлуудыг нь зарсны дараа зардлыг нөхсөний дараах үлдэх ашиг юм.)

Эдгээр материалыг Монгол Улсад дахин боловсруулалт хийхэд ашиглах нь байгаль орчинд ээлтэй бөгөөд хог хаягдлыг багасгах, үнэтэй түүхий эдийг дахин ашиглах зэрэг олон ач холбогдолтой юм. Технологи, дэд бүтэц болон сургалт, боловсролын салбарт нэмэлт хөрөнгө оруулж, дахин боловсруулах үйл ажиллагааг дэмжих нь Монгол Улс дахь нарны цахилгаан үүсгүүрийн дахин боловсруулалтыг үр дүнтэй болгоход чухал үүрэг гүйцэтгэх болно.

V. ТУРШИЛТ

Бид Шинжлэх Ухаан Технологийн Их Сургуульд байрлах ашиглалтаас гарсан нарны цахилгаан үүсгүүрийг судалгааны ажлын туршилтын хэсэгт ашигласан.



Зураг 1. 13 Туршилтад ашигласан “Jinko solar” 400Вт-ын нарны цахилгаан үүсгүүр.

A. Хөнгөн цагаан хүрээ, шилэн бүрхүүлийг салгах.



Зураг 1. 14 Нарны цахилгаан үүсгүүрээс гаргаж авсан буталсан шил.



Зураг 1. 14 Нарны цахилгаан үүсгүүрээс салгасан хөнгөн цагаан хүрээ.

160*80 м хэмжээтэй нэг ширхэг нарны цахилгаан үүсгүүрээс 13.1 кг буталсан, 1.85 кг хөнгөн цагаан хүрээг салгаж авлаа.

B. Химийн аргаар дахин боловсруулах

1. 30% усан КОН уусмал ашиглаж, хөнгөн цагааны бүрээсийг уусгана.
2. HF, HNO₃, H₂SO₄, CH₃COOH, нэрмэл усны уусмалд үлдсэн давхаргыг 20 минут дүрэх
3. 86% цахиурыг 96%-ийн цэвэршилттэй гаргаж авав.
4. HCl/H₂O₂/H₂O (1:1:5) уусмалд 80°C-д дүрж, хөнгөн цагаан электродыг уусгана.
5. 5% HF уусмал ашиглан, AR бүрээс, электродыг арилгана.
6. 25% NaOH уусмал ашиглан, n-p дамжуулагч элементийг цэвэрлэнэ.

VI. ДҮГНЭЛТ

Энэхүү судалгааны үр дүнд цахиурын төрлийн нарны цахилгаан үүсгүүрийн дахин боловсруулах хэд хэдэн арга технологийг судалж, тэдгээрийн үр ашиг, хэрэглээний боломжийг харьцуулан дүгнэв.

Судалгаагаар механик дахин боловсруулах арга нь хамгийн энгийн бөгөөд бага өртөгтэй боловч нарны үүсгүүрээс гаргаж авах цахиурын цэвэршилтийн түвшин харьцангуй бага болох нь тогтоогдлоо. Харин дулааны буюу термохимийн аргаар дахин боловсруулах үед EVA болон бусад органик давхаргуудыг задалж, цахиурыг ялгах боломжтой ч энэ нь өндөр температур шаарддаг учир эрчим хүчний зардал их байдаг. Химийн аргаар дахин боловсруулах нь цахиур болон бусад үнэт металлыг өндөр цэвэршилттэй гарган авах боломжийг бүрдүүлсэн ч химийн бодисын хэрэглээ өндөр, байгаль орчинд сөрөг нөлөө үзүүлэх эрсдэлтэй байгааг туршилтын үр дүнгээс харж болно.

Монгол Улсад нарны цахилгаан үүсгүүрийг дахин боловсруулах технологийг нэвтрүүлэхэд дэд бүтэц, хууль эрх зүй, эдийн засгийн үр ашиг зэрэг олон хүчин зүйлс нөлөөлөхийг энэ судалгаа харууллаа. Манай туршилтын үр дүнгээс харахад, химийн аргаар боловсруулсан цахиур 96%-ийн цэвэршилттэй гарсан нь энэ аргыг Монгол Улсад ашиглах боломжтойг баталж байна. Гэвч химийн аргын өндөр өртөг болон хорт бодисын менежмент нь гол асуудал болж байгаа тул Монголын нөхцөлд механик болон термохимийн аргуудыг хослуулан хэрэглэх нь илүү оновчтой шийдэл болохыг тогтоолоо.

Монгол Улсад нарны хавтангийн дахин боловсруулах салбарыг хөгжүүлснээр дэлхийн тогтвортой хөгжлийн зорилтуудад дараах эерэг нөлөөг үзүүлнэ:

1. Байгалийн нөөц – Нарны хавтангаас сэргээгдсэн хөнгөн цагаан, зэс, мөнгө зэрэг металлуудыг дахин ашигласнаар уул уурхайн олборлолтын ачааллыг бууруулж, байгалийн нөөцийг хамгаална.
2. Хог хаягдлын бууралт - Ашиглалтын хугацаа дууссан нарны хавтанг хогийн цэгт булшлахын оронд дахин боловсруулснаар, хортой бодисын бохирдлоос урьдчилан сэргийлж, байгаль орчныг хамгаалах боломжтой.
3. Эдийн засгийн үр ашиг - Нарны хавтангийн дахин боловсруулалт нь шинэ ажлын байрыг бий болгож, эдийн засгийн шинэ салбарыг хөгжүүлэх боломжийг бүрдүүлнэ.
4. Эрчим хүчний хэмнэлт - Дахин боловсруулсан материал ашиглах нь шинэ түүхий эд олборлохоос бага эрчим хүч шаарддаг тул дэлхийн нийт эрчим хүчний хэрэглээг бууруулахад хувь нэмэр оруулна.
5. Нүүрстөрөгчийн ялгарлыг бууруулах - Дахин боловсруулалтын үйл ажиллагаа нь нүүрстөрөгчийн ялгарлыг бууруулан, НҮБ-ын тогтвортой хөгжлийн зорилтод нийцэн ажиллах систем болж байна.

Энэхүү судалгааны үндсэн дээр Монгол Улсад нарны цахилгаан үүсгүүрийн дахин боловсруулалтыг хөгжүүлэхэд механик болон термохимийн аргыг хослуулан, бодлогын түвшинд зохицуулалт хийх

шаардлагатай гэж дүгнэж байна. Ингэснээр байгаль орчинд ээлтэй, эдийн засгийн хувьд ашигтай, технологийн хувьд хэрэгжих боломжтой шийдэлд хүрэх боломжтой юм.

АШИГЛАСАН МАТЕРИАЛ, НОМ ЗҮЙ

- [1] Fthenakis, V. (2000). End-of-life management and recycling of PV modules. *Energy Policy*, 28(14), 1051-1058.
- [2] Sander, K., & Wambach, K. (2004). Recycling of photovoltaic panels. *Renewable Energy*, 22(1-3), 333-338.
- [3] Kang, S., Yoo, S., Lee, J., & Boo, B. (2012). Experimental study on recycling of crystalline silicon solar module. *Solar Energy Materials & Solar Cells*, 98, 307-312.
- [4] Choi, J., & Fthenakis, V. (2014). Design and optimization of solar panel recycling system. *Resources, Conservation and Recycling*, 89, 130-136.
- [5] McDonald, N. C., & Pearce, J. M. (2010). Producer responsibility and recycling solar photovoltaic modules. *Energy Policy*, 38(11), 7041-7047.
- [6] Tao, J., & Yu, S. (2015). Review on feasible recycling pathways and technologies of solar photovoltaic modules. *Solar Energy Materials and Solar Cells*, 141, 108-124.
- [7] Deng, R., Chang, N. L., Ouyang, Z., & Chong, C. M. (2019). A techno-economic review of silicon photovoltaic module recycling. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 109, 532-550.
- [8] Yang, J., Song, D., & Kim, Y. (2018). Comparative study on different methods for recovering silicon from waste solar panels. *Journal of Cleaner Production*, 180, 275-284.
- [9] Park, J., & Lee, Y. (2020). Economic viability analysis of photovoltaic module recycling. *Renewable Energy*, 151, 832-839.
- [10] IEA-PVPS. (2021). Trends in Photovoltaic Applications 2021. International Energy Agency.
- [11] European Commission. (2018). Waste Electrical & Electronic Equipment (WEEE) Directive and PV Panels.
- [12] Fraunhofer ISE. (2020). Life cycle assessment of crystalline silicon photovoltaic modules.
- [13] IRENA. (2016). End-of-life management of solar photovoltaic panels.
- [14] Green, M. A. (2019). Silicon photovoltaic modules: Advances and future prospects. *Nature Energy*, 4(10), 741-748.
- [15] Wang, R., & Lin, B. (2017). The circular economy of photovoltaic panel waste. *Journal of Environmental Management*, 203, 1005-1016.
- [16] Müller, A., Wambach, K., & Alsema, E. (2006). Life cycle analysis of solar panel recycling. *Energy Procedia*, 15, 167-173.
- [17] Yamashita, H., & Yamada, S. (2012). Innovative approach for PV module recycling. *Materials Science and Engineering: B*, 177(2), 279-285.
- [18] Diaz, G., & Martinez, M. (2019). Photovoltaic panel end-of-life: A lifecycle perspective. *Waste Management*, 85, 516-526.
- [19] Masoum, M. A. S., & Dehnavi, S. (2015). Economic and environmental benefits of PV recycling. *IEEE Transactions on Sustainable Energy*, 6(3), 950-959.
- [20] Rahman, S., & Murata, A. (2020). Enhancing circular economy for photovoltaic modules. *Journal of Cleaner Production*, 257, 120653.

УУЛ УУРХАЙН ХАЯГДАЛ ШАВРЫГ АШИГЛАН, КЕРАМИК МЕМБРАН ГАРГАН АВАХ СУДАЛГАА

Амартүвшингийн ОЮУНЦООЖ¹, Рэнцэндаваагийн ДОЛГОРЖАВ²

¹Монгол Улс, Улаанбаатар, ШУТИС, Хэрэглээний шинжлэх ухааны сургууль, Химийн инженерчлэлийн салбар

aoyuntsj@gmail.com¹

Хураангуй: Дэлхий нийт хурдацтай хөгжихийн хэрээр хүн амын өсөлт, үйлдвэрлэлийн үйл ажиллагаа эрчимжиж, байгалийн нөөц, ялангуяа цэнгэг усны хэрэглээ огцом нэмэгдсээр байна. Иймд бохир усыг дахин боловсруулах, орчин үеийн дэвшилтэт шүүлтүүрийн технологи ашиглах зайлшгүй шаардлагатай юм. Энэхүү асуудлыг шийдвэрлэхийн тулд шүүлтүүрийн өндөр үр ашигтай, эдийн засгийн хувьд өртөг бага, байгаль орчинд ээлтэй, насжилт удаан гэх зэрэг олон давуу тал бүхий керамик мембраныг гарган авах технологийг боловсрууллаа. Уул уурхайн олборлолт нэмэгдсэнээр газар бэлтгэлийн ажлаас их хэмжээний хөрс хуулалтын шавар гардаг бөгөөд түүнийг одоогоор хаягдал хэмээн үзэж байна.

Судалгааны түүхий эдээр Таван толгойн нүүрсний ордны хөрс хуулалтын шаврыг Мандал-Овоогийн каолинит шавартай харьцуулан судлахад хөрс хуулалтын шавар нь 69.02%-ийн каолинит, 21.18%-ийн кварц агуулж байв. Энэхүү шаврын химийн найрлага болон механик шинж чанарыг судлахад 75.95% SiO₂, 15.72% Al₂O₃-ийн эрдсээс тогтсон байлаа. Уян налархай аргаар бэлтгэн, 800°C, 900°C, 1000°C-ийн температурт шатааж, гарган авсан хөрс хуулалтын шаврын бат бэх нь 15.2-25.24 МПа үр дүнтэй гарав. Ус цэвэрлэгээний процесст эх орны түүхий эдийг ашиглан, керамик мембраныг гарган авч байгаа нь судалгааны ач холбогдол болж байна.

Түлхүүр үг: цеолит, каолинит, шахалтын бат бэх, мембран

I. УДИРТГАЛ

Жилээс жилд хүний буруутай үйл ажиллагаа болон байгалийн гамшигт үзэгдлүүд, мөн үйлдвэрлэлийн хурдацтай хөгжил тэдгээрийн тасралтгүй үйл ажиллагааны улмаас экологийн тэнцвэрт байдал алдагдаж байна. Үүний нэгэн тод жишээ нь хаягдал ус юм. Дэлхийн усны нөөцийн ердөө 3%-ийг цэнгэг ус эзэлдэг. Түүний 2%-оос дээшгүй хувийг үйлдвэр, аж ахуй нэгжийн хэрэгцээнд хэрэглэдэг гэсэн судалгаа байдаг [1]. Мөн НҮБ-ын Байгаль орчны хөтөлбөрийн мэдээлснээр дэлхий дээрх нийт хаягдал усны 80% нь дахин боловсруулагдахгүйгээр байгальд хаягдаж байна [2]. Иймд усыг дахин ашиглах нь зайлшгүй шаардлагатай юм. Хаягдал ус цэвэрлэгээний хэд хэдэн арга түгээмэл ашиглагдаж байна. Орчинд үед хамгийн түгээмэл ашиглагддаг мембранаар полимер мембран болон керамик мембран байна. Полимер мембран нь товчхондоо төрөл бүрийн полимер нэгдлээс гарган авдаг мембран юм [3]. Полимер мембраны хувьд түүхий эдийг 100% импортоор оруулж ирэх шаардлага тулгардаг тул эх орныхоо түүхий эдийг ашиглаж, керамик мембран гарган авах нь чухал болоод байна.

Дэлхийн томоохон хөгжилтэй улс орнууд болох Япон, Герман, Америкийн Нэгдсэн Улс, Сингапурт керамик мембраныг өргөн ашиглаж байна. Жишээлбэл, Сингапур Улс NEWater төслийн хүрээнд керамик мембран ашиглан, бохир усыг 100% цэвэршүүлж, дахин ашигладаг бөгөөд энэ нь тус улсын нийт усны хэрэглээний 40%-ийг бүрдүүлдэг. Энэ нь усны хомсдолтой Сингапур Улсын эдийн засагт ихээхэн хувь нэмэр оруулж, жил бүр олон сая доллар хэмнэх боломжийг бүрдүүлдэг [4].

Хөрс хуулалтын шавар гэдэг нь уул уурхай, барилгын талбай бэлтгэх зэрэг үйл ажиллагааны явцад газрын гадаргын дээд үеийг хуулах үед гардаг шаварлаг хөрсийг хэлнэ. Энэхүү шавар нь голчлон шаврын эрдсүүд болох каолинит, монтмориллонит, иллит зэрэг эрдсийг их хэмжээгээр агуулдаг. Түүнийг керамик мембраны технологид ашиглах нь өндөр үр ашигтай хэмээн судлаачид үзэж байна [5].

Энэхүү судалгааныхаа хүрээнд уул уурхайн хаягдал хөрс хуулалтын шаврыг Мандал-Овоогийн галд тэсвэртэй шаврын шинж чанартай харьцуулан үзэж, MNS 2505:77 "Керамикийн үйлдвэрлэлд ашиглах шавар" стандартад тохирч буйг судлан, цаашид ашиглаж болохыг тодорхойлов. Мөн хаягдал хөрс хуулалтын шаврыг ашиглан, керамик мембран гарган авах бөгөөд түүний оновчтой найрлагыг тодорхойлоход судалгааны гол зорилго оршиж байна.

II. СУДАЛГААНЫ АЖЛЫН ОБЪЕКТ, АРГА ЗҮЙ

1. Судалгааны объект

Түүхий эдээр Таван толгойн нүүрсний ордын хөрс хуулалтын шавар болон Мандал-Овоо (Дундговь) каолинитын шаврыг авч ашигласан. Мандал-Овоогийн шаврыг баяжуулж, баяжуулсан шаврыг хэвлэлтэд тохиромжтой ширхэглэлтэй болтол нунтаглахын тулд доргиурт тээрэмд (Fristsch-Germany) 3-4 минут нунтаглан, 0.125 мм шигшүүрээр бүрэн нэвтрүүлж судалгаанд хэрэглэлээ. Мөн Өргөн сумын байгалийн цеолит болон АМ-4 маркийн холбогч болох метилцеллюлоз ашиглав.

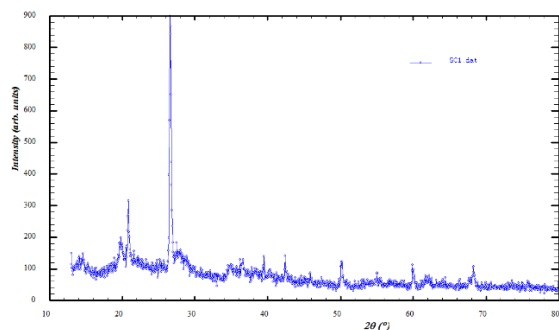
2. Судалгааны арга зүй

Шаварлаг түүхий эд шинжилгээний арга болон MNS 5175:2002 стандартад заасан турших аргуудын дагуу физик механик туршилтыг гүйцэтгэлээ.

Хөрс хуулалтын шавар болон Мандал-Овоогийн шаврын химийн найрлагын судалгааг рентгенфлуоресценцийн спектрометр (XRF), эрдсийн найрлагыг рентгендифрактометр (XRD), гадаргуугийн бүтцийг (SEM) багаж, тоног төхөөрөмжийг ашиглан тодорхойлов. Хагас хуурай аргаар 10 мм диаметртай, 3 мм-ийн зузаантай диск гаргаж авсан. Үүнд 3% чийглэг болон холбогч материал, шингээгч материалыг тодорхой найрлагаар өгч бэлтгэв. Мөн хатааж шатаасны дараа физик механик шинж чанарын туршилтыг гүйцэтгэлээ.

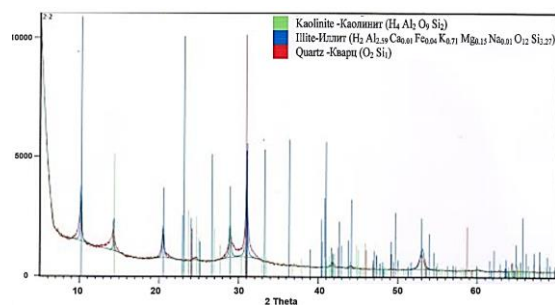
III. СУДАЛГААНЫ ҮР ДҮН

A. Түүхий эдийн багажит анализын үр дүн



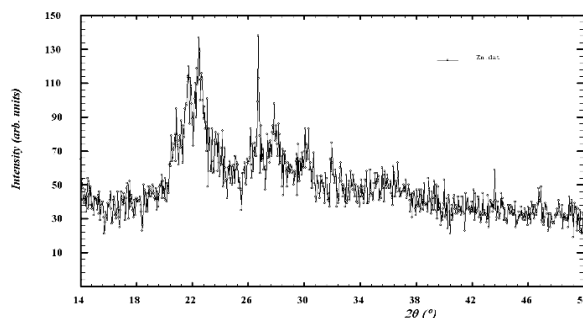
1-р зураг. Мандал-Овоогийн шаврын эрдсийн найрлага XRD шинжилгээ

Мандал-Овоогийн баяжуулсан шаврын эрдсийн найрлагыг тодорхойлоход каолинит 58.05% , кварц 32.43%, альбит 5.15%, анортит 4.36% агуулагдаж байна.



2-р зураг. Хөрс хуулалтын шаврын эрдсийн найрлага XRD шинжилгээ

Хөрс хуулалтын шаврын эрдсийн найрлагад каолинит 69.02%, кварц 21.18%, иллит 9.8% тус тус агуулагдаж байна. Уг үр дүнгээс харахад, эдгээр шаврууд нь MNS 2505-1977 стандартад заасан шаврын ангиллын каолинитын эрдсийн бүлэгт багтаж байгааг тогтоов.



3-р зураг. Цеолитын эрдсийн найрлага XRD шинжилгээ

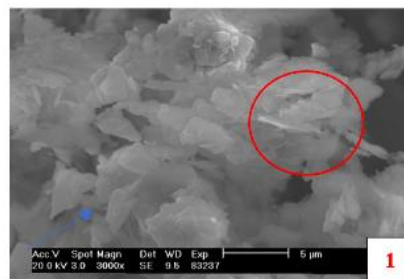
Шингээгч материалаар ашиглаж буй өргөний цеолитын эрдсийн найрлагыг ажиглахад клиноптилолит 35.58%, анортит 39.75, кварц 24.67% агуулагдаж байна.

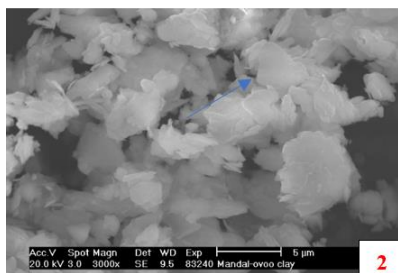
1-р ХҮЧЭГТ. Мандал-Овоогийн шаврын химийн найрлага XRF шинжилгээ

Мандал-Овоогийн шавар	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O+K ₂ O	MnO	P ₂ O ₅	SO ₃	ШХ
Оксийн хэмжээ, %	67.12	21.03	1.97	1.28	0.64	2.55	0.06	0.04	-	5.3

2-р ХҮЧЭГТ. Хөрс хуулалтын шаврын химийн найрлага XRF шинжилгээ

Хөрс хуулалтын шавар	Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	P ₂ O ₅	SO ₃	K ₂ O	CaO	TiO ₂	Fe ₂ O ₃
Оксийн хэмжээ, %	2.640	0.295	15.725	75.952	0.202	0.132	2.280	0.810	0.376	1.588





4-р зураг SEM шинжилгээ

1-Хөрс хуулалтын шавар, 2-Мандал-Овоогийн шавар

Мандал-Овоогийн шавар болон хөрс хуулалтын шаварт каолинитод $20\mu\text{m}$ бага ширхэгтэй каолинитын талстууд ажиглагдаж байв. XRD-ийн шинжилгээний үр дүнг эрдсийн шинжилгээний үр дүн бататгаж байна.

Б. Шаврын физик механик шинж чанарын үр дүн

3-Р ХҮСНЭГТ. Шаврын ширхэглэлийн бүрэлдэхүүн

Түүхий эд	Ширхэглэлийн бүрэлдэхүүн, %				
	>63 мкм	63-20 мкм	20-6.3 мкм	6.3-2 мкм	<2 мкм
Мандал-Овоогийн шавар	1.45	2.47	3.2	71.43	21.45
Хөрс хуулалтын шавар	-	-	-	80	20

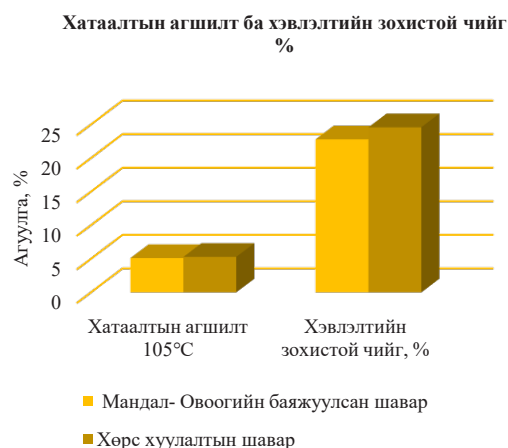
Туршилтаар Мандал-Овоогийн галд тэсвэртэй шаварт 3.2% элс, 21.45% тоос, 71.43% шавар агуулагдаж байв. Хөрс хуулалтын саарал шаварт 20-6.3 мкм хэсэг 0% байгаа нь элс, тоос байхгүй бөгөөд 63 микрометрээс бага хэсэг нь 100% байгаа учир MNS 2505-77 “Керамикийн үйлдвэрлэлд хэрэглэх шавар ангилал” стандартад заасны дагуу эдгээр 2 шавар нь нарийн ширхэгтэй шаврын ангилалд багтаж байна.

4-Р ХҮСНЭГТ. Уян налархайн чанарын ангилал

MNS 2505:77	Ангилал	Мандал-Овоогийн баяжуулсан шавар	Хөрс хуулалтын шавар
3-7	Аргуувтар	4.95	-
7-15	Уян зөөлөвтөр	-	8.07

MNS 2505:77 стандартын дагуу Мандал-Овоогийн баяжуулсан шавар нь аргуувтар ангиллын шавар бол, хөрс хуулалтын шавар уян зөөлөвтөр ангилалд хамаарч байна. Шаврын уян налархайн чанар нь эрдсийн найрлага ба ширхэглэлийн бүрэлдэхүүнээс ихээхэн хамаардаг [6].

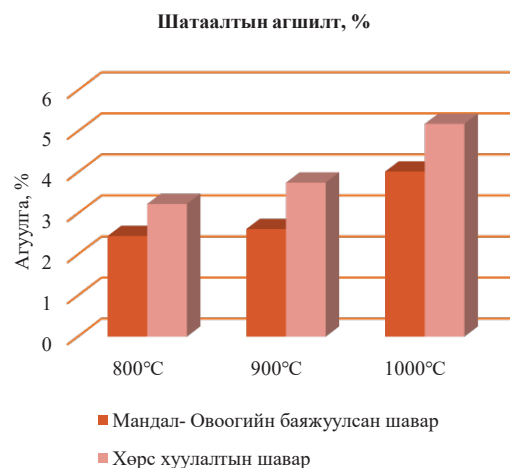
Мандал-Овоогийн баяжуулсан шавар болон хөрс хуулалтын шаврын хэвлэлтийн зохистой чийг болон хатаалтын агшилт тодорхойлсон үр дүнг дараах зурагт харуулав.



5-р зураг. Хатаалтын агшилт ба хэвлэлтийн зохистой чийгийн харьцуулалт

Баяжуулсан каолинит болон хөрс хуулалтын шаврыг уян налархай аргаар хэвлэн, хэвлэлтийн зохистой чийгийг тодорхойлж, хатаалтын агшилтыг 105°C температурт 2 цаг хатаан, жин тогтворжсоны дараа хэмжилтийг авлаа. Дээрх үр дүнгээс харахад, хөрс хуулалтын шаврын хатаалтын агшилт үр дүн 5.29% байгаа нь баяжуулсан каолинитаас 0.12 %-иар илүү байна. Хэвлэлтийн чийг болон хатаалтын агшилт шууд хамааралтай байдаг [7].

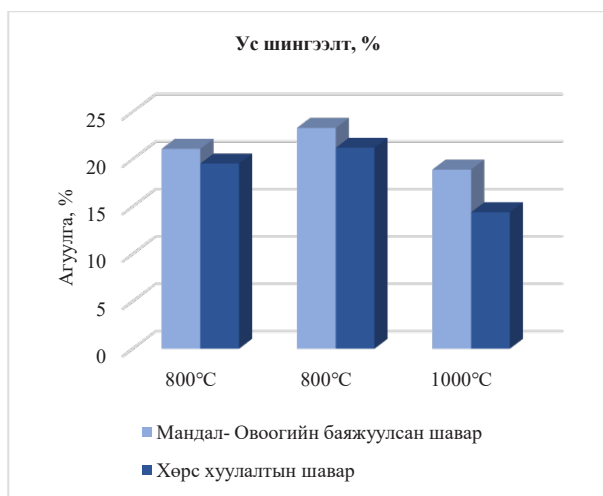
Уян налархай аргаар хэвлэсэн баяжуулсан каолинит болон хөрс хуулалтын шаврыг 800°C , 900°C , 1000°C -ын температурт 1 цаг бариулан шатааж, шатаалтын агшилтыг тодорхойлсон үр дүнг дараах зурагт харуулав.



6-р зураг. Шатаалтын агшилтын харьцуулалт

800°C температурт шатаалтын агшилтын үр дүн (2.45% ба 3.43%) байсан бол 900°C температурт 0.17%, 0.32 %-иар, харин 1000°C температурт 1.4% , 1.43%-иар өссөн үзүүлэлттэй гарсан байна. Эндээс температур нэмэгдэхийн хэрээр агшилт өссөн ерөнхий зүй тогтол харагдаж байна.

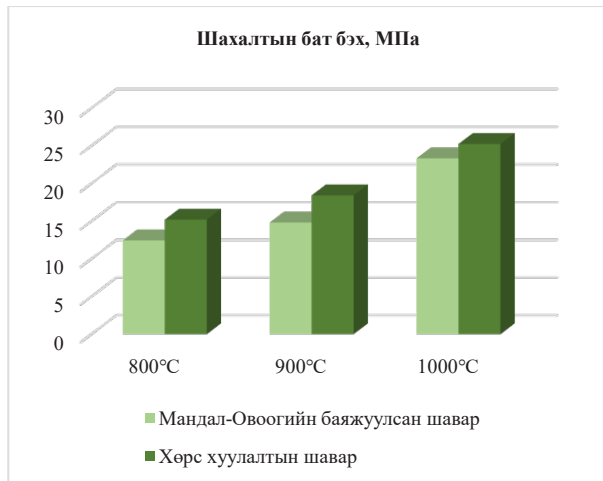
Шатааж гарган авсан керамик сорьцын ус шингээлтийн үр дүнг дараах зурагт харуулав.



7-р зураг. Ус шингээлтийн харьцуулалт

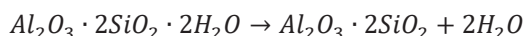
Керамик сорьцын 48 цагийн дараах ус шингээлтийг тодорхойлоход, температур ихсэхийн хэрээр буурсан ерөнхий зүй тогтолтой байна. Энэ нь өндөр температурт керамик сорьцын сүвэрхэг шинж чанар буурсантай холбоотой гэж үзэж байна [8].

Шатааж гарган авсан керамик сорьцын шахалтын бат бэхийг 3 тонны пресс ашиглан тодорхойлсон үр дүнг дараах зурагт харуулав.

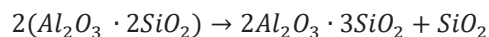


8-р зураг. Шахалтын бат бэхийн харьцуулалт

Үр дүнгээс харахад, температур ихсэхийн хэрээр бат бэх нь өссөн зүй тогтол ажиглагдаж байна. 1000 °C температурт шатаасан Мандал-Овоогийн баяжуулсан шавар 23.34 МПа, хөрс хуулалтын шаврынх 25.24 МПа буюу улам бат бэх болж байв. Шатаалтын температур өсөхөд эрдсүүд хайлмагжиж, задрал явагдсанаар илүү бат бөх болох нөхцөлийг бий болгодог. Ихэнх керамик сорьцууд 1000°C температураас эхлэн төлөвшилтөд орж байна [9].



400-750°C температурын үед каолин дегидратацийн урвалд орж метакаолин үүсгэдэг.



900-1050°C температурын үед метакаолин эрдэс шилжиж, псевда муллит үүсгэнэ [10].

Шаврын багажит анализын үр дүн болон физик механик туршилтын үр дүнг харгалзан үзэхэд, Тавантолгойн хөрс хуулалтын шавар нь Мандал-Овоогийн баяжуулсан шаврын шинж чанартай ижил байсан тул орлуулан ашиглаж болно хэмээн үзэв.

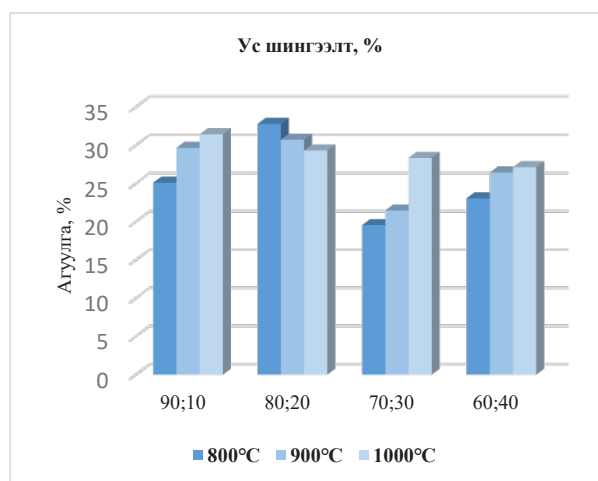
В. Керамик мембран гарган авах найрлага

Хагас хуурай аргаар бэлтгэн, 3%-чийглэг өгч холбогчийг хуурай массын 3%-иар авч, дараах найрлагуудаар дискэн мембраныг бэлтгэлээ.

5-р ХҮСНЭГТ. Найрлага

Найрлага		
Хөрс хуулалтын шавар, %	Цеолит, %	Холбогч, %
10	90	3
20	80	3
30	70	3
40	60	3

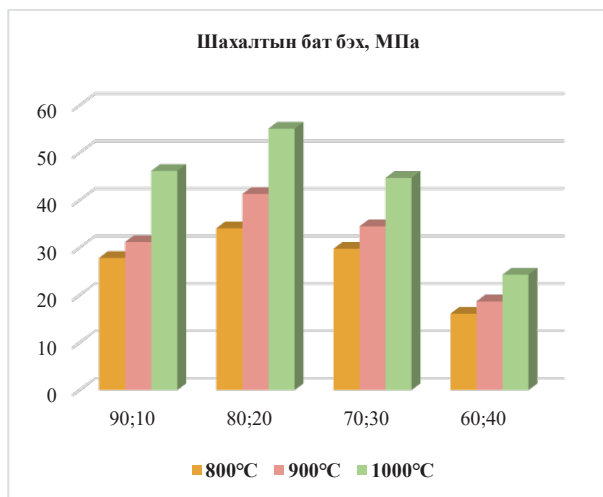
Дээрх найрлагуудаар бэлтгэсэн дискэн мембраныг хатааж, 800°C, 900°C, 1000 °C-т шатааж гаргаж авсны дараах ус шингээлтийг доорх зурагт үзүүлэв.



9-р зураг. Дискэн мембраны ус шингээлт

Ус шингээлтийн үр дүнгээс харахад, 800°C температур дахь 80:20 найрлагын ус шингээлт хамгийн өндөр буюу 32.80% байв.

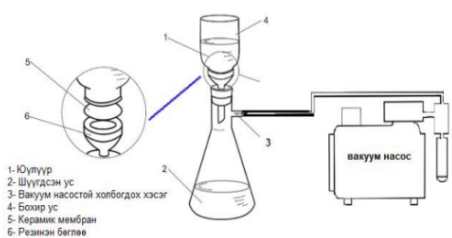
Дискэн мембраныг хатааж, 800°C, 900°C, 1000 °C шатааж гаргаж авсны дараах шахалтын бат бэхийг доорх зурагт үзүүлээ.



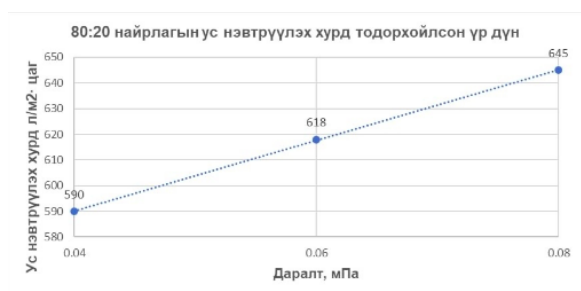
10-р зураг. Дискэн мембраны шахалтын бат бэх

Шахалтын бат бэхийн үр дүнгээс харахад, 800°C температур дахь 80:20 найрлагын бат бэх 34.10 МПа байв. Энэхүү бат бэх нь дискэн керамик сорьцын хувьд өндөр бат бэхийн үзүүлэлт юм. Янз бүрийн найрлага дахь дискэн мембраны ус шингээлт болон шахалтын бат бэхийн найрлагаас харахад, 80:20 найрлагыг оновчтой байна гэж үзлээ.

Керамик мембраны ус нэвтрүүлэлтийн хурдыг лабораторын нөхцөлд дараах багажаар тодорхойлов.



11-р зураг. Лабораторын нөхцөлд ус нэвтрүүлэх хурдыг тодорхойлсон багаж



11-р зураг. Ус нэвтрүүлэх хурд тодорхойлсон үр дүн

Дискэн мембран дундуур усыг 0.04, 0.06, 0.08 МПа даралтаар нэвтрүүлэхэд, шугаман хамааралтай өсөж байв.

1. Эрдэс зүйн судалгаагаар Таван толгойн нүүрсний ордын хөрс хуулалтын шавар нь 69.02% каолинитын агуулгатай, уян налархай шинж чанар өндөртэй зэрэг үзүүлэлтэй гарсан нь MNS 2505:77 “Керамикийн үйлдвэрлэлд хэрэглэх шавар ангилал” стандартад заасны дагуу каолинитын төрлийн шавраар ашиглах боломжтой байна.

2. Уян налархай аргаар хэвлэсэн керамик сорьцыг 800°C, 900°C, 1000 °C температурт 1 цаг бариулан гаргаж авсан, хөрс хуулалтын шаврын керамик сорьцын бат бэх 15.2-25.24 МПа үзүүлэлтэй гарсан учраас бат бэх өндөртэй керамик эдлэл хийх, мөн нарийн керамик материалд ашиглаж болно гэж үзэв.

3. Ус шингээлт болон шахалтын бат бэхийн үр дүнгээс 800°C температурт шатааж гарган авсан цеолит 80%, хөрс хуулалтын шавар 20%, холбогч 3% найрлагатай дискэн керамик мембраны ус нэвтрүүлэлтийн хурдыг 0.08мПа даралтад тодорхойлоход 642л/м²·цаг байв. Иймд худалдаанд байгаа керамик мембраныг оруулан ашиглах боломжтой байна.

АШИГЛАСАН МАТЕРИАЛ, НОМ ЗҮЙ

- [1] World water development report: The United Nations' perspective on global water usage and management. United Nations, 2023, pp. 25-40.
- [2] UNEP, Wastewater Treatment Statistics. 2022, United Nations Environment Programme, 2022, pp. 1-20.
- [3] Metcalf & Eddy, Inc., G. Tchobanoglous, H. D. Stensel, R. Tsuchihashi, and F. L. Burton, Wastewater Engineering: Treatment and Resource Recovery, 5th ed., McGraw-Hill Education, 2013, pp. 450-467.
- [4] PUB, NEWater Project, Public Utilities Board, 2021, pp. 1-10.
- [5] Farafontova, E. “The Use of Overburden Clay in Ceramic Production. Solid State Phenomena”, 2021, pp 1044-1049
- [6] Намжилдорж, Б. “Монгол орны шаврын хими-эрдсийн найрлага түүний зарим физик-механик шинж чанарын дулаан боловсруулалтын үе дэх өөрчлөлтийн динамик судалгаа”. физикийн ухааны докторын зэрэг горилсон бүтээл. УБ, МУИС, 2000 он.
- [7] Gabibov, F. "The analysis of clay soil shrinkage", Azerbaijan Research Institute of Construction and Architecture, Available: [https://doi.org/10.1051/e3sconf/2023371034]. 2023
- [8] Souza, G. P., Sanchez, R., de Holanda, J. N. F. “Characteristics and physical-mechanical properties of fired kaolinitic materials”. Available [https://www.scielo.br/j/ce/a/HkrkSt5CcmG73dkVy6gGZZR/J]. 2002
- [9] Өлзийбүрэн, Б. Монгол орны шаварлаг опокор дулаантусгаарлагч керамик мембран гарган авах судалгаа. Техникийн ухааны дэд докторын зэрэг горилсон бүтээл. УБ, ТИС. 2000
- [10] Yanti, E. D., & Pratiwi, I. “Correlation between thermal behavior of clays and their chemical and mineralogical composition”, Available: [https://doi.org/10.1088/1755-1315/118/1/012078]. 2020

НИЙГЭМ, ХҮМҮҮНЛЭГИЙН УХААНЫ САЛБАР

ГЭР СУУЦЫН ШИНЭЧИЛСЭН ТӨЛӨВЛӨЛТИЙН ШИЙДЛЭЭР ДАМЖУУЛАН АМЬДРАХ ОРЧНЫГ САЙЖРУУЛАХ БОЛОМЖИЙН ТАЛААРХ СУДАЛГАА

Х.Арайлым¹, М.Бямбасүрэн¹, Х.Намуун¹, Б.Түвшин²

¹ Монгол Улс, Улаанбаатар, ШУТИС, Барилга архитектурын сургууль, Архитектурын салбар, оюутан

² Монгол Улс, Улаанбаатар, ШУТИС, Барилга архитектурын сургууль, Архитектурын салбар, багш
araylimaray480@gmail.com, byambaarai9503@gmail.com, knamuun180@gmail.com, b.tuvshin@must.edu.mn

Хураангуй: Улаанбаатар хотын хотжилт, хүн амын өсөлттэй уялдан уламжлалт гэр сууцын төлөвлөлт, ашиглалт нь шинэчлэл шаардсан асуудал болж байна. Учир нь гэр сууцын хэвшмэл төлөвлөлтөөс үүдэлтэй сөрөг асуудлууд болох хөрсний бохирдол, агаарын бохирдол, халдварт өвчин үүсэх нөхцөлийг бүрдүүлдэг бөгөөд энэ нь амьдрах орчныг бохирдуулснаар иргэдийн эрүүл мэнд, аюулгүй байдалд аюул учруулж байна. Өөрөөр хэлбэл, гэр суурьшлын бүс нийт хөрсний бохирдлын 93 хувь, хотын агаарын бохирдлын 17.8 хувь, шингэн хаягдал хөрсөнд шингэсэнээс үүдэн 60 гаруй төрлийн халдварт өвчин бий болох нөхцөлийг бүрдүүлдэг. Эдгээр мэдээллийг бид тоон судалгааны арга зүй ашиглан боловсруулсан ба энэхүү судалгааны ажил гэр сууцын төлөвлөлтийн сайжруулалт буюу шинэчлэлтээр дамжуулан тулгарч буй асуудлуудыг хэрхэн бууруулж, амьдрах орчинд хэрхэн эерэг нөлөө үзүүлж болохыг тодорхойлоход чиглэсэн. Шинэчлэлт хийхдээ дотор орон зайн төлөвлөлт, бүтээц болон материалын сонголт, эко шинэчилсэн шийдлүүдийн тусламжтай амьдрах орчинд хэрхэн эерэг нөлөө үзүүлж болох талаар судалсан.

Түлхүүр үг: шинэчлэл, төлөвлөлт, амьдрах орчин, эко.

I. УДИРТГАЛ

Эрт үеэс өвлөгдөн ирсэн уламжлалт сууц болох “гэр сууц”-д 2023 оны байдлаар Улаанбаатар хотод нийт 133.194 өрх амьдарч байна [4]. Энэ нь хэдийгээр өв уламжлалаа хадгалж буй үйл явц боловч нөгөөтээгүүр нүүдэлчин соёлоос суурин соёл иргэншилд шилжсэн бидний хувьд гэр сууц хотын орчинд тохиромжтой сууц мөн үү? гэдэгт бид анхаарах хэрэгтэй. Учир нь гэр сууц анхнаасаа суурин газар зориулагдан бий болсон зүйл биш ба гэр сууцын амьдрах орчинд үзүүлж буй сөрөг нөлөө багагүй. Хамгийн их үзүүлж буй сөрөг нөлөөллүүд нь агаар, хөрс бохирдуулах, халдварт өвчин үүсгэх нөхцөл бүрдүүлэх зэрэг болно. Эдгээр нь гэрийн хэвшмэл (боловсон ариун цэврийн өрөө байхгүй, шахмал түлш ашиглан дулааны системээ шийдсэн, дулаан алдагдал их) төлөвлөлтөөс үүдэлтэй ба шинэчилсэн төлөвлөлтөөр дээрх асуудлыг шийдэж, амьдрах орчинд үзүүлэх сөрөг нөлөөллийг багасгахын сацуу ижил талбайд илүү тухтай амьдрах орчныг бүрдүүлнэ.

II. ОНОЛЫН СУДАЛГАА

A. Нэр томъёоны тодорхойлолт

Гэр сууц: Нүүдэллэн аж төрөхөд хамгийн сайн зохицсон оромж ба нүүж суухад хурдан барьж, буулгадаг, хөнгөн, авсаархан, архитектурын онцгой шийдэлтэй, агаарын солилцоо сайтай, халуунд сэрүүхэн, хүйтэнд дулаахан сууц [9].

Архитектур төлөвлөлт: Барилга байгууламж, орон зайн физик хэлбэр, функциональ зохион байгуулалт төлөвлөх, үзэл баримтлал гаргах, гоо зүйн хувьд тааламжтай барилгууд бий болгох явдал юм [11].

Амьдрах орчин: Хүмүүс болон бусад амьд организмын амьдрал, хөгжил, амьдрах нөхцөлийг бүрдүүлдэг байгаль, нийгэм, эдийн засгийн хүчин

зүйлсийн нийлбэрийг хэлдэг. Энэ нь байгаль орчин (ус, агаар, хөрс, экосистем) болон нийгмийн орчин (соёл, эдийн засаг, технологи) зэрэг элементүүдийг багтаадаг [8].

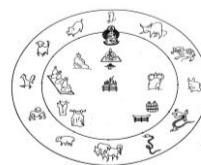
Шинэчлэх: шинэ болгон өөрчлөх үйлийн нэр [13].

B. Судалгааны аргачлал ба хамрах хүрээ

Бид сэдвийн хүрээнд нийтлэгдсэн хамгийн сүүлийн үеийн мэдээллүүд дээр үндэслэн судалгаа, шинжилгээ хийж, тоон судалгааны (статистик тоон үзүүлэлт дээр суурилж хийгддэг) арга зүй ашиглан энэхүү судалгааг боловсруулсан ба Улаанбаатар хотын гэр суурьшлын бүсийг хамрах хүрээ болгон сонгож авсан.

III. ГЭР СУУЦЫН ТӨЛӨВЛӨЛТИЙН ТАЛААРХ СУДАЛГАА

A. Гэр сууцын архитектур төлөвлөлтийн талаарх судалгаа



Зураг 1. XVI-XX зууны эхэн үе хүртэлх үед гэрийн зайг ашигласан онцлог

Монгол гэрийн доторх зайг ашиглах зан заншлын онцлог:

- төв хэсэг: гал голомт
- хоймор: бурхан шүтээн
- баруун хойд хаяа: эр хүний суух хэсэг
- баруун: зочин суух хэсэг

- өрнөд: эмээл, айргийн хөхүүр
- өмнөд: сав суулга
- дорно: эм хүний суух хэсэг [1].

Хүснэгт 1. Монгол гэрийн хэмжээс 14]

Гэрийн диаметр (м)	Гэрийн талбай (м2)	Хананы тоо
4.90	18.09	4
6.10	29.30	5
7.30	42.00	6
8.50	57.00	7
9.60	72.60	8
10.20	79.00	9
12.30	119.00	10
13.10	125.00	11
14.50	165.00	12

Монгол гэрийн хэмжээ нь тухайн гэрийн хананы тоо, голчийн хэмжээ, багтаамж зэргээс хамаардаг. Хэмжээнээсээ шалтгаалж гэрийн дотоод зохион байгуулалт, дулаан хадгалах чадвар, ашиглах зориулалт өөр өөр байдаг.

В. Гэр сууцын бүтээцийн талаарх судалгаа

1. Хана (ханан хаалга)
2. Багана
3. Тооно
4. Унь
5. Бүрээс (бүслүүр)
6. Шал, суурь [1]

Гэр сууцын бүтээцийн давуу талууд:

- хөнгөн, нүүдэллэхэд хялбар: 1-2 цагийн дотор барьж, буулгаж болно;
- эдийн засгийн хувьд хэмнэлттэй: бага зардлаар барьж, засварлах боломжтой;
- байгальд ээлтэй: байгалийн гаралтай материал ашиглах боломжтой [17].

С. Гэр сууцад ашиглагддаг материалын талаарх судалгаа

Монгол гэрийн уламжлалт материалууд нь байгаль орчинд ээлтэй, олон зуун жилийн туршид шалгарсан, нүүдэлчдийн амьдралын хэв маягт тохирсон онцлогтой [1].

Хүснэгт 2. Монгол гэр барихад ашиглагддаг материалууд [1]

Материал	Бүтэц	Давуу тал	Сул тал
----------	-------	-----------	---------

Модон материал	Хана, унь, тооно, багана, хаалга	Хөнгөн, уян хатан, дулаан тусгаарлалт сайн	Чийг, шавжид мэдрэмтгий, галд тэсвэргүй
Эсгий материал	Бүрээс, дулаалга	Дулаан хадгалах чадвар өндөр, амьсгалдаг материал	Хүнд жинтэй, чийг татдаг
Арьс, шир	Бэхэлгээ, оосор	Бат бөх, уян хатан, байгальд ээлтэй	Чийг, температурын өөрчлөлтөд мэдрэмтгий

Д. Гэр сууцын хамаарлаас үүдэлтэй амьдрах орчинд үзүүлж буй сөрөг нөлөө

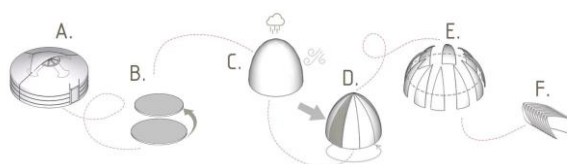
1. Гэр сууц дулаан алдагдал ихтэй ба иргэд дулаанаа нөхөхийн тулд шахмал түлш хэрэглэснээс орчны хорт хий болох хүхэрлэг хий, азотын давхар исэл, нүүрстөрөгчийн дутуу исэл, озон, нарийн ширхэгтэй тоос нэмэгдэх ба энэ нь бронхит, астма зэргээр өвдөх шалтгаан болдог [15]. Түлшний оронд эрчим хүч ашиглаж болох хэдий ч дулааны систем нь шийдэгдээгүй учраас цахилгаан системийн ачаалал хэтэрч гал түймрийн эрсдэлийг нэмэгдүүлдэг [16].
2. Гэр сууц нь архитектур төлөвлөлтийн хувьд ариун цэврийн өрөө төлөвлөгдөөгүй ба иргэд одоогоор нүхэн жорлон ашигладаг. Үүнээс үүдэн хөрс бохирдож, хөрсний бохирдлоос үүдэн гэдэсний халдварт өвчин, цусан суулга, халдварт шар зэрэг 60 гаруй төрлийн халдварт өвчин үүсэхэд нөлөөлдөг [7].
3. Агаарын бохирдол болон хөрсний бохирдлоос үүссэн өвчлөлөөс шалтгаалж хүүхэд багачууд сурч боловсрох, хөгжих боломжийг алддаг [15].

Е. Гэр сууцын хамаарлаас үүдэлтэй амьдрах орчинд үзүүлж буй эерэг нөлөө

1. Гэр сууц угсрахад ашигладаг материалууд нь байгаль орчинд хорт бодис ялгаруулдаггүй, эко материал байдаг.
2. Өв соёлын нэг хэсэг

IV. ГЭР СУУЦЫН ШИНЭЧИЛСЭН АРХИТЕКТУР ТӨЛӨВЛӨЛТИЙН ШИЙДЛЭЭР ДАМЖУУЛАН АМЬДРАХ ОРЧНЫГ САЙЖРУУЛАХ БОЛОМЖИЙН ТАЛААРХ СУДАЛГАА

А. Шинэчилсэн төлөвлөлтийн талаарх концепц



Зураг 2. Концепц

- А – Монгол гэр
 В – Талбайг нэмэгдүүлэх
 С – Дулаан алдагдал хамгийн бага хэлбэр
 D – Тохиромжтой хэмжээ
 E – Модулиар хуваах
 F – Зөөвөрлөх боломж

А. Шинэчилсэн төлөвлөлтийн бүтээцийн элементийн судалгаа

Хүснэгт 3. Шинэчилсэн төлөвлөлтийн бүтээцийн элементийн судалгаа [18]

Материал	Давуу тал	Сул тал
Төмөр	Бат бөх, эдэлгээ сайтай	Дулааны гүүр болдог, модон материалтай харьцуулахад хүнд ба үнэтэй.
Мод	Байгаль орчинд хор нөлөөгүй, хөнгөн, бат бөх	Төмөр болон төмөрбетон материалуудтай харьцуулахад эдэлгээ бага, эдэлгээг нэмэгдүүлэхийн тулд тусгай түрхлэг ашиглагддаг.
Төмөр бетон	Бат бөх, эдэлгээ сайтай	Модон материалтай харьцуулахад хүнд ба үнэтэй.

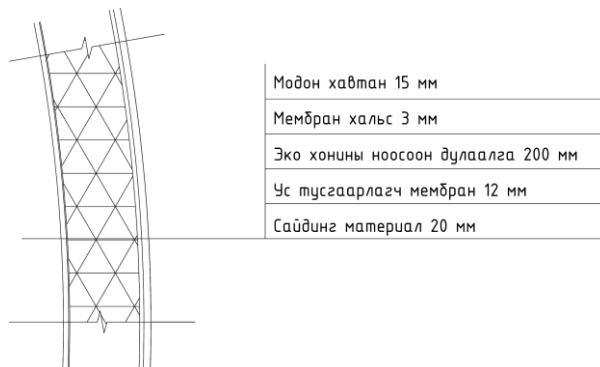
В. Шинэчилсэн төлөвлөлтийн материалын судалгаа

Хүснэгт 4. Шинэчилсэн төлөвлөлтийн материалын судалгаа [2]
[17]

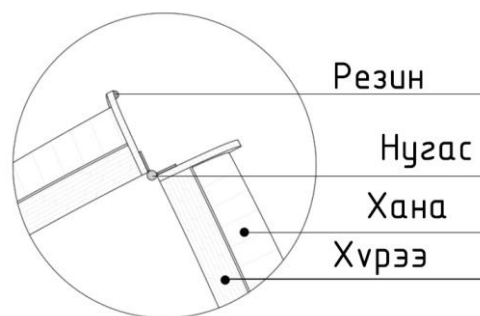
Материал	Бүтэц	Давуу тал	Сул тал
Тусгай түрхлэгтэй, ГОСТ 9463 стандартыг хангасан мод	Хана, цонхны рам	Эко, хүний эрүүл мэндэд хор нөлөөгүй, бат бөх	
Хонины ноосон дулаалга	Дулаалга	Дулаан хадгалах чадвар өндөр, амьсгалдаг материал, галд тэсвэртэй	
Шилэн материал	Цонх	Орчны харагдцыг нэмэгдүүлдэг	Сонгосон материалууд дундаас хамгийн их

			дулаан алддаг материал
--	--	--	------------------------

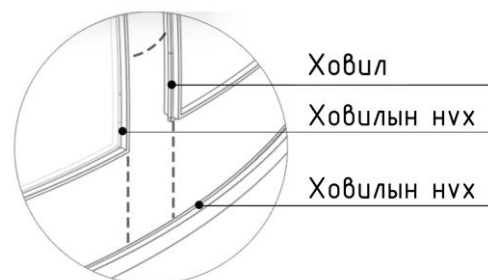
С. Шинэчилсэн сууцын төлөвлөлт



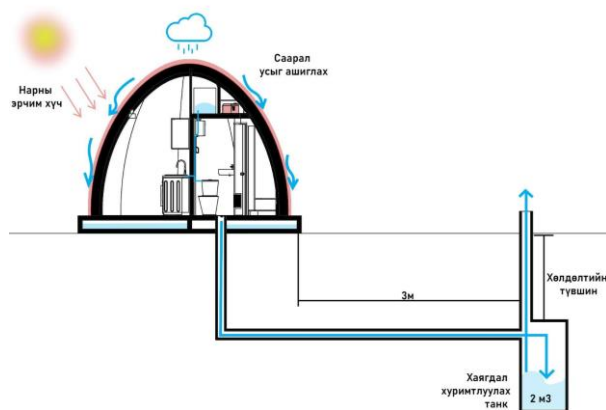
Зураг 3. Хананы хэсэглэл



Зураг 4. Нугас

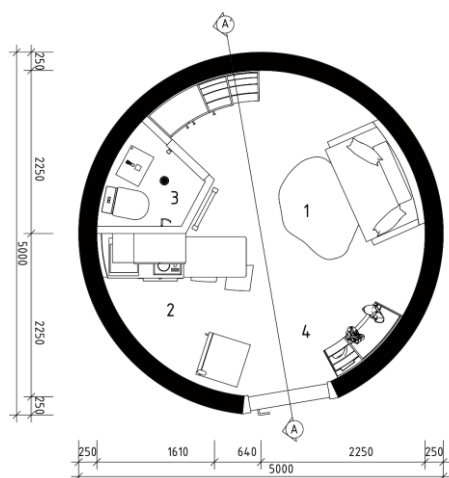


Зураг 5. Ховилын хэсэглэл



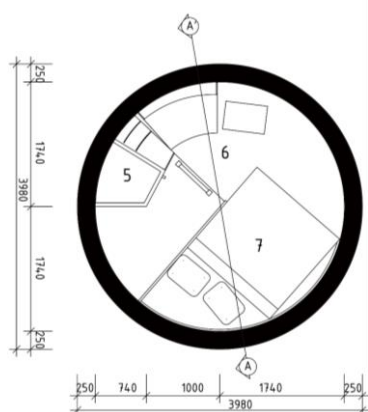
Зураг 6. Схем зураг

Эрчим хүчний схем
Цэвэр бохир усны схем



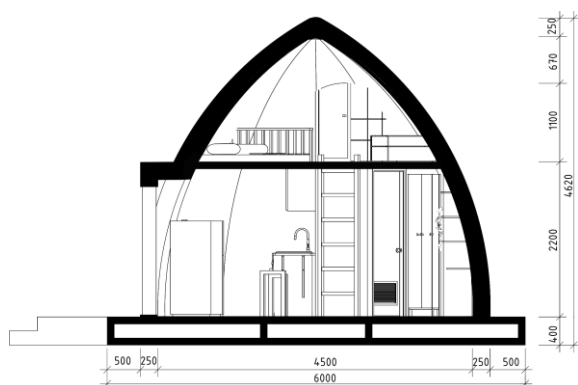
Зураг 7. 1-р давхрын байгуулалтын зураг

1 – Зочны өрөө/унтах хэсэг
2 – Гал тогоо/хооллох хэсэг
3 – Угаалгын өрөө
4 – Үүдний хэсэг
1-р давхрын талбай – 15.9 м2

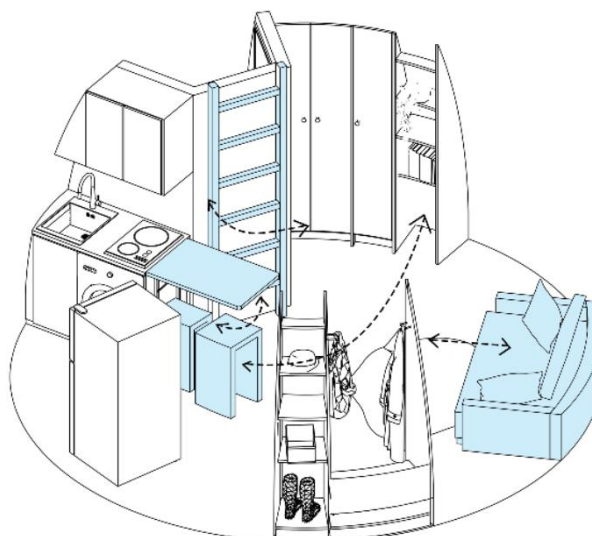


Зураг 8. 2-р давхрын байгуулалтын зураг

5 – Агуулах
6 – Ажиллах хэсэг
8 – Унтах хэсэг
2-р давхрын талбай – 7.79 м2
Нийт талбай – 23.69 м2



Зураг 9. А-А' огтлол



Зураг 10. Динамик тавилга



Зураг 11. Интерьер



Зураг 12. Интерьер



Зураг 13. Интерьер



Зураг 14. Харагдац

D. Шинэчилсэн төлөвлөлтийн амьдрах орчинд үзүүлж буй эерэг нөлөө

Улаанбаатар хотын гэр суурьшлын бүсэд шинэчлэгдсэн төлөвлөлт хэрэгжүүлэхдээ (мод, шахмал хавтан, эко материал гэх мэт) байгальд ээлтэй барилгын материал ашигласан. Энэ нь хүлэмжийн хийн ялгарлыг бууруулж, агаарын бохирдлыг багасгахад эерэг нөлөө үзүүлнэ [19]. Мөн хөнгөн, дулаан тусгаарлагч материал ашигласнаар барилгын нийт жинг багасгаж, газар хөдлөлтийн эрсдэлийг бууруулах давуу талтай [20]. Түүнчлэн орчин үеийн барилгын материал (ариун цэврийн стандарт хангасан бохирын систем, дулаалгатай хана) нэвтрүүлснээр усны бохирдлыг багасгаж, эрүүл ахуйн нөхцөлийг сайжруулах боломжтой [21]. Мөн байгалийн эрчим хүчний эх үүсвэр нарыг ашиглах нь төвлөрсөн халаалтын ачааллыг бууруулж, тогтвортой, үр ашигтай дулаан

хангамжийг бий болгоход чухал үүрэг гүйцэтгэнэ [22]. Цахилгаан ашиглан халаах нь зуухтай харьцуулбал утаа, тортог, үнс, нүүрстөрөгчийн дутуу исэл зэрэг хүний биед хортой бодисыг ялгаруулдаггүй тул хүний биед ашигтай.

V. Дүгнэлт

Судалгааны үр дүнд уян хатан архитектур төлөвлөлт, экологид ээлтэй материалын хэрэглээ, орчин үеийн инженерийн дэвшилтэт шийдлүүдийг гэр сууцад нэвтрүүлэн, агаарын бохирдлыг бууруулах, эрчим хүчний хэмнэлттэй, тав тухтай амьдрах орчин бүрдүүлэх боломжийг бүрдүүлсэн. Үүнээс гадна уламжлалт болон орчин үеийн шийдлийг хослуулснаараа онцлог.

Судалгааны үр дүн нь Монголын нөхцөлд тохирсон шинэчилсэн гэр сууцын загвар боловсруулах, тогтвортой хөгжлийн зорилтыг хангах, байгальд ээлтэй, эрчим хүчний үр ашигтай шийдлийг бий болгох чиглэлд хувь нэмэр оруулсан.

АШИГЛАСАН МАТЕРИАЛ, НОМ ЗҮЙ

- [1] Д.Майдар, Л.Дарьсүрэн. “Гэр” 1976 он
- [2] Модон барилгын зураг, төсөл төлөвлөлт, ерөнхий дүрэм
- [3] www.1212.mn
- [4] www.mnb.mn
- [5] www.ikon.mn
- [6] www.legal.info
- [7] www.news.mn
- [8] www.who.int
- [9] Гэр — Википедиа нэвтэрхий толь
- [10] Heat Transfer - an overview | ScienceDirect Topics
- [11] Understanding Architectural Design | ArchitectureCourses.org
- [12] Монгол хэлний их тайлбар толь
- [13] <https://naadbrand.com/>
- [14] Хүрээлэн буй орчин, агаарын бохирдол | UNICEF Монгол
- [15] Улаанбаатар хотын шугам сүлжээний төлөвлөлтийн зураг 2018 он
- [16] www.barilga.mn
- [17] https://www.caak.mn/post/view/267890?utm_source=chatgpt.com
- [18] Эрдэнэбат Цэрэнжав. “Материал судлалын үндэс”
- [19] UNEP, 2020.
- [20] World Bank, 2022.
- [21] EPA, 2019.
- [22] International Renewable Energy Agency, 2022

Аюултай ачаа тээврийн маршрутыг граф бүтэц

ашиглан оновчлох нь

Хишигбаярын Ариунзаяа¹, Батжаргалын Долгорсүрэн²

^{1,2}ШУТИС, Мэдээлэл холбооны технологийн сургууль, Мэдээллийн технологийн салбар

b.dolgorsuren@must.edu.mn

Хураангуй: Аюултай ачаа тээвэрлэх нь олон нийтийн аюулгүй байдал, хүрээлэн буй орчинд эрсдэл учруулж болзошгүй учир тээврийн маршрутыг оновчлох шаардлагатай. Энэхүү судалгааны зорилго нь замын хөдөлгөөний өгөгдөл, хориглосон бүс болон хяналтын постуудын мэдээлэл, холбогдох хууль, дүрэм журам, стандартууд мөн богино зам тооцоолох алгоритмууд ашиглан хамгийн аюулгүй бөгөөд үр ашигтай маршрутыг тодорхойлох явдал юм. Судалгаанд OSM замын өгөгдөл, NetworkX санг ашиглаж, маршрутыг олон шалгуурт болон олон зорилтот оновчлолын аргачлалыг шинээр танилцууллаа. Судалгааны үр дүнд маршрутын аюулгүй байдлыг сайжруулж, нийт тээвэрлэлтийн үр ашгийг өсгөх, тээвэрлэлтийн цагийг бууруулах боломжтойг харууллаа.

Түлхүүр үг: аюултай ачаа тээвэр, тээврийн маршрут, богино замын бодлого, оновчлолын алгоритм.

I. Удиртгал

Техник, технологийн хөгжилтэй холбоотой логистик, тээвэрлэлт, нийлүүлэлтийн сүлжээнд олон шинэчлэл хийгдэж, илүү үр ашигтай шийдлүүдийг эрэлхийлэх шаардлага нэмэгдсээр байна. Ялангуяа, аюултай ачаа тээвэрлэлт нь онцгой анхаарал шаарддаг бөгөөд зам тээврийн осол, байгаль орчинд үзүүлэх нөлөө, хүн амын аюулгүй байдал зэрэг олон эрсдэл дагуулдаг. Иймээс аюултай ачаа тээвэрлэх маршрутыг оновчлох нь тээврийн салбарын амжилттай хөгжлийн түлхүүр болно. Монгол Улсын хувьд, Улаанбаатар хотын замын нөхцөл байдал нь өндөр ачаалалтай, хөдөлгөөний эрчим болоод түгжрэл ихтэй, улирал, цаг агаарын байдалд хүчтэй нөлөөлдөг онцлогтой. Аюултай ачаа тээвэрлэх нь замын түгжрэл, хүн ам төвлөрсөн бүсүүд, сургуулийн орчин, эмнэлэг зэрэг цэгийг дайран өнгөрөх нь эрсдэлийг улам нэмэгдүүлдэг. Стандарт бус маршрут төлөвлөлт нь замын ачааллыг нэмэгдүүлэх, зам тээврийн осол, байгаль орчинд үзүүлэх сөрөг нөлөөг ихэсгэх шалтгаан болдог. Тиймээс аюултай ачаа тээвэрлэлтийн оновчтой маршрутыг тодорхойлох нь Монгол Улсад тулгамдаж буй асуудлуудын нэг. Энэхүү судалгааны гол зорилго нь хортой, шатамхай ачаа тээвэрлэх маршрутыг оновчлох замаар осол, эрсдэлийг багасгах, замын хөдөлгөөний урсгалыг сайжруулах явдал юм. Зорилгодоо хүрэхийн тулд бид OpenStreetMap (OSM) замын өгөгдөл, замын хөдөлгөөний мэдээлэл, хориглосон буюу эрсдэлтэй бүсийн байршил дээр үндэслэн маршрут төлөвлөх богино зам тооцоолох аргачлалыг ашигласан. Судалгаанд NetworkX, OSMnx сан ашиглаж, маршрутыг оновчлохдоо Dijkstra болон A* алгоритмын хослолыг ашиглаж системийг хөгжүүлсэн. Энэхүү

алгоритм нь бодит өгөгдөлд тулгуурлан оновчтой маршрут гаргах бөгөөд бодит цагийн хөдөлгөөний өгөгдлийг ашигласнаар цаашид алгоритмыг сайжруулах боломжтой. Судалгааны үр дүнд аюултай ачаа тээвэрлэх эхлэлийн цэгээс, хүргэх эцсийн цэг хүртэлх хамгийн оновчтой маршрутыг тодорхойлох аргачлал боловсруулсан бөгөөд энэ нь Монгол Улсын аюултай ачаа тээвэрлэлтийн замын нөхцөл байдалд тохирсон анхны суурь судалгааны ажил болно хэмээн харж байна.

II. Онолын хэсэг

2.1. Аюултай ачаа тээврийн ангилал, маршрут

“Аюултай ачаа” – тээвэрлэлтийн үед хүний амь нас, эрүүл мэнд, байгаль орчинд хор хөнөөл тарих, эд хөрөнгийн хохирол учруулж болзошгүй элдэв бодис, түүгээр хийсэн эд зүйл, үйлдвэрийн хаягдал, аж ахуйн зориулалт бүхий бусад зүйл болон тэдгээрийн ариутгаагүй сав, баглаа, боодол гэж Монгол Улсын замын хөдөлгөөний дүрэмд заасан байдаг. Аюултай ачаа тээврийн 9 ангилал байдгаас Монгол Улсад авто замаар 2, 3, 4, 6-р ангиллын аюултай ачааг түлхүү тээвэрлэдэг. Аюултай ачаа тээвэрлэх аж ахуйн нэгж байгууллага нь аюултай ачаа тээвэрлэх талаарх мэдээллийг цагдаагийн байгууллагад урьдчилан гарган өгч, тээвэрлэлтийн хөдөлгөөний замнал, цагийн хуваарийг тохиролцож зөвшөөрөл авах бөгөөд аймаг, нийслэлийн автотээврийн талаарх бодлого шийдвэрийн хэрэгжилтийг зохион байгуулах байгууллагаас баталгаажуулсан

замын хуудас авч, тээвэрлэлт гүйцэтгэнэ хэмээн автотээврийн хэрэгслээр хүний амь нас, эрүүл мэнд, хүрээлэн буй орчинд аюул, хохирол учруулж болзошгүй ачаа тээвэрлэх журамд заасан байдаг.



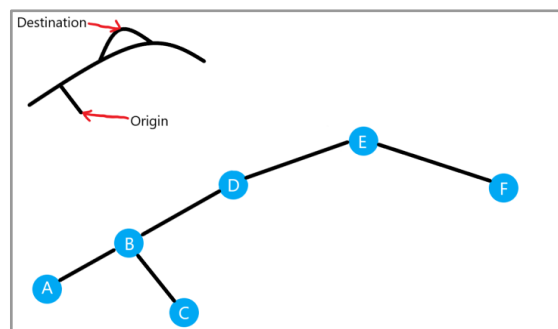
Зураг 1. Аюултай ачааны ангилал

Гэсэн хэдий ч бодит байдал дээр тээвэрлэгч байгууллагууд жин тонн хэтрүүлж, нэгдсэн маршрутгүй замаар аюултай ачааг тээвэрлэж, ард иргэдийг аюултай байдалд оруулсаар байна.

2.2. Граф

Граф (graph) нь математик загвар бөгөөд түүний бүтэц зангилаа (nodes) болон эдгээр зангилааны хоорондох холболт (edges)-оос бүрддэг. Графын бүтэц нь төрөл бүрийн сүлжээг загварчлахад ашиглагддаг бөгөөд аюултай ачаа тээвэрлэлтийн маршрутыг оновчлох асуудалд ч мөн тохиромжтой байдаг. Графын онцлог нь тусгай нөхцөл шаардлагатай зам, зангилаануудыг илэрхийлэх бөгөөд энэ нь аюулгүй байдлыг хангах, ачаа тээвэрлэлтийн хамгийн тохиромжтой маршрутыг олоход чухал үүрэг гүйцэтгэнэ. Зангилаа (nodes) нь графын үндсэн нэгж бөгөөд ачаа тээвэрлэх замын оновчлолд агуулах, шатахуун түгээх станц, хянах цэг зэргийг багтаана. Ирмэг (edges) нь зангилаануудыг холбосон замууд бөгөөд аюултай ачааны тээвэрлэлтэд зориулагдсан зам, гүүр, туннель зэрэг элементийг илэрхийлнэ. Холболтууд нь чухал үзүүлэлтүүдийг агуулж болох бөгөөд энэ нь хурд, замын нөхцөл, аюулгүй байдлын хязгаарлалтууд, эрсдэл зэрэг үзүүлэлтийг хэмжих боломжтой. Графыг аюултай ачаа тээвэрлэлтийн маршрутыг оновчлох, аюулгүй байдалд суурилсан шийдлүүд боловсруулж, хамгийн тохиромжтой замыг олоход ашиглана. Замын нөхцөл, төрөл, хориглосон бүсүүд, аюултай бүсүүдийг граф дээр тусгайлан тэмдэглэж, эрсдэлтэй бүсүүдээс зайлсхийх замыг тодорхойлж, аюултай ачаа тээвэрлэхэд тохирсон өргөн замыг санал болгож,

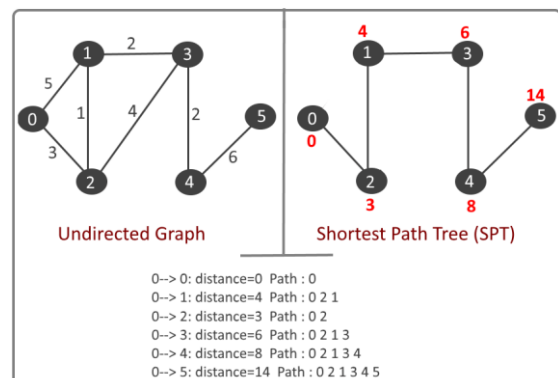
хамгийн боломжит богино замыг тодорхойлоход ашиглана.



Зураг 2. Граф хэрэглээ

2.3. Богино зам тооцоолох алгоритм

Богино зам тооцоолох алгоритм нь графын дотор хамгийн богино замыг олох, маршрутыг оновчлох, аюулгүй байдал, хугацаа, зардал гэх мэт үзүүлэлтийг хамгийн бага байлгах зорилготой математик аргачлал юм. Энэ төрлийн алгоритмууд аюултай ачаа тээвэрлэгч болон аюултай ачааны аюулгүй байдалд ихээхэн ач холбогдол өгдөг бөгөөд маршрут оновчлолд хамгийн өргөн ашиглагддаг.



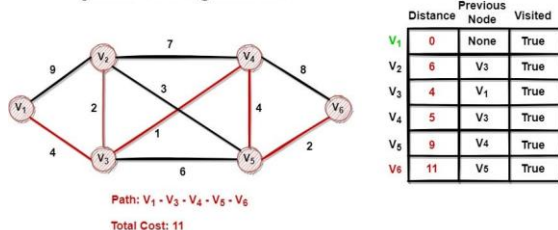
Зураг 3. Богино зам тооцоолох алгоритм

2.3.1. Дейкстрийн алгоритм

Дейкстрийн алгоритм нь нэг эхлэлээс бусад бүх зангилаа руу хүрэх хамгийн богино замыг олоход өргөн хэрэглэгддэг хамгийн түгээмэл алгоритм юм. Энэ алгоритмаар жингийн граф дээр хамгийн бага зардалтай замыг олох боломжтой. Граф дахь эхлэх оройг сонгоно. Энэ оройд хамгийн бага зайг 0 гэж тохируулна. Эхлэх оройгоос гарах бүх холболтод хамгийн бага зайг тооцоолно. Эдгээр зайг шинэчлэн хамгийн бага утгыг сонгоно. Тухайн оройгоос гарах хамгийн бага зайтай оройг сонгоно, шаардлагатай тохиолдолд шинэчлэн, зайн утгыг тодорхойлно. Эдгээр алхмыг дахин давтах

хүртэл бүх оройнд хүрэх хамгийн богино замуудыг олно.

Dijkstra's Algorithm

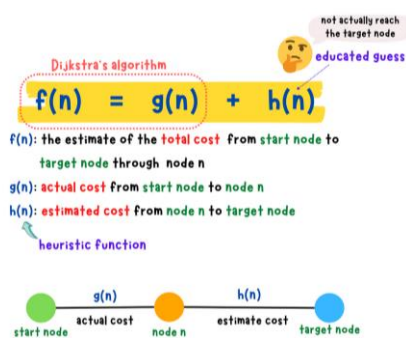


Зураг 4. Dijkstra's Algorithm ажиллах зарчим

$f(n) = g(n)$ буюу эхлэлийн зангилаанаас n -д хүрэх хамгийн бага зардлыг $g(n)$ тодорхойлно.

2.3.2. A* (A star) алгоритм

A* алгоритм нь хамгийн богино замыг олох зорилготой, хэрэглэгчийн шаардлагад нийцсэн шийдлийг тодорхойлохыг зорьдог хайлтын алгоритм юм. Энэ нь тухайн нөхцөлд хамгийн оновчтой, хамгийн бага зардалтай замыг олохын тулд эвристик функц (Heuristic function) болон зан төлөв (cost function) хоёрын хослолыг ашигладаг. $f(n) = g(n) + h(n)$ томъёогоор илэрхийлэгдсэн хамгийн бага замыг оновчилно. $g(n)$ буюу эхлэлээс тухайн зангилаа хүртэлх бодит хамгийн бага зардал, $h(n)$ буюу тухайн зангилаанаас зорилтот цэг хүртэлх heuristic буюу ойролцоогоор тооцоолсон зардал байна. Аюултай ачаа тээвэрлэлтийн хувьд тус зардал замын төрөл, тээвэрлэлттэй холбоотой аюулын эрсдэл орж болно.



Зураг 5. A* алгоритм ажиллах зарчим

III. Туршилтын хэсэг

Туршилтын судалгаанд Улаанбаатар хотын шатахуун түгээх станцуудын байршил, агуулахуудын мэдээлэл, замын сүлжээний өгөгдөл болон хориглосон бүсүүдийн мэдээллийг ашигласан. Өгөгдлийг

OpenStreetMap болон холбогдох төрийн байгууллагын өгөгдлийн сангаас авсан.

3.1. Замын хөдөлгөөний нөхцөл

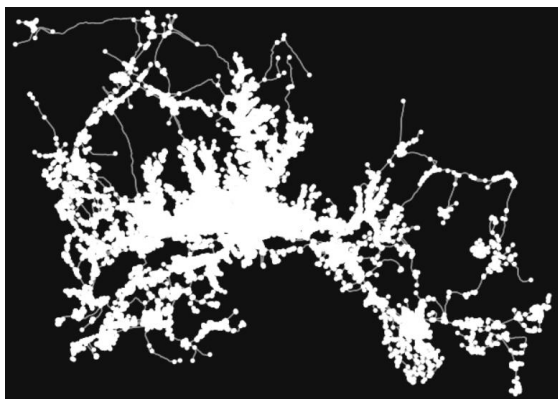
Улаанбаатар хотод аюултай ачаа тээвэрлэх нь тодорхой бөгөөд төвлөрсөн хүн ам, ачаалалтай замын сүлжээ, байгаль орчны эрсдэл зэрэг олон хүчин зүйлийг анхаарах шаардлагатай. Монгол Улсын замын хөдөлгөөний дүрэмд чиргүүлтэй автомашин суурин газарт 60 км/цаг хурдаас хэтрэхгүй зорчих; эсрэг хөдөлгөөнтэй хоёр эгнээгээр зорчдог замд түүнчлэн дунд эгнээ нь сөрөг хөдөлгөөнтэй гурван эгнээгээр зорчдог замд овор ихтэй буюу урт тээврийн хэрэгслийн жолооч нь зорчих хэсгийн баруун гар талын захад аль болох ойр явах бөгөөд араас яваа тээврийн хэрэгсэл өөрийг нь аюулгүй гүйцэж түрүүлэх боломжтой байх хоорондын зайг урд яваа тээврийн хэрэгслээс барьж явах; MNS 4978:2000 (Аюултай ачааны автотээврийн ерөнхий шаардлага) стандартад аюултай ачаа тээвэрлэх авто зам нь 2 ба түүнээс дээш эгнээтэй байх шаардлагатай хэмээн заасан байдаг. Иймд OSMx-ээс гаргаж авсан замын төрөл, замын өргөн буюу эгнээний тоо, хурдны хязгаарлалт, хүн ам төвлөрсөн суурин бүс (хориглосон)-ээс 50 метрээс хол байх шаардлагуудыг тусгасан. Мөн Улаанбаатар хотын одоогийн түгжрэлийн нөхцөл байдлыг нэмж, хугацааны хувьд хамгийн хурдан, хамгийн аюулгүй, хамгийн зардал багатай маршрут тус бүрийг оновчлох боломжтой.

3.2. OSMnx, NetworkX сангууд

OSMx болон NetworkX сан нь замын сүлжээний өгөгдлийг боловсруулж, граф дээр тооцоолол хийхэд өргөн ашиглагддаг Python сангууд юм.

3.2.1. OSMnx

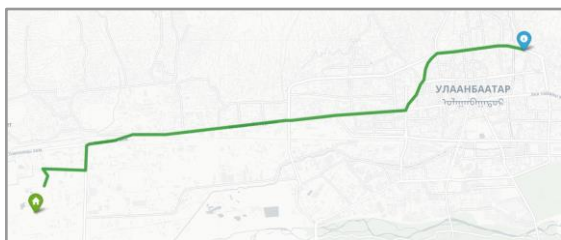
OSMnx (OpenStreetMapX) нь OpenStreetMap-ийн өгөгдлийг боловсруулж, авто замын сүлжээ үүсгэх, зангилаа болон ирмэгүүдийг тодорхойлох, газар зүйн байршилыг боловсруулахад хэрэглэгддэг. Энэ сангийн тусламжтай замын төрөл ("motorway", "trunk", "primary", "secondary"), эгнээний тоо, хурдны хязгаар зэрэг шинж чанарыг авч ашигласан.



Зураг 6. OSMnx ашиглан Улаанбаатар хотын замын өгөгдөл татсан байдал

3.2.2. NetworkX

NetworkX нь графын өгөгдлийн бүтэцтэй ажиллахад зориулагдсан бөгөөд зам тооцоолох, оновчтой маршрут гаргах, зангилаануудын холболтыг шалгах зэрэгт ашиглагддаг. Энэхүү судалгаанд NetworkX ашиглан хамгийн богино болон аюулгүй маршрутыг тодорхойлж, холбоост граф үүсгэж, хязгаарлагдмал бүсүүдийг шалгасан. Энэ нь тээврийн төлөвлөлтийг оновчтой болгох, замын хөдөлгөөний аюулгүй байдлыг сайжруулахад чухал үүрэг гүйцэтгэдэг. Маршрут тооцоолохдоо бид стандарт хамгийн богино замын алгоритмууд ашигласан боловч нэмэлт нөхцөлүүдийг харгалзан үзсэн нь ердийн тээвэрлэлтийн төлөвлөлтөөс ялгаатай гэж харж байна.



Зураг 7. OSMnx, NetworkX ашигласан агуулахаас ШТС хүртэлх замын маршрут

OSMnx ашиглан доорх өгөгдлийг цуглуулсан.

Зангилаа тоо	33885
Ирмэгийн тоо	84468
Замын ангилал, төрөл	motorway, trunk, primary, secondary, tertiary, residential, unclassified
Замын эгнээ	1 болон түүнээс дээш

Хурдны хязгаар	60 км/цагаас бага
Хориглосон бүс	school, kindergarten, hospital

Хүснэгт 1. OSMnx ашиглан гаргаж авсан өгөгдөл

Агуулах, шатахуун түгээх станцын мэдээллийг уртгаг, өргөргийн хэмжээгээр оруулсан.

Нэр	Газрын зураг дээрх координат
Шунхлай УБГТБА	47.89167841408549, 106.76833661187626
Улаанбаатар хот, Баянзүрх дүүрэг, 1-р хороо, Шунхлай ШТС	47.9287492067807, 106.93493400026867

Хүснэгт 2. Агуулах болон ШТС координат

IV. Үр дүн

Энэхүү судалгааны хүрээнд OSMx болон NetworkX сан ашиглан аюултай ачаа тээвэрлэлтийн маршрутыг оновчтой тодорхойлох туршилтыг хэд хэдэн нөхцөл дээр хийсэн. Туршилтын үр дүнг дараах байдлаар харуулав.



– Агуулах



– Шатахуун түгээх станц



– Хориглосон бүс



– Оновчилсон маршрут

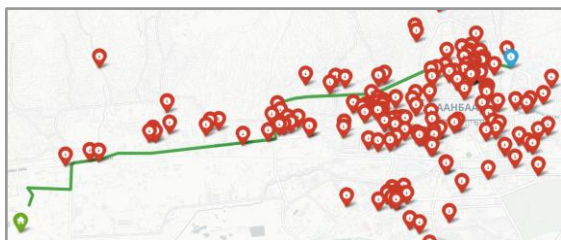
Туршилт 01: Эхний туршилтаар хориглосон бүсүүдээс 50 метрээс хол явах шаардлагатай гэж үзэн маршрутыг оновчилсон. Нөхцөлийг дараах томъёогоор илэрхийлбэл:

$$G = (V, E), \forall v \in V$$

$$\text{if } d(v, \text{хориглосон_бүс}) < 50m, v \notin V$$

Энд:

- V – графын оройнуудын олонлог (замын уулзварууд, байршлууд);
- $v \in V$ – графын тодорхой нэг орой буюу байршил;
- $d(v, \text{хориглосон_бүс})$ – v орой болон хориглосон бүсийн хоорондох зай;
- Нөхцөл: Хэрэв v нь хориглосон бүсээс 50 м-ээс ойрхон байвал тухайн оройг графаас хасах буюу $v \notin V$.



Зураг 7. Туршилтын үр дүн - 01

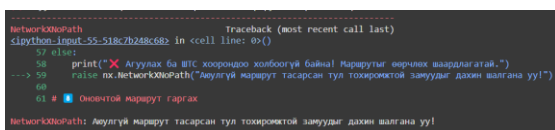
Туршилт 02: Дараагийн туршилтад аюултай ачаа тээвэрлэлт хийх замыг хязгаарласан ба үүнд замын төрөл нь "motorway", "trunk", "primary", "secondary" зэрэг байхаар нөхцөлийг заасан. Нөхцөлийг дараах байдлаар томъёолбол:

$$G = (V, E), \forall e \in E$$

if $\text{type}(e) \notin \{\text{"motorway"}, \text{"trunk"}, \text{"primary"}, \text{"secondary"}\}, e \notin E$

Энд:

- e – зам (ирмэг), хэрэв тухайн замын төрөл зөвшөөрөгдсөн ангилалд багтахгүй бол маршрутаас хасна.



Зураг 8. Туршилтын үр дүн - 02

Туршилт 03: Энэхүү туршилтаар аюултай ачаа тээвэрлэлт хийх хязгаарлалтыг замын урсгал нь 2 ба түүнээс дээш байхаар нөхцөлийг заасан. Нөхцөлийг томъёолбол:

$$G = (V, E), \forall e \in E, \text{if } \text{lanes}(e) < 2, e \notin E$$

Энд:

- e – графын ирмэг (зам);

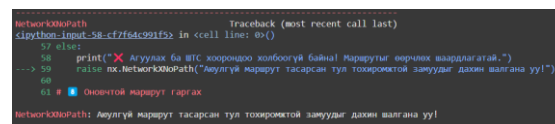
- $\text{lanes}(e)$ – тухайн замын урсгалын тоо. Хэрэв замын урсгал хоёроос бага бол тухайн замыг маршрутын сүлжээнээс хасна.

Энэ тохиолдолд аюултай ачаа тээвэрлэх тохиромжтой маршрут гарч ирээгүй буюу нөхцөл тавигдсаны дараа маршрутын сүлжээнээс бүх боломжит зам хасагдаж, тээвэрлэх боломжтой маршрут олноогүй. Үүнийг дараах байдлаар томъёолж болно:

$$\forall p \in P, \text{if } P = \emptyset, \text{Not found map}$$

Энд:

- P – боломжит маршрутуудын олонлог. Хэрэв бүх боломжит маршрут устаж, $P = \emptyset$ (хоосон олонлог) болбол тохиромжтой зам байхгүй.



Зураг 9. Туршилтын үр дүн - 03

Туршилт 04: Туршилт 03 дээрх нөхцөлийг сулруулж, замын урсгал нь 1 ба түүнээс дээш байхаар нөхцөлийг заасан.

$$G = (V, E), \forall e \in E, \text{if } \text{lanes}(e) < 1, e \notin E$$

Энд:

- e – графын ирмэг (зам);
- $\text{lanes}(e)$ – тухайн замын урсгалын тоо. Хэрэв замын урсгал нэгээс бага бол тухайн замыг маршрутын сүлжээнээс хасна.

Энэхүү шинэ нөхцөлөөр маршрутын боломжийг нэмэгдүүлнэ. Өөрөөр хэлбэл:

$$P \neq \emptyset$$

Энд:

- P – боломжит маршрутуудын олонлог. Хэрэв маршрутын сүлжээн дэх замууд үлдэж байвал тохиромжтой маршрут олдох боломжтой.



Зураг 10. Туршилтын үр дүн - 04

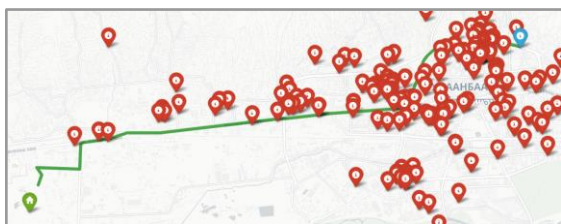
Туршилт 3, 4-ийн үр дүнгээс харахад Улаанбаатар хотод аюултай ачаа тээвэрлэх стандартын шаардлага хангасан 2 ба түүнээс дээш эгнээ бүхий зам байхгүй байгаа нь харагдаж байна.

Туршилт 05: Сүүлийн туршилтад хориглосон бүсээс 50 метрээс хол, замын төрөл нь "motorway", "trunk", "primary", "secondary" байх, замын урсгал нь 1 ба түүнээс дээш байх, хурдны хязгаарлалт 60 км/цагаас бага байх нөхцөл заасан.

$\forall e \in E, \text{ if } (d(v, \text{хориглосон_бүс}) \geq 50m) \wedge (\text{type}(e) \in \{\text{"motorway"}, \text{"trunk"}, \text{"primary"}, \text{"secondary"}\}) \wedge (\text{lanes}(e) \geq 1) \wedge (\text{speedLimit}(e) < 60\text{km/h}), e \in E$

Энд:

- e – зам (ирмэг);
- $d(v, \text{хориглосон_бүс}) \geq 50m$ – замын орой (байршил) хориглосон бүсээс 50 м-ээс хол байх;
- $\text{type}(e) \in \{\text{"motorway"}, \text{"trunk"}, \text{"primary"}, \text{"secondary"}\}$ – замын төрөл нь зөвхөн эдгээр ангилалд хамаарах;
- $\text{lanes}(e) \geq 1$ – замын урсгал нь 1 ба түүнээс дээш байх;
- $\text{speedLimit}(e) < 60 \text{ km/h}$ – замын хурдны хязгаарлалт 60 км/цаг-аас бага байх. Хэрэв эдгээр нөхцөл хангагдвал тухайн зам графын сүлжээнд үлдэнэ.



Зураг 11. Туршилтын үр дүн - 05

V. Дүгнэлт

Энэхүү судалгааны зорилго аюултай ачаа тээвэрлэх хамгийн аюулгүй, үр ашигтай маршрутыг оновчлох, эрсдэлийг бууруулахад чиглэгдсэн байсан. Судалгааны үр дүнгээс харахад, аюултай ачаа тээвэрлэх маршрутын оновчлол нь замын сүлжээ, хурдны хязгаарлалт, хориглосон бүсүүд, тээвэрлэлттэй холбоотой эрсдэлийг харгалзан үзэх шаардлагатай болохыг баталсан.

Оновчтой маршрутыг тодорхойлохдоо OpenStreetMap (OSM) замын өгөгдлийг ашиглан графын аргачлал, Dijkstra болон A* алгоритмын хослолыг ашиглан аюулгүй, богино зам гаргах боломжийг судалсан. Судалгааны явцад харагдсан хамгийн чухал асуудал Улаанбаатар хотын замын сүлжээний нөхцөл байдал бөгөөд аюултай ачаа тээвэрлэхэд тохиромжтой зам дутагдалтай байна. Стандартын шаардлага хангасан 2 ба түүнээс дээш эгнээ бүхий замын хомсдол нь аюултай ачаа тээвэрлэхэд томоохон саад болж байна. Үүнээс үүдэн жолооч нар хүн ам төвлөрсөн шатахуун түгээх станцуудад шөнийн цагаар тээвэрлэлт хийх болсон ба энэ нь жолооч нойрмоглох, анхаарал сулрах зэргээс болж аюул осол үүсэх эрсдэлтэй.

Туршилт ба үр дүнгээс харахад, аюултай ачааны тээвэрлэлтийн оновчтой маршрут нь хурдны хязгаар, замын төрөл, замын өргөн буюу эгнээ, хориглосон бүсүүдийг харгалзан зөв зохион байгуулах нь чухал гэдгийг харуулж байна. Одоогийн замын нөхцөлд стандарт шаардлагад нийцсэн маршрут байхгүй ч тус судалгаагаар аюултай ачаа тээвэрлэлтэд тохирсон замын сүлжээг оновчлон боловсруулж, тээврийн аюулгүй байдлыг сайжруулах боломжтой.

Цаашид тус судалгаагаар бодит цагийн замын өгөгдөл, хугацааг тооцоолон сайжруулбал Монгол Улсад аюултай ачаа тээвэрлэх асуудлыг шийдвэрлэхэд чухал алхам болж, ирээдүйд ийм төрлийн тээвэрлэлтэд тохирсон замын төлөвлөлт, аюулгүй байдлын стандартыг боловсронгуй болгоход тус дэмтэй.

АШИГЛАСАН МАТЕРИАЛ, НОМ ЗҮЙ

[1] Монгол Улсын замын хөдөлгөөний дүрэм:
<https://legalinfo.mn/mn/detail?lawId=208663>

[2] Замын хөдөлгөөний аюулгүй байдлын тухай
хууль: <https://legalinfo.mn/mn/detail/11224>

[3] АВТОТЭЭВРИЙН ХЭРЭГСЛЭЭР АЧАА
ТЭЭВЭРЛЭХ ДҮРЭМ:
<https://legalinfo.mn/mn/detail?lawId=210717>

[4] MNS 4978:2000 (Аюултай ачааны авто
тээврийн ерөнхий шаардлага)

[5] Авто тээврийн хэрэгслээр хүний амь нас,
эрүүл мэнд, хүрээлэн буй орчинд аюул, хохирол
учруулж болзошгүй ачаа тээвэрлэх журам:

<https://legalinfo.mn/mn/detail?lawId=205058>

КОМПЬЮТЕР ГРАФИКААР ХУВЦАСНЫ БОДИТ ХӨДӨЛГӨӨН БҮТЭЭХ НЬ

Дагвын АРИУНБИЛЭГ¹

¹Монгол Улс, Улаанбаатар, ШУТИС, Мэдээлэл холбоо, технологийн сургууль, Холбооны салбар

aakadagva203@gmail.com¹

Хураангуй: Орчин үеийн кино урлагийн салбарт SideFX Houdini программ нь CGI (Computer-Generated Imagery) болон VFX (Visual Effects)-ийн голлох хэрэгсэл болж байна. Энэхүү судалгаагаар Houdini программын Vellum Solver болон Pop Axis Force хэрэгсэл ашиглан дижитал хувцасны хөдөлгөөний симуляцыг боловсронгуй болгох боломжийг судаллаа. Динамик физик суурилсан процедурчлалын аргууд ашигласнаар хувцасны материалын хөдөлгөөн, салхины нөлөөлөл, бодит цагийн дүрслэл зэрэг хүчин зүйлийг сайжруулах боломжтойг тогтоосон. Судалгааны хүрээнд Houdini-ийн Procedural Modeling аргыг ашиглан VFX-д зориулсан хотын динамик орчныг үүсгэж, бодит мэт архитектурын дүрслэлийг гаргаж авсан болно. Энэхүү аргачлал нь кино болон тоглоомын үйлдвэрлэлд өргөн хэрэглэгдэх боломжтой бөгөөд Монголын VFX салбарт шинэчлэлт хийх чухал алхам юм.

Түлхүүр үг: динамик симуляц, хөдөлгөөнт дүрслэл, процедурчлал, загварчлал.

I. УДИРТГАЛ

Орчин үеийн кино урлаг, видео тоглоомын үйлдвэрлэлд компьютер график (CGI) болон харагдах эффектүүд (VFX) чухал үүрэг гүйцэтгэж байна. Эдгээр технологи нь бодит мэт дүрслэл, динамик хөдөлгөөн, орчны нарийвчилсан симуляц бий болгох боломжийг олгодог. SideFX Houdini программ нь процедурчлалын загварчлал (Procedural Modeling) болон физик суурьтай симуляц хийх [1] өргөн боломжтой тул орчин үеийн VFX үйлдвэрлэлд голлох хэрэгслүүдийн нэг болж байна.

Энэхүү судалгааны ажлаар Houdini программын хоёр өөр чиглэлд ашиглах боломжийг судалсан. Эхний судалгаанд Vellum Solver болон Pop Axis Force хэрэгсэл ашиглан хувцасны динамик симуляц боловсруулж, 3D орчинд VFX бүтээх туршилт хийсэн. Энэ нь хувцасны материалын хөдөлгөөн, салхины нөлөөллийг боловсруулах үндэс болсон.

Хоёр дахь судалгаанд Houdini-ийн Procedural Dependency Graph (PDG) ашиглан хотын орчны процедурчлалын загварчлалын аргыг судалсан. Энэхүү аргачлалаар VFX-д зориулсан хотын динамик орчин үүсгэж, архитектурын бодит дүрслэл бүхий 3D загвар боловсруулах боломжийг шинжилсэн.

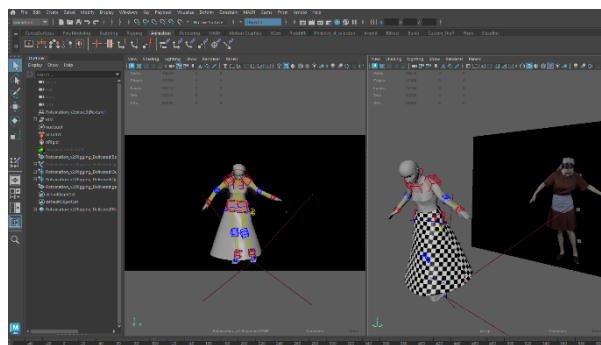
Судалгааны ажлын зорилго нь VFX үйлдвэрлэлд Houdini программын хэрэглээг гүнзгийрүүлэн судалж, процедурчлалын загварчлалын давуу талыг тодорхойлох, Монголын VFX салбарт хэрэгжүүлэх боломжийг үнэлэхэд оршино.

II. SIDEFX HOUDINI ПРОГРАММ ДЭЭР ХИЙСЭН ТУРШИЛТ

A. Хувцасны олон давхар хормойн хөдөлгөөний симуляц хийх аргачлал

Хувцасны хөдөлгөөнийг Houdini дээр симуляц хийхийн өмнө дараах үе шатуудыг гүйцэтгэнэ.

1. Дүрс бичлэг ба 3D өгөгдөл бэлтгэх:

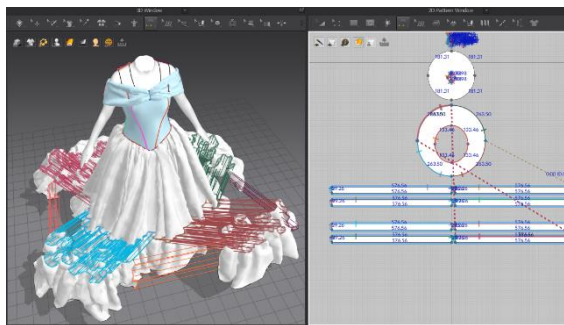


Зураг 2.1. 3D өгөгдөл бэлтгэх (дүрсэд тохируулан биеийн хөдөлгөөнийг бэлдэх үйл явц)

- ногоон дэлгэцтэй бичлэг хийх: камер, гэрэлтүүлгийн тохиргоог стандартын дагуу бэлтгэж, дүрийн хөдөлгөөнийг өндөр чанартайгаар бичлэгт буулгах;
- 3D скан хийх: хүний биетийн хэлбэр, хэмжээг үнэн зөв дүрслэхийн тулд EinScan Pro 2X эсвэл үүнтэй дүйцэх сканер ашиглан өндөр нарийвчлалтай 3D өгөгдөл үүсгэх;
- скан өгөгдлийг боловсруулж, цэвэрлэх: илүүдэл өгөгдлийг шүүж, ZBrush эсвэл Maya программд импортлон retopology хийж, полигоны тоог оновчтой болгох;
- Rigging ба Skinning: хөдөлгөөнтэй нийцүүлэхийн тулд Maya дээр Quick Rig ашиглан rigging хийх, skin weights тохируулах.

2. Хувцасны загварчлал ба материалын тохиргоо:

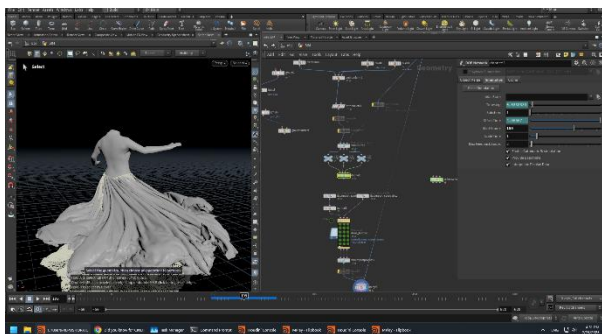
- Marvelous Designer ашиглан хувцасны 2D загвар үүсгэж, 3D хувилбарт шилжүүлэх;
- даавууны физик шинж чанарыг тохируулах (уян хатан байдал, үрэлт, хүндийн жин).
- OBJ эсвэл Alembic формат руу хөрвүүлж, Houdini-д импортлох.



Зураг 2.2. Marvelous Designer программ дээр хувцасны загварчлал хийх явц

Houdini-д хувцасны хөдөлгөөний симуляц хийх

1. Геометр дүрслэл бэлтгэхдээ хувцасны Geometry SOP (Surface Operators) үүсгэх, UV Mapping хийх.
2. Vellum Solver ашиглан хувцасны динамик систем үүсгэх:
 - уян хатан байдлыг тохируулах: 0.1 – 1.0 (stretch stiffness);
 - нугаралтын хэмжээг тохируулах: 0.01 – 0.5 (bend stiffness);
 - Self-Collision Enabled: хувцас хоорондоо нэвчихээс сэргийлэх.
3. Салхины динамик тохиргоо (DOP Network) хийхдээ Pop Axis Force ашиглан салхины чиглэл, хүчийг тохируулах, Pop Wind ашиглан салхины хэлбэлзэл, хөдөлгөөнийг илэрхийлэх.
4. Collision тохиргоо:
 - хувцасны хөдөлгөөнийг бодит хүнтэй уялдуулахын тулд Static Object (Collision Geometry) үүсгэх;
 - хувцас болон биетийн үрэлтийн тохиргоо: 0.2 - 0.5 (friction).
5. Симуляц болон Cache хийх:
 - Substeps: 2 - 3
 - Save to Disk (.bgeo.sc) форматаар хадгалах.

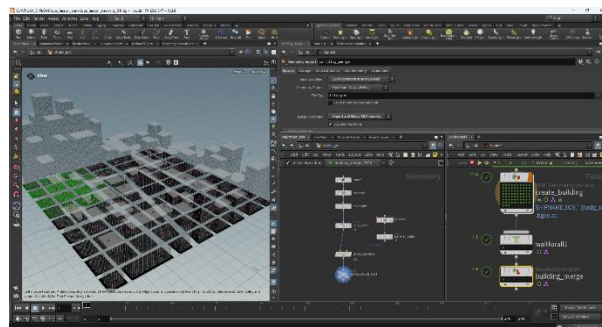


Зураг 2.3. Houdini программ дээр хувцасны симуляц хийх явц

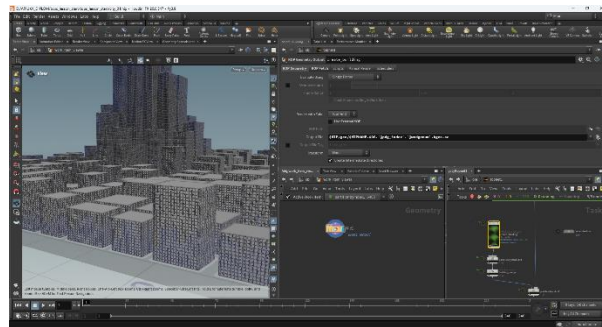
В. Хотын орчны процедурчлалын загварчлал

Procedural Dependency Graph (PDG) ашиглан хотын динамик загварчлал гүйцэтгэх үндсэн үе шатууд:

1. Хотын зураглалын өгөгдлийг геометр болгон хөрвүүлэх
 - хар, цагаан өнгийн газрын зургаас Trace Node ашиглан геометр үүсгэх.
2. Барилгуудын өндөр, хэлбэрийг процедурчлалаар тохируулах:
 - PolyExtrude ашиглан барилгын өндрийг тохируулах;
 - Attribute Create ашиглан байшингийн өндөрт санамсаргүй утга өгөх.
3. Хотын төв болон орчны ялгаа гаргах:
 - Attribute Transfer ашиглан төв хэсгийн барилгуудын өндрийг нэмэгдүүлэх “height_variation= rand(@pdg_index)*15 + @Cd.g*30”;
 - Cd.g (ногоон өнгийн утга) ашиглан динамик өндөр тохируулах.
4. Гудамж, замын геометр үүсгэх
 - PolyExtrude ашиглан замуудыг 3D болгож гүнзгийрүүлэх.
5. Олон янзын хотын загварыг шалгах (wedge):
 - Wedge Node ашиглан өөр өөр хувилбар турших.



Зураг 2.4. Ногоон өнгийн утгад хотын төвийн барилгуудын нэмэлт өндрийг тодорхойлж байна.



Зураг 2.5. Өөр өөр газрын зургууд дээр тест хийсэн байдал

III. СИМУЛЯЦЫН ҮР ДҮН

A. Хувцасны хөдөлгөөний симуляцын үр дүн

SideFX Houdini программын Vellum Solver болон Pop Axis Force хэрэгсэл ашиглан хувцасны хөдөлгөөний динамик симуляцын судалгаа хийлээ. Туршилтын явцад дараах үр дүн гарсан:

- Материалын уян хатан байдал: Stretch stiffness-ийг 0.1-1.0, bend stiffness-ийг 0.01–0.5 хооронд тохируулахад бодит хөдөлгөөнийг дуурайлган дүрслэх боломжтой байв.
- Салхины нөлөөлөл: Pop Axis Force ашигласнаар салхины чиглэл, хурдыг динамикаар тохируулж, даавууны хөдөлгөөний бодит байдлыг нэмэгдүүлсэн.
- Collision тохиргоо: Self-Collision болон Static Object тохиргоог оновчтой хийснээр хувцас хүний биетэй мөргөлдөхгүй байх нөхцөлийг бүрдүүлэв.
- Cache болон хадгалалт: Хөдөлгөөний нарийвчлалыг сайжруулахын тулд Substeps-ийг 2–3 болгож, үр дүнг .bgeo.sc форматаар хадгалснаар рендерлэхэд өгөгдөл алдагдахгүй байх боломжтой болов.

Эдгээр тохиргооны тусламжтай бодит цагийн симуляц хийх боломж бүрдэж, VFX болон анимейшн бүтээхэд оновчтой орчин бүрдүүлэв.

B. Хотын орчны процедурчлалын загварчлалын үр дүн

PDG (Procedural Dependency Graph) ашиглан хотын динамик орчныг загварчлах судалгаа хийснээр дараах үр дүн гарав:

- Барилгын хэлбэр, өндрийг процедурчлалаар удирдах: PolyExtrude болон Attribute Create арга хослуулснаар хотын төвийн барилгуудыг санамсаргүй утгаар өндөрсгөж, илүү бодит дүрслэлтэй болгосон.
- Гудамж, замын бүтэц: Trace Node болон PolyExtrude ашиглан газрын зургийг 3D орчинд хөрвүүлж, бодит хотын дүрслэлийг бий болгосон.
- Оновчтой ажиллагаа: Wedge Node ашиглан өөр өөр хувилбаруудыг автоматаар үүсгэж, загварчлалын процессыг хурдасгасан. Үүний үр дүнд бүтээх хугацаа богиносж, ажлын зардал буурах боломжтой боллоо.

Эдгээр үр дүн нь процедурчлалын загварчлалыг VFX болон тоглоомын үйлдвэрлэлд үр ашигтай хэрэглэх боломжтойг харууллаа. Эдгээр арга нь симуляцын бодит байдлыг сайжруулаад зогсохгүй ажлын урсгалыг оновчтой болгож, цаг болон нөөцийг хэмнэх ач холбогдолтой юм.

ДҮГНЭЛТ

Энэхүү судалгаагаар SideFX Houdini программыг VFX-д ашиглах боломжийг судалж, дараах гол дүгнэлтүүдийг хийв.

Хувцасны хөдөлгөөний симуляц: Vellum Solver, Pop Axis Force ашигласнаар бодит хувцасны хөдөлгөөнийг дүрслэх боломжтой болсныг баталлаа. Үүний зэрэгцээ симуляцын үр ашгийг нэмэгдүүлж, рендерлэх процессын зардлыг бууруулах боломжтой гэдгийг тогтоов.

Хотын орчны процедурчлалын загварчлал: PDG ашиглан хотын орчныг динамикаар загварчлах нь илүү хурдан, бодит дүрслэлтэй загвар гаргах нөхцөлийг бүрдүүлсэн. Энэ нь гар ажиллагааг багасгаж, цаг хэмнэх чухал давуу талтай.

Монголын VFX салбар дахь хэрэглээ: Houdini программ нь процедурчлалын загварчлал, физик суурьтай симуляцын аргууд ашиглах өргөн боломжтой тул Монголын кино, тоглоомын салбарт цаг хугацаа, зардлыг хэмнэх давуу талтай болохыг тогтоолоо.

Цаашдын судалгааны чиглэл: Хувцасны хөдөлгөөнийг илүү нарийвчлалтай болгох, салхины нөлөөллийг бодит байдалд ойртуулах, хотын загварчлалд машин, хүн зэрэг нэмэлт элементүүдийг оруулах шаардлагатай байна.

Энэхүү судалгааны үр дүн нь кино, тоглоомын үйлдвэрлэлд CGI болон VFX ашиглалтыг сайжруулах боломжийг нэмэгдүүлж, Монголын VFX салбарын хөгжлийг урагшлуулах чухал суурь болох юм.

АШИГЛАСАН МАТЕРИАЛ, НОМ ЗҮЙ

- [1] SideFX, "Houdini Foundations 19.5," SideFX Software, 2022.
- [2] Eran Dinur, The Complete Guide to Photorealism in VFX, Routledge, 2021.
- [3] Richard J. Radke, Computer Vision for Visual Effects, Cambridge University Press, 2012.
- [4] SideFX, "Procedural Dependency Graphs (PDG) in Game Development," Houdini Technical Documentation, 2023.
- [5] Ubisoft, "Procedural World Generation with Houdini in Far Cry 5," Ubisoft Developer Conference, 2018.
- [6] Insomniac Games, "Building New York City in Spider-Man: Miles Morales," GDC Conference Proceedings, 2021.
- [7] Guerrilla Games, "Horizon Forbidden West: Procedural Environments and Worldbuilding," Game Developers Conference, 2022.
- [8] Rockstar Games, "Red Dead Redemption 2: World Creation using Houdini," Rockstar Tech Blog, 2019.
- [9] Henrik Wann Jensen, Realistic Image Synthesis Using Photon Mapping, A. K. Peters, Ltd., 2001.
- [10] M. Müller, B. Heidelberger, M. Teschner, and M. Gross, "Meshless Deformations Based on Shape Matching," ACM Transactions on Graphics (SIGGRAPH), vol. 24, no. 3, pp. 471-478, 2005.
- [11] Ronald T. Krigger, CGI & VFX in Film Production, Journal of Digital Media, vol. 15, no. 3, pp. 245-260, 2020.

АВТОТЭЭВРИЙН ХЭРЭГСЛИЙН НЭР ТОМЬЁОНЫ ОРЧУУЛГЫН АСУУДАЛД*“Ланд Круйзер автомашины хэрэглэгчийн гарын авлага”-ын жишээн дээр/*М.Анарши¹, Ц.Цэцэгмаа²¹ШУТИС, Гадаад хэлний сургуулийн 3-р түвшиний оюутан /В100420200/²ШУТИС, ГХС-ийн Хэрэглээний хэл шинжлэлийн салбарын профессор /док., дэд проф./

Хураангуй: Герман, Япон, Өмнөд Солонгос зэрэг өндөр хөгжилтэй орноос импортолж буй автомашин, сэлбэг эд ангийн нэр томьёог орчуулахад тулгарч буй хүндрэлүүд нь техникийн баримт бичиг, ашиглалтын гарын авлага, засвар үйлчилгээний чанарт сөргөөр нөлөөлж байна. Шинжлэх ухаан, технологи хөгжихийн хэрээр автотээврийн салбарын үг хэллэг, нэр томьёог монгол хэлний онцлогт тохируулан орчуулах, жигдлэх нь хэрэглэгч, мэргэжилтнүүдэд ойлгомжтой, хүртээмжтэй болгох үндсэн нөхцөл учраас бид энэхүү судалгаагаар автотээврийн салбарын нэр томьёог монгол хэлнээ зөв орчуулахын ач холбогдол, түүнд тулгарч буй бэрхшээлийг харуулахыг хичээсэн.

Түлхүүр үг: *автотээврийн хэрэгсэл, нэр томьёо, орчуулгын арга, тодорхойлолт, ухагдахуун.*

УДИРТГАЛ

Автомашин үйлдвэрлэл дэлхийд хамгийн хурдтай хөгжиж буй салбаруудын нэг. Германы Готлиб Даймер, Карл Бенц нарын 1855-1886 онд анхлан хөгжүүлсэн автомашины үйлдвэрлэл 1912 онд Монголд нэвтэрч, Богд хаан Хятадын Тяньжин хот дахь “Форд” компанийн салбараас анхны “Форд Модель Т” загварыг импортлон, уг машин 5000 гаруй километр зам туулан, Улаанбаатар (тухайн үеийн Хүрээ) хүрсэн түүхтэй. Түүнээс хойш БНМАУ-д 1959 оноос атрын анхдугаар аян өрнөж эхэлсэн бөгөөд Зөвлөлт Холбоот Улсаас 3000 гаруй автомашин, 2500 трактор, 500 комбайн зэрэг техник олгосноор монголчууд техникийн мэдлэг, чадвар эзэмших шаардлагатай болсон юм.

2023 оны байдлаар дэлхийд 1.474 тэрбум автомашин байгаагаас Монгол Улсад 788,038 автомашин бүртгэгдсэн бөгөөд жил бүр дунджаар 42,000 автомашин импортолж байна. Энэхүү технологийн хурдацтай хөгжил, автомашины тоо өсөж байгаа явдал нь Монголд автомашины салбарын нэр томьёог жигдлэх, стандартчилах нэн шаардлагатай байгааг бэлхнээ илтгэж байна. Шинжлэх ухаан, техник технологийн эрч хүчтэй хөгжлийг даган, техник хэрэгсэл олшрохын хэрээр түүний эд анги, сэлбэг хэрэгслийн нийлүүлэлт өсөж, гарын авлага, ном зэрэг судлагдахуун орчуулахад бэрхшээл их гарч байгаа тул тус салбарын нэр томьёог зөв оноон тогтоох, жигдлэх, стандартчилах, асуудал чухал болж байна.

СЭДВИЙН СУДЛАГДСАН БАЙДАЛ

ЮНЕСКО-гийн “Дэлхийн дурсамж” хөтөлбөрт бүртгэгдсэн “Мэргэд гарахын орон” ном 1742 онд модон бар дээр бүтээгдсэнээс хойш

манай оронд нэр томьёоны тухай томоохон ажил бүртгэгдээгүй 1924 оныг үзжээ. Харин тухайн онд Судар бичгийн хүрээлэн байгуулагдаж, монгол нэр томьёо тогтоох энэхүү уламжлал түүнээс хойш тасралтгүй эрчимжиж, дараа онд нь түүний дэргэд анхны Улсын нэр томьёоны комисс байгуулагдан, шинжлэх ухаан, техникийн нэр томьёо боловсруулж тогтоох ажил шинэ шатанд гарсан байна.

1990 онд эхэлсэн нийгмийн шилжилтийн үеэс шалтгаалан энэ үйл ажиллагаа арваад жил саармагжсан боловч эрдэмтэн судлаачдын уйгагүй хөдөлмөр, идэвх зүтгэлийн ачаар зогсоогүй харин 1990-ээд оны сүүлчээр дахин идэвхэжсэн. Өмнө дурдсан Судар бичгийн хүрээлэн өнөөгийн Хэл зохиолын хүрээлэнгийн төдийгүй ШУА-ийн үндэс суурь болжээ. Уг комиссоос баталсан нэр томьёо, үг хэллэгийг нэр томьёоны толь бичгийн хэлбэрээр гаргаж байж. Үүнд “Нэр томьёоны цуврал бичиг”, “Улсын нэр томьёоны комиссын мэдээ”, “Нэр томьёоны сэдэвчилсэн толь”, “Нэр томьёоны нэгдсэн толь” гэх мэт бүтээлийг хэвлэн нийтэлсэн байна.

Монгол Улсад 1925 оноос эхлэн ачаа зөөж эхэлснээр ачаа тээврийн анхны баримт бичиг бий болж, тээвэрлэсэн ачааны нэр, тоо хэмжээ, тээвэрлэх зайг бүртгэх болов. Автомашин ашиглалтын нэгдсэн тайлангийн маягтыг Тээврийн Яамнаас 1942 онд боловсруулан, авто баазуудад мөрдүүлж эхэлжээ. Үүнээс хойш өнөөг хүртэл автомашины нэр томьёо, түүнтэй холбоотой ном, толь бичгүүд гарсан. Тухайлбал: С.Гэндэн. “Автомашины цахилгаан тоноглол” УБ., 1986 он; Ж.Осорхүү, Д.Муунохой, Ж.Мягмаржав. “Автомашины хөдөлгүүр I”. УБ., 1997 он; Д.Готов. “Автомашины монгол-орос-англи зурагт толь”. УБ., 2003 он; М.Цэндпүрэв.

“Англи-орос-монгол автомашины зурагт толь”. УБ., 2007 он; Д.Готов, И.Базаррагчаа. “Автомашины засварчин зурагт толь”. УБ., 2012 он; Д.Готов, Г.Батхүү. “Автомашины монгол-орос-англи зурагт толь”. УБ., 2014 он.

Автотээврийн хэрэгслийн нэр томьёоны стандартуудаас: MNS 3814:1985 буюу Техникийн оношлол. Үндсэн нэр томьёо, тодорхойлолт; MNS 3850:1985 Техникийн үйлчилгээ, засварын систем нэр томьёо, тодорхойлолт; MNS ISO 4092:2001 Автотээврийн хэрэгсэл. Механикжсан тээврийн хэрэгслийн оношлогооны систем. Тайлбар толь; MNS ISO 7227:2001 Автотээврийн хэрэгсэл-Гэрэл ба дохиоллын төхөөрөмж Тайлбар толь; MNS ISO 3833:2010 Автотээврийн хэрэгсэл: төрөл, нэр томьёо, тодорхойлолт.

Автотээврийн салбарын нэр томьёо, үг хэллэгтэй холбоотой ШУТИС-д өмнө нь хийгдэж байсан бусад судалгаа, бүтээлүүдээс дурдвал:

1. *Бакалаврын судалгааны ажил*: “Автомашины хөдөлгүүрийн нэр томьёоны сан үүсгэх загвар” сэдэвтэй хөдөлгүүрийн эд ангиудын дэлгэрэнгүй өгөгдлийн сан үүсгэх, орчуулах тухай судалгаа (С.Солонго. 2012 он); “Авто замын салбарын англи, монгол нэр томьёоны орчуулга” сэдэвтэй тус салбарын тэр тусмаа хучилт, эвдрэл, технологи материалтай холбоотой нэр томьёог харьцуулан судалж, хэрхэн орчуулсан тухай судалгаа (Б.Энхнаран. 2012 он); “Зам гүүрийн тоног төхөөрөмжийн нэр томьёог зэрэгцүүлэн судлах нь” сэдэвтэй япон, монгол нэр томьёоны ижил төстэй болон ялгаатай талыг харьцуулж, зөв оноосон эсэхэд ажиглалт хийсэн судалгаа (Б.Батням. 2013 он); “Суудлын автомашины нэр томьёо, хэрэглээ” сэдэвтэй автомашины нэр томьёог орчуулж, япон хэлний нэр томьёоны орчуулгын онцлогийн тухай судалгаа (П.Дуламсүрэн. 2016 он); “Авто зам, гүүрийн салбарын үг хэллэг, нэр томьёоны оноолтын харьцуулалт” сэдэвтэй авто зам, гүүрийн салбарын нэр томьёоны бүтэц, оноолт, түүний тухай стандартын судалгаа (С.Долгорсүрэн. 2022 он); “Автомашины хөдөлгүүрийн англи, монгол нэр томьёо” сэдэвтэй автомашины хөдөлгүүрийн нэр томьёог англи хэлээс монгол хэлэнд оноосон байдалд ажиглалт хийн, ангилан хувааж, харьцуулсан дүн шинжилгээ хийсэн судалгааны ажил (Б.Амаржаргал. 2023 он).

2. *Магистрын судалгааны ажил*: “Техникийн нэр томьёог онооход тулгардаг зарим асуудлууд (автомашины англи-монгол нэр томьёоны жишээгээр)” сэдэвтэй магистрын бүтээл (Б.Одмөнх. 2014 он); “Камминс дизель хөдөлгүүрийн нэр томьёоны орчуулга” сэдэвтэй камминс хөдөлгүүрийн эд ангийн нэр томьёог орчуулахад хэрэглэсэн аргын тухай мөн өөрийн хувилбарыг дэвшүүлсэн ажил (Д.Сэргэлэн. 2018

он); “Авто механикийн салбарын нэр томьёо, түүний хэрэглээ” сэдэвтэй авто механикийн салбарын нэр томьёо бүтэх арга, түүнийг хэрхэн хэрэглэж байгаа талаарх судалгаа (П.Цэцэгбадам 2020 он); “Техникийн нэр томьёог онооход тулгардаг зарим асуудлууд (автомашины англи-монгол нэр томьёоны жишээгээр)” сэдэвтэй мэргэжлийн үг хэллэгийн онцлог шинж, нэр томьёонд тавигдах шаардлагын дагуу монгол хэлнээ орчуулсан байдалд дүн шинжилгээ хийж, тулгарч буй асуудлуудыг тодорхойлон, дүгнэлт гаргаж, өөрийн саналыг дэвшүүлсэн судалгаа (Б.Одмөнх); “Техник, технологийн метафоржсон нэр томьёоны судалгаа” сэдэвтэй нэр томьёо, метафорын талаар судалсан онол, судалгаа шинжилгээний зохиол бүтээлүүдийг нэгтгэн дүгнэж, тоймлосон судалгаа (Э.Отгонбаяр. 2023 он)

ЗОРИЛГО, ЗОРИЛТ

Энэхүү судалгааны ажлын хүрээнд бид автотээврийн хэрэгслийн нэр томьёог англи хэлээс монгол хэлэнд оноосон байдалд ажиглалт хийн, ангилан хувааж, харьцуулан дүн шинжилгээ хийснээр зарим нэр томьёог тавигдах шаардлагад нийцүүлэх, боловсронгуй болгох, хэрэглээнд хэвшүүлэхэд хувь нэмрээ оруулахад оршино.

Үүний тулд дараах зорилтуудыг тавьж ажиллалаа:

- нэр томьёоны тухай судалгаа, бүтээлүүдийг уншиж онолын үндэслэлтэй танилцах;
- нэр томьёог тогтоох болон орчуулах аргыг судлах;
- хэрэглэгдэхүүнээс нэр томьёог түүвэрлэн ажиглалт хийх;
- түүвэрлэсэн нэр томьёог орчуулгын аргуудаар ангилах;
- орчуулгын хувилбарыг салбарын толь бичиг, тайлбар толь, сурах бичиг зэрэгтэй харьцуулан, оновчтой орчуулсан эсэхэд дүн шинжилгээ хийх.

АРГА ЗҮЙ, ХЭРЭГЛЭГДЭХҮҮН

Шинжлэх ухааны судалгааны түгээмэл арга болох түүвэрлэх, ангилах, ажиглалт хийх, харьцуулан судлах, дүн шинжилгээ хийх арга ашиглан хэрэглэгдэхүүн болох “Ланд Круйзер автомашины хэрэглэгчийн гарын авлага”-ын жишээн дээр судалгаа хийлээ.

I. НЭР ТОМЬЁОНЫ ТУХАЙ

Үгийн айг нягтлан үзвэл нэгэн хэсэг нь бидний өдөр тутам хэрэглэгдэх энгийн үгсийн зүйл бөгөөд тэдгээр нь шинжлэх ухааны аймаг салбарт тусгай утга ухагдахуунгүй үгийн зүйл байх ба утга илэрхийлэхгүй сул хоосон үг биш монгол хэлний нийтийн санд багтаж, холбогдох үгийн утгыг тодотгож, тухайн үгийн өөр утгыг

илэрхийлэх, нэвтрүүлэх үг байдаг. Харин үүнтэй эсрэг шинжтэй буюу гагц утгатай, өөрөөр хэлбэл ухагдахуун утга нь хязгаарлагдмал оноосон нэг санаа бүхий үг байдаг.

1.1. Нэр томьёоны тодорхойлолт

Шинжлэх ухаан, технологи, нийгэм эдийн засгийн салбар бүрд шинэ мэдлэг, шинэ бүтээгдэхүүн, үйлчилгээг нэрлэсэн нэр томьёог боловсруулах, журамлах, жигдлэх шаардлага байсаар байна. Тодорхойлолтгүй нэр томьёо гэж байхгүй. Өөрөөр хэлбэл, нэр томьёог үгээс ялгах гол шалгуур нь тодорхойлолт юм. Нэр томьёоны тодорхойлолт бол тухайн нэр томьёогоор илэрч буй ухагдахууныг ойлгож, танин мэдэхэд чухал ач холбогдолтой. Гадаад, дотоодын эрдэмтэд нэр томьёог янз бүрээр тодорхойлсон байдаг, тухайлбал:

- А.А.Реформатский (1959): "Нэр томьёо бол шинжлэх ухаан, техник, урлаг, улс төр гэх мэт тодорхой салбарын үйл ажиллагаанд хэрэглэгддэг тусгай зориулалттай үгсийн сан бөгөөд нэг утгатай байх, тодорхой илэрхийлэх шаардлагыг хангадаг."

- Д.С.Лотте (1961): "Нэр томьёо нь тухайн шинжлэх ухаан, техникийн салбарын онолын систем дэх ухагдахууныг нэрлэж, тодорхой утга агуулгыг агуулсан үгс, хэллэгүүд юм."

- Г.Винокур: "Нэр томьёо бол тусгай үг биш, тусгай үүрэгтэй үг".

- В.М.Лейчик (2009): "Нэр томьёо гэдэг нь тодорхой мэргэжлийн салбарын ухагдахуун, объект, үзэгдлийг нэрлэж, тухайн салбарын онолын системийн элемент болсон тусгай лексик нэгж юм."

- Мария Тереза Кабре: "Нэр томьёо нь тодорхой мэдлэгийн салбарт онцгой утга, хэрэглээтэй үг, хэллэг бөгөөд тухайн салбарын мэргэжилтнүүдийн харилцааны чухал хэрэгсэл юм."

- Евгений Вюстер: "Нэр томьёо нь ухагдахууны системийг тусгасан үгсийн систем бөгөөд олон утгагүй, нэг утгатай байх нь зайлшгүй шаардлага болдог."

- Олон Улсын Стандартчиллын Байгууллага (ISO): "Нэр томьёо нь тодорхой мэргэжлийн салбарт ухагдахуун, ойлголт, объектыг илэрхийлэх үг эсвэл үгсийн хэллэг бөгөөд нэг утга, тодорхой ойлголтыг дамжуулах зорилготой."

- Эрдэмтэн Ч.Догсүрэн (1988): "Нэр томьёог шинжлэх ухаан, техникийн олон салбар тус бүрийн хүрээнд багтдаг юм, үзэгдэл, тэдгээрийн тухай ойлголтыг тэмдэглэсэн үгсийг нэр томьёо хэмээн нэрлэнэ"

- Д.Дашдаваа, Э.Равдан (1980) нар: "Нэр томьёо нь тодорхойлж буй зүйлийнхээ талаар ерөнхий

төсөөлөл өгч, нэр томьёог хэрэглэхэд хоёрдмол санааг гаргуулдаггүй байна. Нэр томьёоны тогтолцоогоор тодрон гарсан шинжлэх ухааны хэл ойролцоо болон тусгай харилцан ойлголцох бололцоо олгодог бөгөөд үүгээр л нэр томьёоны тогтолцооны гол, харилцааны үүрэг тодорхойлогдоно. Үг нэр томьёо болохдоо хэрэглэгдэх хүрээ нь багасаж гагцхүү тухайлсан сэдэвт тусгай нэгэн утгаар орох болдог." гэжээ.

- Ж.Төмөрцэрэн (2001): "Нэр томьёо (термин) бол үгийн сангийн нэлээд боловсорсон хэсэг болох бөгөөд соёл урлаг, улс төр, эдийн засаг, шинжлэх ухаан техникийн аль нэгэн салбарт тогтмол хэрэглэгдэх, оновчтой ухагдахуун илтгэсэн ганц утга хадгалсан зориуд боловсруулан зохиосон, нэрийтгэл үгийг хэлдэг юм".

- Ж.Баянсан: "Нэр томьёо бол тухайн салбарын онцлогт тохирсон, нэг утгатай, тодорхой илэрхийлэх чадвартай, системтэй холбоо бүхий үгсийн цогц юм."

- Л.Хүрэлбаатар: "Нэр томьёо нь тодорхой шинжлэх ухааны салбар, үйл ажиллагааны хүрээнд ашиглагдах тусгай үг, хэллэг бөгөөд тогтсон, тодорхой утга агуулгатай, нэг салбарын дотор системтэй байдаг."

1.2. Шинжлэх ухаан, техникийн нэр томьёонд тавьдаг үндсэн шаардлага

- Нэр томьёо аль болох товч (болбол ганц, хоёр үгээс, бүр уртдаа л гурван үгээс бүтсэн байх),

- Ганц утгатай (өөрөөр хэлбэл олон утгагүй байх),

- Ойролцоо утгат үггүй (юм, үзэгдэл, ойлголт тус бүрд ганц л нэр томьёо байх),

- Найруулгын болон сэтгэл хөдлөлийн өнгөгүй (тодруулж хэлбэл, шинжлэх ухааны бүтээл, уран зохиол, нийтлэл, албан бичиг, ярианы хэлний аль алинд өөрчлөгддөггүй, нэг л янзаараа орж явдаг), оновчтой (буюу тэмдэглүүлж буй цаад юм, үзэгдэл, ойлголтынхоо онцлог шинжийг тусган илэрхийлж чаддаг), тухайн хэлний үг бүтэх ёсны үүднээс зөв мөн дуудахад эвтэйхэн, гоо зүйн шаардлагад тохирсон байх ёстой гэж онолын үүднээс үздэг бөгөөд үүнийг нэр томьёоны үндсэн шаардлага гэж нэрлэдэг.

1.3. Монгол хэлнээ нэр томьёог тогтооход баримталдаг зарчим

Нэр томьёоны судлалд үг бүтэх ёс туйлын нарийн тул нэр томьёог нэг мөр болгох нь өнөө үед нэн чухал болж байна.

Монгол хэлнээ нэр томьёо тогтооход баримталж ирсэн хэд хэдэн арга байх ба Ч.Догсүрэн (1988) дараах аргуудыг тодотгожээ:

- монгол бичгийн болон ярианы хэлэнд нэгэнт байсан уламжлалт үгсийг тэр хэвээр нь (буюу шууд утгаар нь улируулан хэрэглэх;

- монгол хэлний үгсийн сан дахь түүхэн ба хуучирсан үгийг шинэ утгаар сэргээн хэрэглэх;
- монгол бичгийн болон ярианы хэлний зарим үгийн утгыг шилжүүлэн хэрэглэх;
- монгол хэлнийхээ үг бүтээх аргыг ашиглан шинэ нэр томьёо бий болгох;
- нутгийн олон аялгууны үгээс оновчтой заримыг авч хэрэглэх;
- гадаад хэлний буюу олон улсын чанартай нэр томьёог хуулбарлан орчуулах;
- гадаад хэлээс, зонхилон олон улсын чанартай нэр томьёо зээлдэн авах. Монгол хэлнээ шинжлэх ухаан, техникийн нэр томьёо тогтоохдоо бид эдгээр үндсэн зарчмыг мөрдлөг болгож байна.

Эрдэмтэн Э.Вандуй "Орчин цагийн монгол нэр томьёо" /1959/ гэдэг өгүүлэл нийтлүүлж:

- монгол бичгийн болон аман хэлэнд байгаа нэр томьёог европын ямар нэгэн хэлтэй дүйлгэх;
- үгийн утга өргөжиж шинэ утга нэмэгдэх;
- харь хэлний үгийг орчуулан буулгах;
- шинэ үг зохиох;
- гадаад үгийг хэвээр авах;
- тохирох монгол үг хэрэглэх;
- үг хурааж товчлох;
- харь хэлээс зээлдэх;
- бусад монгол хэлтнээс зээлдэх;
- хуучирсан үг дахин сэргэх гэх зэргээр нэр томьёо тогтоох 10 зарчмын асуудлыг тавьсан.

1.4. Нэр томьёоны орчуулга

Нэр томьёо мэргэжлийн үг хэллэг шинжлэх ухаан, техник, нийгэм улс төрийн сэдэв орчуулахад багагүй үүрэг гүйцэтгэдэг. Эрдэм шинжилгээний болон шинжлэх ухаан, техникийн сэдвийг орчуулах үед нэр томьёоны асуудал гарч ирдэг. Нэр томьёо хам сэдвээсээ болж янз бүрийн ухагдахууны нэр болж шинжлэх ухаан, техникийн салбарт өргөн хэрэглэгддэг. Нэр томьёо бас бусад үг адил хааяа салаа утгатай байдаг. Тийм нэр томьёо тухайн эх бичигт ямар утгаараа орсныг ухаарч орчуулахдаа цаад тэмдэглэж буйухагдахууныг сайтар мэдэх, мөн чанарыг ухаарах нь чухал. Шинжлэх ухаан болон шинжлэх ухаан техникийн холбогдолтой сэдвүүдийг орчуулахдаа голдуу цаад орчуулж байгаа хэлэнд бэлэн байгаа нэр томьёог юуны өмнө ашигладаг. Нэр томьёог буруу орчуулснаас эх зохиолын утгыг сүрхий гажуудуулахад хүрдэг.

Нэр томьёог зөв ойлгож, зөв орчуулахад мэргэжлийн бус үг хэллэгээс нэр томьёог ялгадаг утга зүйн онцлогуудыг мэдэх хэрэгтэй. Үүнд:

- хам сэдэвтэй өвөрмөц харилцан үйлчилгээтэй;
- дотоод хэлбэр онцгой үүрэгтэй;
- олон улсын чанартай нэр томьёо ихэд дэлгэрсэн.

Нэр томьёог дараах аргуудаар ихэнх тохиолд орчуулдаг хэмээн хэлшинжээч

Д.Дашдаваа, Э.Равдан нар “Нэр томьёоны тухай” номдоо өгүүлжээ. Үүнд:

1. Үгсийн сангийн үүднээс таарч тохирох үг эх хэлээсээ сонгон орчуулах буюу дүйлгэн орчуулах.

Энэ нь хамгийн түгээмэл арга болно. Хэлний дотоод бололцоонд түшиглэн шинэ нэр томьёо үүсгэхдээ уг зүйлийн агуулга, зориулалтыг нь бодолцдог. Энэ нь дүйцүүлэн орчуулах хамгийн түгээмэл бөгөөд сайн арга юм. Гэхдээ хэлбэр, бүтцээрээ гадаад нэр томьёотой дүйхгүй монгол нэр томьёогоор орчуулах тохиолдол олонтоо. Хэлний дотоод бололцоонд түшиглэн шинэ нэр томьёо үүсгэхдээ уг ухагдахууны агуулга зориулалтыг бодолцох хэрэгтэй байдаг.

2. Галигчлан буулгах. Оноосон нэрийг голдуу галигчлах ба үсэглэх аргаар буулгадаг. Галигчлах гэдэг нь өөрийн хэлний үсгийг ашиглан гадаад хэлний үгийн авиаг тэмдэглэхийг хэлдэг бол үсэглэх нь гадаад хэлний үгийн үсэг бүрийг өөрийн хэлний үсгээр орлуулан бичихийг хэлдэг. Дараах зарчмуудыг баримтлан харь нэр томьёог эх хэлнээ буулгавал хэл шинжлэлийн үүднээс хэм хэмжээндээ нийцсэн зээлдмэл нэр томьёо болох юм. Үүнд: харь хэлний нэр томьёо нь тухайн мэргэжлийн олон улсын дундын болон тогтсон буюу олон улсын дундын болох хандлагатай нэр томьёог шууд авч хэрэглэх; тухайн шинэ ухагдахууныг оновчтой нэрлэх нэрлэлт монгол утга зохиолын хэл болон нутгийн аялгуунд байхгүй буюу монгол хэлний үг бүтэх арга, загвараар тухайн нэр томьёог бүтээх боломжгүй тохиолдолд авч хэрэглэх.

3. Хуулбарлан (үгчлэн) орчуулах.

Хуулбарлах буюу үгчлэн орчуулах арга нь нэр томьёог ерөнхий нэрийтгэл утгаар нь шууд загварчлан буулгадаг арга юм. Монгол хэлний нэр томьёоны орчуулгад, ялангуяа шинээр орж ирж буй нэр томьёог үгчлэн орчуулахад энэ арга өргөн хэрэглэгддэг нь харагдаж байсан. Энэ нь нийлэмж үгээс бүрдсэн нэр томьёог орчуулахад ихэвчлэн хэрэглэгдэж байна. Орчуулж буй хэлэнд дүйх үггүй үг хэллэгийг буулгахдаа энэ аргыг хэрэглэнэ. Үгчлэн орчуулахад үгээрээ буусан монгол үг тухайн юм үзэгдэл, ойлголтыг цаад хэлээр байгаа үгийн дайтай орчуулж байна уу эсэхийг анхаарна. Харь хэлний үгийг монгол хэлэнд буулгахдаа яг эхний байгаа утгаар нь орчуулдаг.

4. Дүйх нэр томьёоны бүтцийн нэг хэсгийг үгчлэн орчуулж, нөгөө хэсгийг галиглан

буулгах буюу харь үгийг монгол үгтэй зэрэгцүүлэн хэрэглэх. Энэ аргаар орчуулагдсан нэр томьёо нь холимог тогтоцтой нэр томьёо болдог. Энэ аргаар орчуулагдсан нэр томьёоны бүтцийн нэг хэсгийг орчуулж, нөгөө хэсгийг галигчлан буулгадаг. Энэхүү аргаар ерөнхийдөө холбоо үгээс бүтсэн нэр томьёог орчуулдаг.

5. Үгсийн сангийн бололцоотой хоёр хувилбарын аль нэгийг сонгон авах. Энэ нь олон хувилбараар орчуулсан байдаг нэр томьёоноос сонгон хэрэглэх арга юм. Харь үг анх хэлэнд орж ирэхдээ оноох хувилбар байхгүйн улмаас гадаад үгээр хэрэглэгдээд, цаг хугацааны явцад тохиромжтой монгол нэр томьёо бий болсны улмаас аль аль нэр томьёог хэрэглэх боломжтой. Басхүү олон хувилбараар орчуулсан байдаг нэр томьёоноос сонгон хэрэглэх арга юм. Галигчлан буулгах аргаар орчуулах, дүйлгэн орчуулах, хуулбарлах аргаар орчуулах зэргээр нэг нэр томьёонд орчуулгын олон хувилбар оногдох нь бий. Гэхдээ шинжлэх ухааны нэг ухагдахууныг хэд хэдэн нэр томьёогоор тэмдэглэх нь нэр томьёог стандартчилахад маш том саад болдог.

6. Тайлбарлах арга. Дээрх аргуудаас гадна нийлэмж үгээр тайлбарлан орчуулах арга байдаг. Энэ нь тухайн ухагдахууныг тэмдэглэж буй нэр томьёог эх хэлнээ тодорхой байдлаар буулгах боломжгүй тохиолдолд ойлгомжтой байлгах үүднээс тайлбарлан орчуулдаг арга юм.

II. АВТОТЭЭВРИЙН ХЭРЭГСЛИЙН НЭР ТОМЬЁОНЫ ОРЧУУЛГЫН СУДАЛГАА

Автотээврийн салбарын олон нэр томьёог энгийн үг мэт сайн мэддэг, хэрэглэддэг нь бид техник технологи, автомашинтай тасралгүй харьцаж, энэ төрлийн нэр томьёо өдөр тутмын хэрэглээ болсонтой холбоотой. Тухайн салбар манай улсад дэлгэрэн хөгжиж олон тооны мэргэжилтэн, зохион бүтээгч, инженер шинээр гарч ирэх эсэхэд тогтсон нэр томьёо, нэр томьёоны стандартчилал их бага хэмжээгээр нэмэр болно.

Бид автотээврийн хэрэгслийн салбарын англи-монгол нэр томьёоны орчуулгын судалгааг “Land Cruiser owner’s manual” болон түүний орчуулгын хувилбар болох “Ланд Крузер автомашины хэрэглэгчийн гарын авлага”-аас 66 нэр томьёог түүвэрлэж, орчуулгын аргуудад хуваан, орчуулгын оноолтод дүн шинжилгээ хийлээ.

2.1. Галигчлан буулгах ба үсэглэх аргаар орчуулах. Энэ арга нь олон улсын шинж чанартай нэр томьёо болон техник, технологийн салбарын орчуулгад түгээмэл ашиглагддаг. Дараах зарчмуудыг баримтлан харь нэр томьёог эх хэлнээ буулгавал хэл шинжлэлийн үүднээс хэм хэмжээндээ нийцсэн зээлдмэл нэр томьёо болох юм. Нийт 66 нэр томьёоноос галигчлах аргаар орчуулсан 8 нэр томьёо буюу 12% эзэлж байна. Тухайлбал: *audio/video system - аудио/видео систем, entertainment system- энтертейнмент систем, navigation system - навигацын систем* г.м.

2.2. Дүйлгэн орчуулах Нэр томьёог дүйлгэн орчуулна гэдэг нь зорилтот хэлэнд сурвалж хэлний нэр томьёоны утгыг бүрэн хадгалж чадахуйц дүйцлийг олж оноохыг хэлдэг. Хэлний дотоод бололцоог үндэслэн шинэ нэр томьёо үүсгэхдээ агуулга, зориулалтыг сайтар бодолцох хэрэгтэй.

Бидний сонгон авсан орчуулгын хэрэглэгдэхүүнд дүйлгэн орчуулсан 18 нэр томьёо буюу 27% байлаа. Жишээ нь: *anti-lock brake system – үл түгжигдэх тоормосны систем, front air conditioning system - урд агааржуулалтын систем, neutral shift - сул араа* г.м.

2.3. Хуулбарлах/үгчлэх аргаар орчуулах арга нь нэр томьёог ерөнхий утгаар шууд загварчлан буулгах юм. Нэр томьёо, шинжлэх ухааны салбарын нэр томьёоны дийлэнх хувийг үгчилж орчуулсан нэр томьёо эзэлж, бүтээх арга, утга зүйн арга гэсэн хоёр аргыг ашигладаг. Хуулбарлах буюу үгчлэн орчуулах нь тухайн хэлний үгийн санд шинэ үг нэвтрүүлэх эерэг боломж бий болгодог ч гадаад хэлний нэр томьёо бүрийг хуулбарлан орчуулаад байвал тухайн нэр томьёоны утгын тал алдагдах сөрөг талтай. Тус аргаар орчуулагдсан 26 нэр томьёоны 40% эзэлж байна. Тухайлбал: *side door - хажуугийн хаалга, turn signal light - эргэх дохионы гэрэл, window lock switch - цонх түгжих товч* г.м.

2.4. Тайлбарлан орчуулах арга нь голдуу үндэсний онцлог үгийг орчуулахад түгээмэл ашиглагддаг. Мөн хам сэдвээс хамаарч зарим нэгэн үг хэллэгийн утгыг нэмэлт маягаар тайлбарлаж оруулдаг. Бидний сонгон авсан хэрэглэгдэхүүнд энэ аргаар орчуулагдсан 14 нэр томьёо буюу 21% байна. Жишээ нь: *accelerator - хаазны дөрөөний ажиллагаа, hands-free system - гарын оролцоогүй харилцааны систем, meters - хяналтын самбарын хэмжүүрүүд* г.м.

Англи хэл дээрх гарын авлагаас түүвэрлэсэн 66 нэр томьёоны ихэнх нь толь

бичгийн орчуулгатай тохирч, орчуулгын хувилбарт алдаагүй орчуулагдсан байна.

Аль ч салбарын ямар нэг ухагдахууныг тухайн салбартаа нэрлэх нэг нэр томьёо байх ёстой. Мөн нэг нэр томьёог олон янзаар орчуулах, нэр томьёог оновчгүй орчуулах, хоёр өөр ухагдахууныг нэг нэр томьёогоор орчуулан хэрэглэх нь хэлний эмх цэгцэд харш төдийгүй тухайн нэр томьёоны заасан ухагдахууныг тодорхой биш болгодог.

Хэрэглэгдэхүүн болгон сонгож авсан “Ланд Круйзер автомашины хэрэглэгчийн гарын авлага”-д буруу хэрэглэгдсэн 2 нэр томьёог жишээ болгон судаллаа. Тухайлбал: **switch** гэдэг нэр томьёо 49 давтагдсанаас 44 удаа **товч**, 2 удаа **асаагуур**, 2 удаа **түлхүүр**, 1 удаа **унтраалга** гэж 4 өөр янзаар орчуулагдсан байна. Жишээ нь:

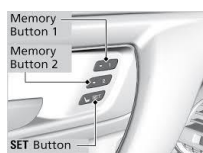
- **headlight cleaner switch** (p. 249) – **их гэрэл цэвэрлэгчийн товч** (х. 372),
- **indicates the action (pushing, turning, etc) used to operate switches and other devices** (p. 12) – **товч** болон **төхөөрөмжийг ажиллуулах үеийн үйлдэл (дарах, эргүүлэх г.м.)-ийг тайлбарлана.** (х. 12),
- **tilt telescopic steering control switch** (p. 167) – **автомат удирдлагатай жолооны хүрдний товч** (х. 254),
- **yead light switch** (p. 228) – **их гэрлийн асаагуур** (х. 337),
- **engine switch** (p. 209) – **асаах түлхүүр** (х. 313),
- **fog light switch** (p. 237) – **манангийн гэрлийн унтраалга** (х. 350).



Зураг 1. Fog light switch

Нэг нэр томьёо нь хэрэглэгдэх салбар хүрээнийхээ дотор ганц утга илэрхийлдэг. Тухайн ухагдахуун онолын үүднээс шийдвэрлэгдээгүй, маргаантай тохиолдолд нэг ухагдахууныг нэрлэсэн хос нэр томьёо байж болох ч тухайн ухагдахууны мөн чанарыг зөв тодорхойлсон үед аль оновчтой нэрлэлт нь үлдэнэ хэмээн эрдэмтэн Ц.Өнөрбаян бичсэн байдаг (2014, х. 121) хэдий ч бидний хэрэглэгдэхүүнд **switch**, **button** хэмээх хоёр нэр томьёог хоёуланг нь **товч** хэмээн орчуулагдсан байсан. Жишээ нь: **Button** гэсэн нэр томьёо нийт 9 удаа хэрэглэгдсэн ба бүгд **товч** гэж орчуулагдсан байна:

- **driving position memory buttons** (p. 159) – **жолоодлогын байрлал санах системийн товч** (х. 25);



Зураг 1. Driving position memory button

- **odometer/trip meter and trip meter reset button** (p. 94) – **одометр/гүйлт болон гүйлт тэглэх товч** (х. 133);



Зураг 3. Trip meter reset button

- **inside lock buttons** (p. 119) – **түгжих товч** (х. 166);
- **to release the seat belt, press the release button** (p. 32) – **аюулгүйн бүсийг тайлах үед гархины товчин дээр дарна** (х. 43).

Англи хэлний хоёр өөр нэр томьёог монголоор нэг нэр томьёогоор орчуулсан байгаагаас орчуулгын аль хувилбар нь илүү оновчтой эсэхэд дүн шинжилгээ хийхдээ Канадын нэр томьёоны стандарт болон тухайн салбарын англи, монгол хэл дээрх мэргэжлийн болон тайлбар толь бичгүүдийг ашигласан болно.

- Канадын нэр томьёоны өгөгдлийн санд (www.btb.termiumplus.gc.ca): **switch** – **device for changing the connection of circuit**; **button** – **control drive finger operated by pushing**.

- Cambridge цахим толь бичигт: **switch** – **a small device, usually pushed up or down with your finger, that controls and turns on or off an electric current**; **button** – **a small, sometimes circular object that to operate a device or a machine, or an area on a computer screen that looks and acts like one of these: “He inserted the disk and pressed the “play” button”**.

- Oxford толь бичигт: **switch** – **a device for making and breaking the connection in an electric circuit**; **button** – **a small device on a piece of electrical or electronic equipment which is pressed to operate it**.

- Автомашин англи-монгол тайлбар толь бичигт **switch** – **сэлгүүр, сэлгэн залгуур, цахилгаан хэлхээний холболтыг өөрчлөх**; **button** – **товч (кноп), товчлуур хэмээн тайлбарласан байна**.

- Т.А.Сиротина “Современный англо-русский русско-английский словарь”-д **switch** – **прут, хлыст; шиньон, накладка; переключатель, переключение**, **button** гэх үгийг **пуговица, кнопка; все что малоозначительно** гэж орчуулсан байна.

- Монгол хэлний их тайлбар тольд: **товч** – **цахилгаан болон электрон төхөөрөмжийн үйлдлийг удирдах жижиг товч**; **асаагуур** – **шатагч шингэн бүхий тамхи асаах ноцоох оньсон хэт**; **түлхүүр** – **цоож, оньс зэргийг нээх, онгойлгох хэрэгсэл**, **унтраалга** – **цахилгаан гүйдлийг гүйлгэх болон зогсоох хэрэгсэл**, **сэлгүүр** – **сэлгэх юм; сэлэх, солих, ээлжлэх**: “Машиныхаа хол ойрын гэрлийг сэлгээд ч тус болсонгүй” хэмээн тайлбарлагдсан байна.

Дээрх нэр томъёоны толь бичиг дэх тодорхойлолт, орчуулга, тайлбарыг харьцуулан үзвээс **switch** гэсэн нэр томъёог **сэлгүүр** харин **button** хэмээх нэр томъёог **товч** хэмээн орчуулах нь илүү оновчтой хэмээн дүгнэж байна.

ДҮГНЭЛТ

Монгол Улсад автотээврийн салбар 113 жилийн хугацаанд ихээр өргөжин, тухайн салбарын нэр томъёо улам бүр нэмэгдэж байгаа тул тус салбарын нэр томъёог тогтоох, жигдлэх нь тулгамдсан асуудлын нэг юм. Энэ асуудлыг шийдвэрлэхэд өөрийн хувь нэмрийг оруулах зорилгоор хийсэн энэхүү судалгааны ажилд “Ланд Круйзер автомашины хэрэглэгчийн гарын авлага”-аас 66 нэр томъёо түүвэрлэн авч, орчуулгын аргуудаар ангилан, орчуулгад дүн шинжилгээ хийсний үр дүнд дараах дүгнэлтэд хүрсэн болно.

1. Хэрэглэгдэхүүн дэх нийт нэр томъёо орчуулгын 4 аргаар орчуулагдсанаас:



2. Орчуулгын явцад гардаг алдаануудаас бидний сонгон авсан хэрэглэгдэхүүнд нэг нэр томъёог олон янзаар орчуулах, нэр томъёог оновчгүй орчуулах, хоёр өөр ухагдахууныг нэг нэр томъёогоор орчуулах зэрэг алдаа ажиглагдсан нь хэлний эмх цэгцэд харшаас гадна уншигчдыг төөрөгдүүлэх, буруу ойлголт өгөх сөрөг нөлөөтэй тул бид Канадын нэр томъёоны стандарт, автотээврийн салбарын англи, монгол орчуулгын болон тайлбар толь бичгүүд ашиглан дүн шинжилгээ хийсний үр дүнд **switch** гэсэн нэр томъёог **сэлгүүр** харин **button** хэмээх нэр томъёог **товч** хэмээн орчуулах нь зохистой хэмээн дүгнэлээ.

АШИГЛАСАН МАТЕРИАЛ, НОМ ЗҮЙ

1. Адьяа О. Хэл, хэлшинжлэл, орчуулга: сурахуй, сургахуй, судлахуй. Уб., 2005.
2. Вандуй Э. Орчин цагийн монгол нэр томъёо. Уб., 1959.
3. Гүрбазар Р. Орчуулгын онол, дадлагын үндэс. Уб., 1996.

4. Дашдаваа Д., Равдан Э. Нэр томъёоны тухай. Уб., 1980.
5. Догсүрэн Ч. Монгол нэр томъёо оноох, толилох, жигдлэх асуудалд. Уб., 1988.
6. Монгол хэлний дэлгэрэнгүй тайлбар толь (I-V боть). Уб., 2008.
7. Төмөрцэрэн Ж. Монгол хэлний үгийн сангийн судлал. Уб., 1974.
8. Мөнхтуяа Б. Давааням Ш. Автомашин Англи-Монгол тайлбар толь бичиг. Уб., 2022.
9. <https://dictionary.cambridge.org/>
10. <https://nartam.org/en/>
11. <https://news.cardoctor.mn/read/1588>
12. <https://www.acea.auto/>
13. <https://www.uul.mn/h>
14. <https://mas.ac.mn/d64e7dc6>
15. https://dictionary.cambridge.org/dictionary/english/switch#google_vignette

ИХ СУРГУУЛИЙН ОЮУТНЫ ХИЧЭЭЛИЙН БИЕ ДААЛТЫН АЖИЛД CHATGPT ХЭРЭГЛЭХ НЬ

Ганхуягийн Цолмон¹
ШУТИС, Гадаад хэлний сургууль
tsolmntsoomy@gmail.com
Батмөнхийн Дэлгэрмаа²
ШУТИС, ГХС-ийн ахлах багш, доктор (Ph.D)
dima_1228@must.edu.mn

Хураангуй: Энэхүү эрдэм шинжилгээний илтгэлээрээ олон нийтийн хэрэглээнд хурдтай, нээлттэй, олон чиглэл, зориулалтаар нэвтэрсэн AI ChatGPT-г оюутан залуусын хэрэглэж буй бодит байдалд ажиглалт хийж, хиймэл оюун ухааны монгол хэл дээрх хөгжүүлэлт хэрэглэгчийн хэрэгцээ шаардлагад нийцэж буй эсэхийг тандан ажиглаж, монгол хэлээр бичсэн эсээ бичвэрт хэлний зүйн талаас задлан шинжлэл хийн, цаашид анхаарч сайжруулах чиглэлийг тодорхойлох зорилгоор хийсэн судалгааны үр дүнг танилцууллаа.

Түлхүүр үг: хиймэл оюун ухаан, эсээ, хэл зүйн найруулга, өгүүлбэрийн гишүүдийн байрлал, тодотгол гишүүн.

I. УДИРТГАЛ

ChatGPT бол OpenAI компанийн боловсруулсан хиймэл оюун ухааны (AI) загвар бөгөөд хүний хэлээр харилцах чадвартай хиймэл оюун ухаан юм. Энэ нь “Generative Pre-trained Transformer” (GPT) технологи дээр суурилсан бөгөөд үүний гол үүрэг нь бичвэр мэдээллийг ойлгож, харилцаж, боловсруулж, хариулт өгөх юм.

ChatGPT-г маш олон салбарт төрөл бүрийн байдлаар ашиглаж байна. Тухайлбал:

- Хэл боловсруулалт: Олон хэлээр бичигдсэн мэдээллийг ойлгож, боловсруулж, хариулт өгөх чадвартай.
- Харилцах чадвар: Хэрэглэгчийн асуултад хариулж, түүний асууж буй сэдвийг ойлгож, нэмэлт мэдээлэл өгч чадна.
- Өгөгдөл боловсруулах: Их хэмжээний текст мэдээлэл дээр анализ хийж боловсруулна.
- Програмчлалын код бичих: Програмчлалын хэлүүд дээр код бичих, засварлах, зөвлөгөө өгөх чадвартай.
- Бүтээлч үүрэг: Өгүүллэг, яруу найраг, зохиол бичих гэх мэт бүтээлч үүрэг гүйцэтгэх чадвартай.
- Дата анализ: Дата өгөгдлийг уншиж боловсруулах, тайлагнах чадвартай.
- Зураг үүсгэх: Хүссэн зургаа боловсруулан гаргаж авах боломжтой [цахим эх сурвалж 1].

Сүүлийн жилүүдэд хиймэл оюун ухаан (AI) нь технологийн салбарт томоохон дэвшилтүүд авчирч, олон салбарт өрсөлдөөнийг нэмэгдүүлж байна. Үндсэн дөрвөн төрлийн хиймэл оюун ухааны технологийг дараах хүснэгтэд харьцуулан харуулжээ [цахим эх сурвалж 1].

ХҮСНЭГТ 1. AI ТЕХНОЛОГИУДЫН ХАРЬЦУУЛАЛТ

Онцлог	DeepSeek R1	GPT-4 (OpenAI)	Claude 3 (Anthropic)	Gemini 1.5 (Google DeepMind)
Үйлчилгээний үнэ	Үнэгүй (нээлттэй эх)	Төлбөртэй (ChatGPT Plus)	Төлбөртэй (Claude Pro)	Төлбөртэй (Gemini Advanced)
Нээлттэй эх	✓ (Open-source)	✗ (Хаялттай)	✗ (Хаялттай)	✗ (Хаялттай)
Хурд ба үр ашг	Өндөр (тооцооллыг оновчлосон)	Дундаж (их хэргийн нөөц зарцуулдаг)	Өндөр (онлайн NLP чадвартай)	Дундаж (том хатуу учраас удаан)
Хэлний дэмжлэг	✓ Олон хэл (Хятадын өгөгдөл дээр давуу)	✓ Олон хэл (Англи дээр онцгой)	✓ Англи дээр маш сайн	✓ Олон хэл (Google-ийн өгөгдөл дээр суурилсан)
API ба хэрэглээ	✓ Нээлттэй API	✗ Хаялттай API (зөвхөн OpenAI хэрэглэгчид)	✗ Хаялттай API	✗ Хаялттай API
Дасан зохиох чадвар	✓ Хэрэглэгч өөрөө тохируулах боломжтой	✗ Тогтмол бүтэцтэй	✓ Дасан зохиох чадвартай	✓ Google-ийн өгөгдөл дээр илүү уяаа

2022 оны 11-р сард OpenAI компани ChatGPT-г олон нийтэд нээлтээ хийсэн [цахим эх сурвалж 1] цагаас хойш богинохон хугацаанд ChatGPT үнэгүй эсвэл хямд үнээр ашиглах боломжтой болсноор олон хүн туршиж, AI-ийн хүчин чадал нэмэгдэн, бодит амьдралд хэрэглээний хүрээ өргөжиж, нийгмийн бүхий л салбарт нэвтэрсэн. Үүний нэг жишээ болох оюутан суралцагсад AI ChatGPT-г сонирхлоороо болон хичээл сургалтад идэвхтэй ашиглах болсон. Бид энэхүү судалгааны ажлаараа оюутнуудын хичээл, бие даалтын даалгавар гүйцэтгэл дэх ChatGPT хэрэглээг тодорхойлох,

ChatGPT-гээр, монгол хэлээр бичсэн эх бичвэрт хэл зүйн задлал ажиглалт хийн, хэлний хэм хэмжээ, найруулгын шаардлагад нийцэж буй байдлыг тодорхойлох зорилго тавилаа.

2022 оны 11-р сард OpenAI компани ChatGPT-г олон нийтэд нээлтээ хийсэн [цахим эх сурвалж 1] цагаас хойш богинохон хугацаанд ChatGPT үнэгүй эсвэл хямд үнээр ашиглах боломжтой болсноор олон хүн туршиж, AI-ийн хүчин чадал нэмэгдэн, бодит амьдралд хэрэглээний хүрээ өргөжиж, нийгмийн бүхий л салбарт нэвтэрсэн. Үүний нэг жишээ болох оюутан суралцагсад AI ChatGPT-г сонирхлоороо болон хичээл сургалтад идэвхтэй ашиглах болсон. Бид энэхүү судалгааны ажлаараа оюутнуудын хичээл, бие даалтын даалгавар гүйцэтгэл дэх ChatGPT хэрэглээг тодорхойлох, ChatGPT-гээр, монгол хэлээр бичсэн эх бичвэрт хэл зүйн задлал ажиглалт хийн, хэлний хэм хэмжээ, найруулгын шаардлагад нийцэж буй байдлыг тодорхойлох зорилго тавилаа.

II. СУДАЛГААНЫ АРГА ЗҮЙ

Асуумж судалгаанд ШУТИС-ийн бүрэлдэхүүн сургуулиудын 1-4-р курсийн 124 оюутан хамрагдаж, хэрэгцээ сонирхлын тандалт хийв. Мөн түүнчлэн судалгааны 2 дахь зорилго болох монгол хэл дээрх эсээг оюутнуудын олонхын ашигладаг OpenAI болон Deepseek ChatGPT-гээр "Их сургууль төгсөгчийн ур чадварын чадамж ба ажил олгогчийн хэрэгцээ, шаардлага" гэсэн нэг сэдвээр 500 үгтэй эсээ бичих даалгавар өгч, бичсэн эсээний өгүүлбэрийн гишүүдийн байрлалд монгол хэлний зүйн үүднээс ажиглалт хийв. Судалгааны ажлын шинэлэг тал нь хиймэл оюун ухааны монгол хэлээр бичсэн эх бичвэрт хэл зүйн задлал хийсэн явдал бөгөөд цаашид AI-д монгол хэлний хэл зүйн зүй тогтлыг хөгжүүлэх ач холбогдолтой.

III. СУДАЛГААНЫ ҮР ДҮН

A. ChatGPT хэрэглээ, хэрэгцээ сонирхлын судалгаа

2024-2025 оны хичээлийн жилд ШУТИС-д суралцаж байгаа 124 оюутнаас ChatGPT хэрэглээний талаар асуумж судалгаа авсан. Энэхүү судалгаа нь оюутнуудын ChatGPT-г хэрхэн ашиглаж байгаа, тэдний хэрэгцээ шаардлагад хэр нийцэж байгаа талаарх мэдээллийг цуглуулснаас дараах үр дүнг илэрхийлж байна.



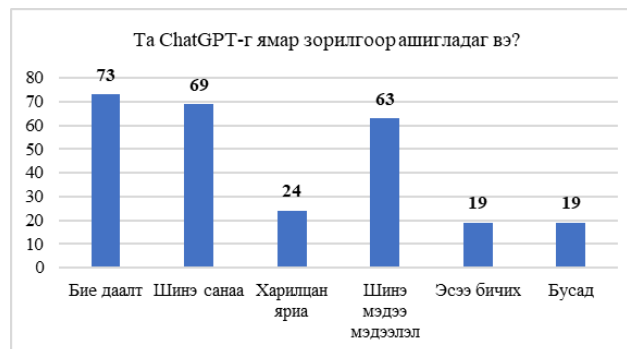
Зураг 1. Харьяа сургууль

Судалгаанд оролцогчдын ихэнх нь БАС, БУХС, ГУУС гэх мэт сургуулиудаас ирсэн байна. Хамгийн их оролцогч нь БАС-ийн оюутнууд байна (30 оролцогчтой).



Зураг 2. Суралцаж буй курс

Судалгаанд оролцогчдын ихэнх нь анхлан суралцаж буй оюутнууд байна. 58 оролцогч нь 1-р курсийн оюутан байхад 29 нь 2-р курсийн оюутан байна. Энэ нь шинээр элсэгчдэд ChatGPT нь сургалтын хэрэгсэл болж байгааг илтгэнэ.



Зураг 3. Ашигладаг зорилго

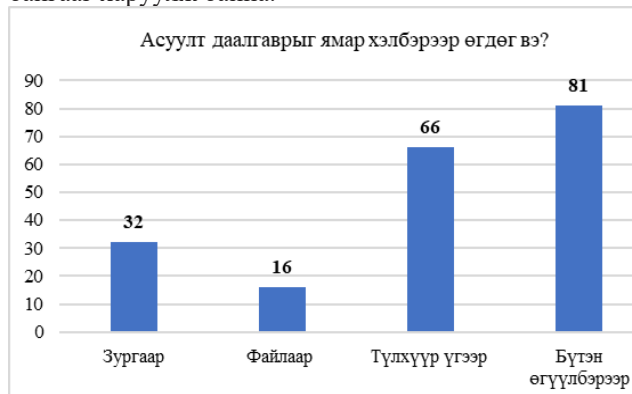
ChatGPT-г оюутнууд бие даалтын ажил хийх, шинэ санаа гаргах, харилцааны асуудал, шинэ мэдээ мэдээлэл авахад ашиглаж байна. 73 оролцогч нь бие даалтад, 69 нь шинэ санаа

гаргахад ашиглаж байна. ChatGPT нь оюутнуудын сургалтын үйл ажиллагаанд чухал хэрэгсэл болж байгааг харуулж байна.



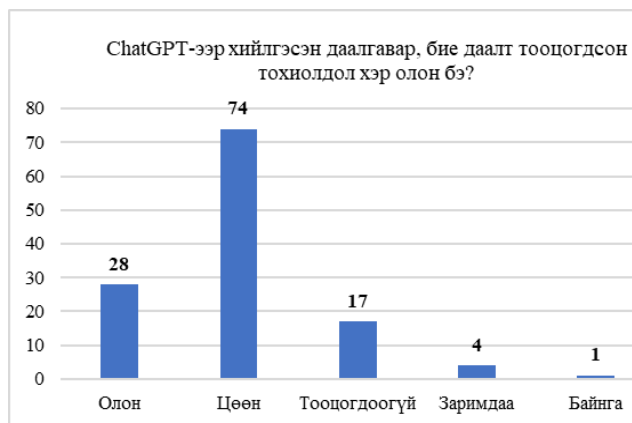
Зураг 4. Хэлний сонголт

ChatGPT-г оюутнууд ихэвчлэн англи хэлээр ашиглаж байна. 91 оролцогч нь англи хэлээр ашиглаж байхад хятад, орос, япон хэлээр ашигладаг нь харьцангуй бага байгаа нь англи хэлний давуу тал ChatGPT-д илүү тусгагдсан байгааг харуулж байна.



Зураг 5. Даалгаврын хэлбэр

Оюутнууд ихэвчлэн бүтэн өгүүлбэрээр даалгавраа өгдөг. 81 оролцогч нь бүтэн өгүүлбэрээр даалгавраа өгдөг бол, 66 нь түлхүүр үгээр даалгавраа өгдөг. Оюутнууд ChatGPT-д тодорхой, дэлгэрэнгүй асуулт тавьдаг байна.



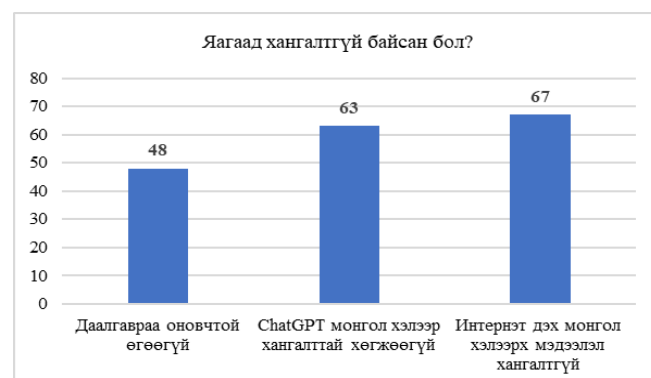
Зураг 6. Тооцсон бие даалт

74 оролцогч нь ChatGPT-гээр хийсэн даалгаврыг олон тохиолдолд тооцсон гэж харуулж байна. 28 оролцогч нь заримдаа тооцдог гэж харуулж байна.



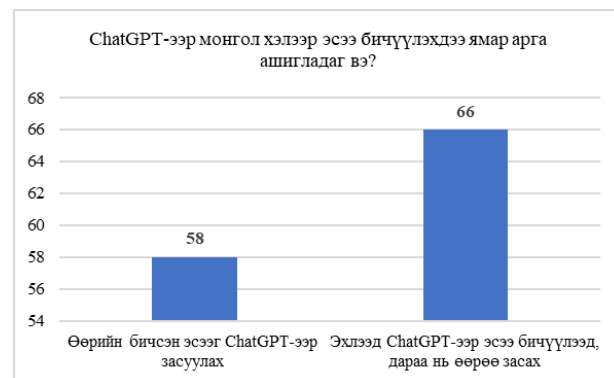
Зураг 7. Хэрэгцээ шаардлагын нийцэл

90 оролцогч нь ChatGPT-гээр хийсэн даалгавар нь хангалттай сайн, дунд гэж үзсэн бол, 34 оролцогч нь хангалттай тааруу, хангалтгүй гэж үзсэн. Энэ нь ChatGPT оюутнуудын хэрэгцээ шаардлагыг ихээхэн хангаж байна.



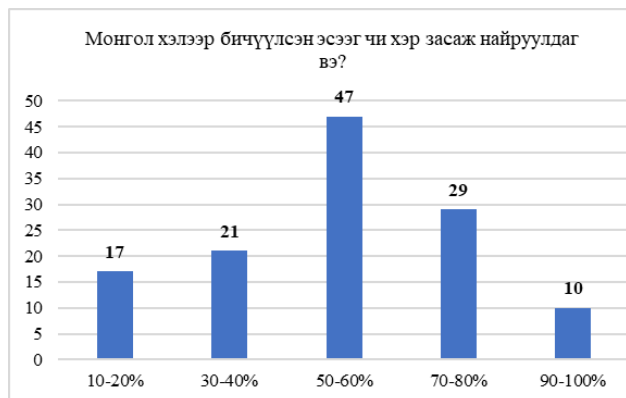
Зураг 8. Хангалтгүй байсан шалтгаан

Хангалтгүй байсан гол шалтгаан нь ChatGPT монгол хэлээр хангалттай хөгжөөгүй, интернэт дэх монгол хэлээрх мэдээлэл хангалтгүй байгаа явдал байна. Энэ нь монгол хэлээрх мэдээллийн хангамжийг сайжруулах шаардлагатайг илтгэнэ.



Зураг 9. ChatGPT-гээр бичүүлсэн эсээ

Оюутнууд ихэвчлэн ChatGPT-гээр эсээ бичүүлээд, дараа нь өөрсдөө засдаг. 68 оролцогч нь энэ аргыг ашиглаж байна. Энэ нь ChatGPT-г бичвэр боловсруулахад туслах хэрэгсэл болгон ашиглаж байгааг харуулж байна.



Зураг 10. Эсээ засах үйл ажиллагаа

Оюутнууд ихэвчлэн 50-60% засвар хийдэг. 29 оролцогч нь 50-60% засвар хийдэг бол, 21 оролцогч нь 30-40% засвар хийдэг. Оюутнууд ихэвчлэн засвар хийдэг. Энэ нь ChatGPT-гээр бичүүлсэн эсээг оюутнууд өөрсдөө засаж, сайжруулж байгааг харуулж байна.

B. ChatGPT бичсэн эсээ бичвэрийн судалгаа

Эсээ нь суралцагчийн сурах бичиг, ном, сэтгүүл, эрдэм шинжилгээний бүтээл зэргийг уншиж судалсныг бие даасан бүтээлч сэтгэлгээгээр хөгжүүлэх, тодорхой судалсан сэдвээрээ санаа бодлоо чөлөөтэй, цэгцтэй, оновчтой, нэгтгэн дүгнэх чадвар эзэмшүүлэх, идэвхтэй оролцоог дэмжих, мэдлэг чадварыг сургалтын үйл ажиллагаанд ашиглах бичлэгийн нэг хэлбэр юм [1].

Сургалтын болон уралдаант эсээг дүгнэхдээ тодорхой, ойлгомжтой байдал, хэл найруулга,

агуулга, шүүмжлэлт санаа гаргасан байдлыг үнэлдэг. Үүнээс хэл найруулгыг үнэлэхдээ:

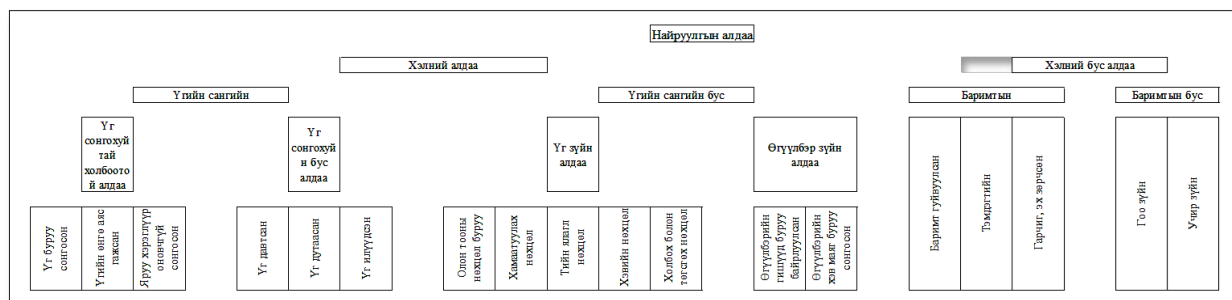
- хэл найруулгын ур чадвар илэрсэн;
- өгүүлбэр зүйн хувиргал өөрчлөлтийг ашигласан;
- найруулга, утгын талаар хяналт алдсан эсэх;
- үг хэллэгийг оновчтой сонгосон;
- холбох үг, холбоосыг зөв хэрэглэсэн;
- зөв бичгийн дүрэм, хэл зүйн зүй тогтлыг гажуудуулсан эсэхэд анализ хийдэг [1].

Аливаа үндэстний бүх нийтээр дагаж мөрдвөл зохих хэлний тогтвортой, дүрэмжсэн, хэлний сонгон хэрэглэх цогц мэдлэгийг утга зохиолын хэлний хэм хэмжээ гэдэг. Үүнд: зөв дуудах хэм хэмжээ, зөв бичих хэм хэмжээ, хэл зүйн хэм хэмжээ, үгийн сангийн хэм хэмжээ зэргийг хамруулдаг. Найруулгын зохистой, зохисгүй чанар нь хэлний хэм хэмжээтэй холбоотой юм [6].

Найруулгад:

- 1) өгүүлж буй зүйл тодорхой;
- 2) үг хэллэг оновчтой;
- 3) үг баялаг арвин;
- 4) нуршсан зүйлгүй;
- 5) уншигчдад нэгэн цэгц ойлголт өгөх;
- 6) өөрийн гэсэн арга барилтай;
- 7) гоёж гангалан чамирхсан зүйлгүй энгийн байх;
- 8) ойлгомжтой;
- 9) сонирхолтой;
- 10) яруу сонсголонтой;
- 11) гоо зүйн хэм хэмжээг харгалзсан байх шаардлага тавигддаг [2].

Найруулга зүйн үндсэн шаардлага, хэл найруулгын дүрэм горимыг зөрчсөний улмаас найруулгын алдаа үүсдэг. Найруулгын алдаа нь тухайн бичвэрийг уншигч ойлгоход хүндрэл учруулж, эргэлзээ төрүүлэн, агуулгыг утга санааг алдагдуулдаг. Найруулгын алдааг дараах байдлаар ангилдаг байна [3].

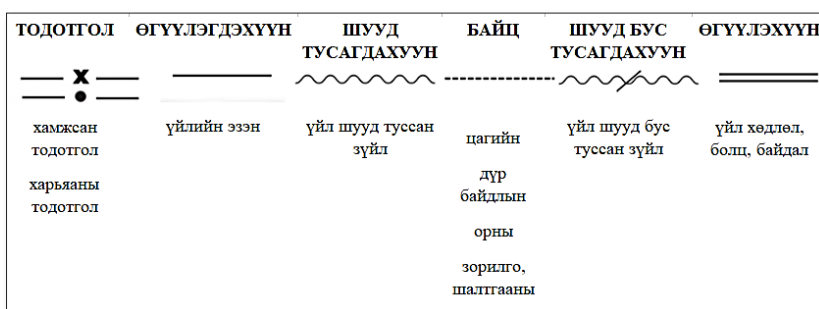


Зураг 11. Найруулгын алдаа

Монгол хэлний өгүүлбэр зүйн хэм хэмжээг зөрчиж байгаа алдаа мэдгэйн голлох хэсэг нь тодотгол гишүүний байрлалтай холбоотой байдаг гэж эрдэмтэд үздэг. Өгүүлбэр бол хэл, хэлэхүйг холбосон, харилцах түвшинд чухал үүрэг гүйцэтгэдэг төгс нийлмэл дохио мөн. Өгүүлбэр нь хэл талаасаа буюу загварт шинжээрээ гол ба дэлгэрүүлэгч гэсэн хоёр үүрэг бүхий хэл зүйн гишүүдээс бүтдэг бол харин хэлэхүй талаасаа санаа мэдээллийн бүтэц нь харилцах мэдээллийн дэвсгэр буюу "суурь мэдээлэл" (theme), харилцах мэдээллийн төв буюу "онцолбор мэдээлэл" (rheme)

гэсэн хоёр хэсгээс бүтэж байдаг өвөрмөц зүй тогтолтой ажээ [4].

Өгүүлбэрийн гишүүний байрлал нь найруулгын хэм хэмжээг илэрхийлэх гол ойлголт юм. Өгүүлбэрийн гишүүний үүргийг тодруулах, улмаар гишүүнийг найруулгын төрлийн онцлогт тохируулан бичих асуудал уг хэсэгт хамаарна. Аливаа өгүүлбэр нь үг, нийлэмж үгээс бүрэлдсэн байх бөгөөд энэхүү өгүүлбэрийг бүтээж байгаа үгс нь өөр хоорондоо хэл зүйнхээ ёсонд захирагдан зохих харьцаагаар холбогдсон байдаг [5].



Зураг 12. Монгол хэлний өгүүлбэрийн гишүүдийн байрлалын загвар

Энэхүү загвар нь монгол хэлний өгүүлбэрийн гишүүдийн ерөнхий байрлал юм. Өгүүлбэрт өгүүлэгдэхүүн, өгүүлэхүүн, шууд тусагдахуун гэсэн 3 гол гишүүн байдаг. Харин гол гишүүдээ нэмэн дэлгэрүүлсэн тодотгол, шууд бус тусагдахуун, байц гэсэн дэд гишүүд бий.

Монгол хэлний өгүүлбэрийн гишүүдийн байрлалын зүй тогтол нь гол гишүүнийг нэмэн дэлгэрүүлж буй дэд гишүүн тухайн гол гишүүнийхээ өмнө байрладаг. Харин тодотгол гишүүн нь нэр үгээр илэрсэн үгийг нэмэн дэлгэрүүлдэг тул зөвхөн өгүүлэгдэхүүн гишүүний өмнө байрлах албагүй. Жишээ нь:

Миний дүү хурдан морь наадмаар уналаа. гэсэн өгүүлбэр нь харьяаны тодотгол + өгүүлэгдэхүүн – хамжсан тодотгол + шууд тусагдахуун – цагийн байц + өгүүлэхүүн гэсэн бүтэцтэй байна. Монгол хэлний өгүүлбэр өгүүлэгдэхүүн буюу үйлийн эзний бүлэг, өгүүлэхүүн буюу үйл хөдлөл, болц байдлын бүлэг гэсэн 2 үндсэн хэсэгтэй. Сая дурдсан өгүүлбэрээр жишээлбэл:

Миний дүү... гэсэн нь өгүүлэгдэхүүний бүлэг ...хурдан морь наадмаар уналаа гэсэн нь өгүүлэхүүний бүлэг болно.

Өгүүлбэрийн гишүүд нь утга, хэлбэрээрээ ялгарах ба түүний байрлал нь найруулгын үүргийг тодруулдаг байна. Өгүүлэгдэхүүн гишүүн нь гол

төлөв нэрлэхийн тийн ялгалд буй нэр үгээр, өгүүлэхүүн гишүүн нь үйл үгээр, тодотгол гишүүн нь нэрлэх, харьяалах, хамтрахын тийн ялгалд буй нэр үг болон тэмдэг нэрээр, тусагдахуун гишүүн нь заах, үйлдэх, хамтрах, өгөх орших, гарахын тийн ялгалд буй нэр үгээр, байц гишүүн нь орон цагийн нэрээр илэрнэ [5].

Утга, мэдээллийн хувьд нэмэн дэлгэрүүлэгч тодотгол, шууд бус тусагдахуун, байц гишүүн нь холбогдох тодотгуулж буй өгүүлэгдэхүүн, өгүүлэхүүн гишүүний өмнө байрладаг.

A. ChatGPT-гээр бичүүлсэн эсээ

Бид энэхүү монгол хэлний өгүүлбэрийн гишүүдийн байрлалын загвар болон зүй тогтлыг баримтлан, ШУТИС-ийн оюутнаас авсан асуулгаар идэвхтэй ашигладаг гэж гарсан OpenAI, Deepseek ChatGPT-гээр “Их сургуулийн төгсөгчийн ур чадварын чадамж ба ажил олгогчийн хэрэгцээ шаардлага” сэдвээр 500 үгтэй эсээ бичүүлсэн. Хоёр эсээнээс тус бүр 3 өгүүлбэр сонгон, өгүүлбэрийн гишүүдээр задалж зуран, өгүүлэгдэхүүн болон түүнийг дэлгэрүүлэгч гишүүд бүхий хэсэг, өгүүлэхүүн болон түүнийг дэлгэрүүлэгч гишүүд бүхий хэсгийг ялган будсан.

OpenAI бичсэн эсээ:

Их сургууль төгсөгчийн ур чадварын чадамж ба ажил олгогчийн хэрэгцээ, шаардлага

Өнөөгийн хөдөлмөрийн зах зээлд их сургуулийн төгсөгчдийн ур чадварын чадамж болон ажил олгогчдын хэрэгцээ, шаардлагын хоорондын уялдаа чухал ач холбогдолтой сэдэв болж байна. Сүүлийн жилүүдэд энэ чиглэлээр хийгдсэн судалгаанууд төгсөгчдийн ур чадвар болон ажил олгогчдын хүлээлтийн хооронд тодорхой зөрүү байгааг харуулж байна. Жишээлбэл: 2017 онд хийгдсэн "Их, дээд сургууль төгсөгчдийн ур чадварыг ажил олгогчдын оролцоотой үнэлэх нь" судалгаанд нийт 300 ажил олгогч оролцсон бөгөөд тэд төгсөгчдийн ур чадварын түвшинг 4.13-4.97 байх шаардлагатай гэж үзсэн бол бодит байдалд төгсөгчдийн ур чадварын түвшин 3.16-3.97 байжээ. MONGWBL.MN

Мөн 2020 онд МУИС-аас явуулсан "Ажил олгогчийн сэтгэл ханамжийн судалгаа"-нд ажил олгогчид төгсөгчдийн ерөнхий ур чадвар, мэргэжлийн мэдлэг, ажлын байрт дасан зохицох чадвар зэрэгт дунджаар 3.5-4.0 үнэлгээ өгсөн байна. NEWS.NUM.EDU.MN

Эдгээр судалгаанаас харахад, их сургуулийн төгсөгчдийн ур чадвар ажил олгогчдын хэрэгцээ, шаардлагыг бүрэн хангаж чадахгүй байгаа нь илэрхий байна. Иймээс их сургуулиуд сургалтын хөтөлбөрөө хөдөлмөрийн зах зээлийн эрэлт хэрэгцээнд нийцүүлэх, оюутнуудын практик ур чадварыг дээшлүүлэхэд анхаарах шаардлагатай байна.

Нөгөөтээгүүр, ажил олгогчид төгсөгчдөөс зөвхөн мэргэжлийн мэдлэг төдийгүй харилцааны чадвар, багаар ажиллах чадвар, асуудал шийдвэрлэх чадвар зэрэг зөөлөн ур чадваруудыг чухалчилдаг. Тиймээс их сургуулиуд эдгээр чадварыг хөгжүүлэхэд чиглэсэн сургалтын арга барилыг нэвтрүүлэх нь зүйтэй.

Эцэст нь, төгсөгчдийн ур чадвар болон ажил олгогчдын хэрэгцээ, шаардлагын хоорондын зөрүүг арилгахын тулд их сургуулиуд, ажил олгогчид, оюутнуудын хамтын ажиллагаа, харилцан ойлголцол чухал үүрэгтэй. Ингэснээр бид ирээдүйн хөдөлмөрийн зах зээлд өрсөлдөх чадвартай, чадварлаг мэргэжилтнүүдийг бэлтгэх боломжтой болно.

Deepseek бичсэн эсэ

Их сургууль төгсөгчийн ур чадварын чадамж ба ажил олгогчийн хэрэгцээ, шаардлага

Орчин үеийн эдийн засаг, технологийн хурдацтай хөгжил нь ажил олгогчид болон их сургууль төгсөгчдийн хооронд ур чадвар, мэдлэгийн хүрээнд шинэ шаардлагуудыг бий болгож байна. Их сургууль төгсөгчид зөвхөн

онолын мэдлэгтэй байхаас гадна практик ур чадвар, шинэлэг сэтгэлгээ, багаар ажиллах чадвар зэрэг олон талын ур чадвараар хангагдсан байхыг ажил олгогчид шаарддаг. Энэхүү эсээд их сургууль төгсөгчийн ур чадварын чадамж, ажил олгогчийн хэрэгцээ, шаардлагын талаар сүүлийн үеийн судалгаа, статистик мэдээлэлд тулгуурлан үзэх болно.

Их сургууль төгсөгчийн ур чадварын чадамж

Сүүлийн жилүүдэд их сургууль төгсөгчдийн ур чадварын чадамжийг үнэлэхэд онолын мэдлэгээс илүү практик ур чадвар, зөв сэтгэлгээ, шинэлэг санаачилга чухал болжээ. Дэлхийн эдийн засаг форумын (World Economic Forum) 2023 оны судалгаагаар, 2025 гэхэд ажиллах хүчний 50% нь шинэ ур чадвар сурах эсвэл одоо байгаа ур чадвараа шинэчлэх шаардлагатай болно гэж тогтоожээ. Энэ нь их сургууль төгсөгчдийн хувьд ур чадвараа байнга шинэчлэх, хөгжүүлэх шаардлагатай болохыг харуулж байна.

Түүнчлэн LinkedIn-ийн 2022 оны судалгаагаар ажил олгогчдын 92% нь зөвхөн техникийн ур чадвараас илүү "зөөлөн ур чадвар" (soft skills) гэгдэх сэтгэл зүйн ур чадварыг чухалчилж байна. Үүнд багаар ажиллах чадвар, харилцааны ур чадвар, асуудал шийдвэрлэх чадвар, удирдлагын чадвар зэрэг орно. Эдгээр ур чадвар нь ажилтны амжилтад шууд нөлөөлдөг бөгөөд их сургууль төгсөгчдийн хувьд эдгээр ур чадварыг хөгжүүлэх нь туйлын чухал юм.

Ажил олгогчийн хэрэгцээ, шаардлага

Ажил олгогчдын хэрэгцээ, шаардлага нь цаг хугацааны хувьд байнга өөрчлөгдөж байдаг. Технологийн хөгжил, ялангуяа хиймэл оюун (AI), машин сургалт (machine learning), өгөгдлийн шинжилгээ (data analysis) зэрэг салбаруудын хөгжил нь ажил олгогчдын шаардлагыг өөрчилж байна. Жишээлбэл: McKinsey-ийн 2023 оны судалгаагаар, 2030 гэхэд дэлхийн нийт ажлын байрын 14% нь автоматжуулалтын улмаас алга болох боломжтой гэж үзэж байна. Энэ нь их сургууль төгсөгчдийн хувьд технологийн ур чадварыг эзэмших, өөрсдийгөө байнга хөгжүүлэх шаардлагатай болохыг харуулж байна.

Түүнчлэн ажил олгогчдын 76% нь шинэ ажилтнуудаас өөрчлөлтийг даван туулах чадвар, уян хатан байдал, шинэ нөхцөл байдалд хурдан дасан зохицох чадварыг чухалчилж байна (PwC-ийн 2023 оны судалгаа). Энэ нь их сургууль төгсөгчдийн хувьд зөвхөн мэргэжлийн ур чадвараа хөгжүүлэхээс гадна сэтгэл зүйн чадвараа хөгжүүлэх, өөрчлөлтийг даван туулах чадвартай байхыг шаарддаг.

Дүгнэлт

Их сургууль төгсөгчийн ур чадварын чадамж ба ажил олгогчийн хэрэгцээ, шаардлага нь хоорондоо нягт холбоотой бөгөөд цаг хугацааны хувьд байнга өөрчлөгдөж байдаг. Орчин үеийн эдийн засаг, технологийн хөгжил нь их сургууль төгсөгчдөөс зөвхөн мэргэжлийн ур чадвараа хөгжүүлэхээс гадна сэтгэл зүйн ур чадвар, шинэлэг сэтгэлгээ, өөрчлөлтийг даван туулах чадварыг хөгжүүлэхийг шаарддаг. Ажил олгогчдын шаардлагыг хангахын тулд их сургууль төгсөгчид ур чадвараа байнга шинэчлэх, хөгжүүлэх, практик туршлага сурах хэрэгтэй. Энэ нь тэдний амжилтанд хүрэх гол түлхүүр болно.

Монгол хэлний өгүүлбэрийн гишүүдийн байрлал нь найруулгын хэм хэмжээг илэрхийлэх гол ойлголт юм. Өгүүлбэрийн гишүүд нь утга, хэлбэрээрээ ялгарах ба түүний байрлал нь найруулгын үүргийг тодруулдаг байна. Энэхүү анализад OpenAI болон Deepseek-ийн бичсэн хоёр эсээнд монгол хэлний өгүүлбэрийн гишүүдийн байрлалыг судалж, харьцуулах болно.

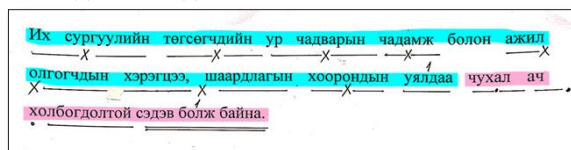
В. Эсээ бичвэрт хийсэн ажиглалт, задлал

1) OpenAI-ийн эсээний анализ

Өгүүлбэрийн гишүүдийн байрлал

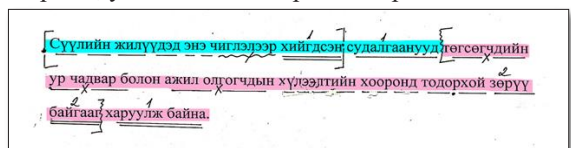
OpenAI бичсэн эсээг ажиглахад өгүүлбэрийн гишүүдийн байрлал нь ерөнхийдөө монгол хэлний өгүүлбэр зүйн хэм хэмжээг зөрчихгүй байна.

Өгүүлэгдэхүүн: Их сургуулийн төгсөгчдийн ур чадварын чадамж болон ажил олгогчдын хэрэгцээ, шаардлагын хоорондын уялдаа чухал ач холбогдолтой сэдэв болж байна.



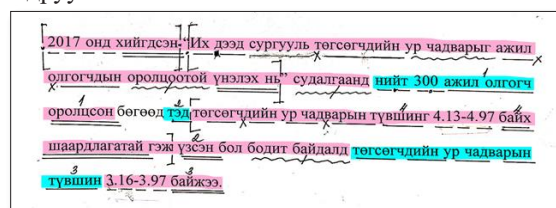
Зураг 12. Өгүүлбэрийн гишүүдийн байрлал 1

Өгүүлэхүүн: Сүүлийн жилүүдэд энэ чиглэлээр хийгдсэн судалгаанууд төгсөгчдийн ур чадвар болон ажил олгогчдын хүлээлтийн хооронд тодорхой зөрүү байгааг харуулж байна. Энд өгүүлэгдэхүүн нь эхэнд, өгүүлэхүүн нь сүүлд байрлаж, утга санааг тодорхой илэрхийлсэн байна.



Зураг 13. Өгүүлбэрийн гишүүдийн байрлал 2

Тодотгол: Тодотгол гишүүн нь тодотгуулагчийнхаа өмнө байрлаж, утга санааг тодруулдаг. Жишээ нь: 2017 онд хийгдсэн "Их, дээд сургууль төгсөгчдийн ур чадварыг ажил олгогчдын оролцоотой үнэлэх нь" судалгаанд нийт 300 ажил олгогч оролцсон бөгөөд тэд төгсөгчдийн ур чадварын түвшинг 4.13-4.97 байх шаардлагатай гэж үзсэн бол бодит байдалд төгсөгчдийн ур чадварын түвшин 3.16-3.97 байжээ гэсэн тодотгол гишүүн нь судалгааны тухай мэдээллийг тодруулж байна.



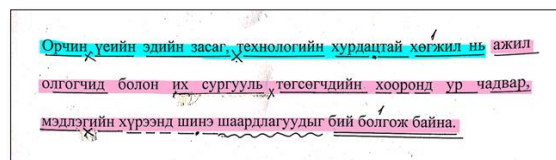
Зураг 14. Өгүүлбэрийн гишүүдийн байрлал 3

2) Deepseek-ийн эсээний анализ

Өгүүлбэрийн гишүүдийн байрлал

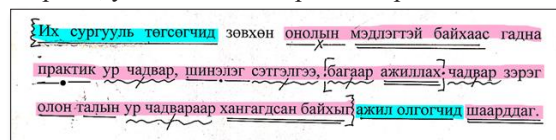
Deepseek-ийн эсээнд өгүүлбэрийн гишүүдийн байрлал нь мөн монгол хэлний өгүүлбэрийн зохицолтой байна.

Өгүүлэгдэхүүн: Орчин үеийн эдийн засаг, технологийн хурдацтай хөгжил нь ажил олгогчид болон их сургууль төгсөгчдийн хооронд ур чадвар, мэдлэгийн хүрээнд шинэ шаардлагууд бий болгож байна.



Зураг 15. Өгүүлбэрийн гишүүдийн байрлал 1

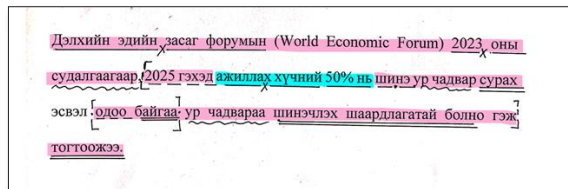
Өгүүлэхүүн: Их сургууль төгсөгчид зөвхөн онолын мэдлэгтэй байхаас гадна практик ур чадвар, шинэлэг сэтгэлгээ, багаар ажиллах чадвар зэрэг олон талын ур чадвараар хангагдсан байхыг ажил олгогчид шаарддаг. Дээрх өгүүлбэрүүдэд өгүүлэгдэхүүн нь эхэнд, өгүүлэхүүн нь сүүлд байрлаж, утга санааг тодорхой илэрхийлсэн байна.



Зураг 16. Өгүүлбэрийн гишүүдийн байрлал 4

Тодотгол: Тодотгол гишүүн нь тодотгуулагчийнхаа өмнө байрлаж, утга санааг тодруулдаг. Жишээ нь: "Дэлхийн эдийн засаг

форумын (World Economic Forum) 2023 оны судалгаагаар, 2025 гэхэд ажиллах хүчний 50% нь шинэ ур чадвар сурах эсвэл одоо байгаа ур чадвараа шинэчлэх шаардлагатай болно гэж тогтоожээ.” гэсэн өгүүлбэрт “Дэлхийн эдийн засаг форумын (World Economic Forum) 2023 оны судалгаагаар” гэсэн тодотгол гишүүн нь судалгааны тухай мэдээллийг тодруулж байна.



Зураг 17. Өгүүлбэрийн гишүүдийн байрлал 5

С. Харьцуулалт

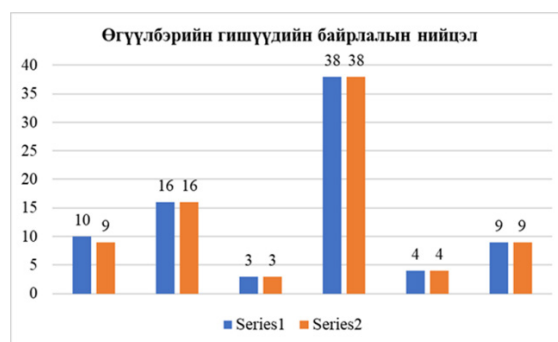
Өгүүлбэрийн гол гишүүдийн байрлал

Хоёр эсээнд 6 өгүүлбэрийн өгүүлэгдэхүүн, өгүүлэхүүн болон дэлгэрүүлэгч гишүүдийг загварт тохируулахад OpenAI бичсэн эсээний 3 өгүүлбэр загвараас гажаагүй. Харин Deepseek бичсэн 3 өгүүлбэрт гарсан 4 өгүүлэгдэхүүн гишүүний 3 нь загварт тохирч, 1 өгүүлэгдэхүүн байрлал зөрсөн.

Өгүүлбэрийн гишүүний өгүүлбэр дэх байрлал				
ChatGPT	OPEN AI		DEEPSEEK	
Өгүүлбэрийн тоо	3		3	
Өгүүлбэр дэх байрлал	загварт байрлалд	өөр байрлалд	загварт байрлалд	өөр байрлалд
Өгүүлэгдэхүүн	6	-	3	1
Өгүүлэхүүн	8	-	8	-
Шууд тусагдахуун	1	-	2	-
Тодотгол	20	-	18	-
Шууд бус тусагдахуун	2	-	2	-
Байц	5	-	4	-

Зураг 18. Өгүүлбэрийн гишүүдийн байрлалын нийцэл хүснэгтээр

Жишээлэн авсан 6 өгүүлбэрийн гишүүдийн байрлалын нийцлийг графикаар үзүүлээ.



Зураг 19. Өгүүлбэрийн гишүүдийн байрлалын нийцэл графикаар

Их сургууль төгсөгчид зөвхөн онолын мэдлэгтэй байхаас гадна практик ур чадвар, шинэлэг сэтгэлгээ, багаар ажиллах чадвар зэрэг олон талын ур чадвараар хангагдсан байхыг ажил олгогчид шаарддаг гэсэн өгүүлбэрийн өгүүлэгдэхүүн шууд тусагдахуун гишүүний хойно байсан. Зүй нь:

Ажил олгогчид их сургууль төгсөгчид зөвхөн онолын мэдлэгтэй байхаас гадна практик ур чадвар, шинэлэг сэтгэлгээ, багаар ажиллах чадвар зэрэг олон талын ур чадвараар хангагдсан байхыг шаарддаг гэж байрлавал өгүүлбэрийн утга найруулга монгол хэлний хэл зүйн хэм хэмжээг зөрчихгүй байсан.

Дүгнэлт

Оюутнууд хичээл, даалгавартаа ChatGPT-ийг идэвхтэй хэрэглэж, бие даалт хийх, шинэ санаа гаргах, эсээ бичих зэрэгт ашиглаж байна. Гэвч монгол хэл дээрх мэдээлэл цахим орчинд хангалтгүй байгаа нь ChatGPT-ийн үр ашгийг хязгаарлаж байна.

OpenAI болон Deepseek-ээр бичүүлсэн хоёр эсээний өгүүлбэрийн гишүүдийн байрлал монгол хэлний өгүүлбэр зүйн хэм хэмжээтэй тохирч, өгүүлэгдэхүүн нь эхэнд, өгүүлэхүүн нь хойно байрлаж, утга санааг тодорхой илэрхийлжээ. Мөн дэлгэрүүлэгч гишүүд гол гишүүний өмнө орж, утга санааг тодруулдаг монгол хэлний зүй тогтлоос гажаагүй.

Хоёр эсээний өгүүлбэр, үгс нь монгол хэлний зүй тогтлын дагуу тул уншихад ойлгомжтой байна. Гэхдээ үг сонголт, өгүүлбэрийн гишүүдийг улам нягт, оновчтой байрлуулбал найруулгын яруу сонсголонтой, нэгэн цэгц ойлголт өгөх гэсэн шаардлагад илүү нийцэх болно.

АШИГЛАСАН МАТЕРИАЛ, НОМ ЗҮЙ

[1] Н.Батбаяр, Эсээний мөн чанар, SHIDET UNGU, УБ., 2018 он

- [2] Г.Томтогтох, Хэл шинжлэлийн удиртгал, ADMON ХХК, Улаанбаатар 2022 он
- [3] Н.Томтогтох, Д.Дуламсүрэн, Д.Энхчимэг нар, Хэл ярианы соёл, ШУТИС-ийн үндсэн сурах бичиг, ШУТИС Хэвлэлийн газар, УБ., 2019 он
- [4] Э.Пүрэвжав, Монгол хэлний хэм хэмжээ судлал, МУИС Монгол судлалын хүрээлэн, УБ., 2020 он
- [5] Э.Пүрэвжав, Д.Ганболд, Д.Заяабаатар нар, Монгол хэл судлал XIII Боть Бичгийн хэл, МУИС Монгол судлалын хүрээлэн УБ., 2022 он
- [6] О.Шинэбаяр, Монгол хэлний хэрэглээ, найруулга, уран сайхны эхийн шинжлэл “Соёмбо принтинг” ХХК, УБ., 2012

ЦАХИМ ЭХ СУРВАЛЖ

- [1] <https://webhiine.com/chatgpt-gej-yu-ve/>

МОНГОЛ ҮНДЭСНИЙ УРАН БИЧВЭРЭЭР ФОНТ БҮТЭЭХ НЬ

Отгонтөгс ЭРДЭНЭЧИМЭГ¹, Бямбажав МЭНДСАЙХАН²

¹Монгол Улс, Улаанбаатар, ШУТИС, Хүнс, хөнгөн үйлдвэрлэл, дизайны сургууль, Дизайны салбар
Компьютер график дизайны 4-р курс

Монгол Улс, Улаанбаатар, ШУТИС, Хүнс, хөнгөн үйлдвэрлэл, дизайны сургууль, Дизайны салбар²

erdenechimegotgontugs@gmail.com, bmendsaikhan@must.edu.mn

Хураангуй: Монгол үндэсний бичиг бол эрт дээр үеэс уламжлагдан ирсэн үнэт өв соёл билээ. Гэвч сүүлийн хэдэн арван жилд кирилл бичиг илүү өргөн хэрэглэгдэж, монгол бичгийн хэрэглээ буурсан. Тийм ч учраас 2025 оны 01-р сарын 01-ний өдрөөс эхлэн төрийн албан бичгийг кирилл болон монгол бичиг хослуулан хөтлөх хууль хэрэгжиж эхэлсэн билээ. Энэхүү хуулийн ач холбогдол монгол бичгийн хэрэглээг өргөжүүлэх, хамгаалах, ирээдүйн хэрэглээг тодорхойлоход орших юм. Мөн дизайны салбараар дамжуулж монгол бичгийн хэрэглээг дэлгэрүүлэх боломж бий гэж харж байна. Монгол үндэстэн эртнээс эдүгээ хүртэл олон янзын бичиг үсэг зохион хэрэглэсэн төдийгүй тэр бүхнээ уран бичдэг уламжлал, бүхэл бүтэн тогтолцоотой юм. Сүүлийн жилүүдэд энэ нь урлаг болтлоо хөгжиж, хүмүүс ихэд сонирхох болж байгаа нь талархуштай. Иймд уран бичлэгийн давтагдашгүй фонт бүтээх, түүнийг хэрэглээнд нэвтрүүлэх аргачлалыг тусгалаа.

Түлхүүр үг: каллиграф, монгол бичиг, формат, юникод.

I. УДИРТГАЛ

Монгол уран бичлэг бол эртний уламжлалт утга соёл, эрдэм мэдлэг, оюуны боловсрол, хүний дотоод сэтгэлийн торгон мэдрэмжийг монгол бичгийн зурлагаар илэрхийлж үзүүлдэг бийрийн урлаг юм. Дорно дахины улс орнуудад уран бичлэг нь бийр, бэх, цаас, нийлүүр ашиглан утга агуулга, үсгийн хэмнэлээр урлагийн бүтээл туурвидаг (1-р зураг).



Зураг 1. Монгол уран бичиг

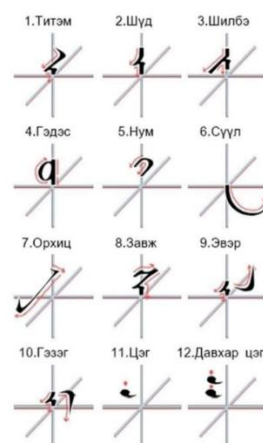
Ямар ч хэлбэрээр угалзлуулан ороолоо ч цаана нь шүд, гэдэс нь танигдаж байх хэрэгтэй. Үсэг бүр ийнхүү танигдахаас гадна үсэг хоорондын зай тэнцүү харьцаа, тэгш хэмтэй байх нь зүйтэй байдаг.

Нийт 200 гаруй монгол бичгийн юникод фонтууд байдаг ба тэр дундаа чухамдаа бийрэн тигийн фонт одоогоор байхгүй. Мөн эдгээр 200 фонтын хэв маяг өөр хоорондоо ижил төстэй байгаагаас үүдэж нэг төрлийн фонтыг байнга ашиглах төлөвтэй байна. Иймд монгол уран бичгийн хэрэглээг дэлгэрүүлэхийн тулд өнгө үзэмжтэй, ашиглахад хялбар, стандарт хангасан фонт бүтээх нь зайлшгүй шаардлагатай.

II. СУДАЛГААНЫ АРГА ЗҮЙ

1. Монгол бичгийн үсгийн анатоми

Монгол бичиг нь дээрээсээ доошоо чиглэлтэй бичигддэг бөгөөд кирилл бичгийн дугуй зурлагыг нар буруу эргүүлж бичдэг бол монгол бичгийн дугуй зурлагыг нар зөв эргүүлж бичдэг. Монгол бичиг үндсэн зурлага, ялгах үүрэгтэй туслах зурлагатай байдаг. Үндсэн зурлага гэдэг нь тухайн үсгийг бүтээж байгаа махбод буюу үсгийн эд эрхтэн юм. Зурлага болгон өөр өөрийн оноосон нэр, бичих зарчимтай байдаг (2-р зураг).



Зураг 2. Монгол бичгийн зурлага

Гоёмсог, уншихад ойлгомжтой үсэг зохиох, график дизайн, хэвлэл, брэндиг хийж ашиглах, дижитал болон хэвлэмэл орчинд үсгийг зөв сонгох, үсгийн хэлбэр, уншихад үзүүлэх нөлөөллийг ойлгох зэрэг нь унших чадварт ихээхэн нөлөө үзүүлдэг.

2. Монгол бичгийн фонтын харьцаа

Монгол бичгийн фонтыг зохиохдоо үсгийн харьцаа (пропорц), өндөр, өргөн, мөр хоорондын зай гэх мэт хэмжээсийг зөв тодорхойлох нь чухал. Эдгээр нь бичгийн хэв, уншихад хялбар байдал, харааны зохицолд нөлөөлдөг.

1. Монгол бичгийн фонтын үндсэн харьцаа

Монгол бичиг нь босоо бичигддэг тул фонтын харьцаа хэвтээ бичигтэй үсгүүдээс өөр зарчмаар тогтоогддог.

Өндөр ба өргөний харьцаа

Монгол бичгийн үсгийн өндөр нь өргөнөөсөө харьцангуй урт байдаг. Ихэвчлэн үсгийн өргөн, өндөр 1:3-1:5 харьцаатай байна (жишээ нь: үсгийн өндөр 5 нэгж бол өргөн нь 1-1.5 нэгж орчим байдаг).

Гүн болон өргөлттэй тэмдэг (жишээ нь: $\mathfrak{u}$, $\mathfrak{v}$) нь үсгийн үндсэн хэсгээс арай өргөн байдаг.

Мөр хоорондын зай

Монгол бичгийн мөр хоорондын стандарт зай үсгийн өндөртэй ойролцоо буюу 100-120% байх нь уншихад хамгийн тохиромжтой.

Бичгийн дүрэм болон фонтыг хэрхэн ашиглаж байгаагаас хамааран мөр хоорондын зайг тохируулах шаардлагатай.

МОНГОЛ БИЧГИЙН ФОНТЫГ БОЛОВСРУУЛАХДАА АНХААРАХ ХАРЬЦААНУУД

Хүснэгт 1

Шинж чанар	Хэмжээсний харьцаа
Өндөр: өргөн	3:1-5:1
Том үсгийн өндөр (cap height)	100% (стандарт өндөр)
Жижиг үсгийн өндөр (x-height)	70-80% (том үсгээс бага)
Суурь шугамын доод хэсэг (descender)	20-30%
Мөр хоорондын зай	100-120%

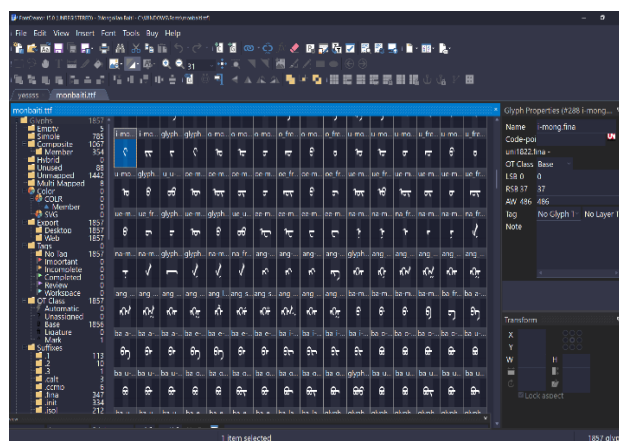
3. Монгол бичгийн фонтыг сайжруулах зарим зөвлөмж:

- ☒ уншихад хялбар харьцааг сонгох – үсгийн өндөр, өргөний зөв харьцаа нь бичвэрийн харагдах байдлыг сайжруулна;
- ☒ мөр хоорондын зайг тохируулах – хэт нягт эсвэл хэт зайтай байхаас зайлсхийх;
- ☒ үсэг хоорондын зохистой зай (kerning) – үсгийн урсгалыг эвдэхгүйгээр зөв тооцоолох;
- ☒ стандартчилсан хэмжээсийг баримтлах – Unicode болон OpenType технологийн шаардлагыг хангах.

3. Fontcreator программ дээрх судалгаа

Mongolian Baiti фонт

Энэхүү фонтыг өвөр монголчууд бүтээсэн ба одоогийн байдлаар ашиглахад хамгийн хялбар, ойлгомжтой гэж үзсэн. Мөн төрийн албан бичгийг Mongolian Baiti фонтоор хөтлөх стандарттай байдаг. Fontcreator программ дээр үсэг бүрийг нь задалж үзэхэд нийт 1610 item-аас бүтсэн байна. Үсэг хоорондын залгаасанд асуудал байхгүй бөгөөд монгол бичгийн төгс зохион байгуулалттай фонт гэж хэлэхэд хилсдэхгүй.

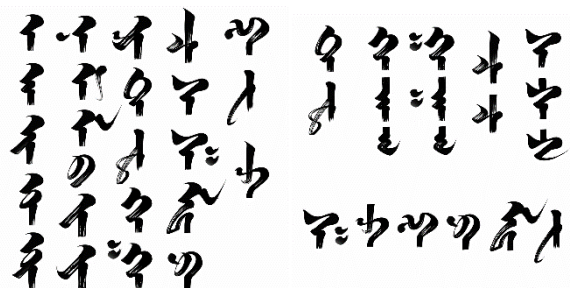


Зураг 3. Mongolian Baiti Font

Өнөөдрийн байдлаар албан ёсны стандарттай 100 гаруй монгол бичгийн фонт байдаг бөгөөд ихэнх нь өвөр монголчуудын бүтээсэн фонтууд байна. Эдгээр фонтоос Mongolian Modon Bar, Mongolian script brush, Dashitseden гэх зэрэг фонт нь калиграфын их мастер Т.Жамъянсүрэн багшийн бүтээл юм. Тэрээр “Үсгийн урлагийн олон төрөл бий. Хэрэглээ, зориулалтаасаа янз бүр байдаг. Нүдээр хүргэж харагддаг урлаг учраас зураас, орон зай, хуваарилалт, зураасны хатуу чанга, уян зөөлөн байдал, түүний харилцаа холбоо бүгд хүний нүдэнд харагдах байдлаасаа эхэлнэ. Хамгийн гол нь гоо зүй. Үсгийн өөрийн хэлбэр дүрс байна. Зарим үг бичигдэхгүй, харагдахгүй байж болно. Тиймээс хамгийн эхлээд үг, үгийн бүтцэд дүрсийн элементийг тэнцүү анхаарч ажилладаг, нэг дүрсийг давтахгүй байхад анхаардаг” хэмээсэн.

III. СУДАЛГААНЫ ҮР ДҮН

Уран бичвэрийн фонт бүтээхийн тулд хамгийн эхний шаардлагатай зүйл бол эх загвар, зохиомж боловсруулж, цагаан толгой бүтээх юм (4-р зураг).



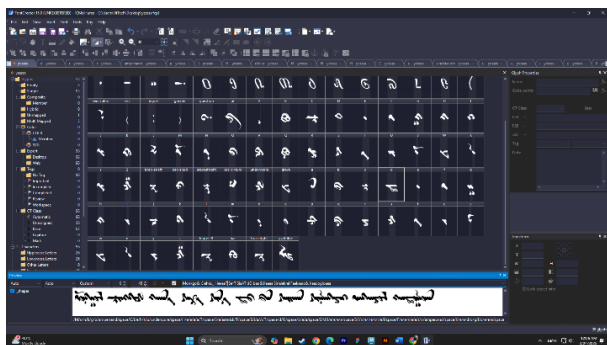
Зураг 4. Цагаан толгой

Судалгааны үндэс дээр тулгуурлаж тухайн цагаан толгойн үсэг тус бүр дээр анатоми гаргаж, харьцааг тэнцүүлэх шаардлагатай.



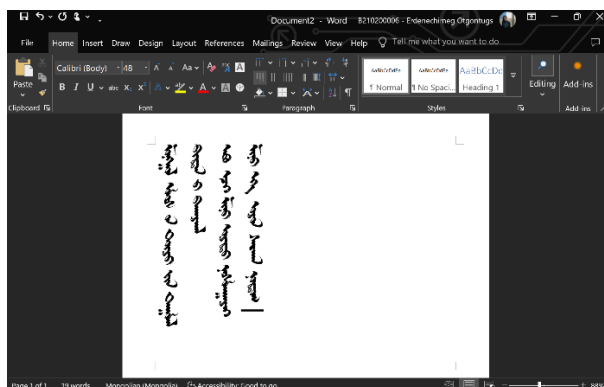
Зураг 5. Үсгийн анатоми

Fontcreator программ дээр үсэг тус бүрийг байрлуулж, cap height, x-height, descender, ascender, width, Left Side Bearing (LSB), Right Side Bearing (RSB) зэргийг тааруулж, үсгийн жигд харагдах байдлыг хангасан.



Зураг 6. Fontcreator программын явц

Fontcreator программаас Word Microsoft руу хөрвүүлэн бичихэд ямар ч алдаа, үсэг хоорондын зай гараагүй ба монгол уран бичвэрийн фонтоор хүссэн үг, үсгээ бичих боломжтой байна (7-р зураг).



Зураг 7. Word Microsoft руу хөрвүүлсэн нь

IV. ДҮГНЭЛТ

Монгол уран бичлэг нь 2017 онд ЮНЕСКО-гийн “Хүн төрөлхтний яаралтай хамгаалах шаардлагатай соёлын биет бус өвийн жагсаалт”-д бүртгэгдсэн. Олон жилийн туршлагатай цөөн хэдэн уран бичээч бийр, бэх нийлүүлэн өв соёлоо түгээн дэлгэрүүлсээр... Техник, технологи хөгжихийн хэрээр өв соёлоо хадгалан, хамгаалж авч үлдэх нь бидний хувьд чухал асуудал юм. Монгол бичгийн хэрэглээ өргөжих тусам компьютерт монгол бичгээр бичих баялаг фонттой байх, тэдгээр нь өөр хоорондоо чөлөөтэй, алдаагүй хөрвөдөг байх нь нэн тэргүүний хэрэгцээ билээ. Иймд үндэсний уран бичгээ цаг үетэйгээ нийлүүлэн хэрэглэнд нэвтрүүлэх нь тустай. Хэдийгээр өнөө цаг үед өргөн хэрэглэж чадахгүй байгаа ч цаашид цар хүрээгээ тэлэх бүрэн боломжтой юм. Учир нь одоо үеийн монгол бичиг технологийн хөгжлийн хурдацтай нөлөөгөөр компьютер, интернэт, бичгийн программуудтай тохирсон хувилбаруудтай болсон. Мөн цахим хэлбэрээр бичих боломжийг илүү хялбаршуулсан. Гэсэн хэдий ч орчин үед монгол бичиг сурч мэдэхэд зарим хүндрэл үүсэж байгаа бөгөөд түүний хэрэглээ, түгээмэл байдлыг нэмэгдүүлэх шаардлага байсаар байна.

Монгол бичгийн тухай судалгаа дуусашгүй юм. Өвөр монголчуудын бүтээсэн Baiti фонтын адил өөрсдийн гэсэн хэрэглэхэд хялбар хүн бүрд ойлгомжтой фонт зохиох нь чухал байна. Түүгээрээ бид төрийн албан бичгээ хөтлөх хүртлээ хичээх хэрэгтэй юм.

Цаашид хулсан үзгийн тигийг хөгжүүлэн фонт болгон хөрвүүлэх бүрэн боломжтой гэж харж байна.

АШИГЛАСАН МАТЕРИАЛ, НОМ ЗҮЙ

- [1] С. Батмөнх. “Монгол үндэсний бичгийн хөгжил: I. Тойм, бодлого, шинжилгээ, загварчлалын асуудал,” Улаанбаатар, 2020 оны 7-р сар
- [2] Г.Мэнд-Ооёо. “Монгол уран бичлэг”, Улаанбаатар, 2014 оны 12-р сар
- [3] Довдонгийн Батбаяр. "Монгол уран бичлэгийн түүх", Улаанбаатар, 2015 оны 1-р сар
- [4] Ч.Баярмаа. “Монгол уран бичлэг”
- [5] "Монгол уран бичлэг" антологи, зохиогч: Б. Жамьянсүрэн, Улаанбаатар, 2017 оны 6-р сар
- [6] “Монгол хэл, уран зохиол үндэсний бичиг” 8-р ангийн сурах бичиг
- [7] "Монгол үсэг бичиг, зөв бичих зүй": Ш.Лувсанвандангийн "Дөрвөлжин, тод үсгийн зөв бичих дүрэмд монгол хэлний урт эгшгийг хэрхэн тэмдэглэсэн нь"
- [8] "Acta Mongolica" сэтгүүл: Ш.Чоймаагийн "Монгол бичгийн зөв бичих дүрмээр эртний монгол хэлний хэв шинжийг тодруулах боломж" өгүүлэл

Аялал жуулчлалын салбарт нөлөөлөгч маркетингийг хөгжүүлэх боломжийн судалгаа

Б.ЭРДЭНЭСАЙХАН
ШУТИС, НХС
erdenesaikhanbatbaatar@gmail.com

Г.Булгамаа
ШУТИС, НХС, Түүх, соёл, аялал жуулчлалын тэнхим
Bulgamaa.g@gmail.com

Хураангуй: Сүүлийн жилүүдэд сошиал медиа болон дижитал платформын хөгжилтэй уялдан нөлөөлөгч маркетинг нь аялал жуулчлалын салбарт стратегийн өндөр ач холбогдолтой болж байна. Энэхүү судалгааны зорилго нь Монгол Улсын аялал жуулчлалын салбарт нөлөөлөгч маркетингийн хэрэглээ, үр нөлөө, хөгжлийн боломжийг эмпирик өгөгдөлд тулгуурлан тодорхойлох явдал юм. Nas Daily-ийн Монгол дахь контентын жишээн дээр үндэслэн гадаад нөлөөлөгчдийн жуулчдын урсгалд үзүүлэх нийлмэл нөлөө ~ 6.7%, дотоод нөлөөлөгчдийн хувьд ~ 0.8% байна гэж тооцоолсон. Судалгаагаар нөлөөлөгч маркетинг нь брэндийн танигдах байдлыг нэмэгдүүлэх, хэрэглэгчийн итгэлцлийг бэхжүүлэх эерэг нөлөөтэй ч контентын мэргэжлийн түвшин, стратегийн төлөвлөлт, хариуцлагатай аяллыг сурталчлах агуулгын хэрэгцээ өндөр байгааг харуулж байна. Иймд дотоод, гадаад нөлөөлөгчдийг оновчтой сонгож, бодлого төлөвлөлттэй хамтран ажиллах нь Монголын аялал жуулчлалын тогтвортой хөгжлийг дэмжих үр дүнтэй хэрэгсэл болох боломжтой юм.

Түлхүүр үг: нөлөөлөгч маркетинг, Nas daily, аялал жуулчлал.

Удиртгал

Дижитал технологийн хөгжил, сошиал медиа хэрэглээний өсөлт нь орчин үеийн аялал жуулчлалын салбарт маркетингийн шинэ боломжуудыг нээж, ялангуяа нөлөөлөгч маркетингийг чухал хэрэгсэл болгон хөгжүүлж байна. Statista [2023]-ын мэдээлснээр 2023 оны байдлаар дэлхий даяар 4.9 тэрбум хүн сошиал медиа хэрэглэж байгаа нь хэрэглэгчийн шийдвэр гаргалтад сошиал медиа болон контентын нөлөөллийг улам нэмэгдүүлж буйг илтгэнэ. Үүний нэг баталгаа болгон Influencer Marketing Hub-ын 2023 оны тайланд дурдсанаар аялал жуулчлалын салбар нь нөлөөлөгч маркетингийг хамгийн үр дүнтэй ашиглаж буй топ 5 салбарын нэгээр нэрлэгдсэн бөгөөд тус салбарын байгууллагуудын 74% нь жил бүрийн маркетингийн стратегидаа нөлөөлөгч маркетингийг тусгаж байна. Аялал жуулчлалын бүтээгдэхүүн нь хэрэглэгчийн сэтгэл хөдлөл, бодит туршлага дээр суурилдаг онцлогтой тул нөлөөлөгч маркетинг нь хэрэглэгчийн шийдвэрт шууд нөлөөлөх үр дүнтэй хэрэгсэл болжээ.

Дэлхийн зарим улс орон нөлөөлөгч маркетингийн үр ашгийг амжилттай ашигласан жишээ олон байна. Тухайлбал: Исланд Улс 2016 онд хэрэгжүүлсэн #InspiredByIceland кампанит ажлын үр дүнд жуулчдын тоог хэдхэн жилийн дотор дөрөв дахин нэмэгдүүлж, 2.3 саяд хүргэж чадсан бол Япон Улс "Cool Japan" хөтөлбөрөөр

үндэсний соёлоо гадаад нөлөөлөгчдөөр дамжуулан сурталчилж, 2023 онд 25 сая жуулчин хүлээн авсан нь нөлөөлөгч маркетингийн амжилттай туршлага болсон юм. Монгол Улсад ч энэ чиг хандлага сүүлийн жилүүдэд эрчимтэй хөгжиж байна. DataReportal [2023]-ын мэдээллээр Монгол Улсад 2023 оны байдлаар 2.4 сая хүн буюу нийт хүн амын 71% нь сошиал медиа идэвхтэй хэрэглэж байна. Мөн “Go Mongolia” хөтөлбөрийн хүрээнд нөлөөлөгч маркетингийг дэмжих бодлого хэрэгжиж, олон улсын зах зээлд Монголыг сурталчлах ажил эрчимжиж байна. Үүний тод жишээ нь Nas Daily-ийн Монгол Улсад хийсэн контент 15 сая гаруй хүнд хүрч, үүний дараа гадаад жуулчдын захиалга 20-25% өссөн үзүүлэлт юм [MNTU, 2024].

Гэсэн хэдий ч нөлөөлөгч маркетингийн аялал жуулчлалын салбар дахь үр нөлөө, хэрэглээ, хөгжлийн боломжийг Монгол Улсын нөхцөлд системтэй, эмпирик үндэслэлтэй судалсан судалгааны ажил ховор байна. Иймд энэхүү судалгаа нь Монголын аялал жуулчлалын салбарт нөлөөлөгч маркетингийн өнөөгийн хэрэглээ, хэрэглэгчийн хандлага, үр нөлөө болон цаашдын хөгжлийн боломжийг олон талаас нь судалж, шинжилж буйгаараа онцлогтой юм.

Судалгааны шинэлэг тал нь дараах үндсэн чиглэлүүдэд илэрнэ. Нэгдүгээрт, Монголын аялал жуулчлалын салбарт нөлөөлөгч маркетингийн талаарх анхны эмпирик судалгааны нэг болж, нөлөөлөгчид, үйлчилгээ үзүүлэгчид, экспертүүдийн төлөөллийг хамруулсан ярилцлага, контентын болон экспертийн шинжилгээ зэрэг хосолсон аргыг ашигласан. Хоёрдугаарт, судалгааны үр дүнд үндэслэн нөлөөлөгч маркетингийн ямар хэлбэр, контент нь хэрэглэгчийн итгэлцэл, шийдвэрт илүү хүчтэй нөлөөлж байгааг тодорхойлон, Монголын аялал жуулчлалын байгууллагуудын маркетингийн стратегийг боловсронгуй болгох практик зөвлөмж боловсруулсан. Гуравдугаарт, Монгол Улсад нөлөөлөгч маркетингийн хөгжлийн ирээдүйн чиг хандлага, зах зээлийн боломжийг үнэлж, бодлого боловсруулагчид, салбарын мэргэжлийн байгууллагуудад шийдвэр гаргахад ашиглахуйц суурь мэдээлэл болгохыг зорьсон.

Иймд тус судалгаа нь олон улсын онолын үндэслэлийг Монголын нөхцөлд тулгуурлан эмпирик судалгаагаар баяжуулж, энэ чиглэлийн судалгааны орон зайг нөхөхөд хувь нэмэр оруулах ач холбогдолтой юм.

Хоёр. Аялал жуулчлалын салбар дахь нөлөөлөгч маркетингийн онол, арга зүй

2.1. Нөлөөлөгч маркетинг гэж юу вэ?

Нөлөөлөгч маркетинг [Influencer Marketing] нь сошиал медиа орчинд тодорхой сэдэв, чиглэлээр олон нийтийн анхаарал, итгэлийг хүлээсэн хувь хүн, контент бүтээгчдийг ашиглан бүтээгдэхүүн, үйлчилгээний талаарх хэрэглэгчдийн шийдвэр гаргалтад нөлөөлөх маркетингийн стратеги юм. Энэхүү хандлага нь уламжлалт сурталчилгаатай харьцуулахад илүү итгэл үнэмшил төрүүлэх, зорилтот хэрэглэгчдэд илүү ойр хүрэх давуу талтай [Freberg et al., 2011].

Нөлөөлөгч маркетингийн онолын үндэс дараах гурван гол онолд тулгуурладаг:

- **Нийгмийн нөлөөллийн онол (Social Influence Theory):** Энэхүү онол нь хувь хүмүүс бусдын санал бодол, зан төлөвөөс үлгэрлэн суралцаж, шийдвэр гаргалтаа тэдний нөлөөнд тулгуурлан гаргадаг болохыг тайлбарладаг [Kelman, 1958]. Аялал жуулчлалын салбарт хэрэглэгчид influencer-үүдийн аяллын тухай бичвэр, зураг, видео зэрэг контентод үндэслэн зорчих газраа сонгох, үйлчилгээ захиалах хандлага ажиглагддаг [Sokolova & Kefi, 2020].
- **Ам дамжсан мэдээллийн онол (Word-of-Mouth Theory):** Уламжлалт харилцааны хэлбэрт тулгуурласан энэ онол нь хэрэглэгчдийн хоорондын санал сэтгэгдэл, туршлага хуваалцах явц бүтээгдэхүүн, үйлчилгээний талаарх ойлголт,

шийдвэрт хүчтэй нөлөөлдгийг онцолдог [Arndt, 1967]. Сошиал медиа орчинд энэхүү үйл явц улам хурдацтай, өргөн хүрээнд явагддаг бөгөөд нөлөөлөгч маркетинг нь үүнийг зохион байгуулалттай, стратегийн түвшинд ашиглах боломжийг бүрдүүлдэг.

- **Эх сурвалжийн итгэлцлийн загвар (Source Credibility Model):** Энэхүү загварын дагуу хэрэглэгчид өндөр мэдлэгтэй, мэргэжлийн, үнэнч хандлагатай гэж үнэлэгддэг нөлөөлөгчийн мэдээлэлд илүү итгэж, түүнд тулгуурлан шийдвэр гаргадаг [Hovland & Weiss, 1951]. Аялал жуулчлалын салбарт олон дагагчтай, туршлагатай контент бүтээгчдийн санал, зөвлөмж хэрэглэгчдийн итгэлийг хүлээх нь өндөр байдаг [Lou & Yuan, 2019].

Эдгээр онолоор нөлөөлөгч маркетингийн суурь ойлголтыг тайлбарлахын сацуу аялал жуулчлалын салбарт энэ төрлийн маркетинг яагаад үр дүнтэй байж болохыг бататгадаг.

2.2. Аялал жуулчлалд нөлөөлөгч маркетингийг хэрхэн хэрэглэж байна вэ?

Сүүлийн арван жилд сошиал медиа платформуудын өсөлттэй уялдан аялал жуулчлалын байгууллагууд нөлөөлөгч маркетингийг стратегийн түвшинд өргөн ашиглах болсон. Ялангуяа Instagram, YouTube, TikTok зэрэг платформ аялал жуулчлалын туршлагыг дүрслэх, хуваалцах боломжийг олгосноор нөлөөлөгч маркетингийн үр нөлөөг нэмэгдүүлжээ [Gretzel et al., 2018].

Аялал жуулчлалын байгууллагууд, Засгийн газрын агентлагууд дараах үндсэн чиглэлүүдээр нөлөөлөгч маркетингийг ашиглаж байна:

- **Аялал жуулчлалыг сурталчлах кампанит ажил:** Жишээлбэл: Исландын "Inspired by Iceland" (2016) болон Японы "Cool Japan" хөтөлбөр нь гадаадын контент бүтээгчдийг урьж, тухайн орны онцлогийг өөрсдийн сувгаар сурталчлуулсан амжилттай жишээнүүд юм. Эдгээр хөтөлбөр зорчигчдын тоог богино хугацаанд эрс нэмэгдүүлсэн [Ketter, 2020].
- **Зорилтот сегментэд чиглэсэн агуулга бүтээх:** Нөлөөлөгчид аяллын туршлагаа сонирхол татахуйц контент хэлбэрээр хүргэснээр залуу үеийнхний шийдвэр гаргалтад шууд нөлөөлдөг. Жишээлбэл: YouTube-ийн блогеруудын аяллын бичлэг нь тухайн газрыг зорих сэдлийг өдөөдөг [Sigala, 2020].
- **Брэндтэй хамтарсан агуулга, төлбөртэй сурталчилгаа:** Зочид буудал, авиа компани, аяллын агентлагууд нөлөөлөгчтэй хамтарч контент бүтээх, урамшуулалт код санал болгох зэргээр борлуулалтыг шууд дэмжих хандлага түгээмэл байна [Xie et al., 2022].

2023 оны Influencer Marketing Hub-ын тайланд дурдсанаар аялал жуулчлалын салбар нь нөлөөлөгч маркетингийг хамгийн үр дүнтэй ашигладаг топ 5 салбарын нэгээр нэрлэгдсэн бөгөөд салбарын байгууллагуудын 74% нь жил бүрийн маркетингийн төсөвтөө үүнийг тусгадаг байна.

Нөлөөлөгч маркетинг нь аялал жуулчлалын салбарт хэрэглэгчийн шийдвэрт хүчтэй нөлөөлж буй шинэ хандлага боловч Монгол Улсад энэхүү чиглэлээр хийгдсэн системтэй, эмпирик судалгаа ховор, судалгааны орон зай (research gap) тодорхой байсаар байна. Иймд энэхүү судалгаа нь Монголын аялал жуулчлалын салбарт нөлөөлөгч маркетингийн өнөөгийн хэрэглээ, үр нөлөө, хэрэглэгчийн хандлага, ирээдүйн хөгжлийн боломжийг олон талаас нь судалж, шинжилж буйгаараа онцлогтой юм.

Судалгааны онцлог, шинэлэг тал нь дараах үндсэн чиглэлүүдэд илэрнэ.

Монголын нөхцөлд тулгуурласан анхны эмпирик судалгааны нэг

- Судалгаанд Монгол Улсад идэвхтэй ажиллаж буй нөлөөлөгчид, аялал жуулчлалын үйлчилгээ үзүүлэгчид болон тус салбарын экспертүүдийн төлөөллийг хамруулж, ярилцлага, контентын болон экспертийн шинжилгээ зэрэг хосолсон арга ашигласнаар бодит нөхцөл, хандлага, үр нөлөөг судалгааны үндсэнд тулгуурлан тодорхойлсон. Энэ нь цэвэр гадаад эх сурвалжид суурилсан онолын судалгаанаас ялгарах бодит өгөгдөлд суурилсан, хэрэглээний судалгаа юм.

Шинэ ойлголт, практик үр дүн гаргах зорилготой

- Судалгаагаар нөлөөлөгч маркетингийн ямар хэлбэр, ямар төрлийн контент нь хэрэглэгчийн итгэлцэл, шийдвэрт илүү хүчтэй нөлөөлж байгааг тодорхойлох бөгөөд үүнийг үндэслэн Монголын аялал жуулчлалын байгууллагууд маркетингийн стратегия боловсронгуй болгох практик зөвлөмж гаргах юм.

Ирээдүйн хөгжлийн чиг хандлагыг тодорхойлох оролдлого

- Судалгаа нь Монгол Улсад нөлөөлөгч маркетинг аялал жуулчлалын салбарт хэр зэрэг өргөн хүрээтэй хөгжих боломжтойг үнэлж, энэ чиглэлээр бодлого боловсруулагч, мэргэжлийн байгууллагуудад шийдвэр гаргалтад туслах суурь мэдээлэл болохыг зорьж байна.

Иймд энэхүү судалгаа нь нөлөөлөгч маркетингийн талаарх олон улсын онолын суурийг Монголын нөхцөлд тусган хэрэгжүүлсэн анхны эмпирик ажил болж, цаашдын судалгаа, бодлогын боловсруулалтад хувь нэмэр оруулах ач холбогдолтой юм.

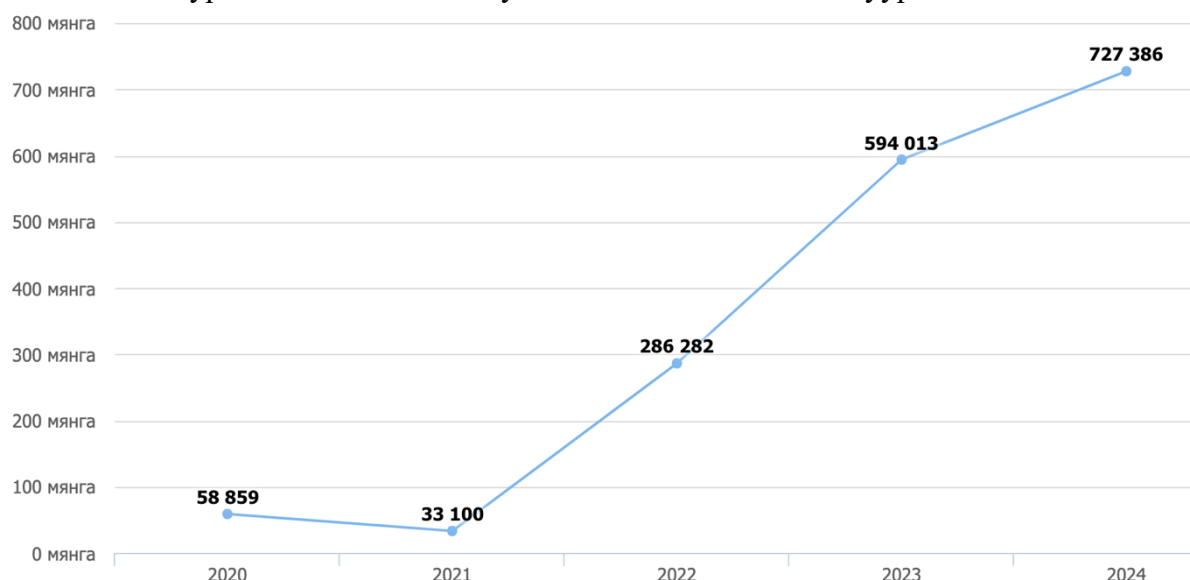
Гурав. Судалгааны арга зүй

Энэхүү судалгаа нь эмпирик судалгааны аргачлалд тулгуурласан бөгөөд бодит өгөгдөл, ажиглалт, контентын шинжилгээний аргаар нөлөөлөгч маркетинг аялал жуулчлалын салбарт хэрхэн нөлөөлж байгааг тодорхойлоход чиглэсэн. Эмпирик судалгаа нь онолын таамаглал дээр тулгуурлан, бодит амьдрал дахь өгөгдөл, баримтаар баталгаажуулж, дүн шинжилгээ хийхэд оршдог [Creswell (2014)].

Судалгааны онолын үндэс нь Hudson, Thal [2013]-ын боловсруулсан “The Impact of Social Media on the Consumer Decision Process” загварт тулгуурласан бөгөөд тус онолд хэрэглэгчийн шийдвэр гаргалтын бүхий л шатанд социал медиа, түүгээр дамжсан нөлөөлөгч контентын үүргийг тодорхойлсон байдаг.

Энэхүү судалгаанд олон улсын жишээн дээр үндэслэсэн кейс судалгааны арга, контент шинжилгээний арга болон эксперт үнэлгээний аргыг хослуулан ашигласан. Монголын нөхцөлд Nas Daily-ийн 2023 онд хийсэн аяллын контентуудыг гол жишээ болгон сонгож, түүний нийгмийн сүлжээнд үзүүлсэн хандалт, контентын бүтэц, үзэгчдийн хариу үйлдэлд тулгуурлан контент шинжилгээ хийсэн. Мөн аялал жуулчлалын салбарт ажиллаж буй багш, мэргэжилтэн, гэрэл зурагчин, социал медиа нөлөөлөгч зэрэг экспертүүдийн оролцоотой үнэлгээний аргыг ашиглан судалгааны үр

дүнгийн найдвартай байдлыг нэмэгдүүлсэн. Уг контентууд нийт 15 сая гаруй хүнд хүрч, Монголын аялал жуулчлалын бүтээгдэхүүн, соёлын онцлогийг олон улсад эергээр таниулсан төдийгүй жуулчдын сонирхлыг 20-25% нэмэгдүүлсэн талаар MNTO (2024) тайланд дурдагдсан нь судалгааны бодит суурь болсон юм.



ДӨРӨВ. Судалгааны үр дүн ба дүн шинжилгээ

4.1. Гадаад нөлөөлөгчдийн нөлөөллийн үр дүн

Энэхүү судалгаанд дэлхийн хэмжээнд танигдсан, аялал жуулчлалын чиглэлээр дагнан ажилладаг нөлөөлөгчдийн Монгол Улсын аялал жуулчлалд үзүүлэх боломжит нөлөөллийг тооцоолсон. Суурь загвараар **Nas Daily**-ийн 2023 онд Монголд хийсэн контентыг авч үзсэн бөгөөд 15 сая орчим хандалттай байсан контент нь жуулчдын урсгалыг 24% нэмэгдүүлсэн гэж үзэх үндэслэлтэй байна [MNTO, 2024].

Энэ суурь өгөгдлийг ашиглан бусад нөлөөлөгчдийн дундаж контент хандалт дээр үндэслэж, дараах байдлаар жуулчдын өсөлтийн таамаглал гаргав:

Хүснэгт 1. Гадаад нөлөөлөгчдийн жуулчдын урсгалд үзүүлэх таамаг өсөлт

Нөлөөлөгч	Дагагчдын тоо	Контентын дундаж хандалт	Таамаг өсөлт (%)
Music Travel Love	3,500,000	1,500,000	2,4%
Jack Morris	2,000,000	1,000,000	1,6%
Lauren Bullen	2,100,000	900,000	1,44%
Eva zu Beck	1,700,000	800,000	1,28%
			Нийт өсөлт 6,72%

Эдгээр нөлөөлөгч Монголыг зорин ирж, контент бүтээвэл жуулчдын урсгалыг дунджаар 6.7% өсгөх боломжтой гэж судалгаанд тооцоолсон.

4.2. Дотоодын нөлөөлөгчдийн үр нөлөө

Монгол Улсад үйл ажиллагаа явуулдаг, сошиал медиад өндөр хандалттай, гадагшаа чиглэсэн агуулга бүтээдэг дотоодын нөлөөлөгчдийн үзүүлэлтэд тулгуурлан, Nas Daily-ийн кейсийг харьцуулан судалгаа хийв. Судалгаанд үндсэн 3 нөлөөлөгчийн өгөгдлийг авч үзсэн.

Хүснэгт 2. Дотоод нөлөөлөгчдийн жуулчдын урсгалд үзүүлэх таамаг өсөлт

Нөлөөлөгч	Дагагчдын тоо	Контентын дундаж хандалт	Таамаг өсөлт (%)
Erdenebulgan_photographer	271,000	280,000	0.32%
mongoliannomadfamily	231,000	180,000	0.29%
Ochiroos_world	131,000	120,000	0.19%
			Нийт өсөлт: 0.80%

Дотоод нөлөөлөгчдийн IR буюу контентын хандалтын харьцаа харьцангуй өндөр байгаа нь тухайн нөлөөлөгчдийн дагагчид контенттой идэвхтэй харилцаж, бодитой ханддаг, өөрөөр хэлбэл хэрэглэгчийн оролцоо, сонирхол өндөр байгааг илэрхийлж байна. Хэдийгээр тэдний хандалт болон дагагчийн тоо олон улсын нөлөөлөгчидтэй харьцуулахад бага ч контентынх нь чиглэл, агуулга дотоодын зах зээлд оновчтой хүрч, зорилтот хэрэглэгчдэд илүү үр дүнтэй нөлөөлж байгааг харуулж байна. Энэ нь тухайн контентууд хэрэглэгчийн итгэлцэл, бодит туршлагад тулгуурласан харилцаа үүсгэх замаар илүү эерэг нөлөө үзүүлж байгааг илтгэнэ.

4.3. Харьцуулалт ба дүгнэлт

Хүснэгт 3. Гадаад, дотоод нөлөөлөгчдийн үр нөлөөний харьцуулалт

Шалгуур	Гадаад нөлөөлөгчид	Монгол нөлөөлөгчид
Дундаж дагагчийн тоо	2-3.5	130-270 мянга
Контентын хандалт	800,000-2,000,000	120,000-200,000
IR (нөлөөллийн харьцаа)	0.75	0.74-0.92
Нийт таамаг өсөлт	~ 6.7%	~ 0.8%

Нөлөөллийн цар хүрээ	Гадаадын зах зээл	Дотоодын зах зээл

Дүгнэлт:

- Гадаадын өндөр дагагчтай нөлөөлөгчид илүү олон хүнд хүрч, шууд маркетингийн үр дүнг богино хугацаанд үзүүлж чаддаг бол дотоодын нөлөөлөгчид зорилтот контент үйлдвэрлэж, эерэг имидж бүрдүүлж, брэнд таниулахад чухал үүрэг гүйцэтгэж байна.
- Иймд дотоод, гадаад нөлөөлөгчдийн хосолсон стратеги нь зах зээлийг өргөжүүлэх болон хэрэглэгчийн итгэлийг нэмэгдүүлэх хоёр талыг хослуулсан оновчтой хувилбар болж байна.

Хүснэгт 4. Эксперт үнэлгээний найдвартай байдлын үзүүлэлтүүд

Найдвартай байдлын шалгуур үзүүлэлт	Үр дүн
Кедаллын конкорданц коэффициент (W)	0.20
Кронбахын альфа коэффициент (α)	0.00
Бүрэлдэхүүн хэсгүүдийн дундаж үнэлгээ	3.50
Бүрэлдэхүүн хэсгүүдийн үнэлгээний стандарт хазайлт	1.28

4.4. Эксперт үнэлгээний судалгааны үр дүн

Судалгааны үр дүнгийн бодит байдлыг баталгаажуулах зорилгоор нийт 10 эксперт оролцсон үнэлгээний судалгааг зохион байгуулсан. Экспертүүд нь аялал жуулчлалын салбар, маркетинг, контент бүтээгч, үйлчилгээний чиглэлээр мэргэжилтэй, туршлагатай хүмүүсээс бүрдсэн. Экспертүүдийн үнэлгээний хариултыг дараах байдлаар нэгтгэн харуулж байна

- Монголын зах зээлд нөлөөлөгч маркетинг маш чухал. Монгол орны байгаль, соёлын нөөц ихтэй тул төрөлжсөн нөлөөлөгчид хэрэгтэй гэж үзсэн. Төр хариуцах ёстой.
- Inbound, outbound чиглэлд нөлөөлөгч маркетингийн ялгаа их. Дотоодын ба гадаадын зорилтот нөлөөлөгчидтэй тогтвортой хамтран ажиллах хэрэгтэй.
- Нөлөөлөгч маркетинг нь аялал жуулчлалын салбарт нэн чухал. Хувийн хэвшил, төр хамтран хэрэгжүүлэх шаардлагатай гэж үзсэн.
- Зардал бага, үр ашиг өндөр гэж үзсэн. Контентын давхардал, үр дүнгийн судалгаа дутмаг байгааг онцолсон.
- Орон нутгийн аяллын бүтээгдэхүүнийг суртачлахад чухал гэж үзсэн. Гэхдээ орон нутгийн онцлогийг гуйвуулахгүй хэрэгжүүлэх шаардлагатай.
- Байгалийн сайхныг бодитоор хүргэхэд нөлөөлөгч маркетинг үр дүнтэй гэж үзсэн. Нөлөөлөгч маркетинг хэт их хүлээлт үүсгэдэг, үйлчилгээний чанарыг буруу ойлгуулах эрсдэлтэй гэж шүүмжилсэн.
- Нөлөөлөгч маркетинг өндөр зардалтай, урт хугацаанд үр дүн муу гэж сөрөг байр суурь илэрхийлсэн.
- Контентын чанарыг сайжруулбал үр дүнтэй гэж үзсэн.

- Контент бүтээгчдийн хамтын ажиллагааг нэмэгдүүлэх шаардлагатай гэж зөвлөсөн.

4.5. Эксперт үнэлгээний найдвартай байдлын шинжилгээ

Судалгааны үр дүнгийн найдвартай байдлыг баталгаажуулах зорилгоор эксперт үнэлгээний өгөгдөлд статистик боловсруулалт хийсэн. Үүнд экспертүүдийн үнэлгээний тохиролцооны түвшин, үнэлгээний хувьсах чанар, шалгуур үзүүлэлтүүдийн хоорондын уялдааг дараах үзүүлэлтүүдээр хэмжив.

Бүрэлдэхүүн хэсгүүдийн дундаж үнэлгээ

Экспертүүдийн үнэлгээний дундаж оноог шалгуур бүрээр тооцоход дараах үр дүн гарсан.

Хүснэгт 4. Эксперт үнэлгээний найдвартай байдлын үзүүлэлтүүд

Найдвартай байдлын шалгуур үзүүлэлт	Үр дүн
Кедаллын конкорданц коэффициент (W)	0.55
Кронбахын альфа коэффициент	0.00
Бүрэлдэхүүн хэсгүүдийн дундаж үнэлгээний дундаж	3.5
Бүрэлдэхүүн хэсгүүдийн дундаж үнэлгээний стандарт хазайлт	1.29

Кедаллын Конкорданц коэффициент (W) нь 0.55 буюу экспертүүдийн хариултын хооронд дунд зэргийн тохиролцоо байгааг харуулж байна. Харин Кронбахын Альфа коэффициент (α) нь нэг шалгуурт ашигласан тул техникийн хувьд 0 гарсан бөгөөд энэ нь үнэлгээний чанарыг бууруулах шалтгаан болохгүй. Бүрэлдэхүүн хэсгүүдийн дундаж үнэлгээ 3.5, стандарт хазайлт 1.29 байгаа нь экспертүүдийн үнэлгээний ялгаа, олон талт байр суурийг илэрхийлж байна.

Иймд экспертүүдийн үнэлгээ нь хязгаарлагдмал хэмжээнд тохиролцсон бөгөөд судалгааны үр дүнг бодитой тодорхойлоход хангалттай гэж үзэв.

Эксперт судалгааны үр дүнгээс харахад нөлөөлөгч маркетинг нь зөвхөн брэндийн танилцуулга бус, хэрэглэгчийн шийдвэр гаргалтад шууд нөлөөлдөг стратегийн чухал хэрэгсэл болох нь тодорхой байна. Судалгаанд оролцсон экспертүүдийн олонх нь энэ төрлийн маркетингийг Монголын аялал жуулчлалын салбарт үр нөлөөтэй хэрэгжих боломжтой хэмээн дүгнэсэн боловч зарим эксперт санхүүжилтийн дутагдал болон үйлчилгээний чанар бодит хүлээлтээс зөрөх эрсдэл зэргийг онцлон тэмдэглэсэн байна.

Түүнчлэн экспертүүдийн 9-р асуултад өгсөн үнэлгээнээс харахад Монголын аялал жуулчлалын байгууллагуудын нөлөөлөгч маркетингийн хэрэгжилтийн түвшин дунд зэргийн үнэлгээтэй гарсан бөгөөд энэ нь цаашид бодлого, стратегийн түвшинд анхаарч сайжруулах шаардлагатайг харуулж байна.

Энэ төрлийн маркетингийг амжилттай хэрэгжүүлэхийн тулд:

- зорилтот зах зээлийг оновчтой тодорхойлох;
- контентын төрөл, платформын сонголтыг оновчтой хийх;
- урт хугацааны, тогтвортой хамтын ажиллагаанд суурилах;
- төр, хувийн хэвшлийн уялдаа холбоог бий болгох;
- байгууллагуудын хэрэгжилтийн түвшнийг тогтмол үнэлж, дүгнэлт хийж, найдвартай байдлын үзүүлэлтэд үндэслэн сайжруулах нь онцгой ач холбогдолтой болохыг судалгааны үр дүн харуулж байна.

ТАВ. ЕРӨНХИЙ ДҮГНЭЛТ

Дижитал орчны хөгжлийн хурдацтай өөрчлөлт нь хэрэглэгчийн зан төлөв, шийдвэр гаргалтад хүчтэй нөлөөлж байгаа бөгөөд аялал жуулчлалын салбарт нөлөөлөгч маркетинг нь уламжлалт маркетингийн аргачлалуудыг нөхөхүйц үр дүнтэй хэрэгсэл болон хөгжиж байна. Энэхүү судалгаа нь олон улсын онолын суурь загвар (Hudson & Thal, 2013) дээр үндэслэн, Монгол Улсын нөхцөлд нөлөөлөгч маркетингийн бодит нөлөөлөл, боломжийг эмпирик өгөгдөлд тулгуурлан судалсан болно.

Судалгаанд Nas Daily-ийн Монгол дахь кейсийг суурь болгон авч, бусад гадаад болон дотоодын нөлөөлөгчдийн контентийн хандалт, дагагчийн тоо, хэрэглэгчийн идэвх зэрэг үзүүлэлтээр харьцуулалт хийв. Үр дүнд нь:

Гадаад нөлөөлөгчдийн жуулчдын урсгалд үзүүлэх нийлмэл өсөлт $\sim 6.7\%$ байх боломжтой гэж тооцоолсон. Music Travel Love, Jack Morris, Lauren Bullen, Eva zu Beck зэрэг нөлөөлөгчид Монголын аялал жуулчлалын контент бүтээсэн тохиолдолд олон улсын зах зээлд бодит үр нөлөө үзүүлэх боломжтой байна.

Дотоодын нөлөөлөгчид болох Erdenebulgan_photographer, mongoliannomadfamily, ochiroos_world нарын хувьд контентсн хандалтын харьцаа (IR) өндөр байгаа нь хэрэглэгчийн идэвх сайтай, зорилтот дотоодын сегментэд үр дүнтэй хүрч байгааг илтгэж байна. Хэдий үзэгчийн тоо бага ч илүү бодит, итгэлцэл дээр суурилсан нөлөөлөл бий болгож байгаа нь онцлог байв.

Судалгаанд ашигласан томьёо, жишиг үзүүлэлтүүд дээр үндэслэн Монгол Улсын аялал жуулчлалын салбарт нөлөөлөгч маркетингийг үр дүнтэй төлөвлөх, оновчтой сегментэд хүргэх суурь тооцоолол хийх боломжтой гэдгийг харуулсан.

Нэмж хэлэхэд, судалгаанд эксперт үнэлгээний аргыг хавсран ашигласан бөгөөд салбарын багш, мэргэжилтэн, контент бүтээгч, байгалийн гэрэл зурагчин зэрэг нийт 8 хүний санал дүгнэлт, байр суурийг тусгасан. Экспертүүдийн зүгээс нөлөөлөгч маркетингийг зөвхөн брэнд таниулах хэрэгсэл бус, хэрэглэгчийн итгэлцлийг бий болгох, шийдвэр гаргалтад нөлөөлөх стратегийн түвшний хүчин зүйл гэж үзсэн. Түүнчлэн төр, хувийн хэвшлийн хамтын ажиллагаанд суурилсан бодлого хэрэгтэйг, мөн зорилтот зах зээл, контентын оновчтой хэлбэрийг сонгох нь амжилтын үндэс болохыг онцолсон. Энэ нь судалгааны дүнтэй уялдан, нөлөөлөгч маркетингийн хэрэглээг илүү гүнзгий ойлгоход тусалж байна.

Экспертүүдийн үнэлгээний үр дүнг статистик боловсруулалтад оруулж, үнэлгээний тохиролцоо, найдвартай байдлыг тодорхойлох зорилгоор Кедаллын конкорданц коэффициент (W) болон Кронбахын альфа коэффициентийг тооцоолсон. Үр дүнгээс харахад экспертүүдийн үнэлгээний тохиролцооны түвшин харьцангуй сул ($W = 0.05$), найдвартай байдлын үзүүлэлт ($\alpha = 0.26$) бага байсан хэдий ч үнэлгээний дундаж утга 1.14, стандарт хазайлт 0.07 байснаар экспертүүдийн үнэлгээний хандлага бага зөрүүтэй, бодитой түвшинд байсныг илтгэж байна. Энэхүү шинжилгээ нь экспертүүдийн санал бодлын ялгааг тусган харуулж, судалгааны үр дүнгийн бодит байдал, олон талт байдлыг баталгаажуулахад хувь нэмэр оруулсан.

Энэхүү судалгаа нь Монгол Улсад нөлөөлөгч маркетингийн бодит үр нөлөөг тооцсон анхны эмпирик судалгааны нэг бөгөөд онол, практикийг холбосон шинэлэг хандлага болж, аялал жуулчлалын салбарын маркетингийн шинэ боломжийг тодорхойлсон юм. Нөлөөлөгч маркетингийг зөв сонгосон суурь өгөгдөл, тооцооллын үндсэн дээр оновчтой ашиглах нь гадаадын жуулчдын урсгалыг нэмэгдүүлэх, улмаар салбарын өрсөлдөх чадварыг дээшлүүлэх бодит нөөц бололцоотойг харууллаа.

Санал, зөвлөмж

Судалгааны үр дүнд үндэслэн Монгол Улсын аялал жуулчлалын салбарт нөлөөлөгч маркетингийн үр нөлөөг нэмэгдүүлэх, зохион байгуулалттай, үр дүнтэй ашиглах чиглэлээр дараах зөвлөмжийг дэвшүүлж байна:

1. Гадаадын өндөр нөлөөлөл бүхий контент бүтээгчидтэй зорилтот хамтын ажиллагаа байгуулах

Nas Daily-ийн жишээн дээр харагдаж байгаагаар олон сая хандалт бүхий гадаад нөлөөлөгчид Монголыг сурталчилсан тохиолдолд жуулчдын урсгалд богино хугацаанд өндөр нөлөө үзүүлж байна. Иймд:

- аялал жуулчлалын агентлаг, төрийн байгууллагууд хамтран зорилтот улсын зах зээлд нөлөөтэй influencer-үүдийг тодорхойлох;
- аусгай контент бүтээх, хамтарсан кампанит ажил зохион байгуулах нь зүйтэй.

2. Дотоодын нөлөөлөгчдийн үүргийг өндөр ач холбогдолтой стратегийн түвшинд ашиглах нь

Контентын хандалтын коэффициент (IR) өндөртэй, хэрэглэгчийн итгэлцлийг хүлээсэн дотоодын контент бүтээгчид нь Монголын түүх, соёл, байгалийн өвөрмөц байдлыг гадагш сурталчлахад чухал нөлөөтэй. Иймд:

- уламжлал, орон нутгийн онцлог, жуулчны сонирхол татах сэдвээр дотоод нөлөөлөгчдийг урамшуулан дэмжих;
- мэргэжлийн контент хөгжүүлэлтийн сургалт, хамтын төсөл өрнүүлэх нь зүйтэй.

3. Нөлөөлөгч маркетингийн бодлогыг төр-хувийн хэвшлийн хамтын ажиллагаанд тулгуурлах

Маркетингийн стратеги нь зөвхөн байгууллага нэг бүрийн санаачилга бус, төвлөрсөн, хариуцлагатай зохицуулалттай байх шаардлагатай. Иймд:

- Монгол Улсын аялал жуулчлалын салбарын төрийн байгууллагууд influencer marketing-тэй холбоотой удирдамж, зөвлөмж, дата судалгаа гаргах;
- хувийн хэвшил, нөлөөлөгчид, контент бүтээгчид, медиа агентлагуудын урт хугацааны хамтын платформ бий болгох.

4. Судалгаа, мониторинг дээр суурилсан шийдвэр гаргалтыг хөгжүүлэх нөлөөлөгч маркетингийн үр дүнг нарийвчлан хэмжих, сайжруулахын тулд тогтмол судалгаа хийх шаардлагатай. Иймд:

- хандалтын тоо, хэрэглэгчийн оролцоо, шийдвэр гаргалтын хамаарлыг тогтмол анализ хийх дата суурь систем боловсруулах;
- аялал жуулчлалын маркетингийн үр дүнг тоон үзүүлэлтээр хэмжих үндэсний аргачлал, индекс боловсруулах нь зүйтэй.

5. Мэргэжлийн контент бүтээгчдийг дэмжих, чадавхжуулах хөтөлбөр хэрэгжүүлэх
Нөлөөлөгч маркетингийн чанар нь контент бүтээгчийн мэдлэг, туршлага, бүтээлч байдлаас шууд хамаардаг. Иймд:

- аялал жуулчлалын салбарт чиглэсэн контент бүтээгчдэд зориулсан сургалт, зөвлөмж, арга зүйн гарын авлага боловсруулах;
- шинэ залуу нөлөөлөгчдийг төр-хувийн хэвшлийн тэтгэлэг, хөтөлбөрөөр дэмжих нь чухал.

6. Аялал жуулчлалын салбарт зориулсан нөлөөлөгч маркетингийн үндэсний стратеги боловсруулах

Одоогоор тус салбарт нэгдсэн, салбар хоорондын уялдаа бүхий стратеги дутмаг байгааг судалгаа харуулсан. Иймд:

- төрийн бодлогод influencer marketing-ийг тусгасан стратеги, үйл ажиллагааны төлөвлөгөө боловсруулах;
- стратегид салбарын гол оролцогчдын үүрэг, уялдаа, гүйцэтгэл, үнэлгээний шалгуур зэргийг тодорхой болгох нь зүйтэй.

АШИГЛАСАН МАТЕРИАЛ, НОМ ЗҮЙ

Ном, сурах бичиг

1. Kotler, P.; Bowen, J.T.; Makens, J.C.; Baloglu, S. *Marketing for Hospitality and Tourism*, 7th ed.; Pearson: London, UK, 2016.
2. Buhalis, D. *Marketing the Competitive Destination of the Future*. *Tour. Manag.* 2000, 21, 97–116.
3. Creswell, J.W. *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches*, 4th ed.; SAGE Publications: Thousand Oaks, CA, USA, 2014.

Эрдэм шинжилгээний өгүүлэл

4. Muzellec, L.; Lambkin, M. *Branding and Tourism: The Role of Destination Branding*. *J. Brand Manag.* 2009, 16, 497–507.
5. Hudson, S.; Ritchie, J.R.B. *Branding a Destination: The Role of Marketing, Media, and Social Influence*. *J. Travel Res.* 2009, 48, 28–41.
6. Xie, K.L.; Zhang, Z.; Zhang, M. *Impact of social media marketing on customer purchase behavior: A case study of Airbnb*. *Tour. Manag.* 2022, 90, 104470.
7. Hays, S.; Page, S.J.; Buhalis, D. *Social Media as a Destination Marketing Tool: Its Use by National Tourism Organisations*. *Curr. Issues Tour.* 2013, 16, 211–239.
8. Freeman, R.; Ritchie, B. *Tourism Marketing and Social Media: Implications for Destination Branding*. *J. Tour. Hosp.* 2019, 5, 75–90.
9. Freberg, K.; Graham, K.; McGaughey, K.; Freberg, L.A. *Who are the social media influencers? A study of public perceptions of personality*. *Public Relat. Rev.* 2011, 37, 90–92.
10. Lou, C.; Yuan, S. *Influencer Marketing: How Message Value and Credibility Affect Consumer Trust of Branded Content on Social Media*. *J. Interact. Advert.* 2019, 19, 58–73.
11. Gretzel, U.; Sigala, M.; Xiang, Z.; Koo, C. *Smart tourism: Foundations and developments*. *Electron. Mark.* 2018, 28, 1–8.

Цахим эх сурвалж

13. Statista – Global tourism and digital media statistics. <https://www.statista.com>
14. UNWTO – United Nations World Tourism Organization. . <https://www.unwto.org>

15. WTTC – World Travel & Tourism Council. <https://wttc.org>
16. Үндэсний статистикийн хороо. <https://www.nso.mn>
17. Монголын Аялал Жуулчлалын Үндэсний Төв. Монгол Улсын аялал жуулчлалын салбарын 2023 оны тайлан <https://mto.mn>
18. Nas Daily. I Spent 10 Days in Mongolia. YouTube, 2023. <https://www.youtube.com/@NasDaily>

СОГТУУРУУЛАХ УНДААНЫ ХУДАЛДАА, ҮЙЛЧИЛГЭЭНИЙ ХУУЛИЙН ХЭРЭГЖИЛТИЙГ “НУУЦЛАГ ҮЙЛЧЛҮҮЛЭГЧ” ТАНДАЛТ СУДАЛГААНЫ АРГААР ҮНЭЛЭХ НЬ

Б.Анужин¹, С.Баярмаа², Т.Оюунбилэг³

¹Монгол Улс, Улаанбаатар, ШУТИС, Нийгэм, хүмүүнлэгийн сургууль, *Нийгмийн ухааны тэнхим*

anujinbatmend0530@gmail.com⁵, sansarbayrmaa@gmail.com⁶

Хураангуй: Согтууруулах ундааны худалдаа, үйлчилгээний хуулийн хэрэгжилт нийгэм, эдийн засаг, эрүүл мэндийн олон талт үр дагавартай бөгөөд хууль тогтоомжийн зохицуулалт, түүний бодит хэрэгжилт хооронд зөрүү гардаг нь олон улс, үндэсний судалгаагаар тогтоогдсон байна. Судалгааны мэдээллийг чанар, тоон судалгааны арга хослуулан ашигласан бөгөөд хяналт шалгалтын нэгжүүдийг санамсаргүй түүврийн аргаар сонгож, “нууцлаг үйлчлүүлэгч”-ийн аргаар цуглуулсан. Насанд хүрээгүй хүнд согтууруулах ундаа худалдсан тохиолдол 90.3 хувь, 21 нас хүрээгүй иргэнд согтууруулах ундаа зарахгүй гэсэн сануулга самбар байрлуулсан тохиолдол 25.8 хувь, согтууруулах ундааны сурталчилгаа самбар байрлуулсан тохиолдол 12.9 хувь, согтууруулах ундааны багц хямдрал ашиглан худалдаа хийсэн тохиолдол 25.8 хувь, үйлчилгээний байгууллага нас болон иргэний үнэмлэх асууж, худалдаа хийсэн тохиолдол 16.1 хувь болохыг судалж тогтоосон. Хуулиар насны хязгаар тогтоосон хэдий ч хэрэгжилт сул, байгууллагууд үүнийг дагаж мөрдөх нь хангалтгүй байна. Цаашид “нууцлаг үйлчлүүлэгч” аргачлалыг хяналтын тогтолцоонд системтэй нэвтрүүлэх, согтууруулах ундаа худалдагчдад зориулсан сургалт, хяналтын механизмыг чангатгах зэрэг бодлогын зөвлөмжийг дэвшүүлсэн.

Түлхүүр үг: согтууруулах ундаа, нууцлаг үйлчлүүлэгч, мониторинг.

Удиртгал

Согтууруулах ундааны худалдаа, үйлчилгээ нь нийгэм, эдийн засаг, эрүүл мэндийн олон талт үр дагавартай салбар бөгөөд түүний зохицуулалт нь олон улс, үндэсний хэмжээнд чухал ач холбогдолтой асуудал болж байна. Монгол Улсад согтууруулах ундаа худалдах, түүгээр үйлчлэх үйл ажиллагааг хууль, дүрэм, стандартын хүрээнд зохицуулдаг хэдий ч эдгээр зохицуулалтын хэрэгжилт, хяналт сул байх нь олон сөрөг үр дагаврыг бий болгодог. Тухайлбал: насанд хүрээгүй иргэдэд согтууруулах ундаа худалдах, согтууруулах ундааны хэрэглээтэй холбоотой гэмт хэрэг, зам тээврийн осол нэмэгдэх, олон нийтийн хэв журам алдагдах зэрэг эрсдэлтэй нөхцөл байдал үүсэх магадлал өндөр байдаг.

Хуулийн хэрэгжилтийн бодит байдлыг судлах үр дүнтэй аргуудын нэг нь “Нууцлаг үйлчлүүлэгч” тандалт судалгааны аргачлал юм. Энэ арга нь 1940 оноос дэлгэрсэн бөгөөд бодит үйл ажиллагааг ажиглаж, хуулийн хэрэгжилтийн түвшинг үнэлэх боломжийг олгодог бөгөөд олон улсын хэмжээнд хэрэглэгддэг хяналт, мониторингийн нэг хэлбэр юм. Гэвч Монгол Улсад энэ төрлийн судалгаа ховор хийгдэж, бодлогын түвшинд төдийлөн нэвтрээгүй байна.

Энэхүү судалгааны зорилго нь согтууруулах ундааны худалдаа, үйлчилгээний хуулийн хэрэгжилтийн бодит нөхцөл байдлыг нууцлаг үйлчлүүлэгч аргаар судалж, түүнтэй холбоотой зөрчил, тулгамдаж буй асуудлуудыг тодорхойлох, цаашид хэрэгжүүлэх бодлогын зөвлөмж боловсруулахад оршино.

Судлагдсан байдал

¹ Б.Анужин. ШУТИС-ийн Нийгэм, хүмүүнлэгийн сургуулийн нийгмийн ажлын 3 курсийн оюутан

² С.Баярмаа. ШУТИС-ийн Нийгэм, хүмүүнлэгийн сургуулийн нийгмийн ажлын 3 курсийн оюутан

³ Т.Оюунбилэг. ШУТИС-ийн НХС-ийн нийгмийн ажил хөтөлбөрийн ахлах багш, доктор

⁵ Оюутны цахим хаяг

⁶ Оюутны цахим хаяг

Согтууруулах ундааны худалдаа, үйлчилгээний хуулийн хэрэгжилт болон нууцлаг үйлчлүүлэгч тандалт судалгааны аргачлал нь олон улсад өргөн судлагдсан боловч Монгол Улсад энэ чиглэлийн судалгаа харьцангуй хязгаарлагдмал байна. Энэхүү хэсэгт согтууруулах ундааны зохицуулалтын хэрэгжилт, “нууцлаг үйлчлүүлэгч” аргачлалын тухай онолын болон практик судалгаануудыг тоймлон авч үзнэ.

Согтууруулах ундааны худалдаа, үйлчилгээний хуулийн хэрэгжилтийн талаарх судалгаа

Олон улсын хэмжээнд согтууруулах ундааны хэрэглээг хууль тогтоомжийн хүрээнд зохицуулах нь олон улсын эрүүл мэнд, нийгэм, эдийн засгийн бодлогын чухал асуудал байсаар ирсэн. Дэлхийн Эрүүл Мэндийн Байгууллага (ДЭМБ)-аас гаргасан “Global Status Report on Alcohol and Health” (2023) тайланд согтууруулах ундааны хэрэглээний зохицуулалт, бодлогын хэрэгжилтийн талаар улс орнуудын туршлагыг нэгтгэн судалсан байдаг. Тайланд дурдсанаар, хууль эрх зүйн зохицуулалт сайн хөгжсөн улс орнуудад согтууруулах ундааны зохисгүй хэрэглээ, согтуугаар үйлдэгдэх гэмт хэргийн түвшин харьцангуй бага байдаг нь тогтоогджээ.

АНУ, Канад, Их Британи зэрэг улсад согтууруулах ундааны борлуулалтын хяналтыг хатуу хэрэгжүүлэхийн тулд хууль сахиулах байгууллагууд, иргэний нийгмийн байгууллагууд хамтран “compliance check” буюу хуулийн хэрэгжилтийн шалгалтын аргыг ашиглаж байна. Энэхүү шалгалтын үр дүнд согтууруулах ундаа худалддаг байгууллагуудын 30-50 хувь нь хууль зөрчдөг болох нь тогтоогдсон байна (Toomey et al., 2017).

Монгол Улсын хувьд согтууруулах ундааны хэрэглээ, түүний хуулийн зохицуулалтын талаар хэд хэдэн судалгаа хийгдсэн байдаг. Тухайлбал: “Монгол Улсын архидан согтуурахтай тэмцэх бодлого, түүний хэрэгжилт” (Г.Дашдаваа, 2020) судалгаанд согтууруулах ундааны хэрэглээг хязгаарлах хууль эрх зүйн зохицуулалт, хэрэгжилтийн асуудлыг авч үзсэн байдаг. Тус судалгаанд согтууруулах ундааны хэрэглээг хязгаарлах бодлогыг сайжруулах шаардлагатайг онцолж, хяналтын тогтолцоог боловсронгуй болгох хэрэгцээтэй гэж үзсэн.

“Нууцлаг үйлчлүүлэгч” тандалт судалгааны арга зүйн талаарх судалгаа

“Нууцлаг үйлчлүүлэгч” аргыг (Mystery Shopping) анх 1940-өөд оноос хэрэглэгчийн үйлчилгээний түвшнийг үнэлэх зорилгоор ашиглаж эхэлсэн бөгөөд сүүлийн жилүүдэд хяналт, мониторингийн чухал аргачлал болж хөгжсөн. Энэхүү аргыг согтууруулах ундаа, тамхи, эмийн бүтээгдэхүүн, хүнсний аюулгүй байдлын хяналт зэрэг олон салбарт өргөн ашигладаг.

Судалгаанд “нууцлаг үйлчлүүлэгч” аргыг согтууруулах ундааны худалдаанд хэрэгжүүлэх нь хуулийн хэрэгжилтийн бодит түвшнийг илрүүлэх үр дүнтэй арга болохыг нотолсон байдаг (Toomey et al., 2017). Судалгаагаар АНУ-ын зарим мужуудад согтууруулах ундааны худалдаанд ийм шалгалт хийх үед нийт борлуулалтын 30.0 хувь нь хуулийн зөрчилтэй байсныг тогтоожээ.

Судалгаанд “нууцлаг үйлчлүүлэгч” арга хэрэглэх нь зөвшөөрөлгүй согтууруулах ундаа худалдаалах тохиолдлыг илрүүлэх, хяналтын тогтолцоог сайжруулах боломжтойг онцолсон (Chaloupka et al., 2019).

Монгол Улсад энэ төрлийн судалгаа ховор байдаг бөгөөд Санхүүгийн зохицуулах хороо, Шударга өрсөлдөөн, хэрэглэгчийн төлөө газрын зарим мониторингийн тайлангууд “нууцлаг үйлчлүүлэгч” арга ашигласан хэдий ч согтууруулах ундааны хяналтын хүрээнд өргөн хэрэгжээгүй байна. Иймд энэхүү судалгаа нь Монгол Улсад согтууруулах ундааны худалдаа, үйлчилгээний хуулийн хэрэгжилтийг бодит нөхцөл байдалд үнэлж, бодлогын хэрэгжилтийн асуудлыг нарийвчлан судлах ач холбогдолтой юм.

Онолын үндэслэл

Орчин үеийн судлаачид согтууруулах ундааны хэрэглээг ганц нэг хүчин зүйлээр бус биологи, сэтгэл зүй, нийгмийн гэсэн олон талт хүчин зүйлийн үр нөлөөллийн хүрээнд **экслектик тайлбарлал** оновчтой гэж үзэж байна. Иймээс согтууруулах ундааны хэрэглээг бууруулах арга хэмжээ ч олон талт байх шаардлагатай.

Эклектик тайлбарлал нь биологи, танин мэдэхүй, зан үйл, стресс, нийгмийн хэм хэмжээг тайлбарлах онолын үндэслэл, нотолгоонд үндэслэж байна.

Биологийн онол: Судалгаагаар согтууруулах ундааны хамааралтай хүмүүсийн гэр бүлд удамшлын асуудал түгээмэл тохиолддог нь тогтоогдсон (Koob, 2010).

Танин мэдэхүй, зан үйлийн онол: Архийг тайвшруулах, стрессээ бууруулах хэрэгсэл гэж ойлгож, давтан хэрэглэснээр зуршил болгодог төдийгүй архийг хэрэглэх хүмүүсийн хүлээлт, үзэл бодол чухал нөлөөтэй. Тухайлбал: архи уух нь намайг илүү хөгжилтэй болгодог" гэсэн итгэл үнэмшилтэй хүн илүү их хэрэглэх магадлалтай.

Стрессийн онол: Амьдралын хүнд хэцүү нөхцөл байдал, сэтгэл гутрал, түгшүүр зэрэг сөрөг хүчин зүйл архины хэрэглээг нэмэгдүүлдэг (Selye, 1956).

Нийгмээс суралцах онол: Архины хэрэглээг найз нөхөд, гэр бүл, соёлын орчноос сурч, дуурайх замаар олж авдаг (Bandura, 1977).

Нийгмийн хэм хэмжээний онол: Архины хэрэглээ нь тухайн нийгэм, соёлын хүрээнд хэвийн гэж үзэгдэж байвал хүмүүс хэрэглэх хандлагатай байдаг (Durkheim, 1897).

Мэдээлэл цуглуулах арга

Судалгааны мэдээлэл цуглуулах үндсэн арга нь тоон судалгааны “нууцлаг үйлчлүүлэгч” тандалт судалгааны стандарт асуумж байсан бөгөөд бичиг баримт судлах, ажиглалт, фото баримтжуулалт хийх зэрэг чанарын аргыг хавсарган хэрэглэсэн.

Судалгааны үр дүн

2024 оны 12 сарын 21-27-ны өдөр Улаанбаатар хотын хүүхэд залуусын хамгийн их цагаа өнгөрүүлдэг хоёр дүүргийг сонгон авч, Сүхбаатар, Баянзүрх дүүрэгт байрлах найман нэрийн дэлгүүр, сүлжээ дэлгүүр, зоогийн газар, паб, супер маркет болон бусад худалдааны 31 газраас тусгайлан бэлдсэн насанд хүрээгүй буюу 21 нас хүрээгүй судлаачид болох “нууцлаг үйлчлүүлэгч”-ээр худалдан авалт болон ажиглалт хийлгэсэн.

Нийгмийн эрүүл мэндийн төвөөс боловсруулсан “нууцлаг үйлчлүүлэгч” стандарт асуумж нь:

- тухайн үйлчилгээний газар 21 нас хүрээгүй иргэн согтууруулах ундаа зарахгүй гэсэн сануулга байгаа эсэх;
- согтууруулах ундааны сурталчилгаа байгаа эсэх;
- согтууруулах ундааны багц хямдрал байгаа эсэх;
- үйлчилгээний байгууллага нас болон иргэний үнэмлэх асууж байгаа эсэх;
- насанд хүрээгүй гэдгийг мэдсэн байж худалдаа хийсэн эсэх гэсэн бүтэцтэй байна.

ХУУЛИЙН ХЭРЭГЖИЛТИЙН ӨНӨӨГИЙН БАЙДАЛ

ХҮСНЭГТ 1

№	Асуумжийн бүтэц	Нийт	
		Давтамж	Хувь
1	Тухайн үйлчилгээний газар 21 нас хүрээгүй иргэнд согтууруулах ундаа зарахгүй гэсэн сануулга самбар байрлуулсан	8	25.8
2	Согтууруулах ундааны сурталчилгаа самбар байрлуулсан	4	12.9
3	Согтууруулах ундааны багц хямдрал ашиглан худалдаа хийсэн	8	25.8
4	Үйлчилгээний байгууллага нас болон иргэний үнэмлэх асууж, худалдаа хийсэн	5	16.1
5	Насанд хүрээгүйг мэдсэн байж худалдаа хийсэн	28	90.3
	Нийт	53	100.0

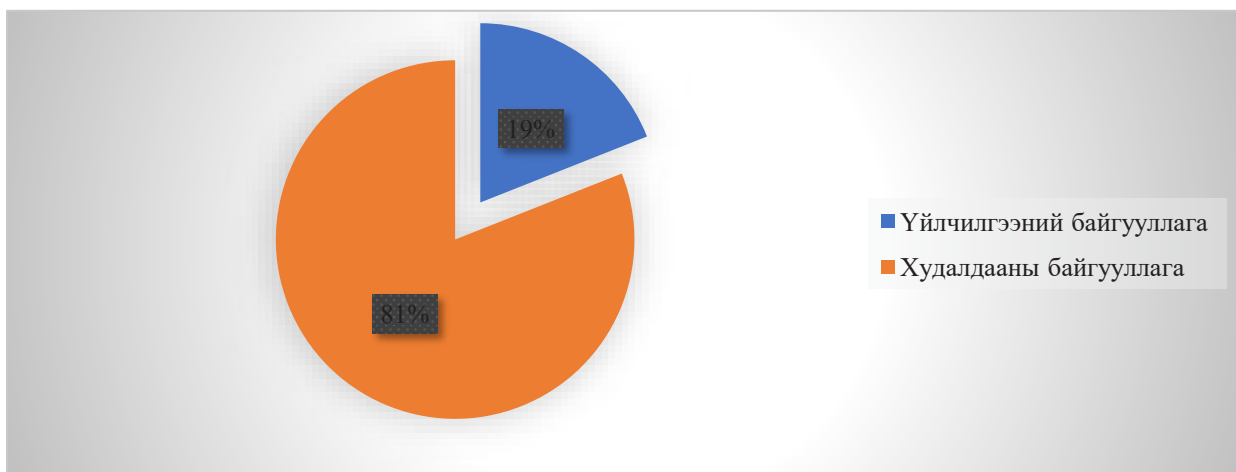
Судалгааны зорилтот түүврийн хүрээнд тогтоосон хаяг байршлын дагуу дээрх өгөгдсөн асуумжаар мэдээллийг цуглуулахдаа what3words ашигласан.

БАЙГУУЛЛАГУУДЫН ТӨРЛҮҮД

ХҮСНЭГТ 2

Судалгаанд хамрагдсан байгууллагууд	Давтамж	Хувь
Сүлжээ дэлгүүр	11	35.5
Найман нэрийн дэлгүүр	8	25.8
Супермаркет	6	19.4
Зоогийн газар	3	9.7
Бусад	3	9.7
Нийт:	31	100.0

Судалгаанд хамрагдсан 31 байгууллагын 21 буюу 68 хувь нь Сүхбаатар дүүрэгт байрлаж байсан бол 10 буюу 32. хувь нь Баянзүрх дүүрэгт байрлалтай худалдаа үйлчилгээний төвүүд байна.



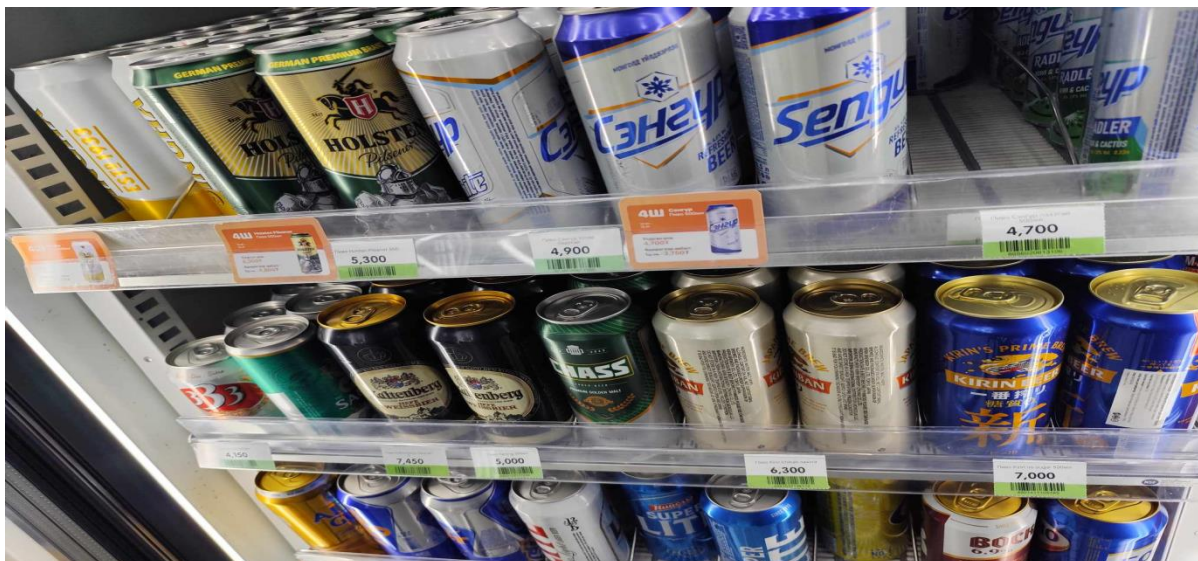
Зураг 1. Судалгаанд хамрагдсан байгууллагуудын бүтэц

Дээрх судалгаа хийгдсэн нийт 31 байгууллагын 81 хувийг худалдааны байгууллага (найман нэрийн барааны дэлгүүр, супермаркет, сүлжээ дэлгүүрүүд), 19 хувийг үйлчилгээний байгууллага (зоогийн газар, паб) эзэлж байсан.



Зураг 2. 21 нас хүрээгүй иргэнд согтууруулах ундаа зарахгүй гэсэн сануулга самбар

Худалдаа үйлчилгээний газруудын 25.8% нь нас хязгаарласан анхааруулга самбартай байсан ба бусад газар уг самбар байсан хэдий ч худалдан авалт хийгдсэн.



Зураг 3. Согтууруулах ундааны багц хямдрал

Сүлжээ худалдааны байгууллагуудад согтууруулах ундааны хямдрал, урамшуулал түгээмэл байдаг нь ажиглагдсан.



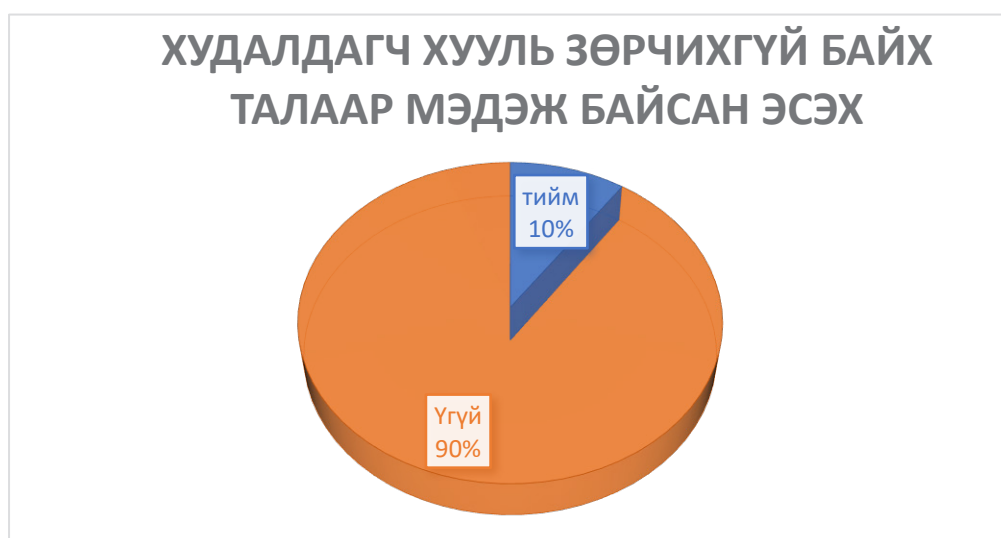
Зураг 4. Үнэмлэх асууж үйлчилж буй байдал

Худалдаа үйлчилгээний байгууллагуудын 5 буюу 16,1 хувь нь үнэмлэх асуусан бол 26 буюу 83,9 хувь нь үнэмлэх асуугаагүй худалдаа хийсэн. Мөн үнэмлэх асуусан 16,1% нь асуусан хэдий ч 40% нь худалдаа хийсэн байна.



Зураг 5. Насанд хүрээгүй хүүхдэд худалдаа хийсэн байдал

Судалгаа хийгдсэн худалдаа үйлчилгээний байгууллагуудын 90,3 хувь нь согтууруулах ундаа худалдаалсан бол 9,7 хувь нь худалдаа хийгээгүй байна.



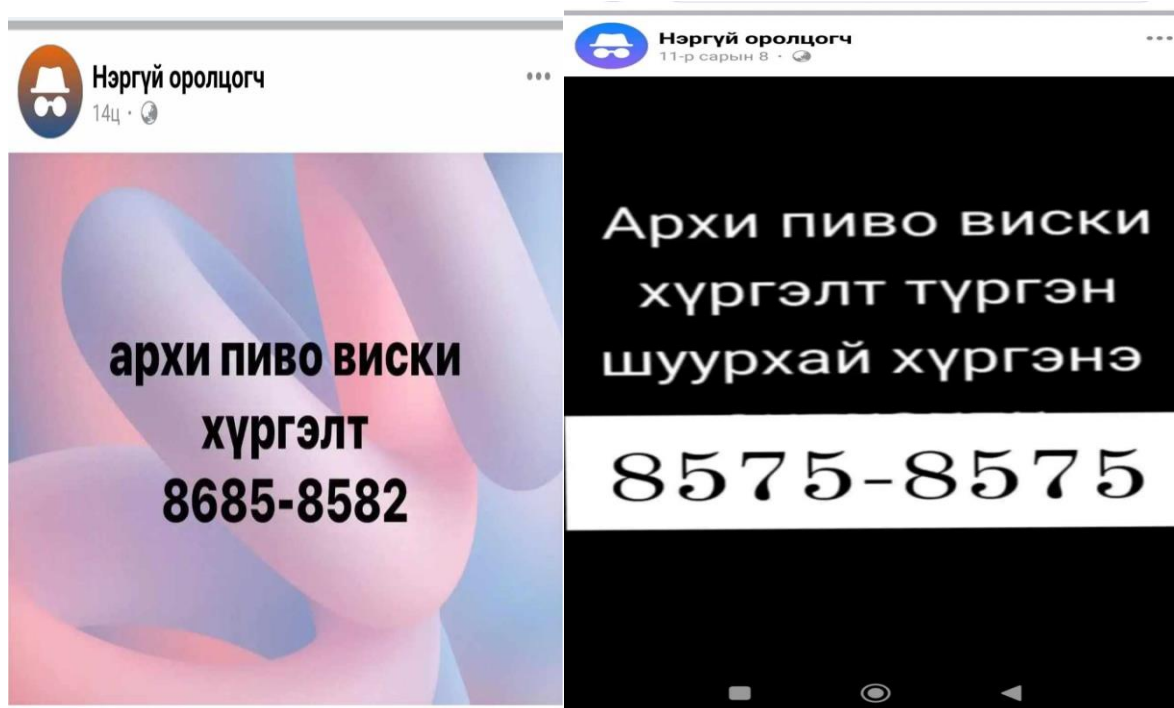
Зураг 6. Хуулийн заалтын мэдлэг

Үйлчлүүлсэн худалдааны байгууллагуудын 90 хувь нь худалдагч 21 нас хүрээгүй хүнд согтууруулах ундаа худалдахгүй гэсэн хуулийг зөрчихгүй байх талаар мэдэхгүй байсан. Харин 10 хувь нь хууль зөрчихгүй байх талаар мэдэж байсан



Зураг 7. Сogтууруулах ундааны хүртээмж

Согтууруулах ундаа худалдаалагдаж байсан худалдааны газруудын ихэнх нь хязгаарлалтын бүс дотор (сургууль, эмнэлэг) 21 нас хүрээгүй иргэнд худалдаа хийж байсан.

**Зураг 8. Сogтууруулах ундааны хууль бус худалдаа**

Мөн согтууруулах ундааны хууль бус худалдаа буюу дуудлагын үйлчилгээ ашиглан иргэний үнэмлэх шалгаагүй худалдан авалт хийгдсэн нь тус судалгаагаар харагдаж байна.

Дүгнэлт

1. Судалгаанд хамрагдсан үйлчилгээний газруудын 25.8 хувь нь нас хязгаарласан анхааруулга самбар байрлуулсан хэдий ч худалдаа хийсэн; 12.9 хувь нь согтууруулах ундааны сурталчилгаа самбар байрлуулсан; 25.8 хувь нь согтууруулах ундааны багц хямдрал ашиглан худалдаа хийсэн; 16.1 хувь нь үйлчилгээний байгууллага нас болон иргэний үнэмлэх асууж, худалдаа хийсэн; 90.3 хувь нь насанд хүрээгүй гэдгийг мэдсэн байж худалдаа хийсэн байна.
2. Хуулиар насны хязгаар тогтоосон хэдий ч хэрэгжилт сул, байгууллагууд үүнийг даган мөрдөх байдал хангалтгүй байна.
3. Согтууруулах ундааны худалдаа, үйлчилгээ эрхлэгчдийг хариуцлагатай үйлчилгээний сургалтад тогтмол хамруулах тогтолцоо бүрдүүлж, чанарт тогтмол хяналт тавих хэрэгтэй.
4. Хуулиар зөвшөөрсөн насанд хүрээгүй хүнд согтууруулах ундаа худалдах, түүгээр үйлчлэх байдалд тавих болон үүнд олон нийт, залуучуудыг татан оролцуулах хэрэгтэй.
5. "Нууцлаг үйлчүүлэгч" тандалтыг улсын хэмжээнд өргөжүүлэх хэрэгтэй..

АШИГЛАСАН МАТЕРИАЛ, НОМ ЗҮЙ

- [1] Дэлхийн Эрүүл Мэндийн Байгууллага (WHO). (2023). Global Status Report on Alcohol and Health. Geneva: WHO Press.
- [2] Toomey, T. L., Lenk, K. M., & Wagenaar, A. C. (2017). Evaluating Alcohol Compliance Checks: A Systematic Review of Methodologies and Findings. *Journal of Studies on Alcohol and Drugs*, 78(3), 391-400.
- [3] Chaloupka, F. J., Powell, L. M., & Warner, K. E. (2019). *The Economics of Alcohol Consumption and Policy*. Oxford: Oxford University Press.
- [4] Г.Дашдаваа. (2020). Монгол Улсын архидан согтуурахтай тэмцэх бодлого, түүний хэрэгжилт. Улаанбаатар: ШУА-ийн Хууль зүйн хүрээлэн.
- [5] Монгол Улсын Их Хурал. (2000, шинэчилсэн 2018). Архидан согтуурахтай тэмцэх тухай хууль.
- [6] Санхүүгийн зохицуулах хороо, Шударга өрсөлдөөн, хэрэглэгчийн төлөө газар. (2022). Согтууруулах ундааны худалдаа, үйлчилгээний хяналт шалгалтын тайлан.
- [7] Монгол Улсын Засгийн газар. (2021). Согтууруулах ундаа худалдах, түүгээр үйлчлэх журам. Засгийн газрын тогтоол №29.
- [8] Litten, R. Z., & Falk, D. E. (2018). Advances in Alcohol Research: Regulatory Frameworks and Policy Analysis. *Alcohol Research: Current Reviews*, 40(1), 1-12.
- [9] Wagenaar, A. C., & Tobler, A. L. (2016). Minimum Legal Drinking Age Laws and Enforcement Strategies: A Meta-Analysis. *American Journal of Public Health*, 106(8), 1520-1528.
- [10] Fell, J. C., Fisher, D. A., & Voas, R. B. (2017). Reducing Underage Drinking Through Compliance Checks: A Review of Best Practices. *Traffic Injury Prevention*, 18(5), 445-450.

ОЮУТНЫ СУРАЛЦАХ ИДЭВХЭД НОЙРНЫ ЧАНАР НӨЛӨӨЛӨХ НЬ

Цогбадрахын НАНДИНЧИМЭГ¹Жекейн КАЛАМХАС²

ШУТИС, Дархан-Уул аймаг дахь Технологийн сургууль, Суурь шинжлэх ухааны тэнхим

tsogoochimeg35@gmail.com¹ kalamkhas@stda.edu.mn²

Хураангуй: Дижитал эрин зууны оюутан залуучуудын амьдралын хэв маягт чухал нөлөөтэй хүчин зүйлүүд бол амьдралын зөв дадал, технологийн дэвшлийн зохистой хэрэглээ, орчны нөлөөлөл юм. Оюутан залуучуудад хүрээлэн буй орчны нөлөөнд ихээхэн автдаг учир тэдний зан төлөв, амьдралын хэв маягаа хянах, хянах арга ухаанд хөтлөхөд багш, эцэг эхийн тусламж нэн шаардлагатай болдог. Боловсролын аль ч түвшинд үр дүнтэй суралцах чадварыг хөгжүүлнэ гэж заасан хэдий ч оюутны суралцах идэвх буурсаар байна. Сургалтын үр дүнг дээшлүүлэх, идэвхийг нэмэгдүүлэхэд оюутны бие даасан байдал буюу хувийн зохион байгуулалт, өөрийгөө тодорхойлон (Self-Determination Theory: SDT) танин мэдэх нь чухал нөлөөтэй гэж үзсэн судлаачдын онолд үндэслэн, оюутны суралцах идэвхэд нөлөөлж буй нэг хүчин зүйл болох нойрны чанарыг сурлагын голч дүнтэй нь хамааралтай эсэхийг тодорхойлж, зарим үр дүнг хэлэлцүүлж байна.

Түлхүүр үг: нойр, нойрны чанар, суралцах идэвх.

I. УДИРТГАЛ

Суралцах үйлд нойр чухал үүрэгтэй бөгөөд хүний амьдралын салшгүй нэг хэсэг, суурь хэрэгцээ юм. Хүн унтаж байхдаа өдрийн сэргэг байх үедээ зарцуулсан энергийн нөөцөө нөхөн сэргээж, тархины мэдрэлийн эд эсүүдэд хуримтлагдсан илүүдэл мэдээлэл сөрөг холбоосноос чөлөөлөгдөж, уураг тархийг сайн амрахаас гадна өдрийн сэрүүн байдалд бэлтгэн, тархины үйл ажиллагааг дахин идэвхжүүлэх, хүчийг нь нэмэгдүүлэх ач холбогдолтой гэж үздэг. Хангалттай нойр авахгүй байх үед анхаарал төвлөрөх, бодох, ой санамжийн чадварт сөргөөр нөлөөлдөг гэдгийг олон судалгаа харуулдаг.

Мэдээлэл, харилцаа холбооны технологи хурдацтай хөгжиж буй энэ нийгэмд оюутны сурах идэвхийг нойртой холбон судалсан гадаад дотоодын эрдэмтэн, судлаачид тал бүрээс нь судалсан багагүй бүтээлүүд байна. Тухайлбал:

Нойрны талаарх судалгаа 19-р зуунаас эхэлсэн байдаг. АНУ-ын доктор Клейтман Чикагогийн их сургуулийн оюутан Ю.Азеринскийтэй хамтран унтаж буй хүний нүдний хөдөлгөөнийг судалж эхэлснээр нойр албан ёсоор судлагдах болсон. Нойрны чанарыг судалсан цөөнгүй судалгаанууд байдаг. Тухайлбал: Сайн унтаж амрах нь сургалцах идэвх, үр ашгийг дээшлүүлээд зогсохгүй сэтгэл гутралыг бууруулж, хүмүүс хоорондын эерэг харилцаа үүсгэх улмаар суралцах сэдлийг шууд бусаар нэмэгдүүлж, сурлагын амжилтыг сайжруулахад хувь нэмэр оруулдаг болохыг судалгаагаар тогтоожээ [5].

Нойр дутуу, богино хугацаанд унтах давтамж ихсэх, оройтож, эрт босох зэрэг нь суралцах чадвар, сурлагын амжилт, мэдрэлийн зан үйлийн үйл ажиллагаанд нөлөөлдөг болохыг судалгаагаар тогтоосон. Хэт орой сэрэх, ялангуяа амралтын өдрүүд болон өдрийн цагаар

нойрмоглох нь хүүхэд, насанд хүрэгчдийн сурлагын амжилт муудахтай холбоотой [2].

Унтах хугацаа багасах, нойрны хэв маяг алдагдах нь суралцагчдын сурах идэвх, үр дүнгүй болгоход хүргэдэг [8].

Америкийн үндэсний коллежийн Эрүүл мэндийн үнэлгээний төвийн судалгаагаар коллежийн оюутнуудын дунд нойр дутуу байгаа нь сурлагын идэвхэд нөлөөлөх эрүүл мэндийн гурван гол саад тогторын нэг гэж тодорхойлсон байдаг.

Чанартай нойр авах нь оюутны танин мэдэхүйн чадварт чухал нөлөөтэйгээс тэдний бие бялдар, сэтгэцийн эрүүл орших үндсэн нөхцөл болдог [6].

Нойргүйдэл нь өсвөр үеийнхний суралцах чадварт шууд нөлөөлж, анхаарал сарниулах, ой санамж муудах, асуудал шийдвэрлэх чадвар буурахад хүргэдэг бөгөөд энэ нь ерөнхийдөө хичээлийн гүйцэтгэлд нөлөөлдөг. Нэмж дурдахад, удаан хугацааны нойргүйдэл нь өсвөр насныхны сэтгэцийн эрүүл мэндийг ноцтойгоор доройтуулж, сэтгэлийн түгшүүр, сэтгэлийн хямрал болон бусад сэтгэл хөдлөлийн эмгэгийн эрсдэлийг нэмэгдүүлдэг [7]. Мөн 18-29 насны залуучууд хоногт авах нойроо хамгийн сайн авдаг хэдий ч ойролцоогоор тэдний 22 хувь нь нойрмог байдлаасаа болж хичээлээсээ хоцордог ба 40 хувь нь долоо хоногт хоёроос доошгүй удаа хичээл дээрээ нойрмоглох эсвэл ямар нэг байдлаар унтдаг гэсэн байна. Үүний шалтгаан нь нойр дутуу эсвэл буруу дадал зуршлын улмаас суралцагсад нойрны хомсдолтой байх, улмаар хичээл дээрээ нойрмог байх явдал ба энэ нь тэдгээрийн суралцах идэвхэд шууд чухал нөлөө үзүүлнэ гэж тодорхойлжээ [3].

Монгол Улсад хийгдсэн судалгааны ажил цөөн байна. Судлаач Л.Цэрэндолгор “Өсвөр насныхны нойрны эмгэгийн зарим асуудал” сэдэвт судалгааны үр дүнд судалгаанд хамрагдсан өсвөр насныхны 24 хувь нь нойрны асуудалтай гарчээ.

Нойр нь хүний танин мэдэхүйн чадвар, эрүүл мэндэд чухал нөлөөлдөг. Иймд бид өдөр тутамдаа чанартай нойр авах нь чухал. Чанартай нойр гэдэг нь зохистой хугацаанд гүн нойрсож, биеэ амрахыг хэлдэг байна. Нойрны чанар нь хүний танин мэдэхүйд сөрөг нөлөөтэй хэмээн үзэж судалгааны ажлаа хийлээ. Мөн ДаТС-ийн сургалтын албанаас оюутны сургалтын оролцооны байдлыг тандах зорилгоор хийсэн судалгаанд хичээл тасалж, хоцорч байгаа оюутнуудын дийлэнх хувийг дотуур байрт амьдардаг оюутнууд эзэлж байсан. Иймээс нойрны чанар нь суралцах бүтээмжид хэрхэн нөлөөлж буйг судлах зорилгоор ДаТС-ийн оюутны байрын оюутнуудыг сонгон, 2024 оны 10 сараас 12 сар хүртэл сургалт, хэлэлцүүлэг, судалгаа хийлээ.

II. СУДАЛГААНЫ ХЭСЭГ

1. Судалгааны арга зүй

Судалгааны объектоор ШУТИС-ийн ДаТС-ийн оюутны байрт амьдардаг 1, 2-р курсийн оюутнууд сонгон авч, нойрны чанар, хэрэгцээ, нойрноос сэрсний дараах мэдрэмж, нойр багасгахад хүргэж байгаа хүчин зүйлс, нойрноос үүдэн бий болох үр дагаврыг судаллаа. Судалгаанд асуулга, анкет, ярилцлага, ажиглалтын аргыг тус тус хэрэглэсэн. Түүвэрлэн авсан оюутнуудын нойрны чанарыг судлах зорилгоор нээлттэй 10 асуулттай сэтгэгц оношилгоо хийх аргын нэг болох судлаач П.Брицийн гаргасан аргачлал (1-р зураг)-аар судалгаа авч, үр дүнд математик статистикийн аргаар боловсруулалт хийлээ [4].

Өдөр/ гаргаг	Нойрны хуанли /хөтлөлт/						
	Өдөр 1	Өдөр 2	Өдөр 3	Өдөр 4	Өдөр 5	Өдөр 6	Өдөр 7
1. Та хэдэн цагт орондоо орсон бэ?							
2. Та хэдэн цагт унтсан бэ?							
3.Та өнгөрсөн шөнө нийт хэдэн цаг унтсан бэ?							
4. Та унтах үедээ хэдэн удаа сэрсэн бэ?							
5. Хэрэв шөнө сэрсэн бол хэр удаан сэрүүн байсан бэ?							
6.Та өглөө хэдэн цагт боссон бэ?							
7. То өглөө сэрэхдээ ямар мэдрэмжтэй байсан бэ?							
8. Та найрны чанараа хэрхэн үнэлэх вэ?							
9.Таны нойрыг багасгадаг, унтаж чадахгүйд хүргэдэг ямар хүчин зүйлс байдаг вэ?							
10. Та чанартай нойр авахад анхаарах зүйлсийн талаарх сэтгэгдэл байна уу?							

Зураг 1. П.Брицийн гаргасан нойрны чанарыг судлах хуанли

Уг арга үнэлгээний ямар нэг оноо байхгүй, тухайн судлаач судалгаанд оролцогчдын хариултад дүн шинжилгээ хийж, үнэлдэг аргачлал юм. Хөтлөлтийн арга нь судлаачдад нойр дутуу байдлын түвшнийг харгалзахгүйгээр хэмжих боломжийг олгодогдоороо давуу талтай.

Судалгааг 2024 оны X-XII сард хийж гүйцэтгэсэн. Сургалтад хамрагдсан нийт 63 оюутнаас асуулгын аргаар тандалт судалгаа хийж, түүврийн аргаар нийт оюутнуудаас эмэгтэй 4, эрэгтэй 4 оюутныг сонгон авч, үндэсний нойрны сангийн хөтөлбөрийн захирал, судлаач П.Брицийн гаргасан (NSF, P.Britz, Sleep dairy, January 22, 2003)

нойрны чанарыг судлах хуанли ашиглан судалгаа авч, үр дүнг нэгтгэлээ.

2. Судалгааны зорилго

ШУТИС-ийн ДаТС-ийн оюутны байрт амьдардаг оюутнуудын нойрны чанарыг тодорхойлох, сурах идэвхэд ямар нөлөө үзүүлж байгааг сурлагын голч дүнтэй холбон тодорхойлоход оршино.

3. Судалгааны зорилтууд

1. Оюутны байрт амьдардаг оюутнуудад “Суралцах идэвхэд нойр нөлөөлөх нь” сэдэвт сургалт, хэлэлцүүлэг зохион байгуулж, асуулгын аргаар сургалтад хамрагдсан оюутнуудаас нойрны талаарх ерөнхий ойлголт, унтдаг цагийн хуваарь, чанартай нойр авахад нөлөөлж болох хүчин зүйлийг тодруулж, үр дүнг гаргах.

2. П.Брицийн нойрны чанарыг судлах аргаар түүвэрлэн авсан оюутнуудаас судалгаа авч, үр дүнг боловсруулах.

3. Нойрны чанар нь оюутнуудын сурлагын амжилтад хэр нөлөөлж байгааг сурлагын үр дүнд харьцуулан судлах.

4. Судалгааны хэсэг

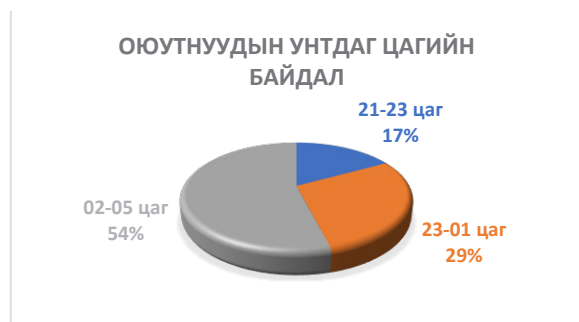
2024 оны 10 сарын 31-ний өдөр ДаТС-ийн оюутны байрт “Суралцах идэвхэд нойр нөлөөлөх нь” сэдэвт сургалтыг багш Ж.Каламхастай хамтран зохион байгуулж, сургалтад хамрагдсан нийт 63 оюутнаас асуулгын аргаар унтах цагийн хуваарь, унтахад нөлөөлдөг хүчин зүйлийн талаар судалгаа авсан (2-р зураг). Оюутнуудаас судалгаа авахад өглөө сэрэнгүүтээ шөнийн нойроо эргэн санаж, бодож бөглөдөг нь үнэн бодитой, найдвартай гарах боломжтой чанарын судалгаа болсон гэж үзэж байна. Нөгөө талаас, тандалт туршилтын байдлаар хийгдэж байгаа суурь судалгааны нэг юм.



Зураг 2. “Суралцах идэвхэд нойр нөлөөлөх нь” сэдэвт сургалтын үе

Судалгаанд хамрагдсан оюутнуудын 21% нь эмэгтэй, 79% нь эрэгтэй оюутан байв. Гуравдугаар зурагт судалгаанд оролцогчдын 17% (63 оюутан) нь 21-22 цагт унтдаг, 29 хувь нь 23-01 цагт унтдаг, 54 хувь нь шөнийн 02-05 цагт унтдаг гэж

хариулснаас үзэхэд, унтах цагийн хувьд харилцан адилгүй байна. Ихэнх оюутан шөнийн 24 цагаас хойш унтдаг, унтах үйл явцад байрын орчны нөлөө хамгийн их байдаг бөгөөд зорилгогүй утас, таблет ашиглан нойргүй хонох зэрэг байдал эрэгтэй оюутнуудын дунд элбэг байгаа нь судалгааны явцад ажиглагдсан. Үүнд оюутны байрын орчин нөлөөлөхөөс гадна тэдний хувийн зохион байгуулалт чухал байна.



Зураг 3. Оюутнуудын унтдаг цагийн байдал

Таны нойрны чанар суралцах идэвхэд нөлөөлдөг гэж бодож байна уу? гэсэн асуултад оюутнуудын 80-аас дээш хувь санал нэгтэй байгаагаа илэрхийлсэн. Үүнээс харахад нойр хэчнээн чухал болохыг оюутнууд тодорхой хэмжээнд мэддэг, ойлгодгийг харуулсан. Унтахынхаа өмнө утас, таблет, электрон төхөөрөмжийг ямар давтамжтай ашигладаг вэ? гэсэн асуултад судалгаанд оролцогчдын 78 хувь нь унтахынхаа өмнө утас, таблет зэргийг байнга, тогтмол ашигладаг гэж хариулснаас үзэхэд оюутнууд оройтож унтах нэг шалтгаан болж байна.

Оюутанд зориулсан сургалт, хэлэлцүүлгийн дараа сайн дураараа судалгаанд хамрагдах хүсэлтэй 8 оюутныг түүвэрлэн авч, П.Брицийн гаргасан нойрны чанарын хуанлигаар 2024 оны 11 сарын 11-18-ны өдөр судалгаа явуулж, үр дүнг гаргасан.

Та хэдэн цагт унтсан бэ? гэсэн асуултад (хүснэгт 1) эрэгтэй, эмэгтэй оюутнуудын унтах цаг нь харилцан адилгүй байсан. Мөн оюутнууд тогтмол цагт унтаж хэвшээгүй, унтах цагийн хуваарь 1-2 цагийн хооронд хэлбэлзэж байлаа. Судалгаанд оролцсон 3 оюутан /эм – 2, эр – 1/ орой 22-23 цагт унтдаг. 5 оюутан шөнийн 24 цагаас хойш унтдаг. Эндээс үзэхэд оюутнуудын унтах цагийн хуваарь харилцан адилгүй байна.

ОЮУТНУУДЫН УНТДАГ ЦАГИЙН ХУВААРЬ

ХҮСНЭГТ 1

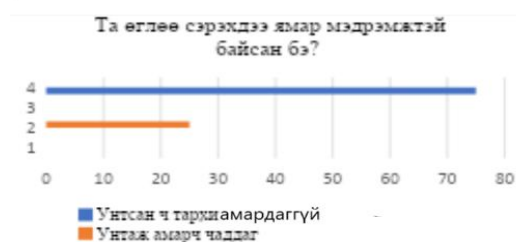
Оюутан	1 өдөр	2 өдөр	3 өдөр	4 өдөр	5 өдөр	6 өдөр	7 өдөр
K-100	22 ⁰⁰ -23 ⁰⁰ цагийн хооронд	24-01 цагийн хооронд	22 ⁰⁰ -23 ⁰⁰ цагийн хооронд	24-01 цагийн хооронд	22 ⁰⁰ -23 ⁰⁰ цагийн хооронд	22 ⁰⁰ -23 ⁰⁰ цагийн хооронд	22 ⁰⁰ -23 ⁰⁰ цагийн хооронд
K-101	22 ⁰⁰ -23 ⁰⁰ цагийн хооронд	01-03 цагийн хооронд	22 ⁰⁰ -23 ⁰⁰ цагийн хооронд	24-01 цагийн хооронд	22 ⁰⁰ -23 ⁰⁰ цагийн хооронд	22 ⁰⁰ -23 ⁰⁰ цагийн хооронд	22 ⁰⁰ -23 ⁰⁰ цагийн хооронд
K-102	22 ⁰⁰ -23 ⁰⁰ цагийн хооронд	22 ⁰⁰ -23 ⁰⁰ цагийн хооронд	01-03 цагийн хооронд	24-01 цагийн хооронд	22 ⁰⁰ -23 ⁰⁰ цагийн хооронд	22 ⁰⁰ -23 ⁰⁰ цагийн хооронд	22 ⁰⁰ -23 ⁰⁰ цагийн хооронд
K-103	01-03 цагийн хооронд	22 ⁰⁰ -23 ⁰⁰ цагийн хооронд	01-03 цагийн хооронд	22 ⁰⁰ -23 ⁰⁰ цагийн хооронд	01-03 цагийн хооронд	01-03 цагийн хооронд	01-03 цагийн хооронд
K-104	24-01 цагийн хооронд	22 ⁰⁰ -23 ⁰⁰ цагийн хооронд	02 цагаас хойш	24-01 цагийн хооронд	02 цагаас хойш	24-01 цагийн хооронд	02 цагаас хойш
K-105	22 ⁰⁰ -23 ⁰⁰ цагийн хооронд	24-01 цагийн хооронд	22 ⁰⁰ -23 ⁰⁰ цагийн хооронд	01-03 цагийн хооронд	22 ⁰⁰ -23 ⁰⁰ цагийн хооронд	22 ⁰⁰ -23 ⁰⁰ цагийн хооронд	22 ⁰⁰ -23 ⁰⁰ цагийн хооронд
K-106	03 цагаас хойш	22 ⁰⁰ -23 ⁰⁰ цагийн хооронд	24 цагаас хойш	22 ⁰⁰ -23 ⁰⁰ цагийн хооронд	03 цагаас хойш	24-01 цагийн хооронд	03 цагаас хойш
K-107	01-03 цагийн хооронд	22 ⁰⁰ -23 ⁰⁰ цагийн хооронд	01-03 цагийн хооронд	22 ⁰⁰ -23 ⁰⁰ цагийн хооронд	01-03 цагийн хооронд	01-03 цагийн хооронд	01-03 цагийн хооронд

Та шөнийн турш хэдэн удаа сэрсэн бэ? гэсэн асуултад (зураг 4) 1 оюутнаас бусад нь унтаснаас хойш сэрдэггүй гэж хариулснаас үзэхэд нойр тасалдах нь харьцангуй бага байгаа ч унтах цагийн хуваарь алсдаа эрүүл мэндэд сөргөөр нөлөөлөх талтай.



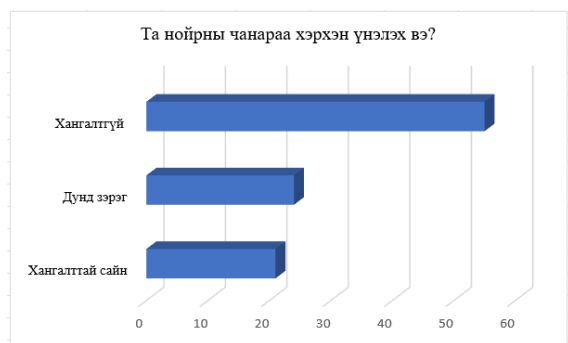
Зураг 4. Шөнийн туршид сэрэх давтамж

Та өглөө хэдэн цагт босдог вэ? гэсэн асуултад эрт унтсан оюутнууд өглөө сэрж харин оройтож унтаж байсан оюутнууд өглөөний 10-12 цагийн үед сэрдэг гэж хариулснаас үзэхэд оройтож унтдаг оюутнууд хичээлээс хоцорч, хичээлээ тасалж байгаа нь харагдаж байна..



Зураг 5. Нойр ханасан мэдрэмжийн байдал

Та өглөө сэрэхдээ ямар мэдрэмжтэй байсан бэ? гэсэн асуултад (зураг 5) судалгаанд оролцсон 8 оюутны ихэнх хувь буюу 75 хувь нь амраагүй ядарч сульдсан, унтсан ч тархи амардаггүй гэж хариулснаас үзэхэд цаашдаа энэ нь удаан хугацаанд үргэлжилсээр байвал бүтэн өдрийн турш эрч хүчгүй байх, ой тогтоолт муудах, анхаарал төвлөрөлт алдагдах, шийдвэр гаргахад хүндрэлтэй байх, дархлаа нь сулрах зэрэг талтай юм.



Зураг 6. Нойрны чанарын хувьд

Та нойрны чанараа хэрхэн үнэлэх вэ? гэсэн асуултад (зураг 4) хангалттай сайн гэж 21 хувь, дунд зэрэг 24 хувь, хангалтгүй гэж 55% хариулснаас үзэхэд чанартай нойр авч чаддаггүй нь харагдаж байна.

Таны нойрыг багасгадаг, унтаж чадахгүйд хүргэдэг ямар хүчин зүйлс байдаг вэ? гэсэн асуултад

- ✓ өрөөний температур /дотуур байрын дулааны асуудал/
- ✓ орчны дуу чимээ
- ✓ гэрэл
- ✓ утас, таблет, компьютер
- ✓ гадуурх уулзалт, тэмдэглэлт өдрүүд

гэж хариулснаас үзэхэд тэдэнд орчин чухал нөлөөтэй ба үүнээс гадна хувийн зохион байгуулалт ихээхэн ач холбогдолтойг илэрхийлж байна.

Та чанартай нойр авахдаа юуг анхаарах хэрэгтэй гэж бодож байна? гэсэн асуултад цахим хэрэглээгээ хянах, утас, таблет зэрэг электрон хэрэгслийн ашиглалтыг бууруулах, унтдаг цагийн хуваариа тогтмол болгох, зөв дадал хэвшилтэй амьдарч, сурах гэж ихэнх хувь буюу 67 хувь нь хариулжээ. Мөн хичээлийн ачаалал их байгааг дурдсан байна.

ОЮУТНУУДЫН УНТДАГ ЦАГИЙГ СУРЛАГЫН ГОЛЧТОЙ ХОЛБОЖ ҮЗСЭН БАЙДАЛ

ХҮСНЭГТ 2

№	Оюутан	Унтдаг цаг	Дүнгийн голч
1	К-100	22-23 цаг	3,62
2	К-101	22-23 цаг	3,11
3	К-102	01 цагаас хойш	2,5
4	К-103	01 цагаас хойш унтдаг	2,6
5	К-104	03 цагаас хойш	2,21
6	К-105	22-23 цаг	2,8
7	К-106	04 цагаас хойш	2,1
8	К-107	01 цагаас хойш	1,7

Судалгаанд хамрагдсан 8 оюутны унтах цагийг дүнгийн голчтой нь холбон авч үзэхэд нойрны чанар сайтай оюутнуудын сурлагын голч дүн өндөр харин шөнийн цагаар бага унтдаг,

нойроо чанартай авч чаддаггүй байсан оюутнуудын дүнгийн голч бага байсан нь ажиглагдсан. Энэ нь нойр дутуу, чанаргүй байх нь сурлагын идэвх, голч дүнд нөлөөлдөг болохыг харуулж байна (2-р хүснэгт).

Судалгаанд хамрагдсан оюутнуудын П.Брицийн асуумжид нээлттэй хариулсан байдлаас харахад нийт 8 оюутны 5 нь буюу 62,5 хувь нь хувийн зохион байгуулалтаас болж бага унтах, шөнө сэрэх, тоглоом тоглох, чанаргүй ба хангалтгүй унтдаг гэж хариулсан. Иймд оюутнууд шаардлагатай нойр авахын тулд хувийн зохион байгуулалт, зөв дадал хэвшилтэй болох, нойрны хомсдолд орохоос сэргийлэх хэрэгтэй бөгөөд үүнийг зохицуулах бүрэн боломж байна гэж үзэж байна.

Ш. ДҮГНЭЛТ

- ШУТИС-ийн ДаТС-ийн оюутны байрт амьдардаг оюутнуудаас П.Брицийн аргаар судалгаа авч, чанартай нойртой байгаа эсэх, унтаад сэрэх үеийн мэдрэмж, шөнө сэрэх давтамж, чанартай нойр авахад нөлөөлөх хүчин зүйлийг тодруулж, үр дүнг нэгтгэхэд судалгаанд оролцогчдын ихэнх нь нойр дутуу явах буюу хангалтгүй унтсанаас болж хичээлээс хоцрох, хичээлээ таслах, идэвх сулрах, анхаарлаа төвлөрүүлэх чадвар муудах, улмаар сурлагын голч дүнд сөргөөр нөлөөлөх явдал ихэссэн нь судалгааны үр дүнд тогтоогдов.

Үүнээс үүдээд чанаргүй нойртой хүн сурах үйл явцдаа илүү их хүчин чармайлт гаргах шаардлагатай болдог байна. Тиймээс оюутан суралцагчид амьдралын зөв дадал хэвшилд суралцах, өөрөө өөрийгөө удирдан зохион байгуулахад ихээхэн анхаарах нь чухал байна.

- Судалгааны үр дүнгээс харахад нойрны чанар суралцах чадварт мэдэгдэхүйц нөлөө үзүүлдэг болох нь тогтоогдсон. Судалгаанд хамрагдсан оюутнуудын тоо хязгаарлагдмал байсан тул цаашид илүү өргөн хүрээ, давтамжтай судалгаа хийх мөн оюутнуудын чанартай нойр авахад нөлөөлж болох хүчин зүйлсийг нарийвчлан судлах шаардлагатай байна.

АШИГЛАСАН МАТЕРИАЛ, НОМ ЗҮЙ

Монгол хэл дээрх эх сурвалж:

- [1] С.Бадамдорж (1979). Нойр хүний эрүүл мэнд. Улаанбаатар, Улсын хэвлэлийн газар.
- [2] Б.Доржханд (2022). Нойрны эрэлд. Улаанбаатар, “Артсофт” хэвлэлийн газар.
- [3] Шонн Стевенсон (2016), орчуулагч Д.Бүжинлхам. Ухаалаг нойрсохуй.

Англи хэл дээрх эх сурвалж:

- [1] NSF, P.Britz, Sleep dairy, January 22, (2003)
- [2] Duarte J, Nelas P, Chaves C, Ferreira M, Coutinho E, Cunha M. Sleep-wake patterns and their influence on school performance in portuguese adolescents. *Aten Primaria*. 2014;46
- [3] Eric Suni, Sleep foundation, Mar, (2023)
- [4] Eric Suni, Dr. Abhinav Singh, Tips for How to Sleep Better (2023)
- [5] The Effect of Sleep Quality on Students' Academic Achievement (Jalali et al., 2020).
- [6] Kellah M. Edens, The Relationship of University Students' Sleep Habits and Academic Motivation (2006)
- [7] Kansagra, Sleep Disorders in Adolescents 2020 May;145(Suppl 2):S204-S209. doi: 10.1542/peds.2019-2056L.
- [8] Perez-Chada D, Perez-Lloret S, Videla AJ, et al. Sleep disordered breathing and daytime sleepiness are associated with poor academic performance in teenagers. A study using the Pediatric Daytime Sleepiness Scale (PDSS). *Sleep*. 2007;30(12):1698–1703. doi:)

