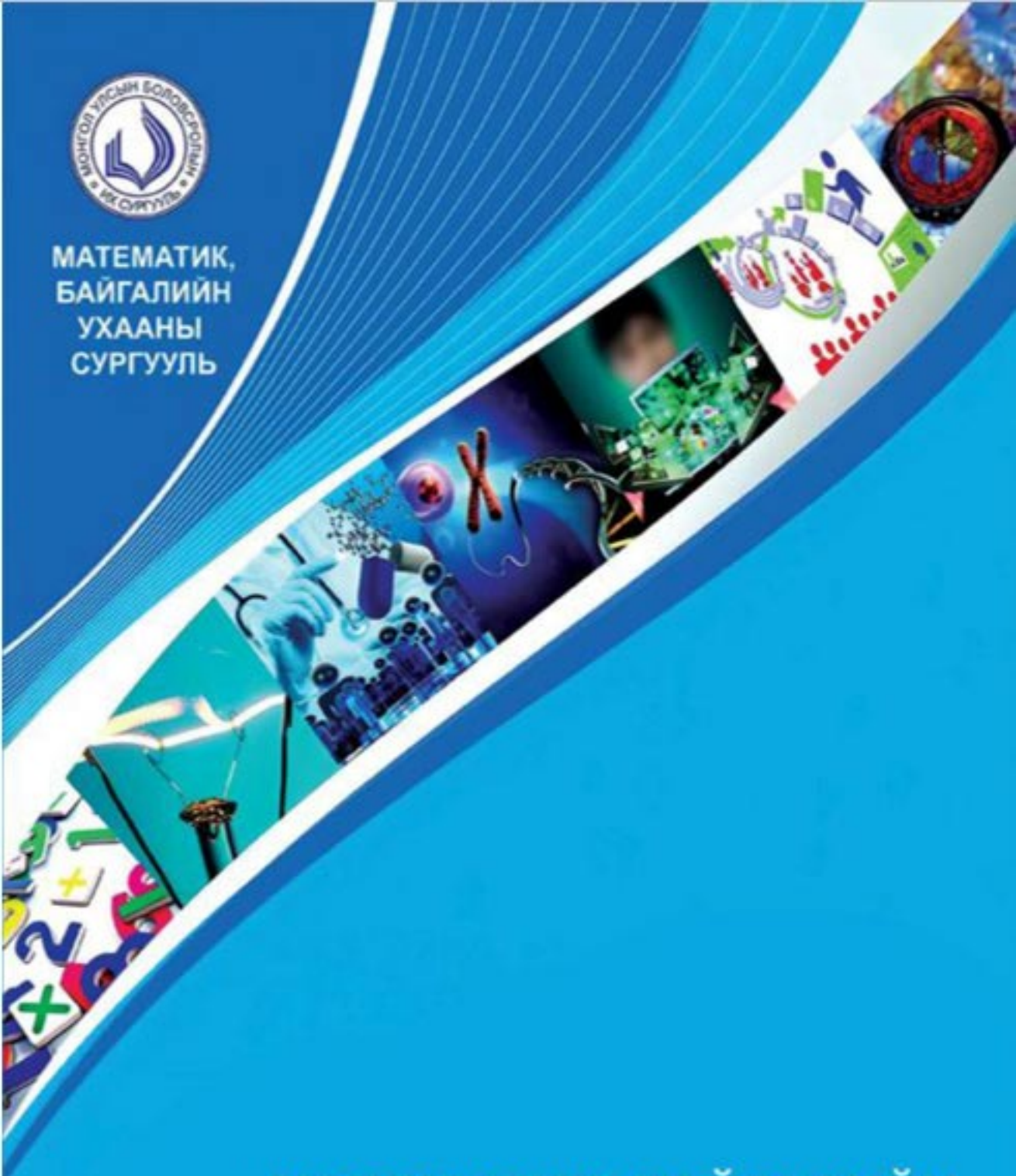




МАТЕМАТИК,
БАЙГАЛИЙН
УХААНЫ
СУРГУУЛЬ



МАТЕМАТИК, БАЙГАЛИЙН
УХААН ЭРДЭМ ШИНЖИЛГЭЭНИЙ
СЭТГҮҮЛ 12 / 2026

МОНГОЛ УЛСЫН БОЛОВСРОЛЫН ИХ СУРГУУЛЬ
МАТЕМАТИК, БАЙГАЛИЙН УХААНЫ СУРГУУЛЬ

**МАТЕМАТИК, БАЙГАЛИЙН УХААН
ЭРДЭМ ШИНЖИЛГЭЭНИЙ СЭТГҮҮЛ**

ДУГААР 12/2026

ННА-72
ДАА-378.121
М-294

МАТЕМАТИК, БАЙГАЛИЙН УХААН
Эрдэм шинжилгээний сэтгүүл 12/2026

СЭТГҮҮЛИЙН РЕДАКЦЫН ЗӨВЛӨЛ

МАТЕМАТИК, МЭДЭЭЛЛИЙН ТЕХНОЛОГИ, БАЙГАЛИЙН УХААН

Ерөнхий редактор

Р.Мижиддорж, Доктор (Sc.D), дэд профессор, МУБИС, МБУС, Мэдээлэл зүйн тэнхимийн эрхлэгч
Гишүүд:

1. С.Хадбаатар, Доктор (Ph.D), профессор, МУБИС, МБУС, Газарзүйн тэнхим
2. Ц.Хонгорзул, Доктор (Ph.D), профессор, МУБИС, МБУС, Биологийн тэнхим
3. Ж.Ариунболд, Доктор (Ph.D), дэд профессор, МУБИС, МБУС, Биологийн тэнхимийн эрхлэгч
4. Ц.Бат-Эрдэнэ, Доктор (Ph.D), дэд профессор, МУБИС, МБУС, Газарзүйн тэнхим
5. Ө.Мөнхтуяа, Доктор (Ph.D), дэд профессор, МУБИС, МБУС, Химийн тэнхим
6. Я.Оюунчулуун, Доктор (Ph.D), дэд профессор, МУБИС, МБУС, Биологийн тэнхим
7. Д.Батхишиг, Доктор, МУБИС, МБУС, Физикийн тэнхим
8. Л.Буянтогтох, Доктор, МУБИС, МБУС, Математикийн тэнхим
9. Т.Гансүх, Доктор, МУБИС, МБУС, Математикийн тэнхим
10. Ц.Нямдаваа, Доктор (Ph.D), МУБИС, МБУС, Математикийн тэнхимийн эрхлэгч
11. Г.Онолрагчаа, Доктор (Ph.D), МУБИС, МБУС, Биологийн тэнхим
12. М.Ургамал, Доктор (Ph.D), ШУА, БЦХ, Ургамлын ангилалзүйн салбар
13. Ч.Сувдцэцэг, Доктор (Ph.D), МУБИС, МБУС, Биологийн тэнхим
14. Ц.Сэр-Од, Доктор (Ph.D), МУБИС, МБУС, Физикийн тэнхим

МАТЕМАТИК, БАЙГАЛИЙН УХААНЫ БОЛОВСРОЛ

Ерөнхий редактор

О.Алтангоо, Доктор (Ph.D), дэд профессор, МУБИС, МБУС, Физикийн тэнхим

Гишүүд:

1. Т.Ганбаатар, Доктор (Ph.D), МУБИС, МБУС-ийн захирал
2. Ц.Лувсандорж, Доктор (Ph.D), профессор, МУБИС, МБУС, Дидактикийн тэнхимийн эрхлэгч
3. Хироки Фүжии, Доктор (Ph.D), профессор, Окаяма Их Сургууль, Боловсролын сургууль
4. Д.Оюунчимэг, Доктор (Ph.D), дэд профессор, МУБИС, МБУС, математикийн тэнхим
5. Х.Батболд, Доктор (Ph.D), МУБИС, МБУС, Физикийн тэнхимийн эрхлэгч
6. Б.Гантуяа, Доктор (Ph.D), МУБИС, МБУС, Физикийн тэнхим
7. С.Жамъян, Доктор (Ph.D), МУБИС, МБУС, Физикийн тэнхим
8. Э.Мөнгөнтулга, Доктор (Ph.D), МУБИС, МБУС, Биологийн тэнхим
9. Я.Мөнхсайхан, Доктор (Ph.D), МУБИС, МБУС, Дидактикийн тэнхим
10. Ч.Мягмаргармаа, Доктор (Ph.D), МУБИС, МБУС, Мэдээлэл зүйн тэнхим
11. Б.Норжинбуу, Доктор (Ph.D), МУБИС, МБУС, Хөтөлбөрийн албаны дарга
12. Б.Норовсүрэн, Доктор (Ph.D), МУБИС, МБУС, Химийн тэнхимийн эрхлэгч

ТЕХНИКИЙН РЕДАКТОР:

1. Б.Бадамсүрэн, Доктор (Ph.D), МУБИС, МБУС, Мэдээлэл зүйн тэнхим
2. Ц.Гэрэлтуяа, Доктор (Ph.D), МУБИС, МБУС, Мэдээлэл зүйн тэнхим

ХЭВЛЭЛИЙН ЭХ БЭЛТГЭСЭН:

А. Төрбат, Магистр МУБИС, МБУС, Мэдээлэл зүйн тэнхим

© Монгол Улсын Боловсролын Их Сургуулийн Математик, Байгалийн Ухааны Сургууль, 2026

ISSN 2709-2259

Гарчиг

I ХЭСЭГ МАТЕМАТИК, МЭДЭЭЛЛИЙН ТЕХНОЛОГИ, БАЙГАЛИЙН УХААН

Ховд, Завхан, Эг, Дэлгэрмөрөнгийн экосистемийн төлөв байдлыг үнэлсэн үр дүн Я.Оюунчулуун, Г.Тамир.....	5
Замагны үнсний будагч бодис Родамин В болон хар тугалгыг шингээх чадварыг туршсан үр дүн Ө.Мөнхтуяа, Б.Нарандалай.....	14
Баянголын ордын сул соронзон шинж чанартай хүдрийг хуурай болон нойтон соронзон аргаар баяжуулах аргын харьцуулалт Н.Наранцогт, Т.Баттулга.....	25
Хаягдал хөнгөнцагааныг ангилан ялгаж, түүнийг дахин боловсруулах технологийн процесс Н.Наранцогт, Д.Уранзаяа.....	45

II ХЭСЭГ БАЙГАЛИЙН УХААНЫ БОЛОВСРОЛ

Фермагийн зарчимд тулгуурлан гэрлийн ойлт, хугарлын хуулийг судлах нь (Ахлах ангийн сонгон судлах хичээлээр) О.Алтангоо.....	62
Их сургуулийн оюутнуудын математикийн айдас ба өөртөө итгэх итгэлийн хамаарлыг АМАС ба GSE хэмжүүрээр судалсан нь (МУБИС-МБУС-ийн оюутнуудын жишээн дээр) Д.Болормаа, О.Дэлгэрмөрөн.....	67
Сурагчдын химийн тэмдэг, тэмдэглэгээг хэрэглэх, уншиж ойлгох чадварын судалгаа Б.Норовсүрэн.....	76
Математикийн гүйцэтгэл дэх хүйсийн ялгаа (Монгол ба олон улсын харьцуулсан судалгаа) Д. Оюунчимэг.....	84
Ерөнхий боловсролын сургуулийн багш ажлаасаа гарахад нөлөөлж буй “push–pull” хүчин зүйлсийн судалгаа С.Жамъян, О.Алтангоо.....	93
Дээд боловсролын байгууллага дахь цахим сургалтын орчныг удирдахад тулгарч буй бэрхшээл ба шийдвэрлэх арга зам Д.Баяраа.....	102
Физикийн багш мэргэжлээр суралцагчдын гүйцэтгэлийн судалгаа (Ерөнхий физикийн семинарын хичээлийн жишээн дээр) Б.Гандөш, О.Алтангоо, Б.Гантуяа.....	113
VII–IX ангийн физикийн сурах бичгийн “Гэрэл” бүлэг сэдвийн агуулгын шинжилгээ А.Амарбаяр, Х.Батболд, Б.Гандөш.....	121
Машин сургалтын алгоритм ашиглан гар бичмэл текстийг дижитал текст хэлбэрт хөрвүүлэх Г.Уртнасан.....	127
Фотоэффектийн үзэгдлийг судлах VR лаборатори Т.Уламбаяр, П.Энхцэцэг, О.Лхагва.....	135
Химийн лаборатори хичээлийн арга зүйн туршилт судалгаа С.Борхүүхэн.....	145
Ирээдүйгээс эргэн төлөвлөх (backcasting) арга зүйг туршсан үр дүнгээс М.Мөнгөнтуул, Э.Мөнгөнтулга.....	153
ЕБС-ийн 1-12 ангид судлах нийгэм ба байгалийн ухаан хичээлийн цагийн харьцуулсан судалгаа М.Мөнхболд.....	161
Биологийн хичээлд мультимедиа ашиглан суралцахуйн үр дүнг дээшлүүлэх нь А.Наран.....	167

I ХЭСЭГ

***МАТЕМАТИК, МЭДЭЭЛЛИЙН
ТЕХНОЛОГИ, БАЙГАЛИЙН УХААН***

Ховд, Завхан, Эг, Дэлгэрмөрөнгийн экосистемийн төлөв байдлыг үнэлсэн үр дүн

Я.Оюунчулуун, Г.Тамир
МУБИС, МБУС, Биологийн тэнхим
Холбоо барих зохиогч: oyadams@msue.edu.mn
 <https://orcid.org/0000-0002-5643-7100>

Хүлээн авсан: 2026.04.10

Засварласан: 2026.05.11

Хэвлэлтэд авсан: 2026.05.25

Хураангуй

Сүүлийн жилүүдэд уул уурхайн үйл ажиллагаа, бэлчээрийн даацыг хэтрүүлэн ашиглах зэрэг хүний үйл ажиллагаанаас үүдэн Монгол орны усны нөөц, чанар, экосистемийг доройтуулж байна. Иймд голын экосистемийн төлөв байдлын биологийн үнэлгээг хийх шаардлагатай байна.

Энэхүү судалгаанд Макро экологийн синтез төслийн хүрээнд Төв азийн гадагш урсгалгүй ай сав, Хойд мөсөн далайн ай савд хамаарах Ховд, Завхан, Эг, Дэлгэрмөрөн голуудын геоморфологийн хэв шинжээр ялгаатай нийт 34 цэгээс ёроолын макро сээрнуугүйтнийг цуглуулж, макро сээр нуруугүйтний олон хэмжигдэхүүнт индекс (MMI-MON) ашиглан экосистемийн байдлыг үнэлэв. Завхан, Эгийн голын сав газрын 2 цэг маш сайн, Ховд, Дэлгэрмөрөн, Завхан, Эгийн голын сав газрын 18 цэг сайн, Ховд, Дэлгэрмөрөн, Завхан голын сав газрын 10 цэг бага зэрэг доройтсон, Ховд голын сав газрын 4 цэг доройтсон гэж үнэлэгдсэн.

Орчны үзүүлэлтээр гол компонентийн шинжилгээ (РСА) хийхэд сав газруудын хоорондын ялгааны 52.5%, экосистемийн төлөв байдлын ангиллын ялгааны 57% нь эдгээр орчны физик химийн үзүүлэлтээр тайлбарлагдаж байна. Ховд, Завхан, Эг, Дэлгэрмөрөнгийн сав газар орон зайд сайн ялгарсан боловч экосистемийн төлөв байдлын ангилалаар ялгарсан кластер ажиглагдаагүй. Эг, Дэлгэрмөрөнд ойн эзлэх хувь, ууссан хүчилтөрөгчийн хэмжээ харьцангуй өндөр байв. Завхан голд фосфорын агууламж, усны температур харьцангуй өндөр, Ховд голд эрэг орчмын өвс, хөрсний элэгдлийн эзлэх хувь харьцангуй өндөр байгаа нь тогтоогдсон.

Судалгааны цэгүүд нь нь орчны доройтлоос илүү экосистемийн байгалийн (геоморфологи, биогеохими, гидрологи, цаг уур) ялгаагаар тайлбарлагдаж байна. Тиймээс цаашид ЁМСН-ий олон хэмжигдэхүүнт индекс (MMI-MON)-д сав газруудын ялгааг тусгаж оруулах нь зүйтэй.

Түлхүүр үг

Макро сээр нуруугүйтний олон хэмжигдэхүүнт индекс, экосистемийн төлөв байдал

Удиртгал

Хүний үйл ажиллагааны улмаас голын эрэг элэгдсэн эсэх, ус бохирдох, хурдасчих гэх мэтчилэн манай гаригийн хамгийн эрчимтэй өөрчлөгдсөн экосистемийн нэг бол усны экосистем болжээ (Allan & Flecker, 1993). Тиймээс экосистемийн төлөв байдлыг үнэлэх нь цаашдын менежментийн бодлого боловсруулахад чухлаар тавигдаж байна. Усны экосистем бол олон зүйл амьтны оршин амьдрах, ундаалах газар, мөн орчны бүс нутгийн экологийн тогтвортой байдлыг хадгалахад чухал үүрэгтэй тул түүнийг хамгаалах нь биологийн төрөл зүйл, байгаль орчны хамгаалахад зайлшгүй шаардлагатай (World Wildlife Fund, 2011). Голын экосистем, усны чанарын биологийн үнэлгээ нь 1900 оны эхэн үеэс эхэлсэн. Усны ёроолын макро сээр нуруугүйтэн нь идэш тэжээлийн хэлхээнд болон бодис энергийн эргэлтэд чухал үүрэг гүйцэтгэдэг төдийгүй усны экосистем болон усны чанарын индикатор болдог (Wallace et al., 1996).

Монголд сүүлийн жилүүдэд усны шавжийн бүлгэмдлийн бүтцийн бүрэлдэхүүн, амьдрах орчны өөрчлөлтийг тэсвэрлэх чадварыг ашиглан усны чанарыг үнэлэх, цаашлаад макро сээр нуруугүйтний бүлгэмдлийн бүтцэд үндэслэн хүрээлэн буй орчны өөрчлөлтийг тодорхойлоход чиглэгдэж байна.

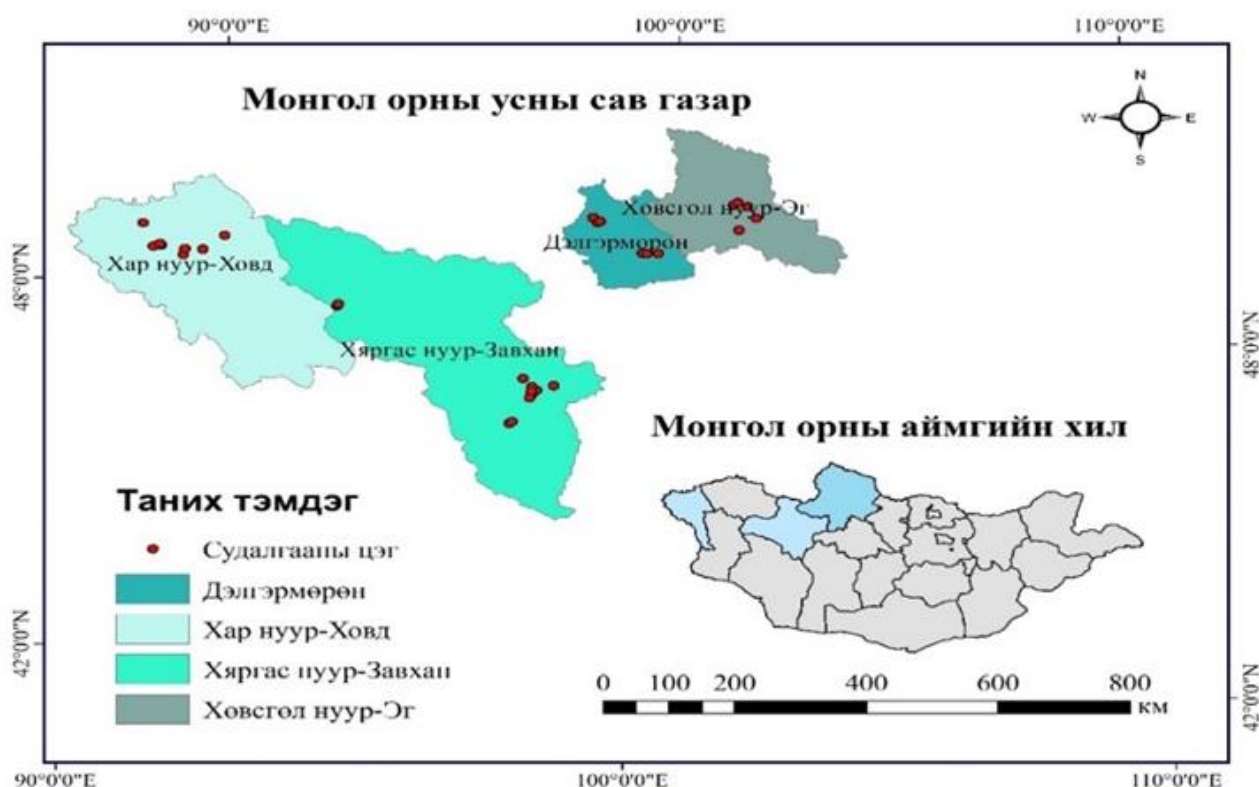
Макро сээр нуруугүйтний олон хэмжигдэхүүнт индекс нь биологийн бүлгэмдлийн олон хэмжигдэхүүнийг нэгтгэн экосистемийн төлөв байдалд үнэлгээ өгдөг учраас дэлхий дахинд өргөн хэрэглэгддэг практик үр дүнтэй арга юм (Ruaro et al., 2019; Edegbene et al., 2022).

Сүүлийн үеийн нийгэм эдийн засгийн өөрчлөлт, уурхайн үйл ажиллагаа, бэлчээрийн хэт ашиглалт талхагдал ихэссэнтэй холбоотой Монгол орны усны нөөц, чанар, экосистем доройтож байна (Shinneman et al., 2009, Yadamsuren et al., 2022). Иймээс голын экосистемийн төлөв байдлын биологийн үнэлгээ хийх нэн шаардлагатай байна. Усны ёроолын макро сээр нуруугүйтэн нь голын экосистемийн илтгэгч болдог бөгөөд биологийн үнэлгээнд өргөн хэрэглэдэг. 2024 онд Монгол орны хойд хэсгийн 24 дэд сав газрыг хамарсан 66 голын дээж материалд тулгуурлан экосистемийн төлөв байдлыг үнэлэх макро сээрнуруугүйтний олон хэмжигдэхүүнт индексийг (MMI-MON) боловсруулсан нь Монголын төрөл зүйл, экосистемд тохирсон усны чанарын биологийн үнэлгээний аргазүй болсон (Yadamsuren et al., 2024). Тиймээс энэ индексийг ашиглан Монголын баруун хэсгийн томоохон голуудад үнэлгээ хийх зорилгоор энэхүү судалгааг хийлээ.

Судалгааны арга зүй

Судалгааны талбай

Макро төслийн хүрээнд Төв азийн гадагш урсгалгүй ай сав, Хойд мөсөн далайн ай савд хамаарах Ховд, Завхан, Эг, Дэлгэрмөрөн голуудын геоморфологийн хэв шинжээр ялгаатай нийт 34 цэгийг сонгон авсан (Зураг 1).



Зураг 1. Судалгааны цэгүүдийн байршил

Усны хими-физикийн үзүүлэлтийг хэмжих арга зүй

Биологийн дээжийг авахаас өмнө дээж авах цэгийн дээд хэсэгт очиж судалгааны цэг тус бүр дээр усан орчны физик, химийн үзүүлэлтүүдийг физик ба химийн үзүүлэлтүүдийг газар дээр нь хээрийн гар багаж ашиглан хэмжсэн. Үүнд: “HQ30d” мультиметр багаж ашиглан усны pH, цахилгаан дамжуулах чанар ($\mu\text{S}/\text{cm}$), температур ($^{\circ}\text{C}$), ууссан хүчилтөрөгч, исэлдэн ангижрах чадвар харин “DR900” колориметер ашиглан нитрат (mg/l), фосфат (mg/l), сульфат (mg/l), умбуур бодис (mg/l), “2100Q” турбидиметер багажаар булингаршил (NTU) зэрэг үзүүлэлтийг стандарт аргазүйн дагуу тус тус хэмжсэн (Nach, 2007). “Flo-mate 2000” маркийн урсгалын хурд хэмжигч цахилгаан соронзон багажаар усны гадаргуу, дунд хэсэг, ёроол дахь урсгалын хурд, гүнийг хэмжив.

Усны ёроолын сээрнууруугүйтний (ЁМСН) дээж цуглуулах, тодорхойлох

Нийт судалгааны 34 цэгээс тухайн голыг төлөөлөхүйц янз бүрийн амьдрах орчинтой 200 метрийн хэмжээтэй талбайг сонгоод амьдрах орчны гурван төрлөөс (1- Боргио, 2-Жигд урсгалтай, 3-хуримтлалын бүс / цүнхээл) амьдрах орчны төрөл тус бүрээс 5 удаагийн давталттай сурбер тор ашиглан ЁМСН-ий 91975 бодгалийг цуглуулж, морфологи шинжид тулгуурлан хиономид, хануур хорхой, цөөн өргөст хорхойг овгийн түвшинд бусад макро сээр нуруугүйтнийг төрлийн түвшинд тодорхойлсон.

ЁМСН-ий олон хэмжигдэхүүнт индекс (MMI-MON)-ийг бодох арга

ЁМСН-ний олон хэмжигдэхүүнт индексийн (MMI-MON) бүрэлдэхүүнд багтсан нийт сээр нуруугүйтний баялаг, ЕРТ (Өдөрч, Хаварч, Хоовгон) төрлийн баялаг, Шанноны олон янз байдлын индекс (H'), ЕТ (Өдөрч, Хоовгон) төрлийн эзлэх хувь, Биотик индекс (BI) зэрэг хэмжигдэхүүнийг Excel программ дээр тооцоолсон (Yadamsuren et al., 2024).

Эцсийн MMI-MON индексийн утгыг бодож гаргахдаа дараах томъёог ашиглана. Тухайн хэмжигдэхүүний утга орчны доройтол нэмэгдэх тусам буурч байвал (а), нэмэгдэж байвал (б) томъёогоор тооцно.

- Томъёо(а): $\text{MMI} = (\text{тухайн хэмжигдэхүүний утга} - 5\% \text{ доод утга}) / (95\% \text{ дээд утга} - 5\% \text{ улны утга})$
- Томъёо(б): $\text{MMI} = (\text{тухайн хэмжигдэхүүний утга} - 95\% \text{ дээд утга}) / (5\% \text{ доод утга} - 95\% \text{ дээд утга})$

Индексийг 0-1 хооронд утгатай болгож стандартчилан, >1 бол 1, <0 бол 0-ээр тооцож, хэмжигдэхүүнүүдийн утгыг дундажлан эцсийн индексийн утгыг судалгааны цэг тус бүрээр гарган, хүснэгт 1-д үзүүлсэн ангиллаар үнэлнэ.

Хүснэгт 1. Экосистемийн төлөв байдлын үнэлгээний ангилал

Экосистемийн төлөв байдлын ангилал	MMI-MON оноо
Маш сайн	0.8-1
Сайн	0.6-0.8
Бага зэрэг доройтсон	0.4-0.6
Доройтсон	0.2-0.4
Маш их доройтсон	0-0.2

Статистик боловсруулалтын арга

Орчны физик-химийн үзүүлэлтүүд болон ЁМСН-ий хэмжигдэхүүнүүд цэгүүдээр харьцуулахад вариацийн шинжилгээ, хэмжигдэхүүнүүд хоорондын хамаарлыг шалгахад Спирманы корреляцийн шинжилгээг, судалгааны цэгүүд орчны физик химийн үзүүлэлтээр орон зайд хэрхэн ялгарч байгааг шалгахын тулд гол компонентийн шинжилгээг (PCA) JMP10 программ ашиглан хийв (SAS institute8 2010).

Судалгааны үр дүн

Макро төслийн хүрээнд Төв азийн гадагш урсгалгүй ай сав, Хойд мөсөн далайн ай савд хамаарах Дэлгэрмөрөн голын 7 цэгээс 13 баг, 47 овог, 75 төрөл 20496 бодгаль, Завхан голын 13 цэгийн 19 баг 42 овог 69 төрлийн 29841 бодгаль, Эг голын 5 цэгийн 15 баг, 44 овог, 77 төрөл 16493 бодгаль, Ховд голын 9 цэгт 15 баг 57 овог 61 төрөл 25483 бодгаль нийт 34 цэгээс цуглуулсан макро сээр нуруугүйтний 22 баг 66 овог 146 төрлийн нийт 91975 бодгалийг тодорхойлсон байна.

Макро төслийн хүрээнд Төв азийн гадагш урсгалгүй ай сав, Хойд мөсөн далайн ай савд хамаарах Ховд, Завхан, Эг, Дэлгэрмөрөн голуудын геоморфологийн хэв шинжээр ялгаатай нийт 34 цэг тус бүрээр MMI-MON утгыг тооцож гарган, төлөв байдлыг үнэлэхэд Завхан, Эгийн голын сав газрын 2 цэг маш сайн, Ховд, Дэлгэрмөрөн, Завхан, Эгийн голын сав газрын 18 цэг сайн, Ховд, Дэлгэрмөрөн, Завхан голын сав газрын 10 цэг бага зэрэг доройтсон, Ховд голын сав газрын 4 цэг доройтсон гэж үнэлэгдсэн (Хүснэгт 2).

Экосистемийн төлөв байдалын ангиллаар сээр нуруугүйтний баялаг, EPT (Өдөрч, Хаварч, Хоовгон) төрлийн баялаг, Шанноны олон янз байдлын индекс, ET%, биотик индекс зэрэг 5 хэмжигдэхүүнийг харьцуулж үзэхэд маш сайн цэгүүдэд Chironomidae, Serratella, Ecdyonurus, Ephemera, сайн гэж үнэлэгдсэн цэгүүдэд Peltodytes, Rhabdomastix, Oreodytes, бага зэрэг доройтсон цэгүүдэд Sulcinephbia, Chironomidae, Oligochaeta, Cyprididae, доройтсон цэгүүдэд Cyprididae, Chironomidae зэрэг нь хамгийн их арвитай тохиолдсон байна.

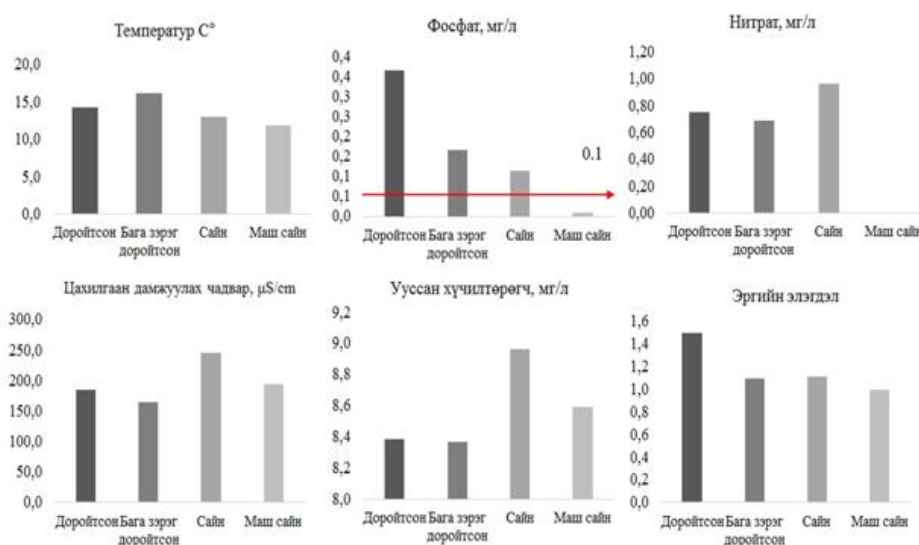
Хүснэгт 2. Экосистемийн үнэлгээний ангилал

Аймаг	Сум	Голын нэр	MMI-MON	Экосистемийн үнэлгээний ангилал
Хөвсгөл	Бүрэнтогтох сум	Дэлгэрмөрөн гол	0.84	Сайн
Хөвсгөл	Бүрэнтогтох сум Туяа бригад	Дэлгэрмөрөн гол	0.52	Бага зэрэг доройтсон
Хөвсгөл	Бүрэнтогтох сум	Уушгийн ам	0.76	Сайн
Хөвсгөл	Баянзүрх сум	Жошмын гол	0.54	Бага зэрэг доройтсон
Хөвсгөл	Баянзүрх сум	Бурайдын гол	0.78	Сайн
Хөвсгөл	Баянзүрх сум	Агар гол	0.65	Сайн
Хөвсгөл	Баянзүрх сум Агар баг	Агар гол	0.60	Сайн
Хөвсгөл	Цагаан-Үүр сум	Ариг гол	0.78	Сайн
Хөвсгөл	Цагаан-Үүр сум	Уялган гол	0.77	Сайн
Хөвсгөл	Эрдэнэбулган сум	Эгийн гол	0.67	Сайн
Хөвсгөл	Эрдэнэбулган сум	Зэрлэг гол	0.66	Сайн
Хөвсгөл	Эрдэнэбулган сум	Үүр гол	0.91	Маш сайн
Баян-Өлгий	Баяннуур сум	Ховд гол	0.65	Сайн
Баян-Өлгий	Сагсай сум	Тургийн гол	0.76	Сайн
Баян-Өлгий	Сагсай сум	Сагсай гол	0.50	Бага зэрэг доройтсон
Баян-Өлгий	Бугат сум	Хатуугийн гол	0.36	Доройтсон
Баян-Өлгий	Улаан хус сум	Согоог гол	0.38	Доройтсон
Баян-Өлгий	Сагсай сум	Тургийн гол	0.58	Бага зэрэг доройтсон

Баян-Өлгий	Сагсай сум	Сагсай гол	0.47	Бага зэрэг доройтсон
Баян-Өлгий	Бугат сум	Тавин булаг	0.25	Доройтсон
Баян-Өлгий	Алтанцөгс сум	Хавцлын гол	0.32	Доройтсон
Ховд	Дөргөн сум	Завхан гол	0.54	Бага зэрэг доройтсон
Завхан	Дөрвөлжин сум	Завхан гол	0.48	Бага зэрэг доройтсон
Завхан	Отгон сум	Шар усны гол	0.78	Сайн
Завхан	Отгон сум	Буянт гол	0.82	Маш сайн
Завхан	Отгон сум	Буянт гол	0.69	Сайн
Завхан	Отгон сум	Бор бургасны гол	0.58	Бага зэрэг доройтсон
Говь-Алтай	Гуулин сум	Завхан гол	0.61	Сайн
Завхан	Улайстай хот	Богд гол	0.68	Сайн
Завхан	Улайстай хот	Чигэстэй гол	0.54	Бага зэрэг доройтсон
Завхан	Отгон сум	Буянт гол	0.57	Бага зэрэг доройтсон
Завхан	Отгон сум	Буянт гол	0.74	Сайн
Завхан	Отгон сум	Шар усны гол	0.67	Сайн
Говь-Алтай	Гуулин сум	Завхан гол	0.69	Сайн

Вариацийн шинжилгээний үр дүнгээс үзэхэд орчны физик, химийн үзүүлэлтүүдээс фосфат болон хүчилтөрөгчийн агууламж экосистемийн төлөв байдлын ангилал хооронд статистик ач холбогдол бүхий ялгаа гараагүй ($P>0.05$).

Экологийн төлөв байдлын ангиллаар орчны хими, физикийн үзүүлэлтийг гадаргын усны стандарттай (MNS4586: 1998) харьцуулахад усны температур, нитрат, цахилгаан дамжуулах чавдар, ууссан хүчилтөрөгч, эргийн элэгдэл зэрэг нь заасан хэмжээнээс хэтрээгүй, стандартад нийцэж байна. Харин доройтсон, бага зэрэг доройтсон, сайн гэж үнэлэгдсэн цэгүүдэд фосфатын агууламж хүлцэх хэмжээнээс давсан бөгөөд фосфатын хэмжээ 0.1-0.4 мг/л байгаа нь гадаргын усны чанарын ангиллаар бага зэрэг бохирдолтой байна (Зураг 2).



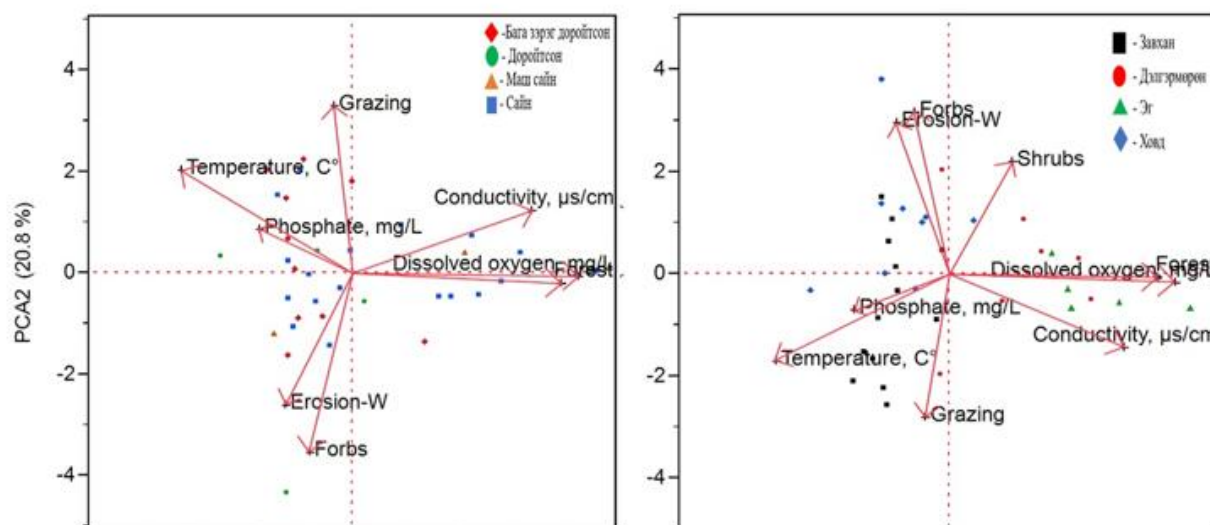
Зураг 2. Экосистемийн төлөв байдлын ангиллаар орчны физик-химийн үзүүлэлт

Спирманы корреляцийн шинжилгээний үр дүнгээс үзэхэд орчны физик-химийн үзүүлэлтүүд болон ЁМСН-ий хэмжигдэхүүн хооронд хүчтэй хамаарал ажиглагдаагүй, харин фосфатын агууламж болон нийт ЁМСН-ий төрлийн баялаг хооронд сөрөг хамааралтай байна ($r=-0.56$; Хүснэгт 3).

Хүснэгт 3. Орчны физик- химийн үзүүлэлтүүд ба ЁМСН-ий хэмжигдэхүүн хоорондын хамаарал

Хэмжигдэхүүн	Нийт МСН-ий баялаг	Н'	ЕРТ баялаг	ЕТ%	Биотик индэкс	ММІ-MON
Усны температур, °C	-0.15	-0.11	-0.33	-0.10	-0.18	-0.22
Цахилгаан дамжуулах чанар, $\mu\text{S}/\text{cm}$	0.05	0.25	0.15	0.24	0.06	0.23
pH	0.12	0.03	-0.04	-0.12	-0.18	-0.06
Ууссан хүчилтөрөгч, мг/л	0.19	0.20	0.24	0.13	0.06	0.22
Фосфат, мг/л	-0.56*	-0.34	-0.30	-0.11	-0.13	-0.32
Нитрат, мг/л	-0.01	0.06	-0.08	0.13	0.17	0.06

Орчны үзүүлэлтээр гол компонентийн шинжилгээ (PCA) хийхэд сав газруудын хоорондын ялгааны 52.5% нь эдгээр орчны физик химийн үзүүлэлтээр тайлбарлагдаж байна. Харин ММІ-MON индексээр үнэлсэн экосистемийн төлөв байдлын ангиллаар судалгааны цэгүүд ялгарч харагдахгүй байгаа ч орчны физик, химийн үзүүлэлт экосистемийн ангилал хоорондын ялгааны 57% -ыг тайлбарлаж байна (Зураг 3). Ховд, Завхан болон Эг, Дэлгэрмөрөн сав газрууд орон зайд сайн ялгарч байна. Эг, Дэлгэрмөрөнд ойн эзлэх хувь, ууссан хүчилтөрөгчийн хэмжээ, цахилгаан дамжуулах чанар харьцангуй өндөр байсан. Завхан голд фосфорын агууламж, усны температур харьцангуй өндөр, Ховд голд эргийн алаг өвсний эзлэх хувь, хөрсний элэгдэл эвдрэл харьцангуй өндөр байгаа нь харагдсан (Зураг 3).



Зураг 3. Орчны үзүүлэлтийн гол компонентийн шинжилгээ (PCA)

Дүгнэлт

Энэхүү судалгаагаар Монголын баруун хэсгийн томоохон голуудад макро сээр нуруугүйтний олон хэмжигдэхүүнт индексийг (MMI-MON) ашиглан экологийн төлөв байдлыг үнэлсэн. Бидний судалгааны дүнд Завхан, Эгийн голын сав газрын 2 цэг маш сайн, Ховд, Дэлгэрмөрөн, Завхан голын сав газрын 10 цэг бага зэрэг доройтсон, Ховд, Дэлгэрмөрөн, Завхан, Эгийн голын сав газрын 18 цэг сайн гэж үнэлэгдсэн. Ховд голын сав газрын 4 цэг доройтсон гэж үнэлэгдсэн. Доройтсон 4 цэг болох Ховд голын сав газрын Баян-Өлгий аймгийн Бугат сумын Хатуугийн гол, Тавин булаг, Улаанхус сумын Согоог гол, Алтанцөгц сумын Хавцлын голоос 2018 онд дээжийг цуглуусан. 2018 онд Баян-Өлгий аймгийн Бугат сумын нийт малын тоо толгой 113122, Улаанхус сумын нийт малын тоо толгой 215309, Алтанцөгц сумын малын тоо 117471 байсан (Үндэсний статистикийн хороо, 2018). Үүнээс харахад нийт малын тоо толгой нь экосистемийн төлөв байдалд нөлөөлсөн байж болзошгүй юм.

Судалгааны үр дүнгээс үзэхэд фосфатын агууламж макро сээр нуруугүйтний төрлийн баялагтай сөрөг хамааралтай байсан бөгөөд сав сайн гэж үнэлэгдсэн цэгүүдэд фосфорын агууламж стандартаас давсан байв. Хүний амьдралын ахиц дэвшил нь үйлдвэржилт, хотжилт, ой модыг устгах, сувагжуулах, далан барих, ухах зэрэг үйл ажиллагаанууд нь голын экосистемийн үйл ажиллагаанд сөргөөр нөлөөлж, физик-химийн болон биологийн бүрэн бүтэн байдлыг алдагдуулдаг (Jun et al., 2012). Хөрсний элэгдэл эвдрэлийг бий болох нь амьдрах орчны физик химийн бүтэц алдагдаж, хүний зохисгүй газар ашиглалтын улмаас гадаргын урсцаар усанд тэжээлийн бодис ялангуяа фосфатын хэмжээг нэмэгдүүлдэг (Carpenter et al., 1998; Vitousek et al., 1997; Stubblefield et al., 2005) бөгөөд эдгээр нь амьдрах орчны физик болон химийн найрлагыг өөрчилж, доройтуулдаг (Wood & Armitage, 1997). Эг, Дэлгэрмөрөнд ойн эзлэх хувь, ууссан хүчилтөрөгчийн хэмжээ харьцангуй өндөр байсан. Завхан голд фосфорын агууламж, усны температур харьцангуй өндөр, Ховд голд эргийн алаг өвсний эзлэх хувь, хөрсний элэгдэл эвдрэл харьцангуй өндөр байна. MMI-MON индексээр үнэлсэн экосистемийн төлөв байдлын ангиллаар судалгааны цэгүүд ялгарч харагдахгүй байгаа нь сав газруудын хоорондын ялгаа нь орчны доройтлоос илүү экосистемийн байгалийн (геоморфологи, цаг уур) ялгаагаар тайлбарлагдаж байна. Томоохон бүс нутгийн хэмжээнд ихэвчлэн хүрээлэн буй орчны өндөр хэлбэлзэлтэй байдаг бөгөөд хүний хүчин зүйлээс үүдэлтэй орчны доройтлоос хүрээлэн буй орчны байгалийн градиентийг ялгахад бэрхшээлтэй байдаг (Ruaro et al., 2019). Биологийн бүлгэмдлийн бүтэц, үйл ажиллагаанд шууд нөлөөлдөг орчны физик химийн нөхцөл нь усны хагалбар дахь байгалийн хүчин зүйл болон хүний үйл ажиллагаанаас шалтгаалдаг (Schoolmaster et al., 2013; Tang et al., 2020). Тиймээс экосистемийн төлөв байдлын үнэлгээ хийхдээ эко бүс нутгийг ашиглах эсвэл амьдрах орчныг төрлөөр нь ангилж янз бүрийн ландшафтын байгалийн өөрчлөлтийг харгалзан үздэг (Herlihy et al., 2008).

Үүнээс дүгнэхэд MMI-MON индексээр үнэлсэн экосистемийн төлөв байдлын ангиллаар судалгааны цэгүүд ялгарахгүй байгаа ч орчны физик, химийн үзүүлэлт экосистемийн ангилал хоорондын ялгааны 57% -ыг тайлбарлаж байна. Ховд, Завхан, Эг, Дэлгэрмөрөн сав газруудын хоорондын ялгаа нь орчны доройтлоос илүү экосистемийн байгалийн (геоморфологи, цаг уур) ялгаагаар тайлбарлагдаж байна. Тиймээс цаашид ЁМОН-ий олон хэмжигдэхүүнт индекс (MMI-MON)-д сав газруудын ялгааг тусгаж оруулах нь зүйтэй.

Талархал

Энэхүү судалгаанд АНУ-ын Үндэсний ШУ-ны сангийн санхүүжилтээр (грант # 1442595) хэрэгжсэн Макро-экологийн синтез төслийн хүрээнд цуглуулсан ЁМОН-ий дээж материалыг ашигласан. Макро-экологийн синтез төслийн хамт олон, МУБИС-ийн Биологийн тэнхимийн багш Ч.Сувдцэцэг, туслах ажилтан нарт уг судалгааны ажлыг хийхэд дэмжлэг үзүүлсэнд талархснаа илэрхийлье.

Ном зүй

- Allan, J. D., & Flecker, A. S. (1993). Biodiversity conservation in running waters. *BioScience*, 43(1), 32–43. <https://doi.org/10.2307/1312104>
- Carpenter, S. R., Caraco, N. F., Correll, D. L., Howarth, R. W., Sharpley, A. N., & Smith, V. H. (1998). Nonpoint pollution of surface waters with phosphorus and nitrogen. *Ecological Applications*, 8(3), 559–568.
- Edegbene, A. O., Jazuli, A., Ovie, T. T. E., Ayuba, I. M., Ogidiaka, E., Akumabor, E. C., ... & Okopi, J. A. (2022). Identifying pollution classes and macroinvertebrate sensitivities in an afro-tropical riverine system: A multivariate approach. *Insight*, 2022(1), 689.
- Hach. (2007). DR2800 Spectrophotometer procedures manual. <https://www.hach.com/asset-get-download.jsa?id=7639982436>
- Herlihy, A. T., Paulsen, S., Sickie, J. V., & Stoddard, J. L. (2008). Striving for consistency in a national assessment: The challenges of applying a reference-condition approach at a continental scale. *Journal of the North American Benthological Society*, 27(4), 860–877.
- Jun, Y. C., Won, D. H., Lee, S. H., Kong, D. S., & Hwang, S. J. (2012). A multimetric benthic macroinvertebrate index for the assessment of stream biotic integrity in Korea. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 9(10), 3599–3628.
- Ruaro, R., Gubiani, E. A., Hughes, R. M., & Mormul, R. P. (2020). Global trends and challenges in multimetric indices of biological condition. *Ecological Indicators*, 110, Article 105862.
- SAS Institute Inc. (2010). JMP (Version 9.0) [Software]. SAS Institute Inc.
- Schoolmaster, D. R., Jr., Grace, J. B., Schweiger, E. W., Guntenspergen, G. R., Mitchell, B. R., Miller, K. M., & Little, A. M. (2020). An algorithmic and information-theoretic approach to multimetric index construction. *Ecosphere*, 11(1), Article e02992. <https://doi.org/10.1002/ecs2.2992>
- Shinneman, L. C., Almendinger, J. E., Umbanhowar, C. E., Edlund, M. B., & Soninkhishig, N. (2009). Paleolimnologic evidence for recent eutrophication in the Valley of the Great Lakes (Mongolia). *Ecosystems*, 12, 944–960.
- Stubblefield, A., Chandra, S., Eagen, S., Tuvshinjargal, D., Davaadorzh, G., Gilroy, D., & Hogan, Z. (2005). Impacts of gold mining and land use alterations on the water quality of central Mongolian rivers. *Integrated Environmental Assessment and Management*, 1(4), 365–373.
- Tang, T., Stevenson, R. J., & Grace, J. B. (2020). The importance of natural versus human factors for ecological conditions of streams and rivers. *The Science of the Total Environment*, 704, Article 135268.
- Vitousek, P. M., Mooney, H., Lubchenco, J., & Melillo, J. M. (1997). Human domination of Earth's ecosystems. *Science*, 277(5325), 494–499.
- Wallace, J. B., & Grubaugh, J. W. (1996). Biotic indices and stream ecosystem processes: Results from an experimental study. *Ecological Applications*, 6(1), 140–151.
- Wood, P., & Armitage, P. (1997). Biological effects of fine sediment in the lotic environment. *Environmental Management*, 21(2), 203–217.
- World Wildlife Fund. (2011). Онон голын сав газрын усны нөөц, байгаль орчин, нийгэм эдийн засгийн өнөөгийн төлөв байдал, хэтийн хандлага [Current status and future trends of water resources, environment, and socio-economy of the Onon River Basin]. Мөнхийн үсэг ХХК.
- Yadamsuren, O., Chuluunbat, S., Enkhtaivan, S., Hayford, B., & Goulden, C. (2022). Effects of grazing on taxonomic and functional diversity of benthic macroinvertebrates of six tributary streams of the eastern shore of Lake Hövsgöl, Mongolia. *Inland Waters*, 12(4), 526–538.
- Yadamsuren, O., Dashdondog, N., Puntsag, T., Gantugs, T., Gerelchuluun, Y., & Morse, J. C. (2024). Initial development of a benthic macroinvertebrate multimetric index for monitoring the ecological integrity of northern Mongolian streams. *Limnologia*, 106, Article 126171.

Стандарт хэмжилзүйн газар. (1998). Усан орчны чанарын үзүүлэлт. Ерөнхий шаардлага (MNS 4586:1998).

Үндэсний статистикийн хороо. (2018). Малын тооллого [Livestock census]. https://www2.1212.mn/Book-LibraryDownload.ashx?url=2._BayanUlgii.pdf&ln=Mn

Ecosystem assessment results of the Khovd, Zavkhan, Eg, and Delgermurun

Ouynchuluun.Ya, Tamir.G

Department of Biology, SMNS, MNUE

Холбоо барих зохиогч: oyadams@msue.edu.mn

 <https://orcid.org/0000-0002-5643-7100>

Abstract

In recent years, anthropogenic activities such as mining, and overgrazing have degraded Mongolia's water resources, quality, and ecosystem. Therefore, there is an urgent need for a biological assessment of the state of the river ecosystem.

In this study, a total of 34 geomorphologically different sites along the Khovd, Zavhan, Eg, and Delgermurun rivers, belonging to the Central Asian Basin and the Arctic Ocean Basin, were selected as part of the Macro project. We assessed the ecological status using the Multivariate Macroinvertebrate Index (MMI-MON). The research results showed that 2 sites were evaluated as very good, 10 sites as slightly degraded, and 18 sites as good. 4 sites in the Hovd river basin were assessed as degraded.

In a principal component analysis (PCA) of environmental parameters, 52.5% of the inter-basin variation and 57% of the differences between ecosystem categories were explained by these physicochemical parameters. The Hovd, Zavhan, Eg, and Delgermurun basins are well distinguished in ordination space. In the Eg and Delgermurun basins, the percentage of forest and the amount of dissolved oxygen were relatively high. It was determined that phosphorus content and water temperature are relatively high in the Zavhan River, and the proportion of coastal grass and soil erosion in the Hovd River is relatively high.

The fact that study sites are not distinguished by the category of ecosystem status assessed by the MMI-MON index suggests that the differences between the basins are explained by differences in ecosystem nature (geomorphology, climate) rather than environmental degradation. In the future, basin differences should be included in the macroinvertebrate multimetric index (MMI-MON).

Keywords:

Macro invertebrate multimetric index, ecosystem status

Замагны үнсний будагч бодис Родамин В болон хар тугалгыг шингээх чадварыг туршсан үр дүн

Ө.Мөнхтуяа^а, Б.Нарандалай^б

^аМУБИС, МБУС Химийн тэнхэм

^бШУА, Хими технологийн хүрээлэн

Холбоо барих зохиогч: munkhtuya.u@msue.edu.mn

 <https://orcid.org/0009-0000-6594-1678>

Хүлээн авсан: 2026.04.10

Засварласан: 2026.05.11

Хэвлэлтэд авсан: 2025.06.25

Хураангуй

Энэхүү судалгаагаар Архангай аймгийн Өгий нуураас түүвэрлэсэн Хара төрлийн замгийг 900°C-д шатааж гарган авсан үнсийг биосорбент болгон ашиглаж, усан дахь родамин-В (Rh-B) болон хар тугалга (Pb²⁺)-ыг зайлуулах боломжийг судалсан. Замгийн үнсний сүвэрхэг бүтцийг тодорхойлоход микро нүх сүвийн иодын тоо 57.46 мг/г, мезо нүх сүвийг тодорхойлох метилен хөхийн тоо 0.000076 мг/г болохыг тогтоов. Шингээлтийн туршилтаар хамгийн их багтаамж 293.15 К-д Rh-B-ийн хувьд 4.57 мг/г, Pb²⁺-ийн хувьд 22.75 мг/г байв. Статистик ANOVA шинжилгээгээр анхны концентраци (A) нь шингээлтэд нөлөөлөх хамгийн гол хүчин зүйл болохыг баталсан бөгөөд загварын нарийвчлалын харьцаа 7.58-20.97 гарсан нь туршилтын өгөгдөл хангалттай болохыг илтгэнэ. Судалгааны үр дүнд Өгий нуурын замгийн үнс нь органик болон органик бус бохирдуулагчийг шингээх экологид ээлтэй биосорбент болох нь батлагдсан боловч мезо сүв багатай тул цаашид идэвхжүүлэх шаардлагатай байна.

Түлхүүр үг

Замгийн үнс, Хара замаг, Биосорбент, Родамин В, Хар тугалга, Шингээлт, ANOVA

Удиртгал

Удиртгал Орчин үеийн аж үйлдвэржилт эрчимтэй хөгжихийн хэрээр байгаль орчны бохирдол нэмэгдэж байна. Арьс шир, нэхмэл, хуванцар, цаас, будаг, гоо сайхан, автомашин, хүнсний үйлдвэрлэл болон эмийн үйлдвэрлэл зэрэг олон салбарт бүтээгдэхүүнээ будах зорилгоор будагч бодис өргөн ашигладаг. Тэр дундаа нэхмэлийн үйлдвэр нь будагч бодисын хаягдлын хамгийн том эх үүсвэр бөгөөд утас, даавууг будах болон хээ тавих явцад ашигласан усны 15-20% нь будагч бодис хэвээр үлдэж, усны экосистемд ноцтой аюул учруулдаг. Хүнд металл болон будагчийг зайлуулахад химийн тунадасжуулалт, ион солилцоо, мембран шүүлтүүр, цахилгаан химийн аргуудыг ашигладаг боловч эдгээр нь үйл ажиллагааны зардал өндөр, бохирдлын бага концентрацид үр ашиггүй байх, мөн хорттой лаг (хоёрдогч хаягдал) үүсгэх зэрэг сул талуудтай. Иймээс эдгээр дутагдлыг нөхөх хямд, үр ашигтай, байгаль орчинд ээлтэй биологийн аргууд буюу биосорбцийн технологийг судлах шаардлага гарч ирсэн. *Cladophora glomerata*, *Sargassum*, *Enteromorpha* болон *Turbinaria conoides* зэрэг замаг ашиглан хар тугалга болон Родамин В-г шингээх туршилтаар өргөн хүрээнд хийгдэж, катионы төрлийн бохирдуулагчийг салгахад өндөр үр дүн үзүүлдэг нь тогтоогдсон (Alshehri et al., 2022; Volesky & Tsezos, 1980).

Эдгээр судалгаанууд нь ихэвчлэн натив (байгалийн) биомасс эсвэл химийн аргаар идэвхжүүлсэн сорбентууд дээр төвлөрч байна. Хэдийгээр гадаадын олон төрлийн замаг судлагдсан боловч Монгол орны Өгий нуурын Хара төрлийн замгийг (Charophyta) биосорбент болгон ашигласан, тэр дундаа түүнийг 900°C-д шатааж үнс хэлбэрээр боловсруулан органик (Родамин В) болон органик бус (хар тугалга) бохирдуулагчийг шингээх чадварыг харьцуулан судалсан ажил дутмаг байгаа нь судалгааны үндсэн "Гар" юм. Уг судалгаа нь Өгий нуурын замгийн үнсний сүвэрхэг бүтцийг (хувийн гадаргуугийн талбай 245.89 м²/г) тодорхойлж, орон нутгийн түүхий эдийг ашиглан өртөг багатай,

хүртээмжтэй биосорбент гарган авах боломжийг баталж байгаагаараа шинжлэх ухааны ач холбогдолтой юм. Иймд усан орчин дахь хүнд металл болон будагчийн бохирдлыг биосорбцийн аргаар үр ашигтай зайлуулах оновчтой нөхцөлийг тогтоох зорилгоор энэхүү судалгааг явуулсан. Судалгааны материал, арга зүй

Судалгааны ажлын объект болгон Өгий нуурын замгийг сонгон авсан.

Замагийн шингээлтийн багтаамжийг тодорхойлох арга зүй: Иод шингээх багтаамжийг (MNS 6645:2016), метилен хөх шингээлтийг (ГОСТ 4453-74) стандарт аргуудын дагуу тодорхойлсон.

Замагийн гадаргуун талбай, эзлэхүүнийг тооцох аргачлал: Энэхүү судалгаанд гадаргуун талбай нь метилен хөхийн тоо болон иодын тооноос хэрхэн хамаарч буйг илэрхийлсэн квадрат зэрэг бүхий доорх тэгшитгэлийг ашигласан болно [10].

$$S = 228 - 0.101 \times \text{МХТ} + 0.3 \times \text{ИТ} + 0.000105 \times \text{МХТ}^2 + 0.0002 \times \text{ИТ}^2 + 0.0009 \times \text{ИТ}, \text{ м}^2/\text{г} \quad ^{1)}$$

Үүнд: МХТ- метилен хөхийн тоо (мг/г), ИТ- иодын тоо (мг/г).

Усан орчин дахь (Rh-B)-г тодорхойлох арга:

Бүх адсорбцийн туршилтыг 0.2 г замаг болон 25 мл будагч болон хүнд металлын уусмалуудтай (анхны концентраци 19–500 мг/л) статик нөхцөлд хийсэн. Уг арга нь усан уусмал дахь бодисын концентрацыг тодорхойлох багажит шинжилгээний (фотоколориметр) арга юм. Адсорбцийн хүрэлцэх хугацааг 9.5-110.5 минут хүртэл байхаар сонгож, 293, 303, 313 К гэсэн гурван өөр температурт 150 эрг/мин хурдтайгаар хутгасан. Rh-B-ийн концентрацийг хэт ягаан туяаны (UV) спектрометрээр (Shimadzu UV-160A, Япон) 553 нм долгионы уртад хэмжив.

Родамин Б стандарт уусмал – химийн цэвэр 0.5 г Родамин Б-г усанд уусгаад, 1000 мл колбоны хэмжээс хүртэл нэрмэл ус хийж бэлтгэнэ. Стандарт уусмалыг ашиглан хэмжилтэд ашиглах (Rh-B)-ионы жиших муруйг байгуулна.

50 мл эзлэхүүнтэй хэмжээст колбонд 0.2 г шингээгч замаг хэмжин авч дээрээс нь 25 мл родамин Б уусмалаас хийн орчинг тохируулаад, тодорхой хугацаанд сэгсэрч шүүгээд, 1 см зузаантай кюветэд уусмалыг хийн 553 нм-ийн долгионы уртад хэмжилтийг 3, 3 удаа давтан хийнэ.

Усан орчин дахь Pb^{2+} -ыг тодорхойлох спектрофотометрийн арга:

Хар тугалганы стандарт уусмал- химийн цэвэр 0.4797 г хар тугалганы (II) нитратыг усанд уусгаад, 1000 мл колбоны хэмжээс хүртэл нэрмэл ус хийж бэлтгэнэ. 50 мл эзлэхүүнтэй хэмжээст колбонд 0.2 г шингээгч замаг хэмжин авч дээрээс нь 25 мл хар тугалганы стандарт уусмалаас хийн орчинг тохируулаад, тодорхой хугацаанд сэгсрээд, шүүнэ. Шингээлт явуулсан уусмалаас 5 мл хуваагч юүлүүрт авч дээрээс нь 5 мл ацетат буфер (pH=7), 5 мл хлороформ, 2мл диэтилдитиокарбоминат натри (3%) нэмж 5 минут сэгсэрээд ялгана. Дахин 5 мл хлороформ хийгээд, 3 минут сэгсэрч ялгаад, 340 нм долгионы уртад хэмжинэ.

Судалгааны үр дүн

1. Шингээлтийн багтаамжийг тодорхойлсон үр дүн

Замгийн үнсний шингээлтийн багтаамжийг тодорхойлохын тулд түүний гадаргуугийн сүвэршлийн эзлэхүүнийг иод болон метилен хөх шингээлтийн аргаар шинжлэн, микро болон мезо сүвийн эзлэхүүнийг тооцоолсон дүнг Хүснэгт 1-т харуулав.

Хүснэгт 1. Замгийн үнсний сүвэршлийн шинж чанар

Дээж	Иодын тоо, %	Иодын тоо, мг/г	МХТ, мг/г	$V_{\text{микро}}$, см ³ /г	$V_{\text{нийт}}$, см ³ /г	S, м ² /г
Замгийн үнс	2.7	57.46	0.000076	0.065	0.14	245.89

Тайлбар: S- гадаргуугийн таблай, $V_{\text{микро}}$ – микро сүвийн эзэлхүүн, $V_{\text{нийт}}$ – нийт сүвийн эзэлхүүн
Замгийн үнсний хувийн гадаргуугийн талбай 245.89 м²/г гарсан нь байгалийн гаралтай зарим биосорбентуудтай харьцуулахад боломжийн сайн үзүүлэлт юм .

2. Туршилтыг төлөвлөх ANOVA шинжилгээний үр дүн

Замгийн үнсэнд будагч бодис (Родамин Б) болон хүнд металлыг (хар тугалга) шингээн салгах туршилтыг Design Expert программ ашиглан ANOVA шинжилгээний статистик тооцооллоор төлөвлөж хүснэгт 2-д харуулав.

Хүснэгт 2. а) Родамин Б болон б) хар тугалгын скрининг загварчлал

№	Концентраци, ppm		Хугацаа, мин		pH		Шингээлтийн багтаамж	
	Rh-B	Pb	Rh-B	Pb	Rh-B	Pb	Rh-B	Pb
1	200	180	60	40	6	6	1.27	12.78
2	200	180	9.5	40	6	3	0.62	16.20
3	300	60	90	100	8	3	1.21	6.71
4	100	19.0924	90	70	8	4.5	1.91	1.51
5	100	120	30	19.5	4	4.5	0.50	11.15
6	368.18	60	60	40	6	6	4.57	1.57
7	200	180	60	100	6	6	2.15	18.1
8	300	60	30	40	4	3	2.44	6.52
9	200	180	60	100	6	3	0.36	17.87
10	200	120	60	70	6	4.5	1.17	10.92
11	200	120	60	70	2.6	4.5	1.95	11.03
12	200	120	110	70	6	4.5	1.71	10.77
13	31.82	120	60	120.5	6	4.5	0.85	10.50
14	300	220.908	90	70	4	4.5	1.51	22.75
15	100	120	90	70	4	2	0.81	10.89
16	200	60	60	100	9.4	6	0.88	6.64
17	300	120	30	70	8	7.02	1.63	11.02
18	200	120	60	70	6	4.5	1.45	11.11
19	100	120	30	70	8	4.5	0.080	10.89
20	200	120	60	70	6	4.5	0.88	10.87

Скрининг загварчлалын үр дүнгээс харахад Родамин Б-ийн хувьд 6-р туршилт (pH 6, концентраци 368.1 ppm, 60 мин) 4.57 мг/г буюу хамгийн өндөр дүнтэй байна . Харин хар тугалганы хувьд 14-р туршилтаар (pH 4.5, концентраци 220.9 ppm, 70 мин) 22.7 мг/г буюу хамгийн өндөр үзүүлэлт тогтоогдсон.

Хүснэгт 3. ANOVA квадрат загвар

Хүчин зүйлс	Квадратуудын нийлбэр		Чөлөөний зэрэг		Дундаж квадрат		F-утга		p-утга		Ач холбогдолтой
	Rh-B	Pb	Rh-B	Pb	Rh-B	Pb	Rh-B	Pb	Rh-B	Pb	
Загвар	13.29	485.44	9	9	1.48	53.94	3.14	31.15	0.0445	< 0.0001	
А-Концентраци	6.96	459.69	1	1	6.96	459.69	14.82	265.44	0.0032	< 0.0001	
В-Хугацаа	0.5091	9.11	1	1	0.5091	9.11	1.08	5.26	0.3224	0.0447	
С-Орчин, pH	0.3688	4.68	1	1	0.3688	4.68	0.7849	2.70	0.3965	0.1311	
AB	1.53	0.3722	1	1	1.53	0.3722	3.25	0.2149	0.1015	0.6529	
AC	0.4008	0.4074	1	1	0.4008	0.4074	0.8531	0.2353	0.3774	0.6381	
BC	0.5128	9.08	1	1	0.5128	9.08	1.09	5.24	0.3207	0.0450	
A ²	2.51	1.42	1	1	2.51	1.42	5.34	0.8209	0.0435	0.3862	
B ²	0.2449	0.3136	1	1	0.2449	0.3136	0.5211	0.1811	0.4869	0.6795	
C ²	0.0258	0.1542	1	1	0.0258	0.1542	0.0550	0.0890	0.8194	0.7715	
Ресидуул	4.70	17.32	10	10	0.4699	1.73					

Загварын ач холбогдлыг тодорхойлох ANOVA квадрат загварын үр дүнгээс үзэхэд Родамин Б-ийн хувьд F-утга 3.14 ($P=0.0445$), хар тугалганы хувьд 31.15 ($P < 0.0001$) байгаа нь загвар статистик ач холбогдолтой болохыг илтгэж байна.

Хүснэгт 4. Статистик тохируу

	Rh-B	Pb		Rh-B	Pb
Ст. хаз.	0.6855	1.32	R ²	0.7388	0.9656
Дундаж	1.40	10.99	Бодит R ²	0.5037	0.9346
C.V. %	49.02	11.97	Таамагласан R ²	-0.3819	0.7387
			Тохиромжтой нарийвчлал	7.5804	20.9712

Тохиромжтой нарийвчлал нь загварын цэгүүд дэх таамагласан утгуудын хязгаар болон таамаглалын дундаж алдаа, дохио ба чимээ шуугианы харьцаа (S/N харьцаа – Signal to Noise ratio)-г хэмждэг.

Тохиромжтой нарийвчлал нь дохио ба шуугианы харьцааг хэмждэг. S/N харьцаа >4 байвал санал болгож буй загварыг ашиглах нь зүйтэй гэж үзнэ. Родамин Б болон хар тугалга шингээлтийн загварт уг харьцаа 7.580 ба 20.971 байгаа нь дохио хангалттай байгааг харуулж байна. Энэхүү загварыг дизайны орон зайд (design space) шилжилт хийхэд ашиглах боломжтой.

Регрессийн тэгшитгэл нь Родамин Б шингээлтийн зэрэг болон чухал хувьсагчдын хоорондын эмпирик хамаарлыг харуулдаг. ANOVA шинжилгээнд үндэслэн регрессийн тэгшитгэл нь:

Родамин Б = $1.23 + 0.7141A + 0.1931B - 0.1643C - 0.4371AB - 0.2238AC + 0.2532BC + 0.4171A^2 - 0.1304B^2 - 0.0423C^2$

Хар тугалга = $10.95 + 5.80A + 0.8169B - 0.5857C + 0.2157AB + 0.2257AC + 1.07BC + 0.3141A^2 - 0.1475B^2 - 0.1034C^2$

Энд: А – хандлагчийн концентраци, В – хандлах хугацаа, С – уусмалын рН

Кодлогдсон хүчин зүйлүүдээр илэрхийлэгдсэн тэгшитгэлийг хүчин зүйл бүрийн өгөгдсөн түвшин дэх хариу үйлдлийг таамаглахад ашиглаж болно. Анхны тохиргоогоор хүчин зүйлийн дээд түвшнийг +1, доод түвшнийг -1 гэж кодлодог. Кодлогдсон тэгшитгэл нь хүчин зүйлийн коэффициентүүдийг хооронд нь харьцуулах замаар тэдгээрийн үзүүлж буй харьцангуй нөлөөллийг тодорхойлоход тустай. Тэгшитгэлээс харахад родамин Б болон хар тугалгад хамгийн их нөлөөлж буй хүчин зүйл нь А хүчин зүйл буюу хандлагчийн концентраци байна. А хүчин зүйл буюу (хар тугалга болон родамин Б)-ийн концентрацийн утгыг В хүчин зүйл (хандлах хугацаа) болон С хүчин зүйл (уусмалын рН)-тэй харьцуулахад арай илүү нөлөөлнө гэсэн үг юм. Өөрөөр хэлбэл хүчин зүйлсийн оролцоог эрэмбэлбэл $A > B > C$ байна. Түүнчлэн коэффициентийн нэмэх ба хасах тэмдэг нь уг хүчин зүйл харгалзан эерэг ба сөрөг нөлөөтэйг илтгэнэ.

Олон металлын биосорбцийн судалгаанд анхны концентраци нь хамгийн нөлөөтэй хүчин зүйл болохыг тогтоосон байдаг. ANOVA шинжилгээгээр тогтоосон хүчин зүйлийн нөлөөллийн дараалал А (концентраци) > В (хугацаа) > С (рН) нь биосорбцийн судалгааны олон эх сурвалжийн нийтлэг дүгнэлттэй нийцэж байна.

3. Хүчин зүйлсийн харилцан хамаарлын дүн шинжилгээ

Туршилтын үр дүнг 2D болон 3D хариу үйлдлийн гадаргуугийн муруйгаар шинжлэхэд хүчин зүйлс хоорондын дараах хамаарлууд тогтоогдов. Концентраци болон хугацааны хамаарал Родамин Б болон хар тугалгын хувьд концентраци болон хугацаа нь бие биеэсээ эерэг хамааралтай байна. Өөрөөр хэлбэл, хандлагчийн концентраци болон шингээлтийн хугацааг нэмэгдүүлэхэд шингээлтийн багтаамж дагаж ихсэх зүй тогтол ажиглагдсан. Энэ нь концентраци ихсэх тусам шингээгдэгч молекул ба гадаргуугийн идэвхт байрны хоорондох диффузийн хүч нэмэгддэг, мөн хугацаа уртасхад молекулууд гадаргуугийн нүх сүвэнд нэвтрэх боломж илүү бүрддэгтэй холбоотой юм.

Концентраци болон рН-ийн хамаарал : Родамин Б-ийн хувьд концентраци болон рН нь эерэг хамааралтай байгаа нь рН өндөр болох тусам гадаргуугийн сөрөг цэнэг ихсэж, катионы шинжтэй будагчийн молекулыг татах электростатик хүч нэмэгддэгээр тайлбарлагдана. Харин хар тугалганы хувьд концентраци болон рН нь урвуу хамааралтай байна. Учир нь рН нэмэгдэхэд Pb^{2+} ион нь $Pb(OH)_2$ болж тунадасждаг тул шингээлтийн багтаамж буурдаг байна.

Хугацаа болон рН-ийн хамаарал :

Родамин Б болон хар тугалга шингээлтийн хувьд хугацаа болон рН нь бие биедээ урвуу хамааралтай байна. Хар тугалганы хувьд хугацаа уртасч, рН өндөр болох тусам тунадасжих хандлага ихсэж, тодорхой хугацааны дараа гадаргуугийн идэвхт байрнууд дүүрч тэнцвэрт хүрдэг тул шингээлт буурдаг. Родамин Б-ийн хувьд энэхүү урвуу хамаарал нь физик шингээлтийн шинж чанартай холбоотой байх магадлалтай бөгөөд урт хугацаанд, өндөр рН-д шингэсэн молекул дахин уусмалд тусгаарлагдах (desorption) нөхцөл бүрддэг байна.

4. Шингээлтийн туршилтын үр дүн

Замгийн үнсэнд родамин Б болон хар тугалга шингээх туршилтыг 0.2 г замгийн үнсэнд шингээгдэгчийн усан уусмалаас 25 мл авч, 293.15 К тогтмол температурт шингээгдэгчийн концентрац, уусмалын орчин (рН), шингээлтийн хугацаанаас хамааруулан туршилтыг төлөвлөх скрининг загварчлалын дагуу хийж гүйцэтгэн үр дүнг Хүснэгт 5-үзүүлэв.

Хүснэгт 5. Замгийн үнсэнд родамин Б болон хар тугалга шингээх туршилтын үр дүн

Туршилтын дугаар	Родамин Б шингээлт		Хар тугалга шингээлт	
	Се (мг/л)	Qe (мг/г)	Се (мг/л)	Qe (мг/г)
1	102.35	0.60	5.33	6.52
2	286.75	2.44	25.96	16.21
3	100.60	0.81	3.67	6.71
4	305.54	0.10	11.38	17.87
5	103.31	0.48	44.71	1.60
6	293.27	1.63	53.46	12.78
7	91.84	1.91	3.88	6.64
8	296.62	1.21	10.96	18.10
9	25.60	0.85	2.42	1.51
10	354.26	4.57	30.33	22.75
11	209.20	0.62	12.00	11.15
12	200.44	1.71	17.21	10.50
13	198.53	1.95	14.08	10.89
14	207.13	0.88	13.04	11.02
15	196.94	2.15	13.88	10.92
16	203.94	1.27	13.88	10.92
17	204.74	1.17	15.13	10.77
18	202.51	1.45	14.29	10.87
19	211.27	0.36	12.42	11.11
20	207.13	0.88	13.04	11.03

Шингээлтийн дүн (Хүснэгт 5)-ээс харахад замгийн үнсэнд родамин Б ба хар тугалгын ион шингээхэд хамгийн их шингээлтийн багтаамж 4.57 мг/г ба 22.75 мг/г байв. Үүнд харгалзах оновчтой нөхцөл нь 0.2 г замгийн үнсэнд 293.15 К тогтмол температурт шингээлтийг явуулахад родамин Б-ийн хувьд шингээгдэгчийн концентрац 200 мг/л, уусмалын орчин (рН) 6 үед 60 минутын хугацаанд шингээлт сайн явагдсан бол хар тугалгын шингээлтийн хувьд шингээгдэгчийн концентрац 120 мг/л, уусмалын орчин (рН) 4.5 үед 70 минутын хугацаанд шингээлт сайн явагдаж байв.

5. Шингээлтийн үр дүнг математик загварчлалаар тооцоолсон дүн

Хүснэгт 4, 5 нь замгийн үнсэнд Родамин В (RhB) будагч бодис болон хар тугалгыг шингээх туршилтын үр дүнг шингээлтийн орчны температур (293.15 К, 303.15 К, 313.15 К)-аас хамаарсан хамаарлыг харуулж байна. Хүснэгтэд анхны концентрац, туршилтаар гарсан шингээлтийн багтаамж, ба Лангмюр ба Фреиндлийн изотермийн загварчлалаар тооцсон утгууд, мөн шингээлтийн үр ашиг (Removal %) -ийг нэгтгэн үзүүлсэн.

Хүснэгт 6. Родамин Б-ийн шингээлтийн үр дүнг изотерм загварчлалаар тооцоолсон дүн

Анхны концентрац, RhB [мг/л]	Туршилтаар гарсан шингээлтийн багтаамж [мг/г]	Математик загварчлалаар тооцсон шингээлтийн багтаамж [мг/г]		Шингээлтийн үр ашиг, R%
		Лангмюр	Фреиндлийн	
293.15 К				
32.45	0.85	0.37	0.35	21.10
107.13	1.21	1.21	1.16	9.07
214.13	2.15	2.39	2.34	8.03
306.33	3.02	3.39	3.36	7.90

390.89	4.57	4.30	4.29	9.37
303.15 K				
32.45	0.04	0.48	0.53	0.98
107.13	1.31	1.38	1.32	9.81
214.13	2.79	2.33	2.24	10.41
306.33	2.84	2.94	2.93	7.43
390.89	3.34	3.38	3.53	6.84
313.15 K				
32.45	0.24	0.43	0.51	5.89
107.13	1.41	1.24	1.22	10.55
214.13	2.17	2.10	2.02	8.11
306.33	2.41	2.65	2.63	6.29
390.89	3.20	3.05	3.14	6.56

(Хүснэгт 6)-с харахад температур нэмэгдэх тусам шингээлтийн багтаамж буурах хандлага ажиглагдаж байна. Тухайлбал, хамгийн өндөр концентрацид (390.88 мг/л) туршилтаар гарсан шингээлтийн багтаамж: 293.15 K үед 4.571 мг/г; 303.15 K үед 3.342 мг/г; 313.15 K үед 3.20 мг/г буюу 293.15 K (20°C) температурт хамгийн өндөр утга гарч, дараа нь буурсан байна. Энэ нь замгийн үнсэнд Родамин В-ийн шингээх процесс нь экзотермик шинжтэй байж болохыг илтгэнэ. Өөрөөр хэлбэл, өндөр температурт шингээлт буурна. Мөн хамгийн шингээлтийн үр ашиг 293.15 K, 32.45 мг/л концентрацийн үед 21.10% -тай байсан бол, 303.15 K-ийн температурт ижил концентрацийн үед ердөө 0.98% байсан нь температурын мэдрэмтгий байдлыг харуулж байна.

Энэхүү үр дүн нь бусад судлаачдын ажлын үр дүнтэй нийцэж байна. Жишээлбэл, идэвхжүүлсэн нүүрс болон биосорбент ашиглан Родамин В-ийг шингээсэн олон судалгаанд бага температурт хамгийн өндөр шингээлт явагддаг болохыг тогтоосон байдаг. (Aleksandra Bazan-Wozniak ,Aleksandra Jędrzejczak ,Robert Wolski ,Sławomir Kaczmarek ,Agnieszka Nosal-Wiercińska ,Judyta Cielecka-Piontek ,Sultan Yagmur-Kabas and Robert Pietrzak, 2024) Судалгаагаар RhB-ийн шингээлтийн багтаамж 25°C орчимд хамгийн өндөр байсан бөгөөд температур 35–45°C хүртэл нэмэгдэхэд шингээлтийн хэмжээ буурсан нь экзотермик шинжтэй холбоотой гэж тайлбарласан. Мөн Li болон хамтран судлаачид замгийн гаралтай биосорбент ашигласан судалгаандаа температур өсөхөд RhB-ийн молекулуудын хөдөлгөөнт чанар ихэсч, гадаргуу дээр тогтвортой холбогдох хугацаа багассанаар шингээлт буурдаг гэж дүгнэсэн байна.

Хүснэгт 7. Хар тугалгын шингээлтийн үр дүнг изотерм загварчлалаар тооцоолсон дүн

Анхны концентрац, Pb ⁺² [мг/л]	Туршилтаар гарсан шингээлтийн багтаамж [мг/г]	Математик загварчлалаар тооцсон шингээлтийн багтаамж [мг/г]		Шингээлтийн үр ашиг, R %
		Лангмюр	Фреиндlich	
293.15 K				
14.52	1.74	1.67	0.95	96.11
57.52	2.33	6.55	4.70	32.42
101.27	11.02	11.44	9.09	87.12
155.73	14.92	17.40	15.00	76.78
212.37	21.26	23.48	21.52	80.13
303.15 K				
14.52	1.80	1.33	0.67	99.07
57.52	2.98	5.26	3.85	41.47

101.27	8.00	9.23	7.87	63.26
155.73	13.98	14.11	13.56	71.83
212.37	19.92	19.14	20.08	75.12
313.15 K				
14.52	1.81	2.15	1.81	99.57
57.52	7.18	8.38	7.18	99.91
101.27	12.63	14.50	12.64	99.79
155.73	19.44	21.84	19.44	99.85
212.37	26.50	29.17	26.52	99.89

Хар тугалгын шингээлтэд температур нэмэгдэх тусам шингээлтийн багтаамж мэдэгдэхүйц нэмэгддэг. Энэ нь Родамин В-ээс ялгаатай (тэнд температур нэмэгдэхэд буурсан) бөгөөд хар тугалгын шингээлт эндотермик процесс болохыг илтгэнэ. Жишээлбэл, хамгийн өндөр концентрацид (212.37 мг/л): 293.15 K (20°C) үед 21.26 мг/г, 303.15 K (30°C) үед 19.92 мг/г, 313.15 K (40°C) үед 26.50 мг/г буюу 313.15 K-д бүх концентрацид шингээлт огцом нэмэгдэж, бараг 100% зайлуулалттай байна. Температурын нөлөө эерэг байгаа нь химийн шингээлт давамгайлж байгааг илтгэнэ. Замгийн үнсэнд родамин В (RhB) будагч бодис болон хар тугалгыг шингээх шингээлтийн температураас хамаарсан изотерм муруйг байгуулан График 1 ба 2-т харуулав. Температураас хамаарсан шингээлтийн туршилтаар гарсан үр дүнг изотерм загварчлалаар тохируулан тооцсон ба Лангмюр, Фрейндлих загварчлалын параметрийн утгуудыг нэгтгэн Хүснэгт 8-д үзүүлэв.

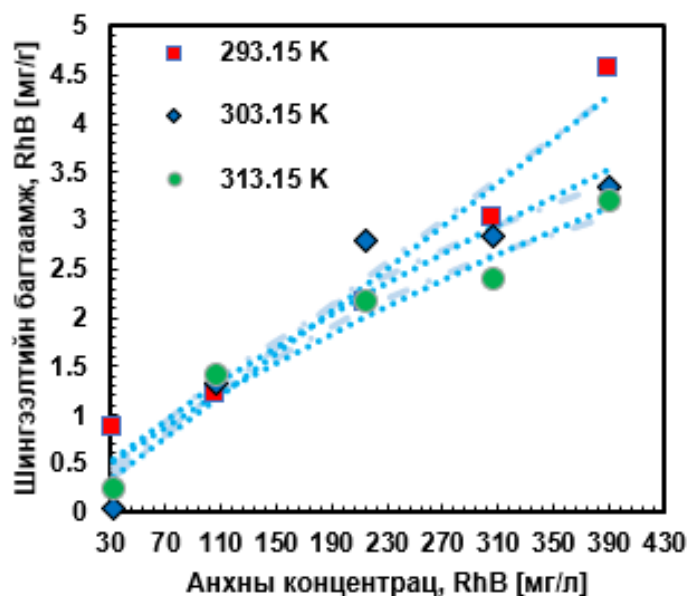


График 1. Родамин В-ийн шингээлтийн температураас хамаарсан изотерм муруй

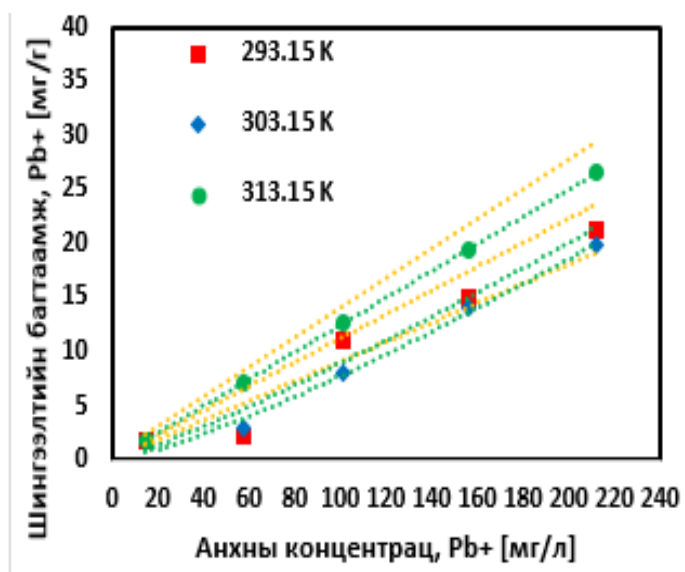


График 2. Хартугалганы шингээлтийн температураас хамаарсан изотерм муруй

Хүснэгт-8. Замгийн үнсэнд родамин В (RhB) болон хар тугалгыг шингээх шингээлтийн үр дүнд тооцсон изотерм загварчлалын параметрийн утгууд

Шингээгдэгч	Температур	Лангмюр			Фрейндлих		
	К	Qm	b	R2	К	1/n	R2
Родамин Б	293.15 K	114.21	0.000	0.944	0.011	1.007	0.946
	303.15 K	7.51	0.002	0.945	0.038	0.759	0.921
	313.15 K	6.76	0.002	0.970	0.040	0.731	0.963
Хар тугалга	293.15 K	576.20	0.00	0.95	0.04	1.16	0.96
	303.15 K	920.46	0.00	0.97	0.02	1.26	0.99
	313.15 K	372.50	0.00	1.00	0.12	1.00	1.00

Хүснэгт 8-аас харахад Лангмюр загварчлал нь Родамин В-ийн шингээлтийг тайлбарлахад Фрейндлих загварчлалаас илүү тохирч байгааг R^2 буюу корреляцын коэффициент илтгэж байна. Харин хар тугалганы шингээлтийн хувьд Фрейндлих загварчлал илүү сайн тохирч байна. Родамин Б болон хар тугалганы шингээлтийн хувьд Лангмюрын шингээлтийн фактор $b=0$ байгаа нь шингээлтийн процесс үл эргэх процесс гэж үздэг. Харин Фрейндлих изотермийн хувьд n – илтгэгчийн утга буюу $1/n$ нь $0 < 1/n < 1$ байгаа нь энергийн харьцангуй тархалт ба шингээгчийн гадаргуугийн нэгэн төрлийн бус шинж чанарыг илэрхийлж байгаа бөгөөд уг изотерм загварчлалаар шингээлтийг тайлбарлах нь тохиромжтой гэж байна.

Хэлэлцүүлэг

Гадаргуугийн шинж чанар ба шингээлтийн механизм :Судалгаагаар Хара замгийн үнсний хувийн гадаргуугийн талбай $245.89 \text{ м}^2/\text{г}$ байгаа нь байгалийн гаралтай бусад биосорбентуудтай харьцуулахад боломжийн сайн үзүүлэлт болохыг харуулж байна. Энэхүү сүвэрхэг бүтэц нь Родамин Б болон хар тугалгын ионыг шингээх физик үндэслэл болж байна. ANOVA шинжилгээгээр хүчин зүйлсийн нөлөөллийг эрэмбэлэхэд концентраци (A) > хугацаа (B) > рН (C) дараалалтай байгаа нь олон металлын биосорбцийн судалгааны нийтлэг дүгнэлттэй нийцэж байгаа юм.

Орчны pH-ийн нөлөө: Родамин Б-ийн шингээлт pH-аас эерэг хамааралтай байгаа нь pH нэмэгдэхэд сорбентын гадаргуугийн сөрөг цэнэг ихсэж, катионы шинжтэй будагчийг татах электростатик хүч нэмэгддэгтэй холбоотой бөгөөд энэ нь Jacob Koresch болон Abraham Soffer (1983) нарын судалгааны үр дүнгээр батлагддаг. Харин хар тугалганы хувьд pH нэмэгдэхэд шингээлт буурч байгаа нь хэт өндөр pH-д Pb^{2+} ион нь $Pb(OH)_2$ болж тунадасждагтай холбоотой юм. Туршилтаар хар тугалганы шингээлтийн оновчтой утга pH 4.5 гарсан нь бусад замаг ашигласан судалгаануудын (*Sargassum*, *Enteromorpha*) үр дүнтэй зарчмын хувьд нийцэж байна.

Изотерм загварчлал ба процессын шинж чанар: Шингээлтийн процессыг математик загварчлалаар үнэлэхэд Родамин Б-ийн шингээлт Лангмюрийн загварт ($R^2=0.94-0.97$), хар тугалганы шингээлт Фрейндлихийн загварт ($R^2=0.96-1.00$) илүү сайн тохирч байна. Родамин Б-ийн хувьд Лангмюрийн изотерм илүү тохиромжтой байгаа нь шингээлт гадаргуугийн тодорхой идэвхтэй төвүүд дээр нэг үе үүсгэн явагдаж байгааг илтгэнэ. Фрейндлихийн $1/n$ параметрийн утга ($0 < 1/n < 1$) байгаа нь шингээгчийн гадаргуу нэгэн төрлийн бус шинжтэй бөгөөд шингээлт таатай нөхцөлд явагдаж байгааг харуулж байна.

Температурын нөлөө ба термодинамик: Температур нэмэгдэхэд Родамин Б-ийн шингээлт буурч байгаа нь уг процесс экзотермик шинжтэй физик шингээлт болохыг баталж байна. Энэ нь температур өсөхөд молекулуудын хөдөлгөөн ихсэж, гадаргуу дээр тогтвортой холбогдох хугацаа багасдаг гэсэн Li нарын дүгнэлттэй нийцэж байна. Харин хар тугалганы хувьд температур нэмэгдэхэд шингээлт огцом өсөж байгаа нь эндотермик шинжтэй химийн шингээлт давамгайлж байгааг илтгэнэ. Ижил төстэй үр дүн *Cladophora glomerata* замаг ашигласан Alshehri нарын (2022) судалгаанд ажиглагдсан байдаг.

Практик ач холбогдол ба цаашид судлах зүйлс: Энэхүү судалгаанд ашигласан замгийн үнсний Родамин Б шингээх багтаамж (4.57 мг/г) нь натив биомасс ашигласан зарим судалгаанаас (*Cladophora* sp. 16.5 мг/г) бага байгаа нь үнсжих явцад органик гүйцэтгэгч бүлгүүд (карбоксил, гидроксил) хэсэгчлэн устаж болзошгүйг харуулж байна. Гэсэн хэдий ч хар тугалганы хувьд 22.75 мг/г шингээлт үзүүлж байгаа нь Өгий нуурын замгийн үнсийг усан орчноос хүнд металлыг салгах хямд, хүртээмжтэй биосорбент болгон ашиглах бүрэн боломжтойг баталж байна. Цаашид энэхүү материалыг химийн аргаар идэвхжүүлж, шингээлтийн багтаамжийг нэмэгдүүлэх, мөн үйлдвэрлэлийн бодит бохир ус дээр турших шаардлагатай байна.

Дүгнэлт

- Байгалийн биосорбент Хара замаг (*Charophyta*)-ийн үнсний сүвэршлийн шинж чанарыг тодорхойлоход микро сүвийн эзэлхүүн $0.065 \text{ см}^3/\text{г}$, нийт сүвийн эзэлхүүн $0.14 \text{ см}^3/\text{г}$ байсан бөгөөд хувийн гадаргуугийн талбай нь $245.89 \text{ м}^2/\text{г}$ байгаа нь шингээгч материал болгон ашиглах физик үндэслэл болов.
- ANOVA статистик шинжилгээний үр дүнгээр шингээлтийн процесст нөлөөлөх хүчин зүйлсийн оролцоо Концентраци (A) > Хугацаа (B) > Орчин (pH) гэсэн дараалалтай байна. 293.15 K температурт замгийн үнсэнд Родамин Б ба хар тугалгын ион шингээх хамгийн их багтаамж харгалзан 4.57 мг/г ба 22.75 мг/г байв. Шингээлтийн оновчтой нөхцөл нь Родамин Б-ийн хувьд концентраци 200 мг/л, pH 6, хугацаа 60 мин, хар тугалганы хувьд концентраци 120 мг/л, pH 4.5, хугацаа 70 мин болох нь тогтоогдсон.
- Шингээлтийн процессыг математик загварчлалаар үнэлэхэд Родамин Б-ийн шингээлт Лангмюрийн загварт ($R^2=0.94-0.97$), хар тугалганы шингээлт Фрейндлихийн загварт ($R^2=0.96-1.00$) илүү сайн тохирч байна. Лангмюрын фактор $b=0$ байгаа нь шингээлтийн процесс үл эргэх шинжтэйг, Фрейндлихийн $1/n$ утга ($0 < 1/n < 1$) нь шингээгчийн гадаргуу нэгэн төрлийн бус, шингээлт таатай нөхцөлд явагдаж байгааг илэрхийлж байна.
- Температурын нөлөөг судлахад Родамин Б-ийн шингээлт температур нэмэгдэхэд буурч байгаа нь экзотермик шинжтэй физик шингээлт, харин хар тугалганы шингээлт температур нэмэгдэхэд ихсэж байгаа нь эндотермик шинжтэй химийн шингээлт давамгайлж байгааг баталж байна.
- Судалгааны үр дүнгээс үзэхэд Өгий нуурын Хара замаг (*Charophyta*) нь усан орчноос катионы төрлийн будагч бодис болон хүнд металл, ялангуяа хар тугалгын ионыг шингээн авч бохирдлыг бууруулах өндөр идэвхтэй, байгалийн ээлтэй биосорбент болох нь тогтоогдлоо.

Ном зүй

- Alshehri, M. A., et al. (2022). Lead biosorption by *Cladophora glomerata*. *Global Journal of Environmental Science* .
- Bazan-Wozniak, A., Jędrzejczak, A., Wolski, R., Kaczmarek, S., Nosal-Wiercińska, A., Cielecka-Piontek, J., Yagmur-Kabas, S., & Pietrzak, R. (2024). Thermodynamics of dye adsorption on biochars. *Environmental Research Journal* .
- Батхуяг, Ж. (2018). Судалгааны арга зүй. Улаанбаатар: МУБИС .
- Danat, B. T., Wuana, R. A., Chahul, H. F., & Iorungwa, M. S. (2026). Lead biosorption studies using Response Surface Methodology. *Journal of Environmental Research* .
- Jacob, K., & Soffer, A. (1983). Adsorption of Rhodamine B on algae. *Journal of Adsorption Science* . Mead, et al. (2012). Youth intentions to perform climate-friendly behaviors. *Journal of Climate Change* .
- Монгол улсын засгийн газар. (2015). Хоол тэжээлийн талаарх хүн амын эрүүл мэндийн боловсролыг дээшлүүлэх үндэсний хөтөлбөр. Улаанбаатар .
- Volesky, B., & Tsezos, M. (1980). Biosorption of heavy metals by fungal biomass. *Biotechnology and Bioengineering* .

Biosorption of Rhodamine B and Lead (II) onto Charophyta algae ash: Experimental results and statistical evaluation

Munkhtuya.U^a, Narandalai.B^b

^aDepartment of Chemistry, SMNS, MNUE

^bInstitute of Chemistry and Chemical Technology, Mongolian Academy of Sciences

Corresponding author: munkhtuya.u@msue.edu.mn

 <https://orcid.org/0009-0000-6594-1678>

Abstract

This study investigates the potential of using natural algae ash as a biosorbent for removing the cationic dye Rhodamine B (Rh-B) and lead (Pb²⁺) from aqueous solutions. Charophyta algae collected from Ogii Lake were processed into ash at 900°C. The porous structure of the biosorbent was characterized by an iodine number of 57.46 mg/g (micro-pores) and a methylene blue number of 0.000076 mg/g (meso-pores). Adsorption experiments were conducted under varying conditions of initial concentration, pH, contact time, and temperature. The maximum adsorption capacities at 293.15 K were found to be 4.57 mg/g for Rh-B and 22.75 mg/g for Pb²⁺. Statistical ANOVA analysis confirmed that the initial concentration (A) is the most significant factor influencing the adsorption process, with a model precision ratio of 7.58-20.97, indicating adequate signal. The results demonstrate that Ogii Lake algae ash is an eco-friendly biosorbent effective for treating both organic and inorganic pollutants, although further activation is recommended to improve its meso-pore volume.

Keywords: Algae ash, Charophyta, Biosorbent, ANOVA, Wastewater treatment, Environmental remediation, Isotherm modeling, Ogii Lake

Баянголын ордын сул соронзон шинж чанартай хүдрийг хуурай болон нойтон соронзон аргаар баяжуулах аргын харьцуулалт

Н.Наранцогт^а, Т.Баттулга^б^а МУБИС-ийн Математик, Байгалийн ухааны сургууль, Химийн тэнхим^б Болд төмөр Ерөө гол” ХХК-ийн “Баянгол” уурхайн химийн инженер

Холбоо барих зохиогч: Narantsogt@msue.edu.mn

 <https://orcid.org/0000-0002-1040-1276>

Хүлээн авсан: 2026.04.10

Засварласан: 2026.05.11

Хэвлэлтэд авсан: 2026.05.25

Хураангуй

Энэхүү судалгааны ажлаар Баянголын ордын сул соронзон шинж чанартай, баяжигдахад хүндрэлтэй, хорт хольц болох хүхрийн агуулга өндөртэй, дунд болон бага (ядуулаг) агуулгатай төмрийн хүдрийн химийн найрлага, бүтэц, эрдсийн тархалтыг судалж, улмаар хуурай соронзон аргыг баяжуулсны дараа нойтон соронзон аргын баяжуулалтын технологийн туршилтыг лабораторийн нөхцөлд хийж гүйцэтгэлээ. Судалгаанд ашигласан хүдэр нь скарны гаралтай бөгөөд үүсэх шатандаа сульфидын эрдсийн хамтрал ихтэй байснаас шалтгаалан нийт хүхрийн агуулга 1%-иос дээш байгааг тогтоов. Хүдрийн бүтэц нь цул мөхлөг багавтар, харилцан адилгүй тархацтай, үеэлсэн шинж чанартай тул шууд ган үйлдвэрлэлд ашиглах боломжгүй, зайлшгүй нэмэлт боловсруулалт шаардлагатай түүхий эд болох нь батлагдсан.

Туршилтаар уг хүдрийг -10 мм ширхэглэлээр, 1.2 м/с хурданд, 1200 Гаусс хүч бүхий соронзон сепаратороор хуурай аргаар урьдчилан баяжуулахад металл авалт 75%-д хүрч, төмрийн агуулга 44-49% болов. Энэхүү баяжмал нь урьдчилан төлөвлөж байсан 52%-ийн чанарын шаардлагад хүрээгүй тул шууд экспортын бүтээгдэхүүн болох боломжгүй, дахин гүнзгийрүүлэн боловсруулах шаардлагатайг тогтоосон. Улмаар уг хуурай баяжмалд нойтон соронзон баяжуулалтын туршилтыг -0.075 мм-ийн ангиллаар 22%, 60%, 90%, 99% гэсэн 4 өөр нунтаглалтын зэрэгт, 1200 Гаусс хүчээр, 35 л/цаг хурдтайгаар явууллаа.

Технологийн туршилтын үр дүнд төмрийн агуулгыг 69.00% хүртэл өсгөж, металл авалтыг 90.00%-д хүргэн, металлургийн үйлдвэрийн шаардлага хангахуйц (66%-иас дээш агуулгатай) өндөр чанартай баяжмал гарган авах боломжтойг батлав. Нунтаглалтын зардал, усны хэрэглээ, тоног төхөөрөмжийн элэгдэл зэрэг эдийн засгийн хүчин зүйлс, тоо-чанарын тэнцвэрийг харгалзан нунтаглалтын боломжит зохистой горимыг -0.075 мм-ийн ангийн агуулга 60% байхыг оновчлон тогтоолоо. Судалгаагаар нойтон соронзон баяжуулалтын арга нь зөвхөн төмрийн агуулгыг өсгөхөд өндөр үр дүнтэй бөгөөд хүхрийн хольцыг стандартын хэмжээнд хүртэл ялгахад хязгаарлагдмал болохыг илрүүлсэн нь тухайн ордын хүдрийг ирээдүйд иж бүрэн, үр ашигтай боловсруулах технологийн үндэслэлийг бүрдүүлж байна.

Түлхүүр үг

Сул соронзон шинж чанартай хүдэр, Хуурай баяжуулалтын арга, Нойтон баяжуулалтын арга

Удиртгал

Төмрийн хүдэр бол хамгийн түгээмэл ашиглагддаг эрдэс түүхий эд бөгөөд манай улсын хувьд төмрийн хүдрийн нөөц /А+Б+С/-ийг зэрэглэлээр 1 тэрбум тонн хүрээд байгаа бөгөөд таамаг нөөц 5.5 тн хүрээд байна. Энэ нь дэлхийн нийт төмрийн хүдрийн 1%-ийн хувийг бүрдүүлэх дунд зэрэг нөөцтэй улсад хамаарна. Үүнд 20-55% төмрийн агуулгатай 250-300 орчим орд, илрэл, эрдэсжсэн цэг илрүүлснээс 50 саяаас дээш нөөцтэй Таян нуур, Төмөртэй, Баянгол, Баянцогт, Элстэй-Номт, Чандмань, Дарцагт,

Баргилт, Эрэн, Хараат уул, Мөнгөн цээж зэрэг ордууд байна (УУХҮЯ, 2018, х. 6-7). Үүнээс Таян нуур, Төмөртэй, Баянгол зэрэг орд газрууд төмрийн хүдрийн баяжмалын нийт экспортын дийлэнх хувийг бүрдүүлж байна. Геологийн тогтоц, үүслийн хувьд голчлон скарны болон тунамал-метаморф гарал үүсэл бүхий цул эсвэл үелэг магнетит, кварц- магнетит, гематит, гитрогетит бүхий хүчтэй болон сул соронзон эрдсүүдээс тогтсон ордууд давамгайлдаг (АМГТГ, 2019, х. 6-7). Ийм төрлийн ордууд нийт төмрийн хүдрийн нөөцийн 70 гаруй хувийг эзлэх бөгөөд Сэлэнгэ, Дархан-Уул, Хэнтий, Говь-Алтай аймгуудад томоохон ордууд бий. Монгол улсын гангийн импортын хэмжээ 2025 оны эцсийн байдлаар 1 сая тонн хүрсэн бөгөөд дотоодын гангийн эрэлт 2030 он гэхэд 1.7 сая тонн болж өсөх төлөвтэй байна (Zogii.mn, 2024). Энэхүү хэрэгцээ шаардлагыг хангах эрдэс түүхий эдийн нөөц манай улсад хангалттай байгаа боловч хар төмөрлөгийн үйлдвэрлэл, цогцолбор, салбар хөгжөөгүйн улмаас түүхий эд хэлбэрээр гадаад зах зээлд нийлүүлж байна. 2025 оны байдлаар манай улс 8.5 сая тн төмрийн хүдрийн баяжмал экспортлосон бөгөөд үүний 30 гаруй хувийг Сэлэнгэ аймагийн Ерөө сумын нутагт байрлах Баянголын орд газраас гарган авсан (Гаалийн Ерөнхий газар (2025) статистик эмхтгэл). Геологийн хувьд Баянголын орд нь тунамал-хувирмал гаралтай, давхаргат бүтэцтэй, төмөрлөг кварцит зонхилсон тогтоцтой. Хүдрийн найрлагад магнетит, гематит голлох төмрийн дундаж агуулгатай орд газар юм. Баянголын төмрийн хүдрийн орд нь В+С зэрэглэлээр 66.1 сая тонн металл агуулсан 151.2 сая тонн төмрийн хүдрийн нөөцтэй. Тус ордыг ил аргаар олборлож, хуурай соронзон баяжуулалтын аргаар баяжуулалт хийн 2007-2024 оны хооронд нийт 47 сая тн төмрийн хүдрийн баяжмал экспортлосон байна (Mining Insight Magazine, 2024). Энэ нь төмөр зам, эрчим хүчний дэд бүтцэд ойр, эдийн засгийн хувьд ашигтай байрлалд байгаагаас шалтгаалсан.

Дэлхий нийтийн хэмжээнд өндөр агуулга бүхий төмрийн хүдрийн нөөц багасахын хэрээр дунд болон ядуу агуулгатай, баяжуулахад хүндрэлтэй төмрийн хүдрийн нөөцийг ашиглан эдийн засгийн эргэлтэд оруулах шаардлага улам бүр тулгарч, энэ чиглэлээр баяжуулах технологийн судалгаанууд сүүлийн жилүүдэд маш идэвхтэй явагдаж байна. Үүний жишээ болгон дараах бүтээлүүдийг дурдаж болно: Мангал Дэлгэрмаа, Лхагва Бямбадорж, Аюурзана Пүрэвдорж (2024) "Монголын Тамирын голын ордын төмрийн хүдрийг боловсруулах технологийн судалгаа"; Б.Өнөрсайхан, Д.Баасанжав, Н.Сугир-Эрдэнэ, Б.Оргилбаяр, С.Сүхбат, Ц.Соёлмаа, Ц.Загарзүсэм, Э.Отгонжаргал (2019) "Чандмань-Уул ордын төмрийн хүдрийг хуурай соронзон болон нойтон соронзон аргаар баяжуулах технологийн судалгаа"; Жозуэ Мескита, Янн Фукод, Елена Клейдерер, Реми Белиссон, Энрике Туррер, Майкл Бадави (2025) "Баяжуулахад хүндрэлтэй бүтэцтэй бага агуулгатай төмрийн хүдрийг соронзон болон хөвүүлэх аргаар хослуулан баяжуулах" зэрэг олон бүтээл байна. Эдгээр судалгаанууд нь сул соронзон шинж чанартай, бага болон ядуу агуулгатай төмрийн хүдрийн эрдэс найрлага, бүтцийг судалж, улмаар тэдгээрийг баяжуулах боломжийг нарийвчлан авч үзсэн байна.

Баянголын орд газарт 2007 оноос хойш өнөөг хүртэлх олборлолтын явцад ихэвчлэн олборлоход хялбар, амархан баяжигдах боломжтой, өндөр агуулга бүхий хүдрийг сорчлон ашиглаж ирсэн. Ордын нөөц багасах хэрээр сул соронзон шинж чанартай хүдэр болон баяжигдахад хүндрэлтэй бага агуулгатай хүдрийг ашиглах зайлшгүй шаардлага үүссэн. Энэхүү Баянголын ордын баяжигдахад хүндрэлтэй сул соронзон шинж чанартай хүдрийн шинж чанар болон бүтцийг судалж улмаар хуурай соронзон аргаар баяжигдахгүй байгаа шалтгааныг нотлох цаашлаад нойтон соронзон аргаар баяжигдах боломжийг судлахад миний судалгааны ажлын зорилго оршино. Энэхүү судалгааг хийхдээ дараах зорилтуудыг тавьлаа. Үүнд:

- ✓ Баянголын ордын сул соронзон шинж чанартай хүдрийн найрлага бүтцийг судлах.
- ✓ Баянгол ордын төмрийн хүдрийг хуурай соронзон аргаар баяжуулах.
- ✓ Баянгол ордын төмрийн хүдрийн баяжмалыг нойтон соронзон аргаар баяжуулах.

Баянголын ордын сул соронзон шинж чанартай төмрийн хүдрийг хуурай соронзон баяжуулалтын аргаар боловсруулахад эцсийн баяжмалын чанар болон металл авалтын үзүүлэлт шаардлагын түвшинд хүрэхгүй байна. Мөн баяжмал дахь хүхрийн агууламж өндөр байгаа нь бүтээгдэхүүний чанарт сөргөөр

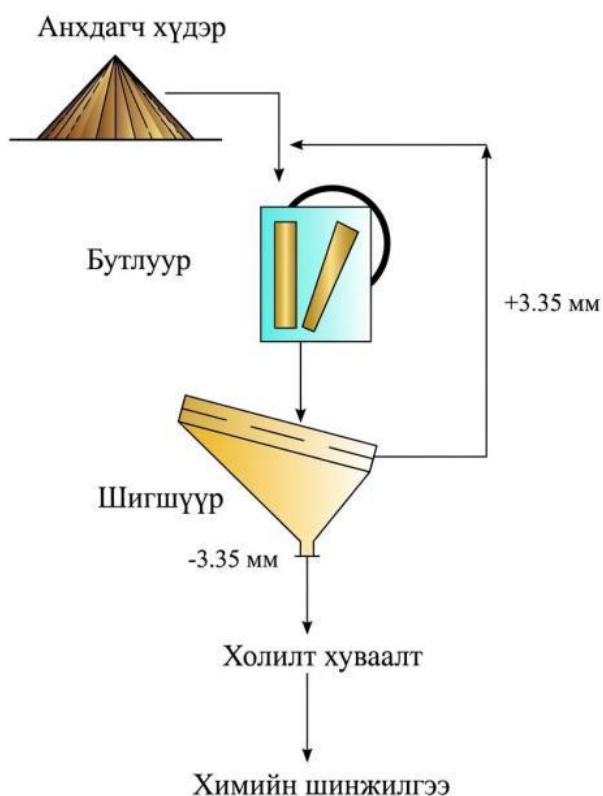
нөлөөлж байна. Иймээс хүдэр дэх эрдсийн найрлага, бүтэц, текстур, соронзон шинж чанарыг нарийвчлан судалж, нойтон соронзон баяжуулалтын технологийн боломжийг тогтоох шаардлагатай байна.

Судалгааны арга зүй

Туршилт судалгааны ажлыг Геологи судалгаа шинжилгээний төвийн эрдсийн лаборатори, “Трү Ти Ар Си” ХХК-ийн Эрдэс боловсруулалтын судалгааны лаборатори, Баянгол уурхайн дотоод хяналтын лабораториудад хийж гүйцэтгэсэн. Баянголын ордын Сул соронзон шинж чанартай хүдрийн химийн найрлагыг рентген флуоресценцийн шинжилгээгээр, эрдсийн бүтэц найрлагыг рентген туяаны дифракцийн аргаар, эрдсийн гадаргуугийн тархалт бүтцийг SEM-EDS сканинг электрон микроскоп – энерги сарнилын спектрометрийн шинжилгээгээр тус тус судалсан. Хуурай соронзон аргаар баяжуулах туршилтыг Болд төмөр Ерөө гол ХХК-ийн Баянгол уурхайн баяжуулах үйлдэрт туршин баяжуулсан. Гарган авсан төмрийн баяжмалыг Болд төмөр Ерөө гол ХХК-ийн Дорноговь аймгийн Алтанширээт сумын нутаг дэвсгэрт байрлах “Алтанширээт” Үйлдвэр Технологийн Паркийн Төмрийн хүдрийг нойтон соронзон аргаар баяжуулах үйлдвэрт баяжуулсан.

2.1 Дээж авах болон дээжийг химийн шинжилгээнд бэлтгэсэн арга зүй

Хуурай баяжуулах үйлдвэрийн түүхий бүтээгдэхүүн хаягдлаас төлөөлөх хэмжээний 25 ширхэг түүвэр дээж авч стандарт арга аргачлалын дагуу хуваан багасгаж химийн шинжилгээнд Баянгол уурхайн химийн лабораторид зөвхөн нийт төмрийн агуулгыг тогтоолгосон ба 3 дээжийг сонгон авч илүү дэлгэрэнгүй шинжилгээ хийлгэхээр хяналтын лабораторид шинжлүүлсэн.

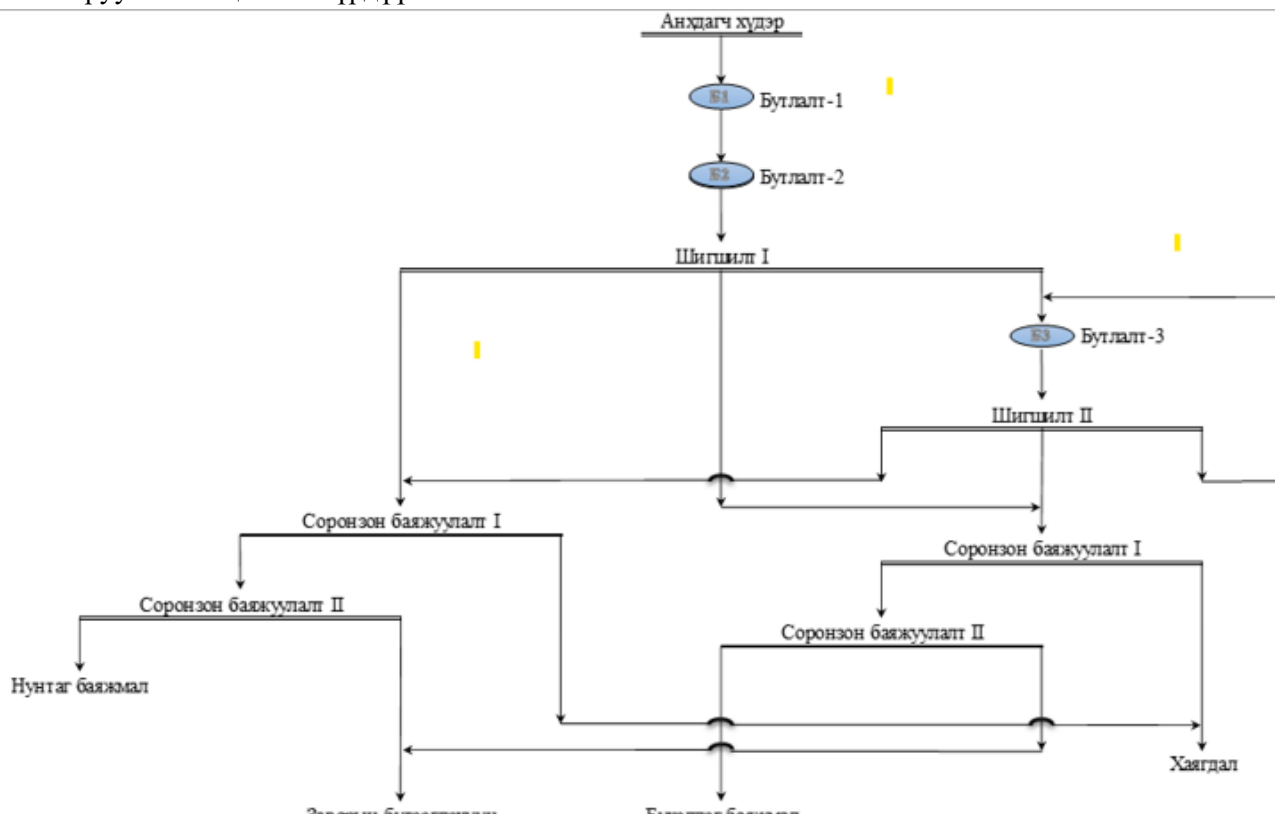


Зураг 1. Дээжийг лабораторийн шинжилгээнд бэлтгэсэн арга зүй

Химийн шинжилгээ болон баяжуулалтын туршилтад ашиглах дээжийг шаардлагатай ширхэглэл хүртэл нунтаглан стандарт нөхцөлд хадгалсан.

2.1 Хуурай соронзон аргаар баяжуулалт хийсэн арга зүй.

Хуурай соронзон баяжуулалтын туршилтыг үйлдвэрлэлийн технологийн дагуу авч үзсэн ба туршилтын төхөөрөмж нь соронзон орны хүчийг тохируулах боломжтой бөгөөд төрөл бүрийн ширхэглэлтэй хүдэр боловсруулах нөхцөлийг бүрдүүлсэн.

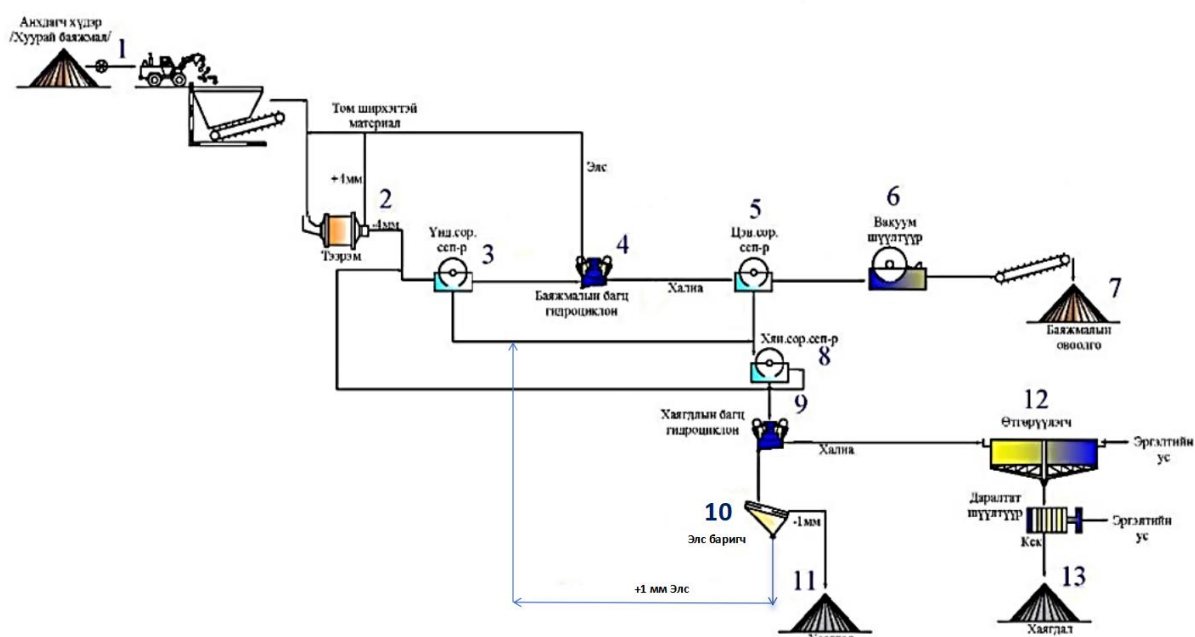


Зураг 1 . Хуурай баяжуулах үйлдвэрийн технологийн схем

Үндсэн үзүүлэлтүүд: Хүдрийн чийг- /3%- иас бага, Орох хэмжээ /-750 мм /, Хацарт бутуур /-150 мм/, Конусан бутлуур / -14 мм/, Шигшүүр-1 /-35 мм/, Шигшүүр-2 /-10/ мм, Соронзон хүч-/ G-1200, Эргэлтийн хурд-1.2 м/с

2.3 Нойтон аргаар баяжуулах үйлдвэрийн технологийн схем.

Нойтон соронзон баяжуулалтын туршилтыг бутлах–нунтаглах–ангилах–соронзон баяжуулах гэсэн дараалсан технологийн схемээр гүйцэтгэсэн.



Зураг 2. Нойтон соронзон баяжуулах үйлдвэрийн технологийн схем.

2.4 Нойтон аргаар баяжуулах үйлдвэрийн чанарыг үнэлсэн арга зүй.

Нойтон аргаар баяжуулах үйлдвэрийн үйл ажиллагааг үнэлэх зорилгоор дараах 13 технологийн хэсгүүдээс тус бүр төлөөлөх хэмжээний дээж авч холилт хуваалт хийсний дараа тус бүрийг аягат нунтаглагчаар нунтаглан химийн шинжилгээнд өгсөн байна.

Хүснэгт 1. Үйлдвэрээс дээж авах технологийн хэсгүүд.

№	Технологийн хэсгүүд	Fe%
1	Баяжуулах үйлдвэрийн тэжээл	
2	Төмрийн баяжмал	
3	Хяналтын соронзон ялгагчийн баяжмал	
4	Үндсэн соронзон ялгагчийн баяжмал	
5	Цэвэрлэгээний соронзон ялгагчийн баяжмал	
6	Цэвэрлэгээний соронзон ялгагчийн хаягдал	
7	Тээрэм-1 (эргэлтийн бүтээгдэхүүн)	
8	Баяжмалын гидроциклоны халиа	
9	Даралтат шүүлтүүрийн хаягдал	
10	Усгүйжүүлэх шигшүүрийн дээд анги (хаягдал)	
11	Усгүйжүүлэх шигшүүрийн доод анги	
12	Хаягдлын гидроциклоны элс	
13	Хаягдлын гидроциклоны халиа	

2.5 Нойтон аргаар баяжуулах үйлдвэрт шигшүүрийн шинжилгээ хийсэн арга зүй.

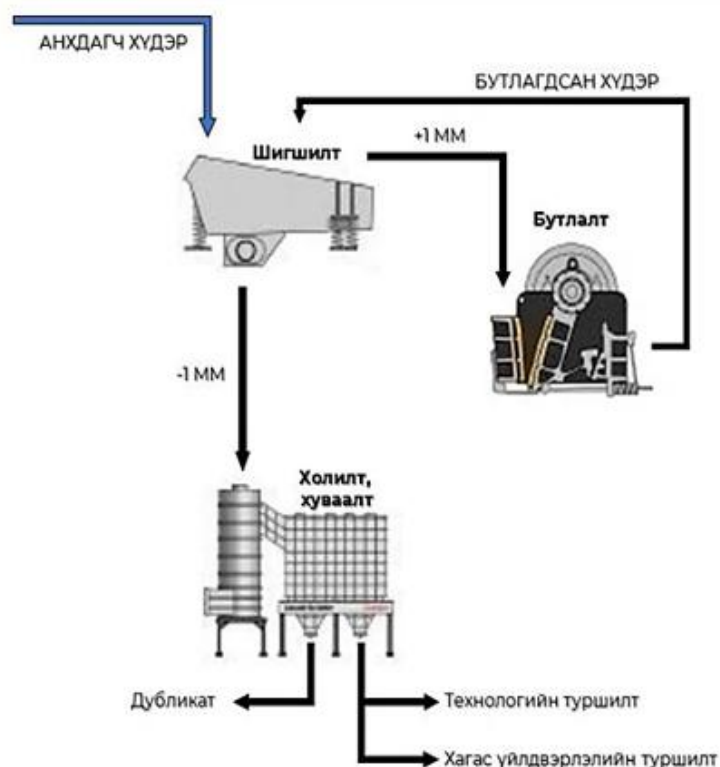
Нойтон аргаар баяжуулах үйлдвэрийн үйл ажиллагааг үнэлэх зорилгоор дараах 13 технологийн хэсгүүдэд тус бүр шигшүүрийн шинжилгээ хийсэн.

Хүснэгт 2. Үйлдвэрийн дээж авах технологийн хэсгүүд.

№	Технологийн хэсгүүд	R ₈₀ , мм	-75 мкр агуулга, %
1	Баяжуулах үйлдвэрийн тэжээл		
2	Төмрийн баяжмал		
3	Хяналтын соронзон ялгагчийн баяжмал		
4	Үндсэн соронзон ялгагчийн баяжмал		
5	Цэвэрлэгээний соронзон ялгагчийн баяжмал		
6	Цэвэрлэгээний соронзон ялгагчийн хаягдал		
7	Тээрэм-1 (эргэлтийн бүтээгдэхүүн)		
8	Баяжмалын гидроциклоны халиа		
9	Даралтат шүүлтүүрийн хаягдал		
10	Усгүйжүүлэх шигшүүрийн дээд анги (хаягдал)		
11	Усгүйжүүлэх шигшүүрийн доод анги		
12	Хаягдлын гидроциклоны элс		
13	Хаягдлын гидроциклоны халиа		

2.6 Нунтаглалтын горим тогтоох технологийн туршилтийн дээж бэлтгэсэн арга зүй.

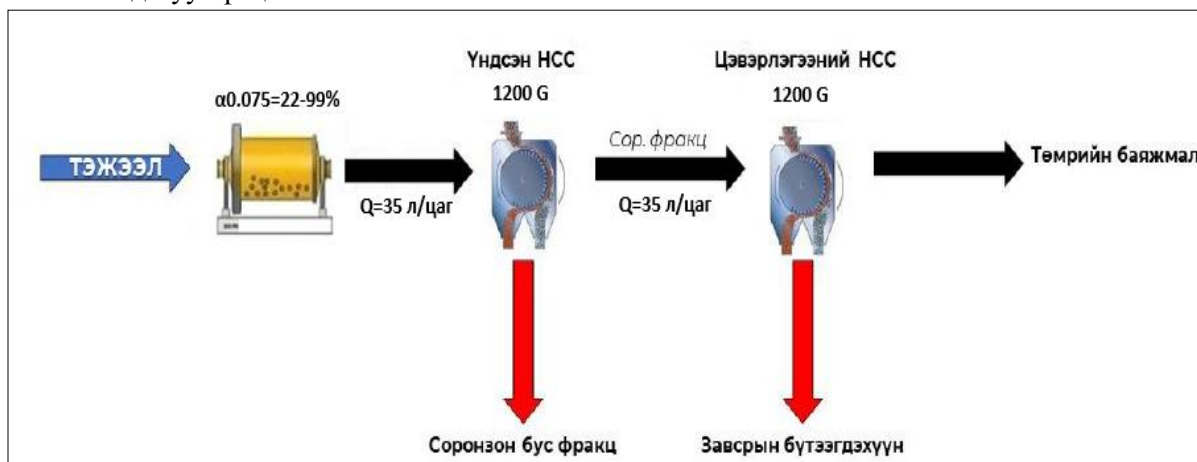
Технологийн туршилтад зориулж нийт 200 кг хуурай баяжуулах үйлдвэрийн баяжмалын дээжийг сайтар хольж, 2 тэнцүү хэсэгт хуваан, 1/2 хэсгийг 1 мм хэмжээтэй шигшүүрийн тороор шигшин, торны дээд ангийг -1 мм бүхэллэгтэй болтол хацарт бутлуураар гүйцээн буталж, үлдсэн хэсгийг туршилтын дубликат дээж болгон хадгалсан байна. Дээж бэлтгэлийн схемийг дараах зурагт үзүүлжээ.



Зураг 4. Нунтаглалтын горим тогтоох туршилтад ашиглах дээжийг бэлтгэсэн аргазүй.

2.7 Нунтаглалтын горим тогтоох технологийн туршилтын арга зүй.

Анхдагч хүдэр болон хуурай соронзон аргаар баяжуулсан /ХБҮ-ийн баяжмал/ дээжийг нийт 4 удаагийн нунтаглалтаар -75 мкм бүхэллэгийн ангийн агуулгыг харгалзан өсгөж, бүхэллэгийн хэмжээ болон чанар, авалт хоорондын хамаарлыг тодорхойлох зорилгоор нойтон соронзон ялгалтын туршилтыг дараах схемийн дагуу гүйцэтгэнэ.



Зураг 5. Технологийн туршилтыг гүйцэтгэсэн арга зүй.

Судалгааны үр дүн

3.1 Анхдагч хүдрийн химийн найрлагыг тодорхойлсон шинжилгээний үр дүн.

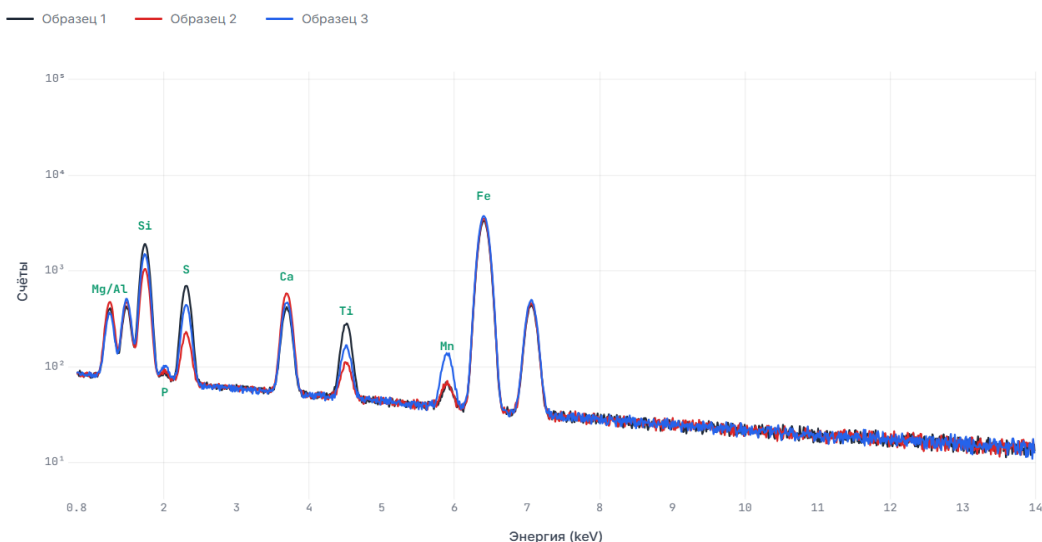
Судалгаанд ашигласан Баянгол уурхайн сул соронзон шинж чанартай, баяжигдахад хүндрэлтэй хүдрийг хуурай болон нойтон соронзон баяжуулалт хийхийн тулд анхдагч төмрийн хүдрийн дээжид химийн шинжилгээг рентген флуоресценц (XRF)-ийн аргаар шинжлэн судалж үндсэн болон дагалдах элементүүдийн агуулга (3-р хүснэгт)-ыг тодорхойлов.

Хүснэгт 3. Анхдагч хүдрийн химийн найрлага.

Дд	Элементүүдийн агуулга %									
	Fe (нийт)	FeO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	P ₂ O ₅	TiO ₂	MnO
1	37.15	19.65	35	8.23	7.45	7.71	7.75	0.08	1.3	0.17
2	33.62	19.44	18.9	9.32	11.14	9.45	1.95	0.1	0.35	0.21
3	41.14	17.65	27.1	10.17	8.65	6.65	4.54	0.15	0.63	0.67
Дундаж	37.3	18.91	27	9.18	8.41	7.93	4.75	0.11	0.76	0.35

Баянгол уурхайн сул соронзон шинж чанартай, баяжигдахад хүндрэлтэй анхдагч хүдрийн найрлагыг рентген флуоресценц (XRF)-ийн спектрийн шинжилгээг (6-р зураг) авч үзье.

СПЕКТР XRF



Зураг 6. Анхдагч хүдрийн рентген флуоресценцийн спектр.

1. Төмрийн агуулга ба эрдэсжилтийн онцлог

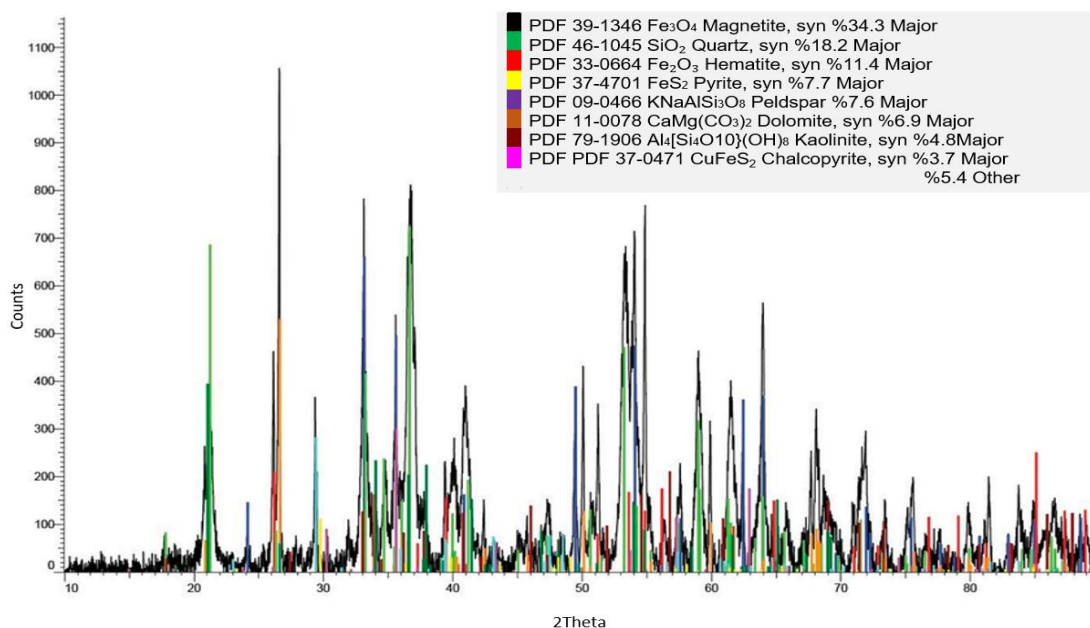
- Нийт төмөр (T_{Fe}): Хүдэр дэх нийт төмрийн дундаж агуулга 37.30% байгаа нь ядуу агуулгатай хүдэрт тооцогдоно.
- Төмрийн исэл (FeO): FeO -ийн дундаж агуулга 18.91% байгаа нь хүдэрт магнетитын (Fe_3O_4) эзлэх хувь өндөр байгааг харуулж байна. Гэсэн хэдий ч хүдэр дэх төмөр зөвхөн магнетит хэлбэрээр бус, магадгүй силикатын эрдсүүд эсвэл хагас исэлдсэн хэлбэртэй байж болно.

2. Хорт хольц

- Хүхэр (SO_3): Хүхрийн агуулга дунджаар 4.75% байгаа нь маш өндөр үзүүлэлт юм. Ялангуяа 1-р дээжинд 7.75% байгаа нь техникийн шаардлагаас хэтэрсэн байна. Энэ нь хүдэр дэх пирит (FeS_2) эсвэл пирротины агуулга их байгааг илтгэх бөгөөд баяжуулах болон хайлах явцад хүхэр зайлуулах нэмэлт технологи шаардана гэж урьдчилан дүгнэж байна.
- Фосфор (P_2O_5): Фосфорын агуулга 0.11% байгаа нь харьцангуй бага бөгөөд гангийн чанарт үзүүлэх сөрөг нөлөө бага байна.

3.2 Анхдагч хүдрийн эрдсийн найрлагыг тодорхойлсон шинжилгээний үр дүн.

Баянгол уурхайн сул соронзон шинж чанартай төмрийн хүдрийн химийн найрлагыг судлах зорилгоор рентген дифрактомет (XRD)-ээр бүтцийн шинжилгээг хийж, спектрийг 7-р зургаар харуулав.



Зураг 7. Анхдагч хүдрийн эрдсийн найрлага.

1. Үндсэн ашигт эрдсүүд (Төмрийн агуулга)
 - Магнетит (Fe_3O_4): 33-35 %. Энэ нь хүдрийн соронзон шинж чанарыг тодорхойлогч үндсэн эрдэс юм.
 - Гематит (Fe_2O_3): 11-12 %. Хүдэр дэх төмрийн нэлээд хэсэг нь сул соронзон шинжтэй гематит хэлбэрээр байна.
2. Холбогч эрдсүүд ба Хаягдал (Чулуулаг)
 - Кварц (SiO_2): 18-18.2%. Өмнөх химийн шинжилгээгээр гарсан өндөр цахиурын эх үүсвэр нь энэхүү кварц юм.
3. Хортой хольцын эрдэс судлал
 - Пирит (FeS_2): 7.7%. Хүхрийн маш өндөр агуулгатай байгаагийн гол шалтгаан нь энэ юм. Пирит нь соронзон баяжмалд холилдон орох магадлал өндөртэй.

3.3 Анхдагч хүдрийн минераграфийн шинжилгээний үр дүн

Судалгааны талбайгаас сонгогдсон хүдрийн 33 дээжинд өнгөлсөн блок (аншлиф) бэлтгэн минераграфийн (хүдрийн) судалгаа, шинжилгээг MOTIC BA310 Pol микроскопны ойсон гэрлийн тусламжтайгаар гүйцэтгэж, хүдрийн эрдсүүдийн эрдэслэг бүрэлдэхүүн, тэдгээрийн текстур, хувирлууд, онцлог шинжүүдийг тодорхойлж микрофото зургуудаар баталгаажууллаа. Чулуулгуудад магнетит, титанит, пирит, пирротин, арсенопирит, халькопирит, ковеллин, мөнгө, молибденит, гётит, гидрогётит зэрэг хүдрийн эрдсүүд нь харилцан адилгүй агуулга, хэмжээтэй тодорхойлогдоно. Минераграфийн бүрэн бичиглэлийг тус тусад нь микрофото зургуудтай хавсаргаж өгч, хүдрийн эрдсүүдийн агуулгыг тодорхойлохын тулд талбайн аргаар тоололт хийж, уг өнгөлсөн дээжинд агуулагдаж буй хүдрийн эрдсүүдийн мөхлөгүүдийн агуулгыг тооцоолж гаргасан.

Хүснэгт 4. Анхдагч хүдрийн минераграфийн шинжилгээний үр дүнгийн нэгтгэл.

Д/д	Дээжийн дугаар	Хүдрийн эрдсүүд	Структур, текстур	Хүдрийн эрдсүүдийн агуулга (%)
1	Шл-1	Титанит, магнетит	Шигтгээлэг, мирмекит	10-15
2	Шл-2	Магнетит, пирит, халькопирит, ковеллин	Массив, шигтгээлэг, судал	41-46
3	Шл-3	Магнетит, пирит, халькопирит	Массив, шигтгээлэг	76-81
4	Шл-4	Пирит, молибденит, халькопирит	Шигтгээлэг	1
5	Шл-5	Пирит, молибденит, хлораргирит	Шигтгээлэг	<1
6	Шл-6	Халькопирит	Шигтгээлэг	<1
7	Шл-7	Халькопирит, мөнгө, гётит, гидрогётит	Шигтгээлэг	1
8	Шл-9.	Пирит, халькопирит, вожминит	Шигтгээлэг	6
9	Шл-9	Магнетит, пирит	Шигтгээлэг	<1
10	Шл-10	Пирит, халькопирит	Шигтгээлэг	1
11	Шл-11	Пирит, халькопирит, мөнгө, ковеллин	Шигтгээлэг	1
12	Шл-12	Магнетит, пирит, пирротин, халькопирит	Массив, шигтгээлэг	86-91
13	Шл-13	Магнетит, пирит, халькопирит, пирротин	Массив, шигтгээлэг	90
14	Шл-21	Магнетит, пирит, титаномagnetит, гематит	Шигтгээлэг	5-10
15	Шл-22	Пирит, молибденит	Шигтгээлэг	<1
16	Шл-23	Пирит	Шигтгээлэг	<1
17	Шл-24	Магнетит, пирит, пирротин, халькопирит	Шигтгээлэг	19-24
18	Шл-25	Титанит, пирит	Шигтгээлэг	1
19	Шл-26	Пирротин, пирит, халькопирит	Массив, шигтгээлэг	65-70
20	Шл-27	Арсенопирит, гётит, гидрогётит	Шигтгээлэг, судал	
21	Шл-28	Магнетит, пирит, титанит, халькопирит, молибденит	Массив, шигтгээлэг	10-15
22	Шл-29	Пирит, молибденит	Шигтгээлэг	<1
23	Шл-30	Пирит	Шигтгээлэг	1
24	Анш-1	Магнетит, пирит, халькопирит, арсенопирит, пирротин, ковеллин	Массив, шигтгээлэг	60-65
25	Анш-2	Магнетит, пирит, пирротин, халькопирит, арсенопирит, халькопирит	Массив	83-93
26	Анш-3	Магнетит, пирит, пирротин, халькопирит, арсенопирит	Массив	74-84
27	Анш-4	Магнетит, пирит, пирротин, халькопирит, арсенопирит	Массив, шигтгээлэг	86-91
28	Анш-5	Магнетит, пирит, халькопирит	Массив, шигтгээлэг, судал	60-65

29	Анш-6	Пирит, халькопирит	Шигтгээлэг	<1
30	Анш-7	Магнетит, пирит	Шигтгээлэг	30
31	Анш-11	Магнетит, пирит, халькопирит	Шигтгээлэг, судал	31
32	Анш-12	Магнетит	Массив, триллит	95
33	Анш-13	Магнетит, пирит, пирротин, халькопирит	Массив, шигтгээлэг	88

Эдгээр 33 дээжийн эрдсийн шинжилгээний үр дүнг нэгтгэн дүгнэхэд тухайн хүдрийн эрдэс бүрдэл болон бүтцийн хувьд нэлээд нарийн төвөгтэй, олон төрлийн металлын хольцтой болох нь харагдаж байна.

1. Хүдрийн эрдэс бүрдлийн онцлог

- Төмрийн эрдсүүд: Магнетит нь үндсэн ашигт эрдэс бөгөөд титаномангнетит, гематит, пирротин зэрэг эрдсүүд дагалдаж байна.
- Сульфидын эрдсүүд: Хүдэрт пирит, халькопирит маш түгээмэл байгаагаас гадна молибденит, арсенопирит, ковеллин илэрсэн байна. Энэ нь хүдэр дэх хүхэр, хүнцэл болон зэсийн агуулгыг тодорхойлно.
- Үнэт металлын хольц: Төрөлх мөнгө (Шл-7, Шл-11) болон хлораргирит (Шл-5) илэрсэн нь хүдэр нь алт, мөнгөний тодорхой агуулгатай байх магадлалтайг илтгэж байна.

2. Агуулгын хэлбэлзэл ба баяжуулах шинж чанар

- Баян агуулгатай массив хүдэр: Анш-12 (95%), Шл-13 (90%), Анш-4 (86-91%) зэрэг дээжүүд нь массив буюу цул бүтэцтэй, өндөр агуулгатай хүдрүүд юм. Эдгээр нь технологийн хувьд баяжуулахад хамгийн тохиромжтой.
- Ядуу агуулгатай шигтгээлэг хүдэр: Хүдрийн биетийн нэлээд хэсэг (ялангуяа Шл-4-өөс Шл-11 хүртэлх дээжүүд) 1%-иас бага агуулгатай шигтгээлэг бүтэцтэй байна. Энэ нь ашигт эрдсийн тархалт жигд бус болохыг харуулна.

3. Технологийн хүндрэл ба шийдэл

- Хүхэр ба Хүнцэл: Пирит, пирротин болон арсенопиритын агууламж өндөр байгаа нь төмрийн баяжмал дахь хүхэр болон хүнцлийг салгахын тулд заавал сульфидын флотацийн аргыг ашиглах шаардлагатайг харуулж байна.
- Мирмекит бүтэц: Шл-1 дээжинд илэрсэн мирмекит бүтэц (эрдсүүд хоорондоо сүлжилдсэн) нь нарийн нунтаглалтын дараа ч эрдсийг бүрэн чөлөөлөхөд тодорхой хүндрэл учруулж болзошгүй.
- Баянголын ордын энэхүү хэсэг нь магнетит-сульфидын бүтэцтэй бөгөөд төмрөөс гадна зэс, молибден, мөнгө зэрэг дайвар элементүүдийг иж бүрэн ашиглах боломжтой полиметаллын шинжтэй скарны гаралтай орд юм.

3.4 Баяжмалын химийн найрлагыг тодорхойлсон үр дүн.

Баянгол уурхайн сул соронзон шинж чанартай, баяжигдахад хүндрэлтэй хүдрийг 2-р бүлгийн арга зүйд тусгасан технологийн схемийн дагуу хуурай соронзон баяжуулалт хийсэн бөгөөд хуурай баяжуулалт хийсний дараах баяжмалын химийн найрлагыг анхдагч хүдрийн химийн найрлагатай харьцуулсан үр дүнг 5-р хүснэгтэд харуулав.

Хүснэгт 5. Баяжмал болон анхдагч хүдрийн химийн найрлагын харьцуулалт.

Дд	Элемент	Элементүүдийн агуулга %		Зөрүү
		Анхдагч хүдэр	Баяжмал	
1	Fe _(нийт)	37.30	48.75	11.45
2	FeO	18.91	24.3	5.39
3	SiO ₂	27.01	19.64	-3.80

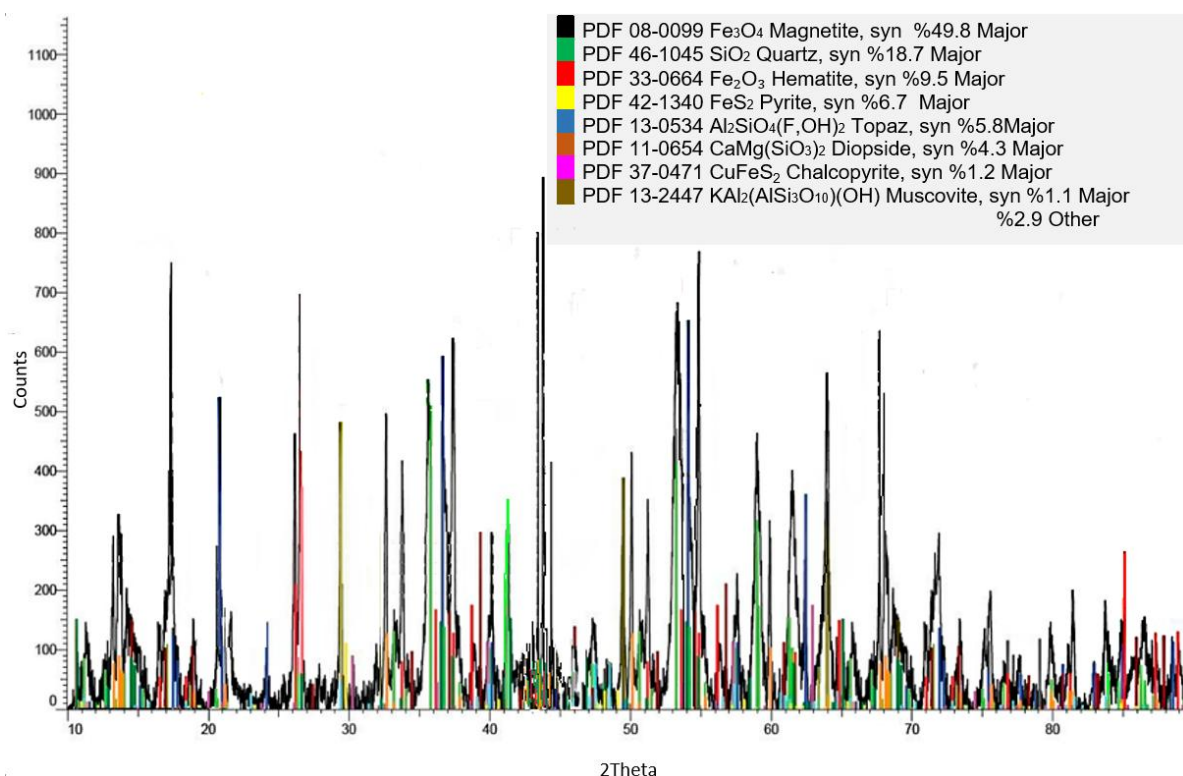
4	Al ₂ O ₃	9.18	7.36	-1.82
5	CaO	8.41	8.15	-0.26
6	MgO	7.93	7.63	-0.30
7	SO ₃	4.75	5.58	0.83
8	P ₂ O ₅	0.11	0.09	-0.02
9	TiO ₂	0.76	0.85	0.09
10	MnO	0.35	0.43	0.08

Анхдагч хүдэр болон баяжмалын химийн найрлагын харьцуулсан үзүүлэлтэд үндэслэн баяжуулалтын технологийн үр дүнгийн талаарх дараах дүгнэлтийг гаргаж байна.

1. Төмрийн агуулгын өсөлт ба баяжуулалтын чанар: Төмрийн агууламж (T_{Fe}): Анхдагч хүдэрт 39.23% байсан нийт төмрийн агуулга баяжмалд 48.75% болж, 11.4%-иар өссөн байна. Хэдийгээр агуулга өссөн боловч эцсийн баяжмалын агуулга 50%-д хүрэхгүй байгаа нь уг хүдэр баяжуулагдах чадвар дунд зэрэг буюу технологийн схемээс хамааралтай байгааг илтгэнэ.
2. Хольц эрдсүүдийн ялгаралт: Цахиурын исэл (SiO₂): Анхдагч хүдэр дэх 27.01% байсан цахиурын агуулга баяжмалд 19.64% болж 3.8%-иар буурсан байна. Гэсэн хэдий ч баяжмал дахь цахиурын хэмжээ 19% байгаа нь металлургийн шаардлагаар бол маш өндөр үзүүлэлт бөгөөд цаашид гүн баяжуулах шаардлагатайг харуулж байна. Шүлтлэг болон бусад ислүүд (CaO, MgO): Эдгээр ислүүдийн агуулга баяжмалд бараг хэвээрээ буюу маш бага (0.26-0.30%) хэмжээгээр буурсан нь баяжуулалтын явцад эдгээр эрдсүүд төмрийн эрдэстэй нягт барьцалдсан эсвэл хамт баяжиж байгааг илтгэнэ.
3. Хортой хольцын асуудал: Хүхэр (SO₃): Хамгийн анхаарал татаж буй үзүүлэлт нь хүхрийн агуулга юм. Анхдагч хүдэрт 4.75% байсан SO₃ баяжмалд 5.58% болж нэмэгдсэн байна. Энэ нь төмрийн эрдсүүд (магнетит) болон сульфидын эрдсүүд (пирит) баяжуулалтын явцад хамт баяжиж байгааг харуулж байна.

3.5 Баяжмалын эрдсийн найрлагыг тодорхойлсон шинжилгээний үр дүн.

Баянгол уурхайн сул соронзон шинж чанартай, баяжигдахад хүндрэлтэй хүдрийг хуурай соронзон баяжуулалт хийсний дараах эрдсийн найрлагыг рентген дифрактометрээр судлаж, спектрийг 8-р зургаар харуулав.



Зураг 8. Баяжмалын эрдсийн найрлага.

Энэхүү хүдэрт хуурай баяжуулалт хийсний дараах үр дүнгээс дүгнэж үзвэл одоогийн баяжуулалтын үр дүн хангалтгүй байна, учир нь:

- Баяжмалын чанар: Баяжмалд кварц (19%) болон пирит (7%) маш өндөр байгаа нь энэхүү бүтээгдэхүүнийг металлургийн үйлдвэрт шууд ашиглах боломжгүй болгож байна.
- Чөлөөлөлтийн зэрэг: Кварц болон пирит ийм өндөр тунаж байгаа нь хүдрийн нунтаглалт хангалтгүй, эрдсүүд бие биенээсээ бүрэн чөлөөлөгдөөгүй байх магадлалтайг харуулж байна. Нунтаглалтын зэргийг нарийсгаж, дахин соронзон баяжуулалтад оруулах.

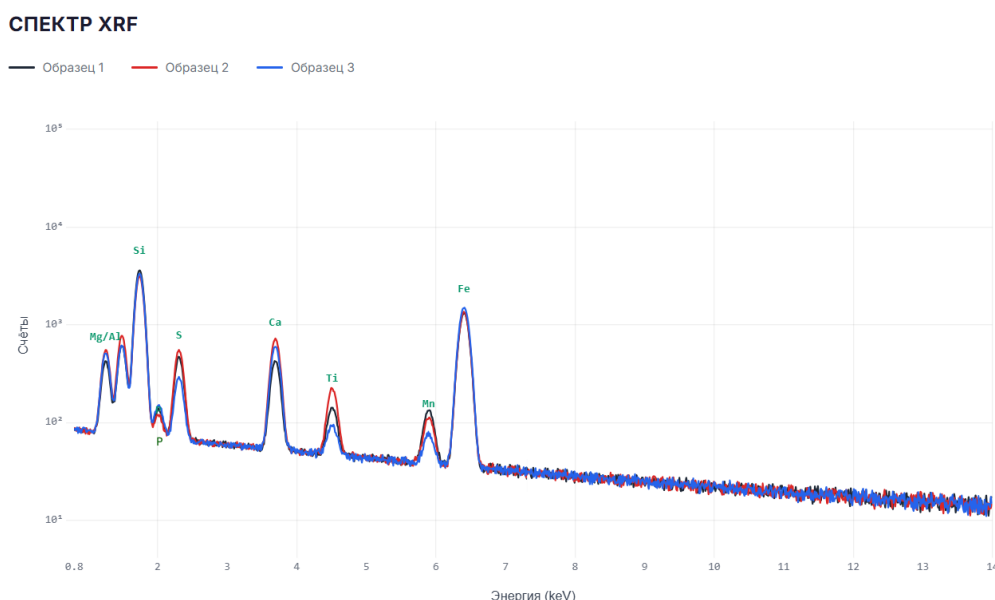
3.6 Хаягдлын химийн найрлагыг тодорхойлсон үр дүн.

Хуурай соронзон аргаар баяжуулсны дараах хаягдал дээжин дэх химийн найрлагыг судлаж 6-р хүснэгтээр харуулав.

Хүснэгт 6. Хаягдалын химийн найрлага.

Д/д	Элементүүдийн агуулга %									
	Fe (нийт)	FeO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	P ₂ O ₅	TiO ₂	MnO
1	19.41	12.94	60.56	12.65	7.80	7.65	4.65	0.33	0.48	0.64
2	23.65	9.56	52.41	16.5	13.65	10.4	5.64	0.25	0.87	0.5
3	21.36	8.65	55.64	12.64	11.42	9.71	2.64	0.41	0.24	0.25
Дундаж	21.47	10.4	56.2	13.9	11.1	9.24	4.31	0.34	0.53	0.46

Энэхүү хаягдал дахь химийн найрлагыг рентген флуоресценцийн спектрийг 9-р зургаар харуулав.



Зураг 9. Хаягдлын рентген флуоресценцийн спектр.

Баяжуулалтын хаягдлын химийн найрлагын шинжилгээний дүнд үндэслэн дараах техникийн дүгнэлтийг гаргаж байна.

1. Төмрийн алдагдал ба эрдэсжилтийн хэлбэр:

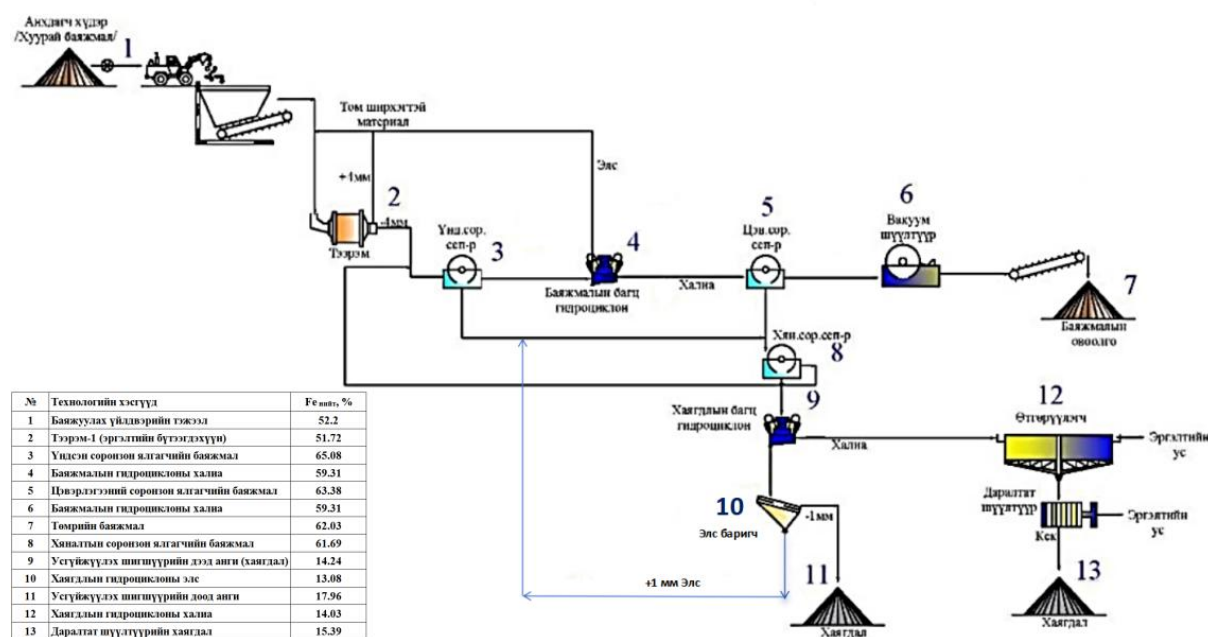
- Нийт төмөр (TFe): Хаягдал дахь төмрийн дундаж агуулга 21.47% байгаа нь баяжуулалтын явцад төмрийн алдагдал нэлээд өндөр байгааг илтгэж байна.
- Төмрийн исэл (FeO): Хаягдалд FeO дунджаар 10.4% байгаа нь нийт төмрийн тодорхой хэсэг нь соронзон шинж чанартай магнетит хэлбэрээр хаягдаж байгааг харуулж байна. Энэ нь соронзон баяжуулалтын технологийн горим (соронзон орны хүч, хурд) оновчгүй эсвэл нунтаглалтын зэрэг хангалтгүй байгааг илтгэнэ.

2. Хортой хольцын тархалт

- Хүхэр (SO_3): Хаягдал дахь хүхрийн агуулга дунджаар 4.31% байна. Энэ нь баяжмал дахь хүхэр (5.58%)-тэй харьцуулахад бага боловч хүдэр дэх пирит болон бусад сульфидууд баяжмал болон хаягдалд хоёуланд нь хуваагдан орж төмрийн агуулгыг өсгөж байна.
- Фосфор (P_2O_5): Фосфорын агуулга 0.34% байгаа нь хүдэр дэх фосфорын дийлэнх хэсэг хаягдал руу ялгаран гарч байгаа эерэг үзүүлэлт юм.

3.7 Нойтон соронзон аргаар баяжуулсан шинжилгээний үр дүн.

Баянгол уурхайн сул соронзон шинж чанартай, баяжигдахад хүндрэлтэй хүдрийг 2-р бүлгийн арга зүйд тусгасан технологийн схемийн дагуу нойтон соронзон баяжуулалт хийсэн бөгөөд нойтон баяжуулалт хийсний дараах баяжмал дахь нийт төмрийн химийн найрлагыг 10-р хүснэгтэд харуулав



Зураг 10. Нойтон соронзон аргаар баяжуулсан шинжилгээний үр дүн.

Баяжуулах үйлдвэр рүү орж байгаа тэжээлийн нийт төмөр 52.2%, үйлдвэрээс гарч байгаа төмрийн баяжмал 62.03%, даралтат шүүлтүүрийн хаягдал 15.39%, усгүйжүүлэх шигшүүрийн дээд ангийн хувьд 14.24% байгааг тус бүр химийн шинжилгээгээр тогтоосон байна.

3.8 Шигшүүрийн шинжилгээний хураангуй үр дүн

Нойтон соронзон баяжуулалт хийхэд шигшүүрийн шинжилгээ хамгийн чухал үе шат бөгөөд энэ үе шатан дахь баяжмал дахь нийт төмрийн химийн найрлагыг 7-р хүснэгтэд харуулав

Хүснэгт 7. Шигшүүрийн шинжилгээний үр дүн.

№	Технологийн хэсгүүд	P ₈₀ , мм	-75 мкр агуулга, %
1	Баяжуулах үйлдвэрийн тэжээл	0.53	50.25
2	Төмрийн баяжмал	0.31	30.42
3	Хяналтын соронзон ялгачийн баяжмал	0.36	24.97
4	Үндсэн соронзон ялгачийн баяжмал	0.3	27.94
5	Цэвэрлэгээний соронзон ялгачийн баяжмал	0.28	29.46
6	Цэвэрлэгээний соронзон ялгачийн хаягдал	0.58	10.08
7	Тээрэм-1 (эргэлтийн бүтээгдэхүүн)	0.72	30.95
8	Баяжмалын гидроциклоны халиа	0.21	34.7
9	Даралтат шүүлтүүрийн хаягдал	0.75	30.76
10	Усгүйжүүлэх шигшүүрийн дээд анги (хаягдал)	0.3	25.37
11	Усгүйжүүлэх шигшүүрийн доод анги	0.15	43.29
12	Хаягдлын гидроциклоны элс	0.38	32.59
13	Хаягдлын гидроциклоны халиа	0.14	40.87

Шигшүүрийн шинжилгээний дүнгээр баяжуулах үйлдвэрээс гарч буй баяжмалын -75 микрон ангийн агуулга ойролцоогоор 30% байгааг тогтоосон байна.

3.9 Хуурай болон нойтон соронзон баяжуулалтын тоо чанарын үзүүлэлтийн нэгтгэл.

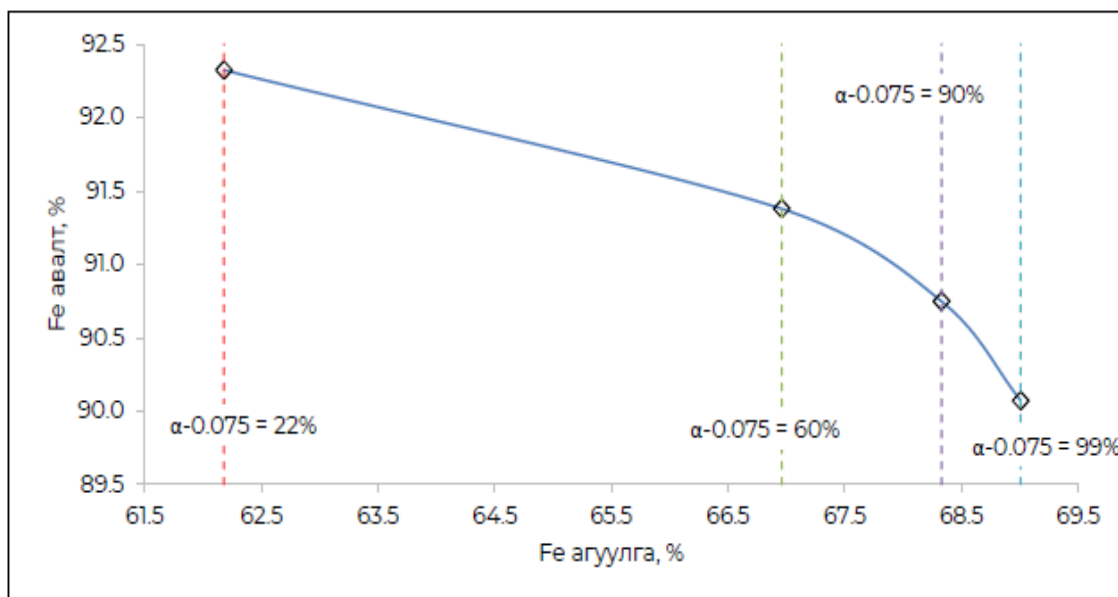
Судалгааны ажлын хүрээнд хуурай болон нойтон баяжуулах үйлдвэрийн тэжээлийн агуулга, гаргасан бүтээгдхүүний чанар, металл авалт, хаягдлын агуулга болон ширхэглэлийн хэмжээ зэрэг үндсэн тоо чанарын үзүүлэлтүүдийг нэгтгэн үр дүнг нэгтгэн гаргав.

Хүснэгт 8. Хуурай болон нойтон соронзон баяжуулалтын тоо чанарын үзүүлэлтийн нэгтгэл.

Чанарын үзүүлэлтүүд	Хуурай баяжуулах үйлдвэр	Нойтон баяжуулах үйлдвэр
Баяжуулах үйлдвэрийн тэжээл %	37.30%	52.20%
Гаргасан бүтээгдхүүний агуулга	48.75%	62.03%
Хаягдлын агуулга	21.14%	Даралтат шүүлтүүрийн хаягдал 15.39%
		Усгүйжүүлэх шигшүүрийн хаягдал 14.24%
Металл авалт	75%	94.15%
Ширхэглэлийн хэмжээ /оролт /	<750 мкм	<10 мкм
Ширхэглэлийн хэмжээ /гаралт /	<10 мкм	α -0.075 мкм >30%

3.10 Нунтаглалтын горим тодорхойлох туршилтын үр дүн.

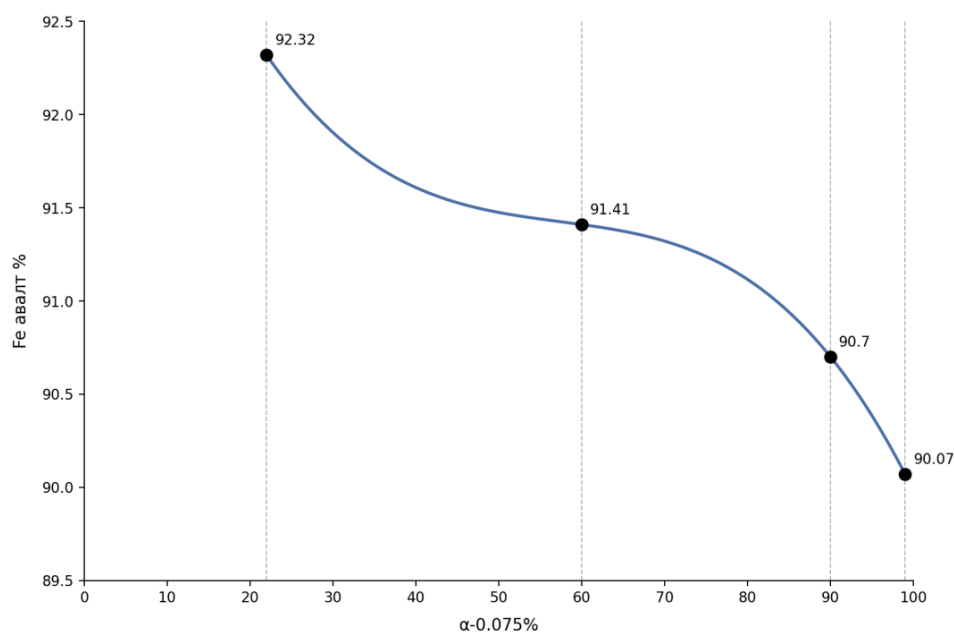
Нойтон соронзон баяжуулалт хийхэд нунтаглалтын горим тодорхойлох нь чухал бөгөөд энэ үе шатан дахь туршилтын үр дүнг 11-р зурагт харууллаа. Туршилтын үр дүнгээс үзэхэд бүхэллэгийн хэмжээг α -0.075=22%-оос 99%/ багасахад соронзон фракц дахь Fe агуулга 62.18-69.01% хүртэл огцом өссөн. -75 мкм ангийн агуулга α -0.075=60%/ үед соронзон фракцын Fe агуулга 66.96%, хэт нунтаглалттай буюу α -0.075=99%/ үед Fe агуулга 69.01% хүрсэн байна. Өөрөөр хэлбэл, мөхлөгийн хэмжээ багасахад, хүдрийн ашигт эрдэс /магнетит/ илүү сулран, соронзон фракц руу шилжих Fe-ийн хэмжээ түүнийг дагаад нэмэгдэж байна.



Зураг 11. Соронзон фракцын Fe-ийн агуулга, төмөр авалт хоорондын хамаарлын муруй.

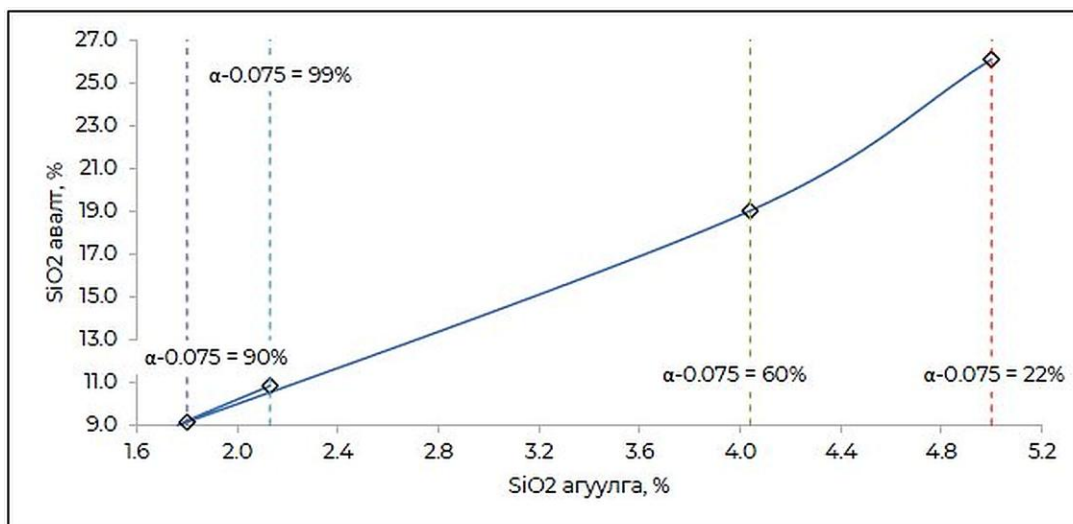
Харин эсрэгээрээ бүхэллэгийн хэмжээг α -0.075=22%-оос 99%/ багасахад төмөр авалт 92.32- 90.07% болж буурч байна (12-р зураг). Энэ нь материал хэт нунтаглагдсанаар нарийн ба хэт нарийн ширхэгтэй фракцын эзлэх хувь ихсэж, шлам үүсэлт (тоосонцор) нэмэгддэгтэй холбоотой. Хэт нарийн эрдсийн тоосонцрууд нь усны

гадаргуугийн хүчний (гидрофобик ба электростатик харилцан үйлчлэл) нөлөөгөөр хоорондоо болон бусад эрдсүүдтэй наалдаж, улмаар соронзон орны барих чадвар суларснаар ашигт бүрэлдэхүүн хаягдалд шилжих магадлалыг нэмэгдүүлж байна.



Зураг 12. $\alpha-0.075$ эзлэх хувь болон төмөр авалтын хамаарлын муруй.

Энэхүү график нь (13-р зураг) нунтаглалтын зэрэг нэмэгдэх тутам (0.075 мм-ийн агуулга ихсэх) тусам баяжмал дахь цахиурын исэл SiO_2 -ийн агуулга болон хаягдал руу гарах цахиурын хэмжээ хэрхэн өөрчлөгдөж байгааг харуулж байна.



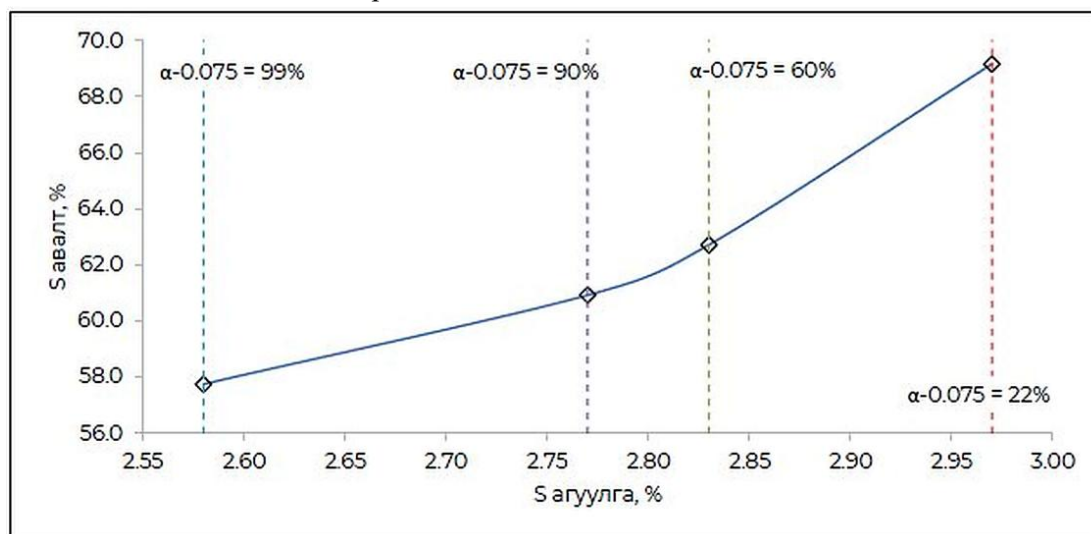
Зураг 13. Соронзон фракцын SiO_2 агуулга, цахиур авалт хоорондын хамаарлын муруй.

Нунтаглалтын зэрэг ба SiO_2 агуулгын хамаарал:

Нунтаглалтийн хэмжээ хамгийн том байх үед $\alpha-0.075 = 22\%$ SiO_2 -ийн агуулга хамгийн өндөр буюу 5.0% орчим байна. Нунтаглалтын зэргийг $\alpha-0.075 = 99\%$ хүртэл өсгөхөд SiO_2 -ийн агуулга 1.8% хүртэл буурч байна. Энэ нь нунтаглалт нарийсах тусам эрдсийн чөлөөлөгдөлт сайжирч, цахиурын хольцыг зайлуулах боломж нэмэгдэж байгааг илтгэнэ.

Цахиурын ислийн авалт:

Нунтаглалт нарийсах тусам $\alpha - 0.075 = 99\%$ хаягдал руу гарах цахиурын авалт 26%-аас 9% хүртэл огцом буурч байна. Графикийн муруйн налуугаас харахад нунтаглалтын зэрэг 60%-иас 90% хүртэл өсөх үед хольцын салгалт хамгийн эрчимтэй явагдаж байна.



Зураг 14. Соронзон фракцын хүхрийн агуулга, хүхэр авалт хоорондын хамаарлын муруй.

Туршилтын хамгийн нарийн нунтаглалтын горим болох -0.075 мм-ийн ангилал 99%-тай байх үед баяжмал дахь хүхрийн агуулга 2.58% байна. Энэ нь металлургийн үйлдвэрлэлийн (ширэм, гангийн үйлдвэрлэл) үндсэн шаардлага болох 0.1%-иас доош байх нормоос даруй 25 дахин их үзүүлэлт юм.

Нунтаглалтын зэргийг 22%-иас 99% хүртэл 4 үе шаттайгаар өсгөж, эрдсийн чөлөөлөгдөлтийг дээд цэгт нь хүргэсэн боловч хүхрийн агуулга 2.97%-иас 2.58% хүртэл буюу ердөө 0.39%-иар буурсан байна. Энэ нь нойтон соронзон баяжуулалтын технологийн схемээр хүхрийн эрдсийг төмрийн эрдсээс хангалттай ялгах боломжгүйг илтгэнэ.

Хүхрийн агуулга нунтаглалтаас үл хамааран өндөр байгаа нь хүдэр дэх хүхэр соронзон шинж чанартай пирротин хэлбэрээр оршдог эсвэл магнетитын талст торлол дотор маш нарийн микро шигдэцтэй байдгийг нотолж байна. Ийм тохиолдолд механик баяжуулалтын (соронзон) аргаар хольцыг салгах технологийн боломж хязгаарлагдмал юм. Нойтон соронзон баяжуулалтыг дангаар нь ашиглах нь хүхрийн агуулгыг технологийн шаардлагад хүргэж чадахгүй ба баяжуулалтын схемийг урвуу флотаци эсвэл исэлдүүлэн шатаах зэрэг хими-технологийн хосолсон аргуудаар нэмэлт боловсруулалт хийх шаардлагатай гэж үзлээ.

Дүгнэлт

Судалгааны ажлын хүрээнд скарны гаралтай, сул соронзон шинж чанартай, баяжигдахад хүндрэлтэй төмрийн хүдрийн эрдсийн бүрэлдэхүүн болон химийн найрлага бүтцийн онцлогийг нарийвчлан судалж, хуурай болон нойтон соронзон аргаар хослуулан баяжуулсны дараагаар технологийн туршилтыг лабораторийн нөхцөлд гүйцэтгэсний үндсэн дээр дараах дүгнэлтүүдийг гаргаж байна. Үүнд:

- Хүдрийн шинж чанар, эрдсийн тархалтын хувьд: Судалгаанд ашигласан хүдэр нь нийт төмрийн агуулгын хувьд дунд болон бага (ядуу) зэрэглэлд хамаарч байна. Эрдсийн тархалтын хувьд цул мөхлөг багавтар, харилцан адилгүй тархацтай, үеэлсэн бүтэцтэй бөгөөд соронзон чанартай эрдсийн агуулга нь багаас дунд зэргийн хооронд хэлбэлзэж байгааг тогтоов. Ордын гарал үүслийн онцлогоос шалтгаалан сульфидын эрдсийн хамтрал ихтэй буюу нийт хүхрийн агуулга 1%-иас дээш байгаа нь шууд гангийн үйлдвэрлэлд ашиглах боломжгүй бөгөөд зайлшгүй шат дараалсан нэмэлт боловсруулалт хийх шаардлагатайг баталлаа.
- Хуурай соронзон баяжуулалт, түүний үнэлгээ: Уг хүдрийг **–10 мм** ширхэглэлийн хэмжээтэйгээр, **1.2 м/с** хурданд (туузан дамжуургын хурд), **1200 Гаусс** хүч бүхий хуурай соронзон

сепаратороор урьдчилан баяжуулахад металл авалт 75%-д хүрч, төмрийн агуулга 44-49% болов. Энэхүү үр дүн нь урьдчилан төлөвлөж байсан 52%-ийн чанарын босгонд хүрээгүй тул уг хуурай соронзон аргаар баяжуулан гарган авсан баяжмалыг шууд экспортын бүтээгдэхүүн болгох боломжгүй бөгөөд дараагийн шатны гүнзгийрүүлсэн боловсруулалтад шилжүүлэх шаардлагатай гэж тогтоов.

- Нойтон соронзон баяжуулалт, түүний үнэлгээ: Хуурай аргаар гаргаж авсан баяжмалыг -0.075 мм-ийн ангиллаар 22%, 60%, 90%, 99% гэсэн 4 өөр түвшинд нунтаглаж, 1200 Гаусс бүхий соронзон орны хүчилэгт, 35 л/цаг хурдтайгаар нойтон соронзон баяжуулалтын туршилтыг явууллаа. Туршилтаар төмрийн агуулгыг дээд тал нь 69.00% хүртэл өсгөж, металл авалтыг 90.00%-д хүргэх боломжтойг (металлургийн үйлдвэрийн шаардлага хангасан 66%-аас дээш агуулгатай баяжмал) баталсан. Хэдийгээр нунтаглалтын -0.075 мм ангийн агуулгыг 60%-иас дээш хувиар ихэсгэхэд баяжмалын чанар өсөх боловч энэ нь нунтаглалтын зардал болон усны хэрэглээг үлэмж нэмэгдүүлэх, тоног төхөөрөмжийн элэгдлийг хурдасгах эрсдэлтэй тул тоо-чанарын тэнцвэрийг харгалзан нунтаглалтын болон технологийн зохистой горимыг -0.075 мм-ийн ангийн агуулга 60% байх нь оновчтойг тогтоов.

Уг хүдрийн хувьд нойтон соронзон баяжуулалтын арга нь зөвхөн төмрийн агуулгыг өсгөхөд өндөр үр дүнтэй бөгөөд харин хүхрийн хольцыг стандартын хэмжээнд хүртэл бууруулж, ялгах үндсэн арга болж чадахгүй нь туршилтаар тогтоогдсон болно. Иймд хүхрийн агуулгыг бууруулахын тулд соронзон баяжуулалтын дараа флотацийн (хөөсөн баяжуулалт) аргыг хослуулан хэрэглэх, эсвэл дараагийн шатны металлургийн боловсруулалтад анхаарах шаардлагатайг харуулж байна.

Талархал

Хамтран ажилласан “Металл коппер” ХХК-ийн гүйцэтгэх захирал Л. Манлайбаярт болон “Монгол тайж металл” ХХК үйлдвэрийн болон “Пийс стийл групп” ХХК үйлдвэрийн гүйцэтгэх захирал Хү Бин Бин талархал илэрхийлье.

Ном зүй

- Ашигт малтмал, газрын тосны газар. (2019). *Монгол улсын ашигт малтмалын баялаг, ордын нөөцийн ангиллыг тухайн төрлийн ашигт малтмалд хэрэглэх аргачилсан зөвлөмж (Төмрийн хүдэр)*. Улаанбаатар.
- Пелевин, А. Е. (2015). *Магнитные и электрические методы обогащения* (3-е изд.). Изд-во УГГУ.
- Ринчинбаатар, Г., & Дуламсүрэн, С. (2010). *Ашигт малтмалын баяжуулалтын технологи*. ШУТИС-ийн хэвлэл.
- УУХҮЯ-ны хяналт-шинжилгээ, үнэлгээ, дотоод аудитын газар. (2019). *УУХҮЯ 2018 оны жилийн эцсийн тайлан*. Улаанбаатар.
- Baidu Baike. (n.d.). *Tiě kuàng shí* [Iron ore]. Retrieved April 30, 2026, from <https://baike.baidu.com>
- Bloomberg TV Mongolia. (2018, May 15). *Дэлхийн зах зээл дээрх зэсийн ханиш болон уул уурхайн салбарын мэдээлэл* [Facebook post]. Facebook. <https://facebook.com>
- Boggs, S. (2006). *Principles of sedimentology and stratigraphy* (4th ed.). Pearson Prentice Hall.
- Contractor: Polaris Engineering Consulting LLC, & Client: Bold Tumor Eroo Gol LLC. (2019). *Feasibility study for an iron ore wet magnetic separation plant located in Altanshiree soum, Dornogovi province*.
- Dejidmaa, G., Bujinlkham, B., Eviihuu, A., Enkhtuya, B., Ganbaatar, T., Munkh-Erdene, N., & Oyuntuya, N. (1996). *Distribution map of deposits and occurrences in Mongolia (scale 1:1,000,000)* (Open-file report No. 280). Geologic Information Center, Mineral Resources Authority of Mongolia.
- Harraz, H. (2023). *Essentials of iron ore deposits* [Lecture notes]. Faculty of Science, Tanta University.
- Mining Insight Magazine. (2023, August 16). *Төмрийн хүдрийн 98 хувийг ган үйлдвэрлэхэд ашиглагддаг* [Facebook post]. Facebook. <https://facebook.com>

- Mining Insight Magazine. (2024, August 23). "Болд төмөр Ерөө гол" ХХК өнгөрсөн хугацаанд 47 сая тонн баяжуулсан төмрийн хүдэр экспортолжээ [Facebook post]. Facebook. <https://facebook.com>
- SteelRadar. (2026, March 23). *Global iron ore exports reached 1.76 billion tons in 2025, increasing by 2.6%*. <https://steelradar.com>
- U.S. Geological Survey. (2025). *Mineral commodity summaries 2025: Iron ore*. <https://www.usgs.gov>
- Wills, B. A., & Finch, J. A. (2015). *Wills' mineral processing technology: An introduction to the practical aspects of ore treatment and mineral recovery* (8th ed.). Butterworth-Heinemann.
- World Steel Association. (2024). *World steel in figures 2024*. <https://worldsteel.org/wp-content/uploads/World-Steel-in-Figures-2024.pdf>
- Zogii.mn. (2024, December 5). *Монгол Улсын гангийн импортын хэмжээ 2025 оны эцсийн байдлаар 1 сая тоннд хүрлээ*. <https://zogii.mn>

Enrichment for low grade magnetite iron ore from the bayangol deposit in mongolia: comparison of dry and wet magnetic methods

Narantsogt.N^a, Battulga.T^b

^aDepartment of Chemistry, SMNS, MNUE

^bChemical Engineer of Bayangol mine in "Bold Temur Yeruu Gol" LLC;

Corresponding author: Narantsogt@msue.edu.mn

 <https://orcid.org/0000-0002-1040-1276>

Abstract

The research work investigated the chemical composition, structure, and mineral distribution of iron ore with weak magnetic properties, difficulty in enrichment, and high sulfur content, which is a toxic impurity, and medium and low (poor) content, and then performed technological tests in laboratory conditions after enrichment using a combination of dry and wet magnetic methods. The ore used in the study was of skarn origin, and it was determined that the total sulfur content was more than 1% due to the high association of sulfide minerals during the formation stage. The ore structure is small, irregularly distributed, and stratified, so it cannot be used directly for steel production and is a raw material that requires additional processing.

In the experiment, the ore was pre-enriched by a dry method with a particle size of -10 mm, a frequency of 50 Hz, and a magnetic separator with a power of 1000 Gauss. The metal recovery reached 75% and the iron content was 44-49%. This concentrate did not meet the planned quality requirement of 52%, so it was not possible to directly export the product and further processing was required. As a result, wet magnetic enrichment tests were conducted on the dry concentrate at 4 different grinding degrees: 22%, 60%, 90%, and 99% in the -0.075 mm class, with a force of 1200 Gauss and a flow rate of 35 l/h.

The technological tests confirmed that the iron content could be increased to 69.00%, the metal recovery to 90.00%, and the high-quality concentrate (with a content of more than 66%) that meets the requirements of the metallurgical industry can be obtained. Considering economic factors such as grinding costs, water consumption, and equipment wear, and the balance between quantity and quality, the optimal grinding mode was optimized to have a content of 60% in the -0.075 mm class. The study revealed that the wet magnetic enrichment method is only highly effective in increasing the iron content and is limited in separating sulfur impurities to standard levels, which provides a technological basis for the comprehensive and efficient processing of the ore of the deposit in the future.

Keywords: Weakly magnetic ore, Dry Magnetic Separator and Wet Magnetic Separator

Хаягдал хөнгөнцагааныг ангилан ялгаж, түүнийг дахин боловсруулах технологийн процесс

Н.Наранцогт^а, Д.Уранзаяа^б^а МУБИС-ийн Математик, Байгалийн ухааны сургууль, Химийн тэнхим;^б “Болд төмөр Ерөө гол” ХХК-ийн “Баянгол” уурхайн химич

Холбоо барих зохиогч: Narantsogt@msue.edu.mn

 <https://orcid.org/0000-0002-1040-1276>

Хүлээн авсан: 2026.04.10

Засварласан: 2026.05.11

Хэвлэлтэд авсан: 2026.05.25

Хураангуй

Дэлхий дахинд хаягдал хөнгөнцагаан, түүний хайлшийн хэмжээ тасралтгүй нэмэгдэж байгаатай холбоотойгоор түүнийг эдийн засгийн үр ашигтайгаар дахин боловсруулах хэрэгцээ өссөөр байна. Монгол Улсын хувьд энэ чиглэлийн технологийн судалгаа харьцангуй хязгаарлагдмал байгаагаас үйлдвэрлэлийн явцад исэлдэлтийн алдагдал их гарч, металлын гарц буурах, бүтээгдэхүүний цэвэршилт хангалтгүй байх зэрэг асуудлууд тулгарч байна. Иймд үйлдвэрлэлийн технологийг боловсронгуй болгож, бүтээгдэхүүний чанар болон металлын гарцыг нэмэгдүүлэх шаардлагатай байна.

Үйлдвэрлэлийн дамжлага бүрийн хайлшны найрлага, бүтэц, металлын гарцыг нэг үйлдвэрийн өгөгдөл дээр тулгуурласан, цөөн дээж ашиглан судалсан бөгөөд лабораторийн нөхцөлд сайжруулах боломжийг шинжлэн температур, хугацаа болон флюсийн параметруудийг тогтоож, металлын гарц болон бүтээгдэхүүний химийн найрлагад үзүүлэх нөлөөг XRF, ICP-OES болон оптик микроскопын аргуудаар харьцуулан үнэллээ.

Судалгааны үр дүнд үйлдвэрийн нөхцөлд металлын гарц буурах гол шалтгаан нь нэгдүгээр шатлалын хайлалтын явцад үүсэх исэлдэлт болон түүхий эдийн бохирдолтой шууд холбоотой болохыг тогтоов. Хоёрдугаар шатлалын процесс (үнс шаар дахин боловсруулалт) нь нэгдүгээр шатнаас үүссэн хаягдлыг дахин ашиглаж, нийт гарцыг нэмэгдүүлэх зорилготой юм. Лабораторийн туршилтаар нэгдүгээр шатлалын исэлдэлтийн алдагдлыг бууруулахын тулд флюсийн ($\text{NaCl} : \text{KCl} + \text{Na}_3\text{AlF}_6$) орцыг оновчтой тодорхойлж, температурыг нарийн тохируулах нь металлын гарцыг нэмэгдүүлэх үндсэн нөхцөл болохыг туршилтаар баталсан бөгөөд Хөнгөнцагаан утас 97.20%, хөнгөнцагаан сэнс 96.90%, авто машины эл анги (поршень) –96.81% гарцыг нэмэгдүүлэх, бүтээгдэхүүний химийн найрлагыг тогтворжуулах үндсэн нөхцөл болохыг туршилтаар баталла.

Энэхүү судалгаа нь үйлдвэрлэлийн бодит нөхцөлд тулгарч буй технологийн асуудлуудыг тодорхойлж, лабораторийн туршилтаар баталгаажсан оновчтой параметруудийг санал болгосноороо хаягдал хөнгөнцагаан дахин боловсруулах технологийн үр ашгийг дээшлүүлэх практик ач холбогдолтой юм.

Түлхүүр үг

Хаягдал хөнгөнцагаан бүтээгдэхүүн, металлын гарц, исэлдэлтийн алдагдал, флюс

Удиртгал

Хөнгөнцагаан (Al) болон түүний хайлшууд нь нягт багатай, бат бөх чанар өндөртэй, агаар мандал болон чийглэг орчинд эвэрлэлтэд тэсвэртэй, дулаан ба цахилгаан дамжуулах чадвар сайтай зэрэг физик–механикийн шинж чанартай тул орчин үеийн аж үйлдвэр, барилгын бүтэц, тээврийн хэрэгсэл, сав баглаа боодлын салбарт өргөн хэрэглэгддэг (ASM International, 1993; Hatch, 1984; Polmear, 2006). Ялангуяа тээврийн хэрэгслийн жинг бууруулах, түлшний үр ашгийг нэмэгдүүлэх зорилгоор автомашины эд анги (поршень), цахилгаан дамжуулах утас зэрэг эд ангиудад хөнгөнцагааны

цутгуурын болон хэв гажилтын хайлшийн хэрэглээ дэлхий даяар жилээс жилд өсөн нэмэгдэж байна (Davis, 1999; Gesing, 2004).

Үйлдвэржилт, хотжилтын эрчимтэй үйл явцтай уялдан хөнгөнцагааны хэрэглээний хэмжээ түүхэн дээд цэгтээ хүрч, үүнийг даган ашиглалтын хугацаа нь дууссан бүтээгдэхүүн болон ундааны лааз зэрэг ахуйн болон үйлдвэрлэлийн гаралтай металл хаягдлын хэмжээ тасралтгүй өсөх хандлагатай болоод байна (Das et al., 2010; Xiao & Reuter, 2002). Хөнгөнцагааныг бокситын хүдрээс анхдагч аргаар (Байерын процесс болон Холл-Эругийн электролиз) гарган авахад асар их хэмжээний эрчим хүч шаардагддаг төдийгүй байгаль орчинд их хэмжээний нүүрстөрөгчийн хий ялгаруулах сорилттой байдаг (United States Environmental Protection Agency, 1994). Нөгөөтэйгүүр, хаягдал металлыг дахин хайлуулах замаар хоёрдогч хөнгөнцагаан үйлдвэрлэх нь анхдагч үйлдвэрлэлтэй харьцуулахад эрчим хүчний хэрэглээг 85–95%-аар бууруулж, агаар мандалд хаях хүлэмжийн хийн ялгарлыг мэдэгдэхүйц багасгах экологийн өндөр үр ашигтай болох нь тогтоогдсон (European Aluminium, 2018; International Aluminium Institute, 2021). Иймээс хаягдал хөнгөнцагааны дахин боловсруулалт нь байгалийн нөөц баялгийг хамгаалах, эргэлтийн эдийн засгийн тогтвортой менежментийг бүрдүүлэх, аж үйлдвэрийн салбарын байгаль орчинд үзүүлэх сөрөг нөлөөллийг бууруулахад чиглэсэн тулгуур чиглэл мөн (Green, 2007; Reuter et al., 2013; Schlesinger, 2013).

Монгол Улсын хувьд хотжилт, дэд бүтцийн хөгжлийг даган жил бүр үүсэж буй хатуу хог хаягдлын хэмжээ нэмэгдэж байгаа боловч түүний ихэнх хувийг ангилалгүйгээр шууд булшилж, дахин боловсруулалтын түвшин харьцангуй доогуур байгаа нь хог хаягдлын менежментийн нэгдсэн тогтолцоо хангалтгүй байгааг илтгэж байна (Монгол Улсын Үндэсний Статистикийн Хороо, 2023). Металл хаягдлын тодорхой хувийг цуглуулан хагас боловсруулсан байдлаар экспортлох, дотоодын зарим жижиг үйлдвэрүүдэд дахин хайлуулж байгаа боловч хаягдал хөнгөнцагааны системийн ангилалт, түүхий эдийн нөөцийн бүртгэл, дахин боловсруулалтын технологийн үр ашигт нөлөөлөх хүчин зүйлсийг шинжлэх ухааны үндэслэлтэй нарийвчлан судалсан судалгаанууд өнөөг хүртэл туйлын хомс байна.

Өнөөгийн байдлаар дотоодын хаягдал хөнгөнцагааны дахин боловсруулалт нь ихэвчлэн жижиг, дунд үйлдвэрүүдийн түвшинд, гар болон хагас механикжсан, хяналтын систем султай хайлуулах зуухнуудад хийгдэж байна. Үүнээс шалтгаалан дараах технологийн болон чанарын ноцтой асуудлууд үүсдэг. Түүхий эдийн ангилалт хангалтгүй, янз бүрийн маркийн хайлштай хаягдлууд (цутгуурын ба хэв гажилтын хайлш) холилдон хайлж, химийн найрлагын тогтворгүй байдлыг үүсгэдэг (Rao, 2006). Исэлдэлт ба металлын алдагдал их. Энэ нь ундааны лааз, нарийн утас зэрэг хувийн гадаргуугийн талбай ихтэй хаягдлыг флюсийн (давсны хольц) оновчтой хамгаалалтгүйгээр эрчимтэй хайлуулахад агаарын найрлага дахь хүчилтөрөгчтэй урвалд орж, өндөр хэмжээний исэлдэлтийн шаарга үүсгэн, металлын гарцыг эрс бууруулдаг (Schlesinger, 2006; Zeng, 2010). Үйлдвэрлэлийн нөхцөлд флюссгүйгээр хайлуулах нь металлын хорогдлыг улам ихэсгэдэг. Үнэт элементүүдийн шаталт нь температур болон хугацааны горим алдагдсанаас үүдэн хайлш доторх ууршигтай, амархан исэлддэг элементүүд, тухайлбал магни (Mg) зэрэг элементүүд их хэмжээгээр шатаж алга болдог бөгөөд энэ нь бүтээгдэхүүний механик шинж чанарыг дордуулдаг (Davis, 1993). Флюсийн оновчгүй хэрэглээ нь хайлуулах явцад хөнгөнцагааны ислийн хальсыг (Al_2O_3) уусгах, металлын дуслуудыг нэгтгэх зорилгоор натрийн хлорид (NaCl), калийн хлорид (KCl) болон криолитын хольц бүхий давсыг хэрэглэдэг боловч тэдгээрийн харьцаа (жишээ нь 70:30 харьцаатай NaCl/KCl), тун хэмжээг буруу тогтоосноос шаардагдах цэвэршилтэд хүрч чадахгүй, харин ч давсны шаарганы хэмжээг ихэсгэдэг сорилттой (Tenorio & Espinosa, 2002; Tsakiridis, 2012). Үүний улмаас гарган авсан хоёрдогч хайлшийн бичил бүтэц жигд бус болох, нүх сүв ба ислийн оруулгууд ихсэх, гадаад үзэмж болон физик шинж чанар нь экспортын болон чанарын шаардлага хангахгүй байх зэрэг дутагдлууд дагуулаад байна (Kaufman & Rooy, 2004; Raghavan, 2000).

Иймд дотоодын үйлдвэрлэлийн бодит өгөгдөлд тулгуурласан лаборатори болон үйлдвэрлэлийн уялдааг хангасан судалгаа хангалтгүй байгаа нь энэхүү судалгааны ажлын гол үндэслэл болно.

Энэхүү судалгаагаар хаягдал хөнгөнцагааны дахин боловсруулалтын технологийг судалж, хайлуулах процессын параметруудийг оновчлох замаар металлын гарц болон бүтээгдэхүүний чанарыг сайжруулах, цаашлаад үйлдвэрлэлд шууд нэвтрүүлэх боломжийг бүрдүүлэхэд чиглэнэ.

Хөнгөнцагаан хаягдлыг дахин боловсруулах технологийг судалж, түүний гарц, цэвэршилтийг сайжруулах боломжийг судлах зорилго тавьсан бөгөөд дараах судалгааг хийхээр зорьсон болно. Үүнд:

1. Хаягдал хөнгөнцагааны дахин боловсруулалтын үйлдвэрийн технологийг судалж, түүхий эд болон бүтээгдэхүүний найрлага, бүтэц, металл гарц, чанарыг үнэлэх.
2. Үйлдвэрийн боловсруулах технологид үндэслэн бүтээгдэхүүний чанар, металл гарцыг нэмэгдүүлэх боломжийг лабораторийн нөхцөлд судалж, оновчтой параметруудийг тогтоох.
3. Үйлдвэрлэлийн болон лабораторийн судалгааны үр дүнг харьцуулан дүгнэж, дахин боловсруулалтын технологийн үр ашгийг дээшлүүлэх зөвлөмж боловсруулах.

Энэхүү судалгаанд Монгол Улсын нөхцөлд хаягдал хөнгөнцагааны дахин боловсруулалтыг үйлдвэрийн бодит өгөгдөл болон лабораторийн туршилтыг хослуулан гүйцэтгэсэн. Хайлуулах процессын температур, хугацаа болон флюсийн агууламжийн нөлөөллийг тодорхойлж, гарган авсан хайлшийн химийн найрлага ба микробүтцийг шинжилсэн. Үр дүнгээс үзэхэд технологийн параметруудийг оновчлох нь металлын гарцыг нэмэгдүүлэх боломжтой бөгөөд флюсийн зохистой хэрэглээ нь исэлдэлтийн алдагдлыг бууруулж, бүтээгдэхүүний чанарыг сайжруулдаг болох нь тогтоогдсон.

Судалгааны арга зүй

Энэхүү судалгаанд хаягдал хөнгөнцагааны дахин боловсруулалтыг үйлдвэрийн бодит нөхцөл болон лабораторийн туршилтыг хослуулсан аргагүйгээр гүйцэтгэсэн. Үйлдвэрийн шатанд технологийн горим, түүхий эдийн найрлага, хайлуулах нөхцөл болон гарцын өгөгдлийг цуглуулж, үндсэн асуудлуудыг тодорхойлсон. Лабораторийн шатанд температур, хугацаа болон флюсийн найрлагыг өөрчилж туршилт хийснээр хайлшийн чанар, металлын гарц болон микробүтцийн өөрчлөлтийг харьцуулан үнэлсэн. Дээжүүдийн химийн найрлагыг XRF болон ICP-OES аргаар, микробүтцийг оптик микроскопоор шинжилсэн.

Судалгааны аргагүй нь хоёр үндсэн хэсэгтэй:

- Үйлдвэрийн технологийг судалж, найрлага ба гарцыг үнэлэх
- Лабораторийн нөхцөлд технологийн параметрийг оновчлох замаар цэвэршилт ба гарцыг нэмэгдүүлэх боломжийг тодорхойлох.

2.1 Судалгааны материал

☐ Хаягдал хөнгөнцагааны дээж

Судалгаанд хоёрдогч түүхий эд болох хөнгөнцагаан хаягдлыг ашигласан бөгөөд үйлдвэрийн болон лабораторийн эх үүсвэрээс авсан лааз, авто машины эд анги (хроп, поршень, яндан), хөнгөнцагаан утас, сэнсний хаягдлыг хамруулсан. Эдгээр нь химийн найрлага, бүтэц болон бохирдлын түвшнээрээ ялгаатай бөгөөд ялангуяа авто машины эд анги нь Si, Fe өндөртэй хайлшийн төлөөлөл бол лааз, утас нь харьцангуй өндөр цэвэршилттэй Al агуулгатай түүхий эдийг илэрхийлнэ.

☐ Флюсын материал

Судалгаанд лабораторийн нөхцөлд хөнгөнцагаан хаягдлыг хайлуулах үед флюс ашигласан бөгөөд энэ нь исэл, шаар, металл бус хольцыг зайлуулах, хайлмалын урсамттай чанарыг сайжруулах, металлын гарцыг нэмэгдүүлэх зорилготой байв. Үйлдвэрийн нөхцөлд анхан шатны хайлуулалтад флюс

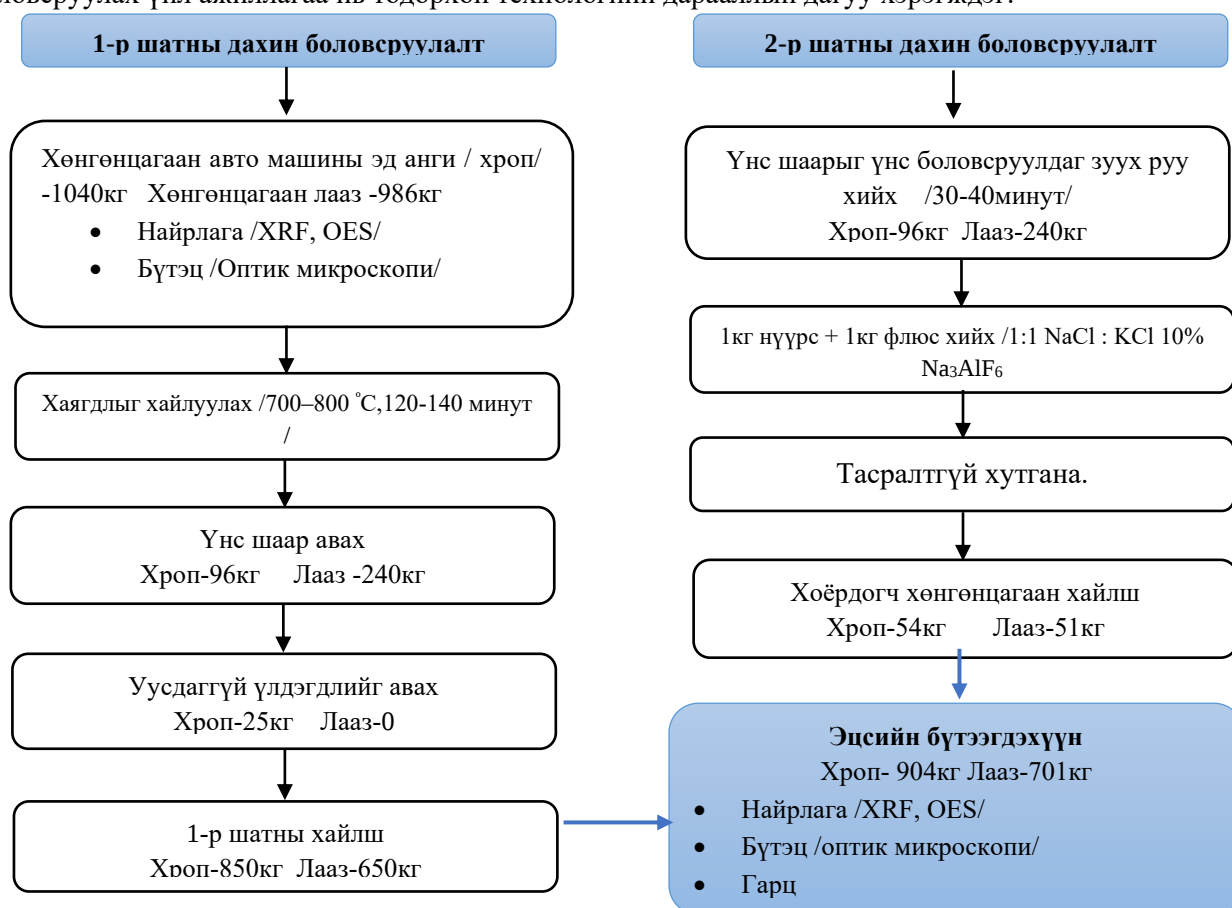
ашиглаагүй бөгөөд үүссэн шаар, үнсийг дараагийн шатанд дахин боловсруулсан. Харин лабораторид яндан, поршень, утас, сэнс зэрэг хаягдлыг флюс нэмэн шууд хайлуулсан. Ашигласан флюс нь $\text{NaCl} : \text{KCl} (1:1)$ болон 10% Na_3AlF_6 найрлагатай бөгөөд 1%, 3%, 5%-ийн тунгаар, 700–800°C температурт 15–35 минутын хугацаанд туршсан.

□ Лабораторийн тоног төхөөрөмж

Судалгааны туршилт, шинжилгээнд дараах үндсэн лабораторийн тоног төхөөрөмжүүдийг ашиглав. Муфель зуух (хайлуулах), керамик тигель (хайлалт явуулах), цахилгаан ба аналитик жин (дээж, флюсын жинлэлт), металл таслагч ба хөрөө (дээж бэлтгэл), зүлгүүр (металлографийн бэлтгэл), оптик микроскоп (микробүтцийн шинжилгээ), XRF болон ICP-OES (химийн найрлага тодорхойлох), хатаах шүүгээ (дээж хатаах), хутгагч (хайлалтын үеийн хутгалт), мөн PE 100×60 хацарт бутлуур (бутлалт) зэрэг багтсан.

2.2 Хаягдал хөнгөнцагаан дахин боловсруулах үйлдвэр

Энэхүү судалгааны объект нь “Металл Коппер” ХХК-ийн хөнгөнцагаан дахин боловсруулах үйлдвэр бөгөөд 2022 онд хөнгөнцагаан, зэс хайлуулах зориулалтаар байгуулагдсан. Тус үйлдвэр нь өдөрт 3 тн хүртэлх хөнгөнцагаан боловсруулах хүчин чадалтай, хийн түлшээр ажилладаг бөгөөд хайлуулах явцад үүсэх хийг цэвэрлэх, шүүх цэвэршүүлэх системтэй. Үйлдвэр нь Улаанбаатар хотын Сонгинохайрхан дүүргийн үйлдвэрийн бүсэд байрладаг. “Металл Коппер” ХХК-ийн хаягдал хөнгөнцагаан дахин боловсруулах үйл ажиллагаа нь тодорхой технологийн дарааллын дагуу хэрэгждэг.



Зураг 1. Хөнгөнцагааны хаягдлыг дахин боловсруулах технологийн бүдүүвч

2.3 Лабораторийн нөхцөлд хайлуулах туршилтын горим

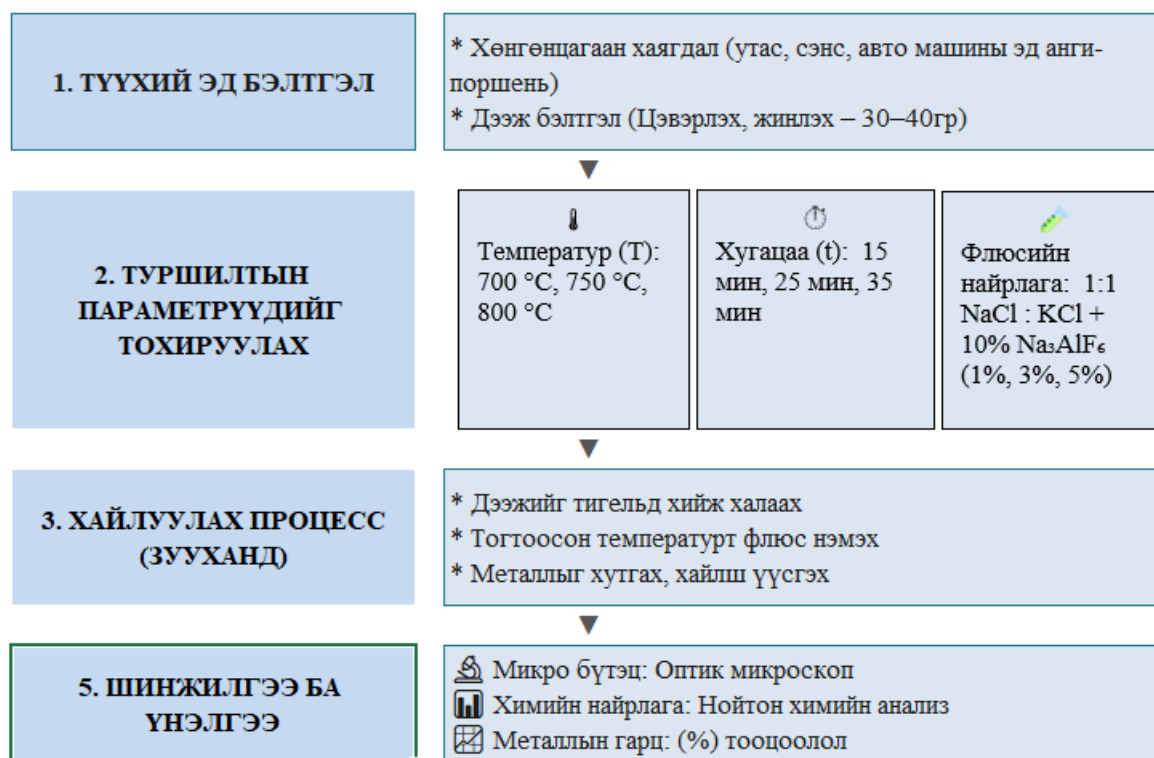
Лабораторийн нөхцөлд хөнгөнцагаан хаягдлыг дахин боловсруулж, металлын гарц болон цэвэршилтийг сайжруулах боломжийг судлах зорилгоор баянгол уурхайн химийн лабораторид

оновчтой параметруудийг тогтоох туршилт хийж гүйцэтгэв.

Хүснэгт 1. Туршилтын хувьсагч хүчин зүйлс ба хянах үзүүлэлтүүд

№	Судлах хүчин зүйл	Туршилтын утгууд (Параметр)	Хянах үзүүлэлт (Үр дүн)
1	Хайлах температур	700 °C, 750 °C, 800 °C	Хөнгөн цагааны агууламж, микро бүтэц
2	Хайлуулах хугацаа	15 мин, 25 мин, 35 мин	Бүтээгдэхүүний гарц, шинж чанарын өөрчлөлт
3	Флюсийн хэмжээ / 1:1 NaCl : KCl + 10% Na ₃ AlF ₆ /	1%, 3%, 5%	Оксид уусгах чадвар, агууламж, микро бүтэц
4	Оновчлол	Дээрх параметруудийн хослол	Хамгийн бага зарцуулалт, хамгийн өндөр гарц

Лабораторийн судалгааны аргазүйг дараах бүдүүвчийн дагуу явуулав.



Зураг 2. Параметруудийг тогтоох туршилтын бүдүүвч

□ Тогтоосон параметрийн дагуу хайлуулах туршилт

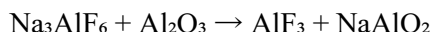
Түүхий эдэд хөнгөнцагаан сэнс, утас болон автомашины эд анги (поршень)-ийг ашиглав. Эдгээр гурван төрлийн хаягдлыг 700 °C температурт, 25 минутын хугацаанд, нийт жингийн 3% флюсийн оролцоотойгоор хайлуулсан.

□ Туршилтанд ашигласан флюсийг сонгосон арга зүй

Хөнгөнцагаан дахин боловсруулах процесст флюс (flux) гэдэг нь хайлалтын явцад металлыг цэвэршүүлэх, исэлдэлтээс хамгаалах, хольцыг ялгах зорилгоор нэмдэг давсны холимог юм. Туршилтанд хэрэглэсэн Флюсын найрлага: (1:1 NaCl:KCl 10% Na₃AlF₆)

1. Хамгаалах флюс NaCl:KCl тухай: NaCl ба KCl давсны хольци нь хөнгөнцагааны хайлах температур (660°C)-аас доогуур хайлах цэгтэй (~ 650–700°C) тул хайлмалын гадаргуу дээр шингэн бүрхүүл үүсгэдэг.
2. Цэвэршүүлэх флюс Na₃AlF₆ (Криолит), CaF₂ (Флюорит): Na₃AlF₆ болон CaF₂ нь фторт нэгдлүүд

бөгөөд хайлмал дотор үүссэн Al_2O_3 исэлтэй химийн урвалд орж задалдаг:



Хүснэгт 2. Флюсийн төрлүүд

Төрөл	1. Хамгаалах флюс	2. Цэвэршүүлэх флюс
Найрлага	NaCl:KCl 50:50, 70:30	Na_3AlF_6 , CaF_2
Үүрэг	Хайлмалыг агаар дахь хүчилтөрөгчтэй урвалд орж исэлдэхээс сэргийлэх.	Металлд наалдсан исэл болон хольцыг салгаж, металлыг "чөлөөлөх"
Химийн урвал	Al_2O_3 үүсэлтийг дарангуйлна	$Na_3AlF_6 + Al_2O_3 \rightarrow AlF_3 + NaAlO_2$
Хэрэглэх үе	Хайлуулах явцад	Хайлуулсны дараа
Үр дүн	Исэл, хаягдал багасна	Цэвэр металл гарц нэмэгдэнэ

Судалгааны үр дүн

3.1 Үйлдвэрийн үйл ажиллагааг үнэлсэн судалгааны үр дүн

“Металл коппер” ХХК хөнгөн цагаан дахин боловсруулах үйлдвэрт дараах эх үүсвэрүүдээс хаягдал цуглардаг. Үүнд:

1. Сав баглаа боодол (лааз)
2. Автомашины эд анги
3. Цахилгаан утас кабель
4. Үйлдвэрийн хаягдал

Дээрх эх үүсвэрүүдээс хамгийн түгээмэл тохиолдох автомашины эд анги (хөнгөнцагаан хроп) болон сав баглаа боодол (хөнгөнцагаан лааз)-ыг сонгон авч судаллаа. Эдгээр хайлшууд нь бүтэц найрлагын хувьд өөр өөр шинж чанартай юм.

Түүхий эдийн найрлагыг XRF-ээр (рентген флуоресценцийн арга) шинжилсэн бөгөөд үр дүнг баталгаажуулах зорилгоор ICP-OES (Индукцын хосолсон плазм оптик ялгарлын спектрометрийн арга) ашиглав. Эдгээр аргаар 40 гаруй элементийн агуулгыг тодорхойлсон бөгөөд үүнээс хайлшны үндсэн элементүүдийн өөрчлөлтийг нарийвчлан судалсан. Бүтцийн шинжилгээг оптик микроскопын аргаар гүйцэтгэв.

3.1.1 Түүхий эдийн шинжилгээний үр дүн

Хөнгөнцагаан ба түүний хайлшийг ашиглах зориулалт, хэрэглээнээс нь хамааруулан найрлагыг дараах үндсэн 7 элементийг агуулгаар гарган авдаг. Эдгээрийн элементийн өөрчлөлт, харьцаа нь хөнгөнцагаан хайлшны бүтэц, шинж чанарыг эрс өөрчилдөг бөгөөд эдгээрийг XRF болон ICP-OES анализаар шинжилсэн, дүнг 3-р хүснэгтээр харуулав.

Хүснэгт 3. Түүхий эдийн химийн шинжилгээний үр дүн

XRF шинжилгээний үр дүн (%):									
№	Хаягдлын нэр	Al	Si	Cu	Fe	Zn	Mg	Mn	Бусад
1	Хөнгөнцагаан хроп	85.01	9.32	2.51	0.94	0.48	0.51	0.45	<0.1
2	Хөнгөнцагаан лааз	94.8	0.42	0.16	0.43	0.15	2.50	0.66	<0.1
OES шинжилгээний үр дүн (%)									
№	Хаягдлын нэр	Al	Si	Cu	Fe	Zn	Mg	Mn	Бусад
1	Хөнгөнцагаан хроп	84.9876	9.1578	2.3648	0.8865	0.3948	0.4895	0.3659	<0.1
2	Хөнгөнцагаан лааз	94.6898	0.3848	0.1578	0.7698	0.1659	2.3569	0.7695	<0.1

1. Хөнгөнцагаан хроп (Al-Si-Cu систем)

Si (9.32%), Cu (2.51%) болон Fe (0.94%)-ийн агууламж нь тус тус цутгуурын шинж чанар, урсамтгай чанар, бат бөх ба хатуулаг чанарыг сайжруулж, мөн хэвэнд наалдахаас сэргийлэх үүрэгтэй.

2. Хөнгөнцагаан лааз (Al-Mg-Mn систем)

Al (94.8%), Mg (2.50%), Mn (0.66%), Si (0.42%) болон Fe (0.43%)-ийн агууламжийн үр дүнгээс үзэхэд уг хайлш нь зэврэлтэд тэсвэртэй, бат бөх, гагнагдах болон уян хатан чанар сайтай хөнгөнцагааны суурьтай материал болох нь харагдаж байна.

3.1.2 Бүтээгдэхүүний чанарын үнэлгээ

Энэхүү шинжилгээний үр дүн нь нэгдүгээр шатны боловсруулалтаас гарсан үнс шаарыг хоёрдугаар шатанд дахин боловсруулж, буцаан нэгдүгээр шатлалын хайлштай хольж гарган авсан эцсийн бүтээгдэхүүний найрлагыг харуулж байна.

Хүснэгт 4. Хөнгөнцагаан хропны химийн найрлагыг тодорхойлсон үр дүн (%)

№	Элемент	Түүхий эдийн химийн найрлага	1-р шатны боловсруулалтаас гарсан бүтээгдэхүүний химийн найрлага	Эцсийн бүтээгдэхүүний химийн найрлага
1	Al	85.01	82.65	83.50
2	Si	9.32	10.85	10.42
3	Cu	2.51	2.75	2.62
4	Fe	0.94	1.25	1.5
5	Zn	0.48	0.15	0.18
6	Mg	0.51	0.49	0.10
7	Mn	0.45	0.65	0.35
8	Бусад	<0.1	<0.1	<0.1

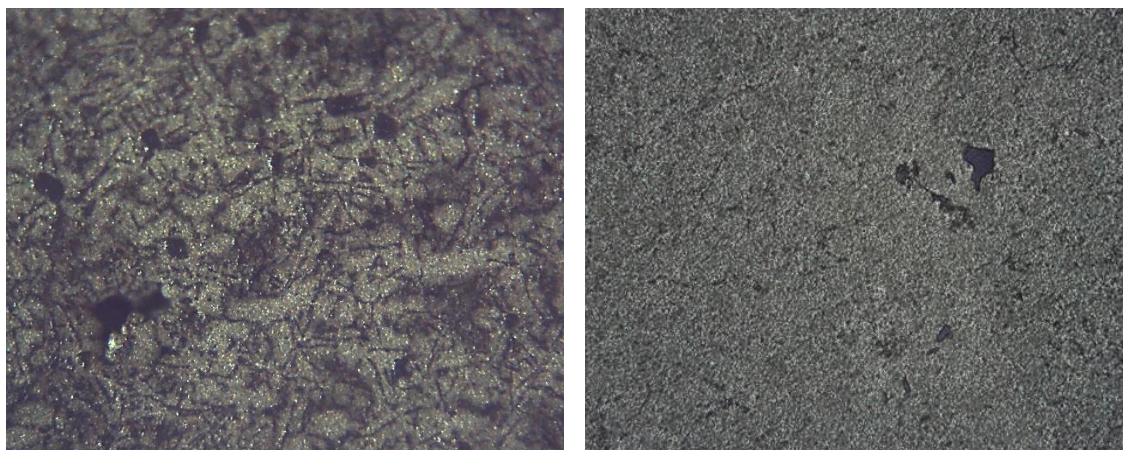
Хөнгөнцагааны агууламж 1.51%-аар буурсан нь флюсгүй хайлах үед Al_2O_3 исэл үүсч шаар болон ялгарсантай холбоотой. Mg нь 0.51%-аас 0.10% хүртэл буурсан нь химийн идэвх өндөртэй тул исэлдсэн. Zn нь 0.48%-аас 0.18% болж буурсан нь хайлах явцад хэсэгчлэн ууршсантай холбоотой. Химийн найрлагын шинжилгээнээс харахад үндсэн элементүүд болох Si, Cu нь ADC12 стандартын шаардлагад нийцэж байгаа боловч, хамгаалалтын флюс ашиглаагүйгээс үүдэж Магни (Mg) стандартын зөвшөөрөгдөх хэмжээ (0.3% – 0.5%)-ээс 0.10% болж, Төмөр (Fe) стандартын зөвшөөрөгдөх дээд хэмжээ (0.6 – 0.9%)-ээс 15.3%-аар хэтэрсэн байна.

Хүснэгт 5. Хөнгөнцагаан лаазны химийн найрлагыг тодорхойлсон үр дүн

№	Элемент	Түүхий эдийн химийн найрлага	1-р шатны боловсруулалтаас гарсан бүтээгдэхүүний химийн найрлага	Эцсийн бүтээгдэхүүний химийн найрлага
1	Al	94.80	91.75	92.35
2	Si	0.42	1.05	0.82
3	Cu	0.16	0.26	0.35
4	Fe	0.43	0.75	0.65
5	Zn	0.15	0.05	0.10
6	Mg	2.50	2.35	0.15
7	Mn	0.66	0.75	0.80
8	Бусад	<0.1	<0.1	<0.1

Хөнгөнцагааны агууламж 94.80%-иас 92.35% болж буурсан нь хайлалтын үед Al_2O_3 исэл үүсч, металлын алдагдал явагдсан. Харин эцсийн бүтээгдэхүүнд Al-ийн хувь өссөн нь Mg зэрэг идэвхтэй элементүүд исэлдэж, ууршин багассантай холбоотой.

3.1.3 Бүтээгдэхүүний бичил бүтцийн шинжилгээ



Зураг 3. Үйлдвэрийн нөхцөлд 700–800°C температурт хайлуулсан хөнгөнцагаан хроп болон хөнгөнцагаан лаазны бичил бүтэц (40×)

Авто машины эд ангийн (хроп) микроструктурт α -Al үндсэн матриц давамгайлж, Si, Fe, Mg агуулсан интерметалл фазууд болон исэлдлийн нөлөөгөөр үүссэн нүх сүвүүд ажиглагдсан нь хайлуулах явцад исэлдэлт, хий шингээлт явагдсаныг харуулж байна. Хөнгөнцагаан лаазны микроструктурт α -Al үндсэн матриц жигд, нарийн ширхэглэгтэй байж, Mn болон Mg агуулсан интерметалл фазууд ажиглагдсан бөгөөд нүх сүв үүссэн нь хайлуулах явцад исэлдэлт болон хийн сүвэрхэгжилт явагдсаныг харуулж байна.

3.1.4 Металлын гарцын үзүүлэлт:

Хүснэгт 6. Металлын гарцын тооцоолсон үр дүн

Түүхий эдийн нэр	Түүхий эдийн жин (кг)	1-р шатны боловсруулалтаар гарган авсан металл (кг)	2-р шатны боловсруулалтаар гарган авсан металл (кг)	Хорогдол (кг)	Гарц (%)
Хөнгөнцагаан хроп	1040	850	54	136	86.9
Хөнгөнцагаан лааз	986	650	51	285	71.1

Үйлдвэрийн нөхцөлд 700–800°C температурт шууд хайлуулсан дээжийн бүтцийн шинжилгээгээр хөнгөнцагааны матриц дотор их хэмжээний бичил оксидууд болон нүх сүвүүд үүссэн нь тогтоогдлоо. Энэ нь хайлалтын явцад металл дахь идэвхтэй элементүүд исэлдэж, материалын цэвэршилтийг бууруулж байгааг илтгэнэ. Иймд флюс ашиглахгүйгээр шууд хайлуулах нь металлын чанар болон гарцыг бууруулах үндсэн шалтгаан болж байна.

3.2 Лабораторийн туршилтын үр дүн

Үйлдвэрлэлийн явцад гарган авч буй бүтээгдэхүүний гарц, цэвэршилтийг нэмэгдүүлэх боломжийг лабораторийн туршилтаар судалсан.

3.2.1 Туршилтын оновчтой параметруудийг тогтоосон үр дүн

Энэхүү судалгаа нь хөнгөнцагаан хаягдлыг хайлуулан цэвэршүүлэх явцад флюсийн концентраци (1:1 NaCl: KCl + 10% Na_3AlF_6), температур болон хугацааны хамаарлыг тодорхойлсон.

Хүснэгт 7. Хөнгөнцагааны агуулгыг тодорхойлсон үр дүн

Туршилт	1% Флюс (700°C) 15 минут			1% Флюс (750°C) 25 минут			1% Флюс (800°C) 35 минут		
1	84.85	85.12	85.39	85.25	85.57	85.75	85.32	85.57	85.82
Дундаж	85.12			85.50			85.57		

Туршилт	3% Флюс (700°C) 15 минут			3% Флюс (750°C) 25 минут			3% Флюс (800°C) 35 минут		
2	85.25	85.50	85.75	88.07	88.32	88.57	88.20	88.70	88.45
Дундаж	85.50			88.32			88.45		
Туршилт	5% Флюс (700°C) 15 минут			5% Флюс (750°C) 25 минут			5% Флюс (800°C) 35 минут		
3	86.04	86.44	86.39	88.38	88.73	88.98	88.33	88.48	88.93
Дундаж	86.29			88.73			88.58		

1. Флюсийн тун ба цэвэршилтийн хамаарал

Флюсийн хэмжээг 1%-аас 3% болон 5% хүртэл нэмэгдүүлэхэд хөнгөнцагааны агуулга 85.12–88.58% хүртэл өссөн байна. Энэ нь NaCl–KCl флюс хайлмал металлыг агаараас тусгаарлан исэлдэлтээс хамгаалж, Na_3AlF_6 (криолит) исэллэг хольцыг шаар болгон ялгаруулснаар хайлшийн цэвэршилт болон металл гарц сайжирсантай холбоотой. Мөн флюсийн хэмжээ ихсэх тусам металл-шлакийн зааг дахь урвал эрчимжиж, хөнгөнцагааны агуулга нэмэгдсэн байна.

2. Температур ба хугацааны нөлөө

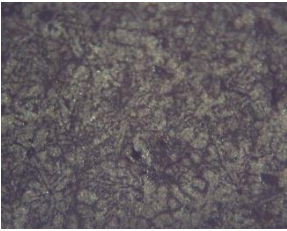
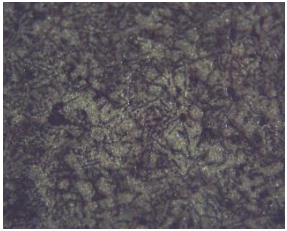
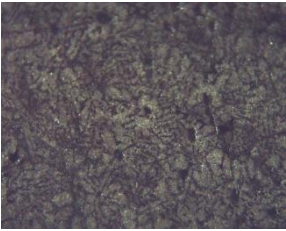
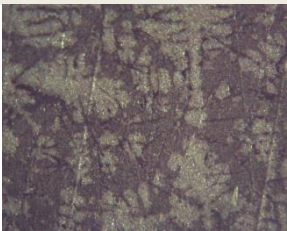
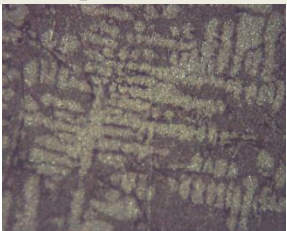
Температур болон хугацаа нь флюсийн үйлчлэлд чухал нөлөө үзүүлсэн бөгөөд 700°C/15 минутын нөхцөлд цэвэршилт хамгийн бага, харин 750°C/25 минутын үед хөнгөнцагааны агуулга 88.32–88.73% хүрч хамгийн оновчтой үр дүн гарсан. Харин 800°C/35 минутын нөхцөлд агуулгын өсөлт бага байсан нь өндөр температурт дахин исэлдэлт болон хий шингээлт явагдсантай холбоотой.

Судалгааны үр дүнгээс үзэхэд хөнгөнцагааныг цэвэршүүлэх хамгийн оновчтой нөхцөл нь 3% флюстэй, 750°C орчимд барьж, 25 минутаас дээш хугацаанд боловсруулалт хийх нь технологийн хувьд хамгийн үр ашигтай байна гэж үзэж байна.

3.2.2 Оптик микроскопын бүтцийн зураг- 40х

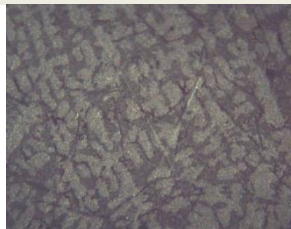
Хайлуулах туршилтын параметруудийг өөрчлөн, хөнгөнцагаан хайлшийн микробүтцийн өөрчлөлтийг оптик микроскопоор харьцуулан судалж, үр дүнг 8-р хүснэгтэд харуулав.

8-р хүснэгт. Хайлуулах параметруудийн өөрчлөлт ба микробүтцийн судалгааны үр дүн

1% Флюс-тэй хайлуулсан үеийн хайлшны бүтцийн зураг -50μm		
15 минут 700°C	25 минут 750°C	35 минут 800°C
		
Микроструктур нь барзгар, дендритийн хэлбэржилт жигд бус байна. Энэ нь хайлмалын урсамттай чанар хангалтгүй байснаас оксид зэрэг хольцууд матриц дотор бөөгнөрөл хэлбэрээр үлдсэн.	Температур нэмэгдсэнээр хайлшны талстжилт илүү нягтарч, микро-нүх сүвүүд багассан шинжтэй байсан.	Температурт хайлмал флюсийн зуурамтгай чанар буурч, металл бус хольцуудыг өөртөө шингээн дээш ялгах процесс хамгийн идэвхтэй явагдсан байна.
3% Флюс-тэй хайлуулсан үеийн хайлшны бүтцийн зураг -50μm		
		

Температур болон хугацаа харьцангуй бага байгаа тул флюсийн хайлмал дахь диффузийн хурд удаан, хольцууд бүрэн ялгарч амжаагүй байна.	25 минут нь флюсийн химийн идэвхт бүрэлдэхүүн хэсгүүд оксидын хальсыг задлах, металл бус хольцуудыг өөртөө шингээж, дендрит бүтэц тодорсон.	Металлыг сайн урсамтгай болгож, хольцууд дээш хөөрч ялгарах процессыг сайжирч, микроструктур нь маш жигд, талстжилтын бүтэц нь нягт болсон.
--	---	---

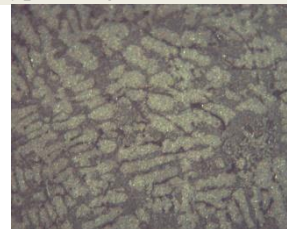
5% Флюс-тэй хайлуулсан үеийн хайлшны бүтцийн зураг -50μm



1% болон 3% флюстэй үеийнхээс илүү цэвэр бүтэц үүссэн. Зураг дээрх дендритүүд жижиг боловч тод харагдаж байгаа нь флюс оксидын хальсыг задлах идэвх сайн байгааг илтгэсэн.



Микроструктур нь маш тод, гэрэлтсэн дендрит бүтэцтэй байгаа нь металл бус хольцууд хамгийн бага түвшинд хүрснийг гэрчилнэ.



Температурыг цаашид өсгөхөд бүтцийн жигд байдал хадгалагдаж байгаа боловч дендритүүд бага зэрэг бүдүүрсэн шинжтэй байсан.

Судалгааны үр дүнгээс харахад 3% болон 5% флюсийн үед хөнгөнцагааны агуулга ойролцоо үзүүлэлттэй байна. Гэвч эдийн засгийн хувьд 5% флюс нь түүхий эдийн зарцуулалтыг нэмэгдүүлдэг тул үйлдвэрлэлийн практикт үр ашиг багатай.

■ Металлын гарцыг тооцоолсон үр дүн

Түүхий эд – авто машины эд анги (яндан)

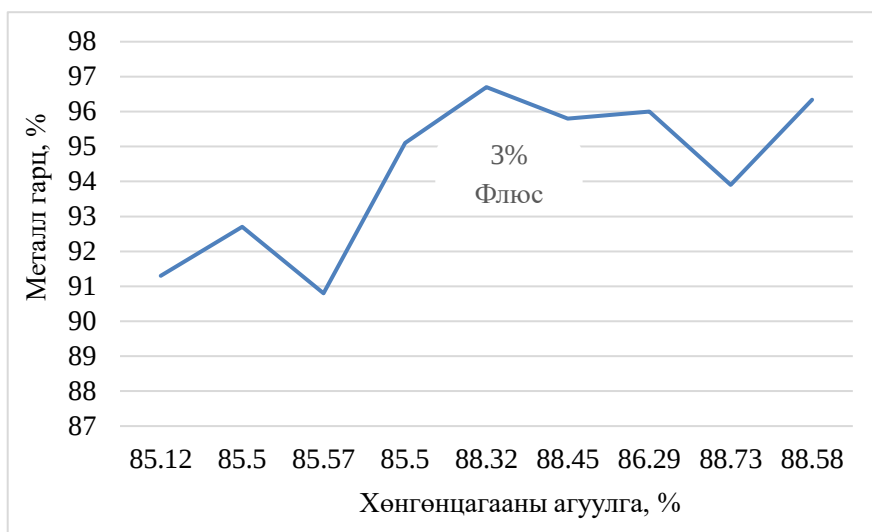
Хүснэгт 9. Металлын гарцыг тооцоолсон үр дүн

№	Хоосон тигелийн жин /г/	Дээжний жин /г/	Флюсын жин /%/	Хугацаа /минут/	Хайлуулсны дараах жин /г/	Гарц /%/
1	51.65460	34.68310	1.0	15	31.65180	91.3
2	51.90170	31.67705	1.0	25	29.37730	92.7
3	51.83090	33.29106	1.0	35	30.24160	90.8
1	51.88690	37.62750	3.0	15	35.77620	95.1
2	52.06020	35.01840	3.0	25	33.85750	96.7
3	52.09210	40.61410	3.0	35	38.89220	95.8
1	51.78050	32.95410	5.0	15	31.65180	96.0
2	51.55940	31.29780	5.0	25	29.37730	93.9
3	51.66970	31.28590	5.0	35	30.14160	96.34

Флюсийн хэмжээнээс металлын гарц шууд хамаарч байсан бөгөөд 1% флюсийн үед гарц хамгийн бага (90.8–92.7%) байсан бол 3% флюсийн үед хамгийн өндөр буюу 95.1–96.7% хүрч, 25 минутын нөхцөлд дээд утга үзүүлсэн. Харин 5% флюсийн үед гарц 93.9–96.34% хооронд байсан ч 3% флюсээс мэдэгдэхүйц давуу үр дүн ажиглагдаагүй.

25 минутын хугацаа нь бүх туршилтын нөхцөлд металлын гарц хамгийн тогтвортой, өндөр утгатай байсан. Харин 15 минутын үед хайлалт ба ялгаралт бүрэн явагдаагүй, 35 минутын үед исэлдэлт нэмэгдсэнээс гарц бага зэрэг буурах хандлагатай байна.

Хөнгөнцагааны агуулгын өөрчлөлтөөс хамаарсан дахин боловсруулалтын металлын гарцын хамаарлыг дараах графикаар илэрхийлэв.



Зураг 4. Хөнгөнцагааны агуулга ба металлын гарцын хамаарал

Судалгааны үр дүнг нэгтгэн үзэхэд 3% флюсийн нөхцөл нь хамгийн оновчтой байна. Энэ үед хөнгөнцагааны цэвэршилт 88.32–88.73% хүрч 5% флюсээс маш бага зөрүүтэй боловч, металлын гарц (ойролцоогоор 95.8%) хамгийн өндөр, тогтвортой байжээ. Иймээс зардал ба технологийн үр ашгийг зэрэг хангах хамгийн тохиромжтой горим нь 3% флюс, 750°C температур, 25 минутын хугацаа болох нь тогтоогдсон.

3.2.3 Оновчтой параметрт хайлуулсан туршилтын үр дүн

750°C температур, 25 минутын хугацаа, 3% флюсийн нөхцөлд хөнгөнцагаан утас, хөнгөнцагаан сэнс, хөнгөнцагаан авто машины эд анги (поршень) хаягдлыг хайлуулсан.

• Химийн найрлагыг тодорхойлсон үр дүн.

Тогтоосон оптималь параметрийн нөхцөлд 3 төрлийн хаягдлын түүхий эд болон бүтээгдэхүүний туршилтын үр дүнг дараах хүснэгтэд үзүүлэв.

Хүснэгт 10. Хөнгөнцагаан утасны шинжилгээний үр дүн (%)

№	Үе шат	Al	Si	Cu	Fe	Zn	Mg	Mn	Бусад
1	Түүхий эд	94.87	1.47	0.97	0.93	0.48	0.21	0.20	<0.1
2	Бүтээгдэхүүн	95.75	1.49	1.32	0.54	0.31	0.09	0.15	<0.1
3	Зөрүү	0.88	0.02	0.35	-0.39	-0.17	-0.12	0.05	<0.1

Шинжилгээний үр дүнгээс харахад хөнгөнцагааны (Al) агуулга 94.87%-иас 95.75% болж нэмэгдэн +0.88%-ийн цэвэршилтийн өсөлт үзүүлсэн байна.

Хүснэгт 11. Хөнгөнцагаан сэнсний шинжилгээний үр дүн (%)

№	Үе шат	Al	Si	Cu	Fe	Zn	Mg	Mn	Бусад
1	Түүхий эд	91.30	6.91	0.24	0.30	0.08	0.98	0.13	<0.1
2	Бүтээгдэхүүн	92.16	6.56	0.16	0.14	0.05	0.41	0.15	<0.1
3	Зөрүү	0.86	-0.35	-0.08	-0.16	-0.03	-0.57	0.02	<0.1

Шинжилгээний үр дүнгээс харахад (Si өндөртэй хайлшид) хөнгөнцагааны (Al) агуулга 91.30%-аас 92.16% болж +0.86%-аар өссөн байна.

Хүснэгт 12. Хөнгөнцагаан поршений шинжилгээний үр дүн (%)

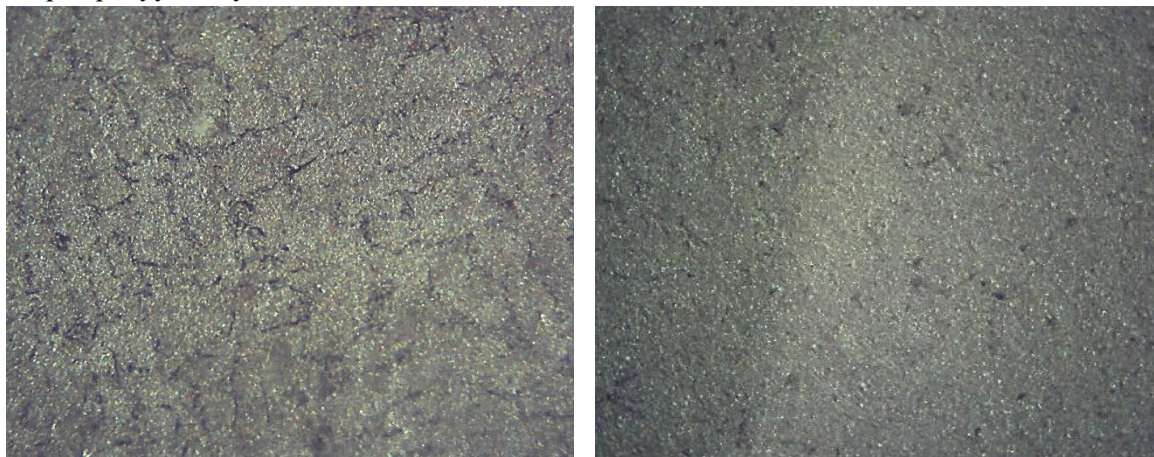
№	Үе шат	Al	Si	Cu	Fe	Zn	Mg	Mn	Бусад
1	Түүхий эд	85.64	10.69	1.72	0.82	0.62	0.33	0.18	<0.1

2	Бүтээгдэхүүн	86.74	10.15	1.61	0.55	0.54	0.20	0.15	<0.1
3	Зөрүү	1.10	-0.54	-0.11	-0.27	-0.08	-0.13	-0.03	<0.1

Шинжилгээний үр дүнгээс харахад хөнгөнцагааны (Al) агуулга 85.64%-иас 86.74% болж +1.10%-иар өссөн бөгөөд хамгийн өндөр цэвэршилтийн сайжрал үзүүлсэн байна.

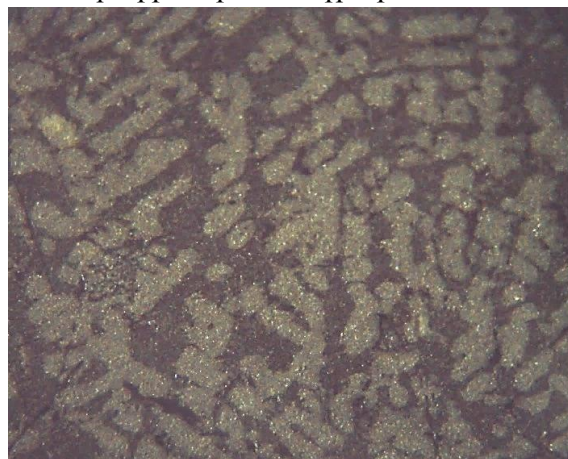
Эцсийн бүтээгдэхүүний бичил бүтцийн өөрчлөлт болон металлын гарцын үзүүлэлт

Гурван төрлийн микроструктурын зургууд нь флюсийн цэвэршүүлэх нөлөөг өөр өөр бүтэцтэй хаягдал дээр харьцуулан судалсан.



Зураг 5. Лабораторийн нөхцөлд хайлуулсан хөнгөнцагаан сэнс болон утасны бүтцийн зураг – 40х

Флюсийн нөлөөгөөр хөнгөнцагаан хайлшийн микроструктур мэдэгдэхүйц сайжирч, флюсгүй дээжид байсан том нүх сүв болон оксидын хольцууд эрс багассан байна. Si өндөр агууламжтай тул матриц дотор эвтектик фазууд зүү хэлбэртэй болон цэгэн тархалттайгаар ажиглагдаж байна. Мөн хөнгөнцагаан утасны дээжид α -Al матриц илүү цэвэр, жигд болж, оксидын хальс болон хий үүсэлтээс шалтгаалсан согогууд багассан нь флюсийн цэвэршүүлэх үйлчлэл үр дүнтэй байсныг харуулж байна.



Зураг 6. Лабораторийн нөхцөлд хайлуулсан хөнгөнцагаан поршений бүтцийн зураг – 40х

Хөнгөнцагаан поршений хаягдлаас гарган авсан дээжид α -Al матрицын тод дендрит бүтэц ажиглагдаж, түүний хооронд Si болон Fe агуулсан фазууд харанхуй толбо хэлбэрээр тархсан байна. Флюсийн нөлөөгөөр исэлдэлт ба хийжилт багасч, бичил нүх сүв үүсээгүй бөгөөд хайлмалын урсамттай чанар сайжирснаар жигд, нягт дендрит бүтэц бүрэлдсэн нь хоёрдогч поршений хайлшийг чанартайгаар дахин боловсруулах боломжтойг харуулж байна.

3.2.4 Металлын гарцын үзүүлэлт

Хаягдал хөнгөнцагааны дахин боловсруулалтын технологийг лабораторийн нөхцөлд судалж, бүтээгдэхүүний чанар, металлын гарцыг авч үзвэл:

Хүснэгт 13. Металлын гарцыг тооцоолсон үр дүн

№	Хаягдлын нэр	Хоосон тигелийн жин /г/	Дээжний жин /г/	Флюсын жин /%/	Хугацаа /минут/	Хайлуулсны дараах жин /г/	Гарц /%/
1	Авто машины эд анги (поршень)	52.65982	42.61489	3.0	25	41.25864	96.81
2	Хөнгөнцагаан утас	52.48596	41.78956	3.0	25	40.65985	97.20
3	Хөнгөнцагаан сэнс	52.23659	39.48596	3.0	25	38.26256	96.90

3% флюсийн нөхцөлд авто машины поршений хаягдлыг хайлуулахад металлын авалт 96.81% хүрч, алдагдал бага байсан нь Al-ийн агуулга 1.10%-иар өссөн үр дүнтэй нийцэж байна. Хөнгөнцагаан утасны дээж хамгийн өндөр буюу 97.20% авалт үзүүлсэн бол сэнсний дээжид исэлдэлт ба шаарын алдагдал буурснаар 96.90% металлын авалт бүртгэгдсэн байна.

Дүгнэлт

Энэхүү судалгааны ажлын хүрээнд хаягдал хөнгөнцагааны дахин боловсруулалтын технологийг үйлдвэрийн болон лабораторийн нөхцөлд судалж, бүтээгдэхүүний чанар, металлын гарцыг сайжруулах боломжийг тодорхойлов. Судалгааг хоёр үе шаттайгаар гүйцэтгэж, дараах үндсэн дүгнэлтүүдэд хүрэв.

1. Үйлдвэрийн нөхцөл дэх технологийн үнэлгээний үр дүн: Үйлдвэрийн нөхцөлд хаягдал хөнгөнцагааны дахин боловсруулалтын технологийг судлахад түүхий эд болон бүтээгдэхүүний химийн найрлага, бүтэц, металлын гарц нь тодорхой хэмжээгээр буурч байгааг тогтоосон. Судалгааны үр дүнд хөнгөнцагаан хропын Al-ийн агууламж 85.01%-аас 83.50% болж металлын гарц 86.90%, хөнгөнцагаан лаазных 94.80%-аас 92.35% болж, металлын гарц нь 71.1% байна. Мөн бүтцийн шинжилгээгээр дахин боловсруулсан бүтээгдэхүүн нь нүх сүвэрхэг, ан цавтай, жигд бус бүтэцтэй байсан нь механик шинж чанарт нөлөөлж байна.
2. Лабораторийн нөхцөлд оновчтой параметр тогтоосон үр дүн: Үйлдвэрийн технологид тулгуурлан лабораторийн туршилтаар хайлуулах температур, хугацаа, флюсийн хэмжээг оновчлох судалгааг хийсэн. Судалгааны үр дүнд 750°C температур, 25 минутын хугацаа, нийт жингийн 3%-ийн флюс (1:1 NaCl:KCl + 10% Na₃AlF₆ нэмэлттэй) ашиглах нөхцөлд хамгийн өндөр үзүүлэлт гарч, хөнгөнцагааны агуулга 88.32%, металлын гарц 96.7%-д хүрсэн. Энэ нь үйлдвэрийн нөхцөлтэй харьцуулахад өссөн үзүүлэлттэй байна.
3. Оновчтой параметрийн нөхцөлд хаягдал хайлуулсан үр дүн: Туршилтын үр дүнгээр оновчтой горимд боловсруулсан хаягдлууд дахь хөнгөнцагааны (Al) агуулга мэдэгдэхүйц нэмэгддэг болох нь тогтоогдлоо. Тухайлбал, хөнгөнцагаан сэнсний агуулга 91.30%-аас 92.16%, утасных 94.87%-аас 95.75% болж тус тус өссөн бол, поршений хаягдлын агуулга 85.64%-аас 86.74% хүрч, хамгийн өндөр буюу 1.10%-ийн цэвэршилтийн үр дүнг үзүүлсэн.

Иймд лабораторийн нөхцөлд тогтоосон оновчтой параметруудад тулгуурлан, флюсийн хэрэглээг нэвтрүүлэх нь үйлдвэрийн нөхцөлд хаягдал хөнгөнцагааны дахин боловсруулалтын үед металлын гарц болон бүтээгдэхүүний чанарыг мэдэгдэхүйц нэмэгдүүлэх боломжтой нь туршилтаар нотлогдов.

Хөнгөнцагаан хаягдал дахин боловсруулах процессын үр ашгийг дээшлүүлэх технологийн зөвлөмж

Судалгааны үр дүнд хийсэн анализ болон лабораторийн туршилтын өгөгдөлд тулгуурлан үйлдвэрлэлийн металлын гарцыг нэмэгдүүлэх, бүтээгдэхүүний чанарыг тогтворжуулах зорилгоор дараах зөвлөмжүүдийг дэвшүүлж байна.

- Хөнгөнцагааны хайлш бүрэн хайлж, дууссаны дараа температурыг 750°C -г тогтвортой барих нөхцөлийг бүрдүүлэх шаардлагатай.
- Нийт түүхий эдийн жингийн 3%-д нь флюсийг ($1:1 \text{ NaCl} : \text{KCl} + 10\% \text{ Na}_3\text{AlF}_6$) дараах 3 үе шатаар хуваарилан нэмэхийг зөвлөж байна.

Үе шат	Нийт флюс	Гүйцэтгэх үүрэг
I. Эхлэл үе	20%	Шингэрч эхэлж буй металлыг исэлдэлтээс хамгаалах анхны бүрхүүл үүсгэнэ.
II. Дунд үе	50%	Хайлш 50–70% орчим хайлсан үед нэмнэ. Түүхий эдийн оксидын давхаргыг задалж, металлын дуслуудын нэгдэлтийг хурдасгана.
III. Төгсгөл үе	30%	Бүрэн хайлалт явагдсаны дараа, шаар ялгахаас өмнө нэмнэ. Шаар дахь металлын агуулгыг бууруулж, хуурай шаар ялгах боломжийг олгоно.

- Хайлуулах хугацааг зуухны багтаамжтай уялдуулан тогтоох. Металлыг зууханд хэт удаан барих нь эрчим хүчний зардлыг нэмэгдүүлээд зогсохгүй, хайлш дахь магни (Mg) зэрэг дэгдэмхий элементүүдийн алдагдлыг ихэсгэж, химийн найрлагын тэнцвэрт байдлыг алдагдуулдаг.
- Металлын гарцыг нэмэгдүүлэх, шаарны хэмжээг бууруулахын тулд хайлуулахын өмнөх шатанд дараах бэлтгэл ажлыг чанаржуулах шаардлагатай. Механик хольц (төмөр, хуванцар) болон гадаргуугийн бохирдлоос (тос, будаг) бүрэн цэвэрлэх.
- Үйлдвэрлэлийн процессын үндсэн параметрийн (температур, хугацаа, флюсийн зарцуулалт) тогтвортой байдлыг хангах хяналтын карт хөтлөх

Талархал

Мөн хамтран ажилласан “Металл коппер” ХХК-ийн гүйцэтгэх захирал Л. Манлайбаярт болон “Монгол тайж металл” ХХК үйлдвэрийн болон “Пийс стийл групп” ХХК үйлдвэрийн захирал Бин Бин талархал илэрхийлье.

Ном зүй

- ASM International. (1993). *Aluminum and aluminum alloys*. ASM International.
- Callister, W. D., & Rethwisch, D. G. (2018). *Materials science and engineering: An introduction* (10th ed.). Wiley.
- Callister, W. D., & Rethwisch, D. G. (2020). *Materials science and engineering: An introduction* (11th ed.). Wiley.
- China Intellectual Property Administration. (2024). *Analytical method for determining aluminum content* (China Patent No. CN118624813A).
- Das, S. K., Green, J. A., & Kaufman, J. G. (2010). The current status of aluminum recycling: Historical context and future prospects. *JOM*, 62(2), 81–83.
- Davis, J. R. (1993). *Aluminum and aluminum alloys*. ASM International.
- Davis, J. R. (1999). *Corrosion of aluminum and aluminum alloys*. ASM International.
- European Aluminium. (2018). *Aluminium recycling in Europe: Strategic report*. European Aluminium.

- Gesing, A. J. (2004). Assuring the continued recyclability of automotive aluminum alloys. *JOM*, 56(8), 18–27.
- Grandfield, J. F., & Pratt, P. N. (2013). *Aluminium cast house technology*. Wiley.
- Green, J. A. (2007). *Aluminum recycling*. CRC Press.
- Hatch, J. E. (1984). *Aluminum: Properties and physical metallurgy*. American Society for Metals.
- International Aluminium Institute. (2021). *Aluminium sector greenhouse gas pathways to 2050*. International Aluminium Institute.
- Kaufman, J. G., & Rooy, E. L. (2004). *Aluminum alloy castings: Properties, processes, and applications*. ASM International.
- Mongolia National Statistics Office. (2023). *Монгол Улсын Үндэсний Статистикийн Хороо*. Үндэсний Статистикийн Хороо.
- Polmear, I. J. (2006). *Light alloys: From traditional alloys to nanocrystals* (4th ed.). Butterworth-Heinemann.
- Raghavan, V. (2000). *Aluminium alloys: Structure and properties*. Prentice Hall of India.
- Rao, D. S. (2006). *Recycling: Fundamentals, processes and applications*. Elsevier.
- Reuter, M. A., Hudson, C., van Schaik, A., Heiskanen, K., Meskers, C., & Hagelüken, C. (2013). *Metal recycling: Opportunities, limits, infrastructure*. United Nations Environment Programme.
- Schlesinger, M. E. (2006). *Aluminum recycling*. CRC Press.
- Schlesinger, M. E. (2013). *Aluminum recycling* (2nd ed.). CRC Press.
- Smith, W. F., & Hashemi, J. (2011). *Foundations of materials science and engineering* (5th ed.). McGraw-Hill Education.
- Starink, M. J. (2004). Analysis of aluminium alloys by differential scanning calorimetry. *Thermochimica Acta*, 413(1–2), 139–155.
- Tenorio, J. A. S., & Espinosa, D. C. R. (2002). Effect of salt mixture on aluminum recycling process. *Journal of Materials Processing Technology*, 120(1–3), 227–232.
- Totten, G. E., & MacKenzie, D. S. (2003). *Handbook of aluminum: Vol. 1. Physical metallurgy and processes*. Marcel Dekker.
- Tsakiridis, P. E. (2012). Aluminium salt slag characterization and utilization – A review. *Journal of Hazardous Materials*, 217–218, 1–10.
- United States Environmental Protection Agency. (1994). *Secondary aluminum production*. EPA.
- Xiao, Y., & Reuter, M. A. (2002). Recycling of aluminum at the end-of-life. *Resources, Conservation and Recycling*, 35(1–2), 43–57.
- Zeng, X. (2010). *Recovery of aluminum from dross* [Doctoral dissertation, Worcester Polytechnic Institute]. WPI Digital WPI.

A technological processes for classification and recycling of waste aluminum

Narantsogt.N^a, Uranzaya.D^b

^aDepartment of Chemistry, SMNS, MNUE

^bChemist of Bayangol mine in “Bold Temur Yeruu Gol” LLC
Corresponding author: Narantsogt@msue.edu.mn

 <https://orcid.org/0000-0002-1040-1276>

Abstract

Due to the continuous increase in the amount of scrap aluminum and its alloys worldwide, the need for its economic recycling is increasing. In Mongolia, technological research in this area is relatively limited, which leads to problems such as high oxidation losses during production, reduced metal yield, and insufficient product purity. Therefore, it is necessary to improve the production technology and increase product quality and metal yield.

The alloy composition, structure, and metal yield of each production process were studied based on data from one plant and using a small number of samples. The possibilities for improvement were analyzed in laboratory conditions, and the temperature, time, and flux parameters were determined, and their effects on metal yield and product chemical composition were compared and evaluated using XRF, ICP-OES, and optical microscopy methods.

The study results revealed that the main reason for the decrease in metal yield in industrial conditions is directly related to oxidation and raw material contamination during the first-stage smelting process. The second-stage process (ash and slag recycling) aims to reuse the waste generated from the first stage and increase the total yield. Laboratory experiments have confirmed that the optimal determination of the flux (NaCl : KCl + Na_3AlF_6) and the precise adjustment of the temperature are the main conditions for increasing the metal yield in order to reduce the first-stage oxidation loss. The results show that the aluminum wire yield is 97.20%, the aluminum fan yield is 96.90%, and the automobile piston yield is 96.81%, and the chemical composition of the product is stabilized.

This study has practical significance in improving the efficiency of scrap aluminum recycling technology by identifying technological problems encountered in real production conditions and proposing optimal parameters confirmed by laboratory experiments.

Keywords: Waste aluminum products, metal yield, oxidation losses, flux

II ХЭСЭГ

БАЙГАЛИЙН УХААНЫ БОЛОВСРОЛ

Фермагийн зарчимд тулгуурлан гэрлийн ойлт, хугарлын хуулийг судлах нь (Ахлах ангийн сонгон судлах хичээлээр)

О.Алтангоо

МУБИС, МБУС-ийн физикийн тэнхим
Холбоо барих зохиогч: altangoo@msue.edu.mn [http:// orcid.org/ 0009-0000-6995-9138](http://orcid.org/0009-0000-6995-9138)

Хураангуй

Энэхүү судалгаагаар Фермагийн зарчимд тулгуурлан гэрлийн ойлт, хугарлын хуулийг ахлах ангийн сонгон судлах физикийн хичээлээр судлуулах арга зүй боловсруулж, туршин хэрэгжүүлэхийг зорьсон. Судалгаанд ЕБС-ийн 12 дугаар ангийн сонгон судлах физикийн хичээлээр суралцаж буй нийт 46 суралцагчийг хамруулсан. Судалгааны оролцогчдыг туршилтын болон хяналтын бүлэгт хувааж, бүлэг тус бүрт 23 суралцагч хамруулсан. Туршилтын бүлэгт Фермагийн зарчимд тулгуурласан нэгж хичээлийг хэрэгжүүлж, асуудал шийдвэрлэх, загварчлах, туршилт хийх, хэлэлцүүлэг өрнүүлэх үйлүүдийг хэрэгжүүлсэн бол хяналтын бүлэгт уламжлалт тайлбарлан таниулах арга зүйгээр ашигласан. Судалгааны үр дүнгээс харахад туршилтын бүлгийн суралцагчдын эцсийн үнэлгээний дундаж 82.21%, хяналтын бүлгийн дундаж 68.43% байсан. Мөн туршилтын бүлгийн гарааны болон эцсийн үнэлгээний хооронд статистикийн ач холбогдол ($p=0.000$) бүхий ялгаа байна. Судалгааны үр дүн нь Фермагийн зарчимд тулгуурлан суралцагчдад гэрлийн ойлт, хугарлын хуулийг тайлбарлах нь тэдний онолын мэдлэгээ шинэ нөхцөлд хэрэглэх, үзэгдлийн учир шалтгааны хамаарлыг шинжлэх ухааны үндэслэлтэй тайлбарлах чадварыг хөгжүүлэхэд үр дүнтэй болохыг харуулж байна.

Түлхүүр үг

Фермагийн зарчим, гэрлийн ойлт, гэрлийн хугарал, геометр оптик

Удиртгал

Сүүлийн жилүүдэд XXI зууны суралцагчдад шинжлэх ухааны мэдлэгийг хэрэглэх, үзэгдэл, асуудлын мөн чанар, учир шалтгааныг шинжлэх ухаанч үндэслэлтэй тайлбарлах, дүгнэлт хийх чадвар чухал болохыг онцолж байна (OECD, 2023). Энэхүү шаардлагын хүрээнд физикийн хичээл нь зөвхөн томьёо ашиглан бодлого бодох чадвар бус, харин физикийн үзэгдлийн учир шалтгааныг тайлбарлах чадварыг хөгжүүлэхэд чиглэж байна. Тухайлбал, гэрлийн ойлт, хугарлын хууль нь физикийн боловсролын суурь агуулгын нэг бөгөөд гэрлийн тархалтын зүй тогтлыг тайлбарлах үндсэн ойлголтуудыг бүрдүүлдэг. Гэвч ЕБС-ийн физикийн хичээлд эдгээр агуулгыг ихэвчлэн геометр дүрслэл, туршилт, ажиглалт болон математик томьёонд тулгуурлан тайлбарладаг боловч суралцагчид гэрлийн ойлт ба хугарлын үзэгдлийн хоорондын онолын нэгдмэл холбоог бүрэн ойлгоход хүндрэлтэй байдаг талаар физикийн боловсролын олон судалгаанууд тэмдэглэсэн байна (McDermott & Redish, 1999; Meltzer & Thornton, 2012). Энэ нь суралцагчид гэрлийн ойлт, хугарлын хуулийг тус тусад нь цээжлэх хандлагатай байдаг бөгөөд эдгээр үзэгдлийг нэгэн ижил физик зарчмаас үүдэлтэй болохыг ойлгох нь харьцангуй сул байдаг нь концепцийн түвшний ойлголт төлөвшихөд саад болдог хэмээн тэмдэглэжээ.

Харин судлаачид эрдэмтэн Пьер де Ферма (Pierre de Fermat)-гийн дэвшүүлсэн зарчим нь гэрлийн ойлт, хугарлын үзэгдлийг нэгдмэл онолын үндэслэлээр тайлбарлах боломж олгодог бөгөөд энэ нь суралцагчдын логик сэтгэлгээ, онолын уялдаа холбоог ойлгох чадварыг хөгжүүлэх ач холбогдолтой гэж үздэг (Hecht, 2017; Serway & Jewett, 2019).

Сүүлийн жилүүдэд хийгдсэн судалгаанууд Фермагийн зарчимд тулгуурлан гэрлийн ойлт, хугарлын хуулийг судлах нь суралцагчид уг үзэгдлүүдийг онолын үндэслэлээр тайлбарлах замаар илүү гүн гүнзгий ойлголт эзэмших нөхцөлийг бүрдүүлдэг болохыг онцолж байна. Тухайлбал, Otero ба

Arlego (2023) нар ахлах сургуулийн суралцагчдад зориулан гэрлийн ойлт, хугарал, интерференц, дифракцын үзэгдлийг Ферма болон Фейнманы замын интегралын зарчимтай холбон заах арга зүй боловсруулж туршсан байна. Уг судалгааны үр дүнд суралцагчид гэрлийн тархалтын үзэгдлийг салангид бус, харин нэгдмэл онолын хүрээнд тайлбарлах чадвар нь мэдэгдэхүйц сайжирсан болохыг тогтоожээ. Эдгээр судлаачид энэхүү арга зүй нь суралцагчдын шинжлэх ухаанч тайлбар хийх, загварчлах, нотолгоонд суурилан дүгнэлт гаргах чадварыг хөгжүүлэхэд дэмжлэг үзүүлдэг хэмээн дүгнэсэн байна. Түүнчлэн судлаач Galili (2014) гэрлийн тухай ойлголтын түүхэн хөгжил, онолын хувьслын үе шатуудыг сургалттай уялдуулан заах нь суралцагчдын өмнөх төсөөллөөс шинжлэх ухааны зөв ойлголт руу шилжих танин мэдэхүйн өөрчлөлтийг дэмждэг болохыг тэмдэглэсэн байна. Тэрээр гэрлийн ойлт, хугарлын хуулийг зөвхөн туршилтаар батлагдсан үр дүн хэлбэрээр бус, тэдгээрийн үүсэл хөгжил, онолын үндэслэлтэй нь холбон тайлбарлах нь суралцагчдад физикийн үзэгдлийн мөн чанар, зүй тогтлыг гүн гүнзгий ойлгох боломжийг олгодог хэмээн тэмдэглэжээ.

Харин Монгол Улсын ЕБС-ийн 12-р ангийн физикийн сонгон судлах хичээлийн хөтөлбөрийн 12.116-1 чадварт гэрлийн ойлт, хугарлыг Фермагийн зарчимтай холбон тайлбарлах чадварыг эзэмшүүлэхээр тусгасан байдаг. Гэвч энэхүү агуулгыг хэрэгжүүлэх сургалтын арга зүй, үр дүнг судалсан дотоодын эмпирик судалгаа харьцангуй хомс байна. Иймээс Фермагийн зарчимд тулгуурлан гэрлийн ойлт, хугарлын хуулийг судлуулах арга зүй боловсруулж, ахлах ангийн суралцагчдын ойлголт, суралцах үр дүнд үзүүлэх нөлөөг туршин судлах нь онолын болон практик ач холбогдолтой асуудал болж байна.

Судалгааны арга зүй

Энэхүү судалгаа нь Фермагийн зарчимд тулгуурлан гэрлийн ойлт, хугарлын хуулийг судлах арга зүй боловсруулж, түүний үр нөлөөг тодорхойлох зорилготой бөгөөд холимог судалгааны арга зүйд (mixed methods) суурилан хэрэгжүүлсэн. Судалгаанд чанарын болон тоон судалгааны аргыг хослуулан ашигласан бөгөөд судалгааны үйл явцыг хэрэгцээ тодорхойлох, арга зүй боловсруулах, туршин хэрэгжүүлэх, үр дүнг үнэлэх гэсэн үе шаттайгаар зохион байгуулсан. Судалгааны эхний шатанд Фермагийн зарчимд тулгуурлан гэрлийн ойлт, хугарлын хуулийг судлах арга зүй боловсруулж, туршин судалсан. Судалгаанд Улаанбаатар хотын ЕБ-ын 57 дугаар сургуулийн 12 дугаар ангийн физикийн сонгон судлах хичээлийг судалж буй нийт 46 суралцагч хамрагдсан. Судалгааны оролцогчдыг туршилтын болон хяналтын бүлэгт хуваасан бөгөөд бүлэг тус бүр 23 суралцагчаас бүрдсэн. Туршилтын бүлэгт Фермагийн зарчим тулгуурлан гэрлийн ойлт, хугарлын хуулийг судлуулахдаа асуудал шийдвэрлэх, загварчлах, туршилт хийх, үзэгдлийн учир шалтгааныг тайлбарлуулах арга зүйг ашигласан хөтөлбөрийг хэрэгжүүлсэн.

Судалгааны эхний шатанд хоёр бүлгийн сурагчдын өмнөх мэдлэг, ойлголтын түвшнийг тодорхойлох зорилгоор урьдчилсан тест буюу гарааны үнэлгээ авч, бүлгүүдийн түвшинг тодорхойлсон. Үүний дараа туршилтын бүлэгт Фермагийн зарчмыг ашиглан гэрлийн хамгийн бага хугацааны зам, ойлт болон хугарлын хуулийн физик мөн чанарыг тайлбарлах, туршилт хийх, загварчлах, хэлэлцүүлэг өрнүүлэх үйл ажиллагаанд тулгуурласан хичээлийг зохион байгуулж хэрэгжүүлсэн. Харин хяналтын бүлэгт гэрлийн ойлт, хугарлын хуулийг уламжлалт тайлбарлан таниулах арга зүйгээр заасан бөгөөд сургалтын үйл ажиллагаа нь багшийн тайлбар, жишиг бодлого бодох үйл ажиллагаанд түлхүү чиглэсэн болно. Гарааны үнэлгээ болон эцсийн үнэлгээг бид тус бүр 12 даалгаврын хүрээнд авсан. Гарааны үнэлгээ болон эцсийн үнэлгээний даалгаврын найдварын зэргийг тодорхойлсон бөгөөд Кронбахийн альфа коэффициент 0.897 болон 0.862 буюу “өндөр” үзүүлэлттэй байгаа нь үнэлгээний даалгаврын дотоод нийцэл сайн байгааг харуулж байна.

Судалгааны үр дүн

Судалгааны үр дүнгээс харахад судалгаанд хамрагдсан 46 суралцагчдын гарааны үнэлгээнээс гэрлийн ойлт, хугарлын үзэгдлийн талаарх суурь ойлголт дунд түвшинд буй 52.2% байсан боловч ойлголтоо хэрэглээний түвшинд ашиглах чадвар сул байна.

Хүснэгт 1. Сурагчдын гарааны үнэлгээний гүйцэтгэлийн үр дүн

№	Даалгаврын агуулга	Чадвар	Хувь (%)	Дундаж оноо
1	Ойлголтын тодорхойлолт	Суурь ойлголт	52.2	1.6
2	Ойсон цацраг байгуулах	Дүрслэх чадвар	45.7	1.4
3	Тусгалын өнцөг тодорхойлох	Тооцоолох чадвар	39.1	1.2
4	Хавтгай толины ойлт	Ойлтын хууль хэрэглэх	37.0	1.1
5	Хугарсан цацраг сонгох	Хугарлын ойлголт	41.3	1.3
6	Толинд дүрс байгуулах	Байгуулалт хийх чадвар	43.5	1.4
7	Дүрсний шинж тодорхойлох	Дүгнэлт хийх чадвар	39.1	1.2
8	Шилнээс агаар руу хугарах	Учир шалтгаан тайлбарлах	32.6	1.0
9	Хугарлын илтгэгчийн томьёо	Томьёо таних чадвар	60.9	1.8
10	Орчин дахь гэрлийн хурд	Тооцоолол хийх чадвар	37.0	1.1
11	Хугарлын өнцөг олох	Бодолт хийх чадвар	30.4	0.9
12	Ойсон цацрагийн зам зурах	Дүрслэн тайлбарлах чадвар	47.8	1.5

Тухайлбал, “Хугарлын илтгэгчийн томьёо” таних 9-р даалгаварт хамгийн өндөр буюу 60.9%-ийн гүйцэтгэл үзүүлсэн нь суралцагчид томьёог цээжээр мэдэх түвшний ойлголттой байсныг илэрхийлж байна. Харин “Хугарлын өнцөг олох” 11-р даалгаварт зөв хариулсан суралцагчдын хувь 30.4% байсан нь сурагчид онолын мэдлэгээ бодлого бодох, нөхцөл байдалд хэрэглэх чадвар сул байсныг харуулж байна. Мөн “Шилнээс агаар руу хугарах үзэгдлийг тайлбарлах” 8-р даалгаврын гүйцэтгэл 32.6% байсан нь сурагчид гэрлийн хугарлын физик мөн чанар болон цацрагийн тархалтын зүй тогтлыг учир шалтгааны холбоотой тайлбарлахад хүндрэлтэй байсныг илтгэж байна. Дүрс байгуулах болон ойсон цацрагийн зам зурахтай холбоотой 2, 6, 12-р даалгавруудын үр дүн 43–48%-ийн хооронд байгаа нь сурагчдын дүрслэн загварчлах чадвар бүрэн төлөвшөөгүй байгааг харуулж байна. Ялангуяа нормаль шулуун ашиглан ойлт, хугарлын цацраг байгуулах үед өнцгийн хамаарлыг зөв дүрслэхэд алдаа түгээмэл ажиглагдаж байна.

Гарааны үнэлгээний үр дүн нь суралцагчид гэрлийн ойлт ба хугарлын талаар онолын түвшний тодорхой мэдлэгтэй боловч түүнийг физикийн үзэгдлийн мөн чанартай холбон тайлбарлах, математик хамаарлыг хэрэглэх, бодлого бодох болон дүрслэн загварчлах чадвар харьцангуй сул байгааг харуулж байна. Туршилтын дараагийн шатанд сурагчдын мэдлэг, ойлголт, асуудал шийдвэрлэх болон тайлбарлах чадварын өөрчлөлтийг тодорхойлох зорилгоор дараах тест авч, үр дүнг харьцуулсан.

Мөн хичээлийн явц дахь сурагчдын оролцоо, идэвх, ойлголтын ахиц, үзэгдлийг тайлбарлах чадварыг ажиглалт, ярилцлага, асуулгын аргаар чанарын түвшинд судалсан.

Хүснэгт 2. Туршилтын болон хяналтын бүлгийн сурагчдын чадварын гүйцэтгэлийн харьцуулалт

№	Даалгавар	Чадвар	Туршилтын бүлгийн дундаж (%)	Хяналтын бүлгийн дундаж (%)
1	Ойлголтын үзэгдлийг тайлбарлах	Суурь ойлголт, тайлбарлах чадвар	84	70
2	Гэрлийн ойлтын хууль	Ойлтын хууль хэрэглэх	86	72
3	Фермагийн зарчим	Учир шалтгаан тайлбарлах	81	61
4	Хугарлын хууль	Томьёо ашиглан бодлого бодох	82	66
5	Цацрагийн дүрслэх	Загварчлах, дүрслэх чадвар	85	69

6	Хугарлын илтгэгч	Томьёо таних, хэрэглэх	91	79
7	Тооцоолол	Тооцоолон бодох чадвар	79	63
8	Дүрс байгуулах	Геометр байгуулалт	88	71
9	Асуудал шийдвэрлэх	Логик дүгнэлт хийх	78	58
10	Харьцуулалт хийх	Анализ хийх чадвар	82	65
11	Дүгнэлт хийх	Нэгтгэн дүгнэх чадвар	80	61
Нийт дундаж			82.4	68.1

Судалгааны үр харахад туршилтын бүлгийн суралцагчдын дундаж гүйцэтгэл 82.4% байсан бол уламжлалт арга зүйгээр хичээллэсэн хяналтын бүлгийн дундаж 68.1% байна. Энэ нь туршилтын бүлгийн суралцагчдын гүйцэтгэл хяналтын бүлгээс илүү өндөр байсныг харуулж байна.

Даалгавар тус бүрийн үр дүнгээс үзэхэд туршилтын бүлгийн суралцагчдын ойлтын болон хугарлын хуулийг зөв хэрэглэх, цацрагийн замыг дүрслэх, асуудал шийдвэрлэх, логик дүгнэлт хийх чадвараар илүү өндөр үзүүлэлттэй гарсан байна. Ялангуяа Фермагийн зарчимтай холбоотой 3-р даалгаварт туршилтын бүлгийн гүйцэтгэл 81%, хяналтын бүлгийн гүйцэтгэл 61% байсан нь суралцагчид гэрлийн хамгийн бага хугацааны замын зарчмыг илүү гүнзгий ойлгосныг харуулж байна.

Мөн 5 болон 8-р даалгаварт туршилтын бүлгийн суралцагчид гэрлийн цацрагийн зам болон дүрс байгуулах гүйцэтгэл өндөр байгаа нь туршилтын бүлгийн хичээлд загварчлал, дүрслэлийн аргыг түлхүү ашигласантай холбоотой гэж үзэж болно. Харин 9–11-р даалгавруудад туршилтын бүлгийн суралцагчид асуудал шийдвэрлэх, үзэгдлийг харьцуулах, нэгтгэн дүгнэх даалгаврын гүйцэтгэл хяналтын бүлгээс өндөр байна.

Харин эцсийн үнэлгээний үр дүнгээр хяналтын бүлгийн дундаж оноо 68.43 болсон бол туршилтын бүлгийн дундаж 82.21 болж өссөн байна. Энэ нь Фермагийн зарчимд тулгуурлан тайлбарласан арга зүй нь суралцагчдын мэдлэг, ойлголт болон асуудал шийдвэрлэх чадварт илүү өндөр ахиц гаргасныг харуулж байна. Ялангуяа туршилтын бүлгийн сурагчид гэрлийн ойлт, хугарлын үзэгдлийг зөвхөн томьёо цээжлэх түвшинд бус, физик мөн чанар болон учир шалтгааны холбоотой нь ойлгож тайлбарлах чадвар ахисан эерэг үр дүнтэй байна. Мөн судалгааны үр дүнгээс хяналтын болон туршилтын бүлгийн хувьд стандарт хазайлтын үзүүлэлт хяналтын бүлэгт 1.1, туршилтын бүлэгт 1.09 гарсан нь суралцагчдын үнэлгээний тархалт харьцангуй жигд байсныг илэрхийлж байна. Өөрөөр хэлбэл, туршилтын бүлгийн ихэнх сурагчид ижил түвшний ахиц гаргасан болохыг харуулж байна.

Туршилтын бүлгийн суралцагчдын гарааны болон эцсийн үнэлгээний хооронд статистикийн ач холбогдол бүхий ялгаа байгаа эсэхийг тодорхойлох зорилгоор t-тестээр (Paired Samples t-test) шинжилсэн. Шинжилгээний үр дүнгээс харахад суралцагчдын эцсийн үнэлгээ гарааны үнэлгээнээс дунджаар 23.053 оноогоор нэмэгдсэн байна. Түүнчлэн t-тестийн үр дүнд 59.90, $p < .001$ гарсан бөгөөд энэ нь туршилтын өмнөх болон дараах үнэлгээний хооронд статистикийн өндөр ач холбогдол бүхий ялгаа байгааг харуулж байна. Энэхүү судалгааны үр дүнгээс үзэхэд Фермагийн зарчимд тулгуурлан гэрлийн ойлт, хугарлын хуулийг ЕБС-ийн 12 дугаар ангийн сонгон судлах хичээлээр судлуулах нэгж хичээлийн хөтөлбөр боловсруулан туршин хэрэгжүүлснээр суралцагчдын онолын мэдлэгийг уялдаа холбоотойгоор хэрэглэх, гэрлийн үзэгдлийн физик мөн чанар болон учир шалтгааны хамаарлыг тайлбарлах, асуудал шийдвэрлэх чадварыг хөгжүүлэхэд эерэг нөлөөтэй байна.

Дүгнэлт

Судалгааны үр дүнгээс үзэхэд Фермагийн зарчимд тулгуурлан боловсруулсан нэгж хичээлийг хэрэгжүүлснээр туршилт судалгаанд хамрагдсан суралцагчдын гэрлийн ойлт, хугарлын үзэгдлийн талаарх ойлголт, онолын мэдлэгийг шинэ нөхцөлд хэрэглэх, үзэгдлийн физик мөн чанар болон учир шалтгааны хамаарлыг тайлбарлах, асуудал шийдвэрлэх даалгавруудын гүйцэтгэл ахисан эерэг үр дүнтэй байна. Ялангуяа гэрлийн хамгийн бага хугацааны замын зарчмыг ашиглан ойлт, хугарлын хуулийг нэгдмэл онолын үндэслэлтэйгээр тайлбарлах, туршилт хийх, загварчлах, хэлэлцүүлэгт оролцох үйл ажиллагаанд тулгуурласан сургалт нь суралцагчдын шинжлэх ухаанч тайлбар хийх, логик

үндэслэлтэй дүгнэлт гаргах, асуудал шийдвэрлэх чадварыг хөгжүүлэхэд үр дүнтэй болохыг судалгааны үр дүн харуулж байна.

Ном зүй

- Galili, I. (2014). Teaching optics: A historical perspective. *Science & Education*, 23(4), 857–884.
- Hecht, E. (2017). *Optics* (5th ed.). Pearson Education.
- McDermott, L. C., & Redish, E. F. (1999). Resource Letter PER-1: Physics Education Research. *American Journal of Physics*, 67(9), 755–767.
- Meltzer, D. E., & Thornton, R. K. (2012). Resource Letter ALIP-1: Active-Learning Instruction in Physics. *American Journal of Physics*, 80(6), 478–496.
- OECD. (2023). *PISA 2022 Results: Learning During and From Disruption*. Paris: OECD Publishing.
- Otero, M. R., & Arlego, M. F. (2023). Teaching and Learning Optics in High School: From Fermat to Feynman. *Education Sciences*, 13(5), 503.
- Serway, R. A., & Jewett, J. W. (2019). *Physics for Scientists and Engineers* (10th ed.). Boston: Cengage Learning.
- БСШУСЯ. (2019). *Бүрэн дунд боловсролын сургалтын хөтөлбөр*. Улаанбаатар

Studying the Laws of Reflection and Refraction of Light Based on Fermat's Principle (High School Elective Physics Course)

O. Altangoo

^aDepartment of Physics, SMNS, MNUE

Corresponding author: altangoo @msue.edu.mn

 <https://orcid.org/0009-0000-6995-9138>

Abstract

The purpose of this study was to develop and implement an instructional approach for teaching the laws of reflection and refraction of light based on Fermat's Principle and to investigate its effects on students' conceptual understanding and learning outcomes. The study involved 46 twelfth-grade students enrolled in an elective physics course at a secondary school. The participants were divided into an experimental group and a control group, each consisting of 23 students. A learning unit based on Fermat's Principle was implemented in the experimental group, incorporating problem-solving, modeling, experimentation, and classroom discussion as the main instructional strategies. In contrast, the control group received instruction through a traditional teacher-centered approach. The results showed that the mean post-test score of the experimental group was 82.21%, whereas the mean score of the control group was 68.43%. Furthermore, a statistically significant difference was found between the pre-test and post-test scores of the experimental group ($p = .000$). The findings indicate that teaching the laws of reflection and refraction through Fermat's Principle is effective in enhancing students' ability to apply theoretical knowledge in new contexts, explain physical phenomena based on scientific reasoning, and understand the causal relationships underlying optical phenomena. The study suggests that a Fermat's Principle-based instructional approach can contribute to the development of deeper conceptual understanding and scientific problem-solving skills in physics learning.

Keywords: Fermat's Principle, reflection of light, refraction of light, geometrical optics

**Их сургуулийн оюутнуудын математикийн айдас ба өөртөө итгэх итгэлийн
хамаарлыг AMAS ба GSE хэмжүүрээр судалсан нь**
(МУБИС-МБУС-ийн оюутнуудын жишээн дээр)

Д.Болормаа^а, О.Дэлгэрмөрөн^б

^аМУБИС-Математик, байгалийн ухааны сургууль, дэд профессор;

^бМУБИС-Багшийн сургууль, багш, магистр

Холбоо барих зохиогч: Delgermurun@msue.edu.mn

Хүлээн авсан: 2026.04.10

Засварласан: 2026.05.11

Хэвлэлтэд авсан: 2026.05.25

Хураангуй

Энэхүү судалгаа нь их дээд сургуулийн оюутнуудын математикийн айдас ба өөртөө итгэх итгэлийн хамаарлыг AMAS(Abbreviated Math Anxiety Scale) ба GSE(General Self-Efficacy Scale) хэмжүүрүүдийг ашиглан судлах зорилготой юм. Сүүлийн жилүүдэд их дээд сургуулийн оюутнуудын дунд математикийн хичээлтэй холбоотой айдас, түгшүүр нэмэгдэх хандлагатай байгааг олон судалгаа харуулж байна. Математикийн айдас (mathematics anxiety) нь сурагчдын академик амжилт, сурлагын гүйцэтгэлд сөргөөр нөлөөлөхөөс гадна суралцах идэвх, суралцах хандлага болон өөртөө итгэх итгэл (self-efficacy)-д ч нөлөөлдөг сэтгэл зүйн хүчин зүйл гэж үздэг. Иймээс оюутнуудын математикт суралцах үйл явцыг илүү гүнзгий ойлгохын тулд математик айдас болон өөртөө итгэх итгэлийн хамаарлыг судлах шаардлага бий болж байна. Энэхүү судалгаанд МУБИС-МБУС-ийн 1-р курсийн 79 оюутан хамрагдсан. AMAS ба GSE хооронд статистикийн хувьд ач холбогдолтой хамаарал байгаа эсэхийг судаллаа.

Түлхүүр үг

Математикийн айдас, өөртөө итгэх итгэл, AMAS хэмжүүр, GSE хэмжүүр

Удиртгал

Сүүлийн жилүүдэд их, дээд сургуулийн оюутнуудын дунд математикийн хичээлтэй холбоотой айдас, түгшүүр нэмэгдэх хандлагатай байгааг судлаачид тэмдэглэж байна. Математикийн айдас (mathematics anxiety) нь суралцагчдын академик амжилт, гүйцэтгэлд сөргөөр нөлөөлөхөөс гадна суралцах идэвхи, суралцах хандлага болон өөртөө итгэх итгэл (self-efficacy)-д ч нөлөөлдөг сэтгэлзүйн чухал хүчин зүйл гэж үздэг (Ashcraft & Krause, 2007).

Судалгаануудын үр дүнгээс харахад суралцагчдын математикийн гүйцэтгэлд нөлөөлж буй хүчин зүйлс нь зөвхөн танин мэдэхүйн чадвараар хязгаарлагдахгүй бөгөөд математикийн айдас болон өөртөө итгэх итгэл зэрэг сэтгэлзүйн хүчин зүйлстэй нягт холбоотой байдаг (Dowker et al., 2016; Bandura, 1997). Иймээс оюутнуудын математикийн суралцах үйл явцыг илүү гүнзгий ойлгохын тулд математикийн айдас болон өөртөө итгэх итгэлийн харилцан хамаарлыг судлах шаардлага бий болж байна. Олон улсын судалгаанууд математик айдас болон өөртөө итгэх итгэлийн хооронд сөрөг хамаарал байдаг болохыг харуулсан боловч Монголын их дээд сургуулийн оюутнуудын хувьд энэ асуудлыг судалсан судалгаа харьцангуй ховор байна.

Математикийн айдас (mathematics anxiety) нь математиктай холбоотой нөхцөл байдалд, тухайлбал бодлого бодох, хичээлд оролцох, шалгалт өгөх зэрэг үйл ажиллагааны үед илэрдэг айдас, түгшүүр, сэтгэлзүйн таагүй мэдрэмжийн цогц хэлбэрийг илэрхийлдэг сэтгэлзүйн ойлголт юм (Ashcraft, 2002).

Ялангуяа математикийн айдас нь хичээлд оролцох идэвхийг бууруулах, шалгалтын үед танин мэдэхүйн ачааллыг нэмэгдүүлэх, улмаар гүйцэтгэл, өөртөө итгэх итгэлд сөргөөр нөлөөлөх хандлагатай гэж үздэг. Нөгөө талаас, өөртөө итгэх итгэл (self-efficacy) нь суралцах үйл ажиллагаанд “би энэ даалгаврыг хийж чадна” гэсэн дотоод итгэлийн механизм болж, хүндрэлийг даван туулах,

зорилгодоо хүрэх, шантралгүй байх зэрэг олон чухал үр дүнтэй холбоотой.

Тиймээс математик сургалтад зөвхөн агуулга, арга зүй төдийгүй оюутны зөөлөн ур чадварын суурь болох өөртөө итгэх итгэлийг харах нь чухал юм. (Хүснэгт 1)

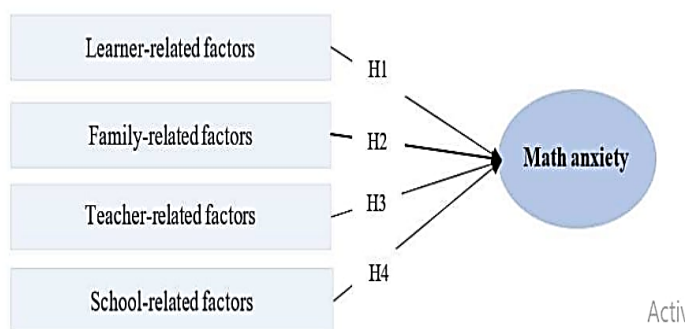
Хүснэгт 1. 21-р зууны зөөлөн ур чадварууд

№	21-р зууны зөөлөн ур чадварууд	Тайлбар
1	Шүүмжлэлт сэтгэлгээ (Critical Thinking)	Асуудлыг олон талаас нь задлан шинжилж, нотолгоонд тулгуурлан дүгнэлт хийх чадвар
2	Бүтээлч сэтгэлгээ (Creativity)	Шинэ санаа, шинэлэг шийдэл боловсруулах чадвар
3	Харилцааны ур чадвар (Communication)	Өөрийн санаа бодлыг ойлгомжтой илэрхийлэх, үр дүнтэй харилцах чадвар
4	Багийн ажиллагаа (Collaboration) Өөртөө итгэх итгэл (Self-efficacy)	Бусадтай хамтран ажиллах, хамтын шийдвэр гаргах чадвар
5	Асуудал шийдвэрлэх чадвар (Problem-solving)	Өөрийн чадварт итгэх, даалгаврыг амжилттай гүйцэтгэж чадна гэсэн дотоод итгэл
6		Шинэ нөхцөл байдалд оновчтой шийдэл олох чадвар

AMAS ба GSE-ийн хамаарлыг олон улсын түвшинд өргөн судалсан боловч эдгээр судалгааны дийлэнх нь барууны болон зарим Азийн орнуудад төвлөрсөн байна. Харин Монголын их сургуулийн орчинд энэхүү хамаарлыг системтэй судалсан судалгаа хязгаарлагдмал байгаа нь уг судалгааны онолын болон практик ач холбогдлыг тодорхойлж байна.

Судлаач З.Алтанчимэг, Д.Амартүвшин, Р.Магсар нарын “A study of factors causing math anxiety among undergraduate students” эрдэм шинжилгээний бүтээлд бичсэнээр математикийн айдаст нөлөөлөх 4 хүчин зүйлсийг авч үзэн судалсан байна. (Зураг 1) Үүнд:

- Сурагчийн зүгээс нөлөөлөх хүчин зүйл
- Гэр бүлийн зүгээс нөлөөлөх хүчин зүйл
- Багшийн зүгээс нөлөөлөх хүчин зүйл
- Сургуулийн зүгээс нөлөөлөх хүчин зүйл



Зураг 1. Математикийн айдаст нөлөөлөх 4 хүчин зүйлс (зургийг International Journal of Innovative Research and Scientific Studies, 2023, p.580 сэтгүүлээс)

Хүснэгт 2. AMAS ба GSE-ийн хамаарал олон улсад судлагдсан байдал

№	Улс	Яаж судалсан бэ?
1	АНУ	Их сургууль, STEM чиглэл Томоохон түүвэр (100–500+ оюутан) Математикийн айдас $\uparrow \rightarrow$ Өөртөө итгэх итгэл $\downarrow$ Дунд зэргийн сөрөг хамаарал ($r \approx -0.35 \sim -0.55$)
2	Герман	Их сургууль Томоохон түүвэр (200 оюутан) Өөртөө итгэх итгэл $\uparrow \rightarrow$ математикийн айдас $\downarrow$ Дунд зэргийн сөрөг хамаарал ($r \approx -0.30 \sim -0.40$)
3	Финлянд	Их сургууль, сургалтын сэтгэлзүй Өөртөө итгэх итгэл $\uparrow \rightarrow$ стресс, айдсыг бууруулна Математикийн айдас $\uparrow \rightarrow$ Өөртөө итгэх итгэл $\downarrow$
4	БНСУ	Ахлах сургууль + их сургууль Шалгалт төвтэй орчин Шалгалтын дарамт $\rightarrow$ математикийн айдас $\uparrow$ Математикийн айдас $\uparrow \rightarrow$ өөртөө итгэх итгэл $\downarrow$
5	БНХАУ	Маш том түүвэр (500–1000+) Математикийн айдас + Өөртөө итгэх итгэл + сурлагын амжилт Математикийн айдас $\uparrow \rightarrow$ өөртөө итгэх итгэл $\downarrow$ Өөртөө итгэх итгэл $\uparrow \rightarrow$ сурлагын амжилт $\uparrow$

AMAS (Abbreviated Math Anxiety Scale) болон GSE (General Self-Efficacy Scale)-ийг ашигласан олон улсын судалгаануудын үр дүнд математикийн айдас ба өөртөө итгэх итгэлийн хооронд статистикийн хувьд ач холбогдолтой сөрөг хамаарал байгааг тогтоосон байдаг. Тухайлбал, АНУ, Герман, Финлянд, Солонгос болон БНХАУ-д хийгдсэн судалгаануудад математикийн айдас өндөр байх тусам өөртөө итгэх итгэлийн түвшин буурах хандлагатай болохыг дунд зэргийн сөрөг корреляциар ($r \approx -0.30 \sim -0.55$) илэрхийлсэн байна. Мөн STEM чиглэлийн оюутнуудын дунд математик айдас нь шалгалтын стресс, суралцах идэвх, академик амжилттай шууд холбоотой болохыг тогтоожээ. Монгол Улсын хувьд математикийн айдаст нөлөөлөх хүчин зүйлсийг судалсан зарим судалгаа хийгдсэн байна. Тухайлбал, З.Алтанчимэг, Д.Амартүвшин, Р.Магсар нарын судалгаанд математикийн айдаст суралцагч, багш, гэр бүл болон сургуулийн орчны хүчин зүйлс нөлөөлж байгааг тогтоосон. Гэсэн хэдий ч Монголын их дээд сургуулийн оюутнуудын дунд AMAS болон GSE хэмжүүрийг хамтад нь ашиглан математикийн айдас ба өөртөө итгэх итгэлийн хоорондын статистик хамаарлыг эмпирик байдлаар судалсан ажил ховор байна. Өөрөөр хэлбэл, олон улсын түвшинд хоёр хувьсагчийн хоорондын сөрөг хамаарал тогтоогдсон боловч Монголын их сургуулийн орчин, ялангуяа багш мэргэжлээр суралцаж буй оюутнуудын хувьд энэхүү хамаарал ижил байдлаар илрэх эсэх нь тодорхойгүй хэвээр байна. Иймээс энэхүү судалгаа нь Монголын нөхцөлд математикийн айдас болон өөртөө итгэх итгэлийн хоорондын хамаарлыг тодорхойлох шаардлагаас үүдэн хийгдэж байна.

Судалгааны асуудал

Олон улсын судалгаануудад математикийн айдас болон өөртөө итгэх итгэлийн хооронд сөрөг хамаарал байгааг тогтоосон хэдий ч Монголын их сургуулийн оюутнуудын дунд, ялангуяа багш мэргэжлээр суралцагчдын хувьд энэхүү хамаарлыг AMAS ба GSE хэмжүүр ашиглан судалсан судалгаа хангалтгүй байна. Үүнээс шалтгаалан Монгол оюутнуудын математикийн айдас болон өөртөө итгэх итгэлийн түвшин ямар байгаа, мөн эдгээр хувьсагчийн хооронд статистикийн хувьд ач холбогдолтой хамаарал оршин байгаа эсэх асуудал тодорхойгүй хэвээр байна. Иймээс энэхүү судалгааны үндсэн асуудал нь МУБИС-ийн оюутнуудын математикийн айдас болон өөртөө итгэх итгэлийн хоорондын хамаарлыг тодорхойлоход оршино.

Судалгааны асуултууд

1. МУБИС-ийн оюутнуудын математикийн айдсын түвшин ямар байна вэ?
2. МУБИС-ийн оюутнуудын өөртөө итгэх итгэлийн түвшин ямар байна вэ?
3. AMAS ба GSE хооронд статистикийн хувьд ач холбогдолтой хамаарал байна уу?

Энэхүү судалгаагаар Монгол улсын их дээд сургуулийн оюутнуудын дунд ялангуяа математик болон байгалийн ухааны багш мэргэжлээр суралцаж буй оюутнуудын математикийн айдас болон өөртөө итгэх итгэлийн хамаарлыг AMAS ба GSE хэмжүүр ашиглан судлахыг зорилоо.

Судалгааны шинэлэг тал

Энэхүү судалгаа нь дараах шинэлэг талуудтай болно.

1. Олон улсын түвшинд өргөн хэрэглэгддэг AMAS болон GSE хэмжүүрүүдийг Монголын их сургуулийн орчинд хамтад нь ашиглан математикийн айдас ба өөртөө итгэх итгэлийн хамаарлыг судалсан судалгааны нэг болж байна.
2. Өмнөх Монгол судалгаанууд ихэвчлэн математикийн айдаст нөлөөлөх хүчин зүйлсийг ерөнхий байдлаар авч үзсэн бол энэхүү судалгаанд математикийн айдас болон өөртөө итгэх итгэлийн хоорондын статистик хамаарлыг психометрийн хэмжүүр ашиглан эмпирик байдлаар тодорхойлсон.
3. Судалгааны үр дүнд Монголын их сургуулийн оюутнуудын дунд математикийн айдас өндөр байх тусам өөртөө итгэх итгэл буурах хандлага илэрч байгаа нь олон улсын судалгааны үр дүнтэй нийцэж байгааг баталсан бөгөөд Монголын боловсролын орчинд энэхүү хамаарал оршин байгааг харуулж байна.
4. Энэхүү үр дүн нь математик сургалтын орчинд зөвхөн танин мэдэхүйн чадвар бус сэтгэлзүйн хүчин зүйлсийг харгалзан үзэх шаардлагатайг харуулж байгаа бөгөөд багш боловсрол, сургалтын арга зүй болон оюутны хөгжлийг дэмжихэд практик ач холбогдолтой юм.

Судалгааны арга зүй

Энэхүү судалгаанд ашигласан AMAS (Abbreviated Math Anxiety Scale) болон GSE (General Self-Efficacy Scale) хэмжүүрүүд нь олон улсад өргөн хэрэглэгддэг, психометрийн өндөр үзүүлэлттэй стандартчилсан хэмжүүрүүд болно. Гэсэн хэдий ч эдгээр хэмжүүрийг Монголын их сургуулийн орчинд ашиглахын тулд хэл соёлын болон утгын тохирцыг хангах шаардлагатай байсан. Иймээс хэмжүүрүүдийг англи хэлнээс Монгол хэл рүү орчуулахдаа translation-back translation аргыг ашигласан. Эхлээд асуумжийг Монгол хэл рүү орчуулж, дараа нь өөр орчуулагчаар буцаан англи хэл рүү хөрвүүлэн эх хувилбартай харьцуулж утгын зөрүү байгаа эсэхийг шалгасан. Монголын их сургуулийн оюутнуудад ойлгомжтой байдлаар хэл найруулгын засвар хийсэн. Судалгаанд ашигласан асуумжийн ойлгомжтой байдал, хэл найруулга болон асуултын утгын нийцтэй байдлыг шалгах зорилгоор урьдчилсан туршилт (pilot test)-ыг 5 оюутны дунд явуулсан. Урьдчилсан туршилтын үр дүнд оролцогчдын ойлгоход хүндрэлтэй байсан зарим үг хэллэг, өгүүлбэрийн бүтцэд засвар хийж, эцсийн хувилбарыг боловсруулсан. Хэмжүүрийн дотоод нийцэл (internal consistency)-ийг Cronbach's alpha коэффициентээр шалгахад AMAS хэмжүүрийн $\alpha = 0.937$, GSE хэмжүүрийн $\alpha = 0.928$ гарсан нь тухайн хэмжүүрүүд өндөр найдвартай болохыг харуулж байна. Судалгааны арга зүйн бүтээлүүдэд Cronbach's $\alpha \geq 0.70$ бол найдвартай, ≥ 0.90 бол маш өндөр найдвартай гэж үздэг. Иймээс энэхүү судалгаанд ашигласан хэмжүүрүүд Монголын их сургуулийн оюутнуудад хэрэглэхэд тохиромжтой гэж үзэв. Судалгаанд

нийт 79 оюутан оролцсон. Өгөгдлийг онлайн асуулгаар цуглуулж, AMAS ба GSE хэмжүүрүүдийг ашиглан хэмжсэн. Энэхүү судалгаанд ашигласан хоёр үндсэн хэмжүүрийг товч тодорхойлъё. AMAS (Abbreviated Math Anxiety Scale) – ийг АНУ-ын эрдэмтэд болох Hopko, D. R., Jayadevan, R., Bare, R., & Hunt, M. нар хамтран боловсруулсан. Энэхүү хэмжүүр нь 9 асуумжтай (Хүснэгт 3). Энэ хэмжүүр нь математиктай холбоотой нөхцөлд үүсэх айдас, түгшүүр, сандрал зэрэг сэтгэлзүйн хариу үйлдлийг хэмжих хэрэгсэл юм. Ихэвчлэн математик сурах явц болон үнэлгээ/шалгалттай холбоотой айдас зэрэг талуудыг хамруулан авч үздэг. GSE (General Self-Efficacy Scale) – ийг Германы эрдэмтэд болох Schwarzer, R., & Jerusalem, M. Нар хамтран боловсруулсан. Энэхүү хэмжүүр нь 10 асуумжтай (Хүснэгт 4). Энэ нь хүн өөрийгөө ерөнхий нөхцөлд асуудлыг даван туулж чадна гэж итгэх ерөнхий итгэлийг хэмжих хэрэгсэл юм. Эдгээр хэмжүүрүүдийн эх хувь нь англи хэл дээр байсан ба судалгааны ажилд ашиглаж болох зөвшөөрөл бүхий нээлттэй эх сурвалжаас авсан болно. Англи хэлнээс Монгол хэл рүү орчуулахдаа орчуулгын баталгаатай байдлыг хангаж ажилласан ба соёлын тохиргоо хийсэн. Хэмжүүрүүдийн найдвартай байдлыг шалгахад AMAS хэмжүүрийн Cronbach's $\alpha = 0.937$, GSE хэмжүүрийн Cronbach's $\alpha = 0.928$ гарсан нь асуумж найдвартай болохыг илтгэж байна. JASP программ ашиглан хамаарлын шинжилгээг хийсэн.

Хүснэгт 3. AMAS хэмжүүрийн 9 асуумж

№	Асуулт	Дэд хэмжээс
1	Математикийн шалгалт өгөхийн өмнө ямар түгшүүр мэдрэгддэг вэ?	Шалгалтын айдас
2	Математикийн шалгалт өгөх үед ямар түгшүүр мэдрэгддэг вэ?	Шалгалтын айдас
3	Математикийн бодлого бие даан бодох үед хэр зэрэг түгшүүр мэдрэгддэг вэ?	Суралцах айдас
4	Математикийн хичээлд сууж байх үед хэр зэрэг түгшүүр мэдрэгддэг вэ?	Суралцах айдас
5	Математикийн шинэ сэдэв сурах үед ямар түгшүүр мэдрэгддэг вэ?	Суралцах айдас
6	Математикийн шалгалтын дүнгээ хүлээх үед ямар мэдрэмж төрдөг вэ?	Шалгалтын айдас
7	Хичээл дээр багш математикийн бодлого тайлбарлах үед хэр зэрэг түгшүүр мэдрэгддэг вэ?	Суралцах айдас
8	Математикийн шалгалтад бэлтгэх үед хэр зэрэг түгшүүр мэдрэгддэг вэ?	Шалгалтын айдас
9	Математикийн хичээлтэй холбоотой ерөнхийдөө хэр зэрэг түгшүүр мэдрэгддэг вэ?	Ерөнхий айдас

Хүснэгт 4. GSE хэмжүүрийн 10 асуумж

№	Асуулт
1	Хэрэв би хангалттай хичээвэл бэрхшээлтэй асуудлыг шийдвэрлэж чадна.
2	Хэн нэгэн саад болсон ч би зорилгодоо хүрэх арга замыг олж чадна.
3	Өмнө тулгарч байгаагүй асуудлыг шийдвэрлэхэд би өөрийгөө хангалттай чадвартай гэж үздэг.
4	Шаардлагатай бол би өөрийн зорилгод хүрэх олон арга замыг олж чадна.
5	Гэнэтийн нөхцөл байдалд ч би асуудлыг үр дүнтэй шийдвэрлэж чадна гэж итгэдэг.
6	Хичээл зүтгэл гаргавал аливаа бэрхшээлийг даван туулж чадна.

- | | |
|----|---|
| 7 | Шинэ нөхцөл байдалд ч би өөрийн чадварт итгэлтэйгээр дасан зохицож чадна. |
| 8 | Асуудал гарсан үед би түүнийг шийдвэрлэх хэд хэдэн боломжит арга замыг олж чадна. |
| 9 | Хүнд нөхцөл байдалд ч би асуудлыг даван туулах чадвартай гэж итгэдэг. |
| 10 | Ерөнхийдөө би тулгарч буй бэрхшээлүүдийг амжилттай даван туулж чадна гэж итгэдэг. |

Судалгааны үр дүн

AMAS болон GSE хэмжүүрүүд нь өндөр дотоод найдвартай байдалтай болох нь батлагдсан (AMAS: $\alpha = 0.94$, GSE: $\alpha = 0.93$). Оюутнуудын математикийн айдас (AMAS) ба ерөнхий өөртөө итгэх итгэл (GSE) хооронд статистикийн ач холбогдолтой дунд зэргийн сөрөг хамаарал илэрсэн ($r = -0.44$, $p < .001$). Өөрөөр хэлбэл, математикийн түгшүүр өндөр байх тусам өөртөө итгэх итгэл буурах хандлагатай байна.

Хүснэгт 5. AMAS хэмжүүрийн дотоод найдвартай байдал (Cronbach's alpha)

Coefficient	Estimate	Std. Error	95% CI	
			Lower	Upper
Coefficient α	0.937			
Тайлбар: 79 оюутны өгөгдөлд хийсэн шинжилгээгээр AMAS Cronbach's alpha 0.94 байсан нь дотоод найдвартай байдал өндөр байгааг илтгэж байна.				

Хүснэгт 6. GSE хэмжүүрийн дотоод найдвартай байдал (Cronbach's alpha)

Coefficient	Estimate	Std. Error	95% CI	
			Lower	Upper
Coefficient α	0.928			
Тайлбар: 79 оюутны өгөгдөлд хийсэн шинжилгээгээр GSE Cronbach's alpha 0.928 байсан нь дотоод найдвартай байдал өндөр байгааг илтгэж байна.				

Хүснэгт 7. Статистик шинжилгээ, тархалт

	AMAS_total	GSE_total
Valid	80	79
Mean	54.48	29.42
Std. Deviation	240.7	6.248
Shapiro-Wilk	0.112	0.957
P-value of Shapiro-Wilk	< .001	.009

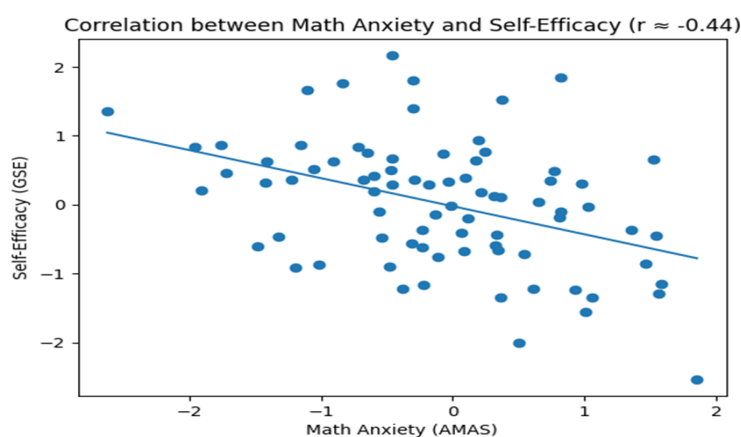
AMAS ($M = 54.48$, $SD = 24.07$) болон GSE ($M = 29.42$, $SD = 6.25$) оноонуудын тархалтыг Shapiro–Wilk тестээр шалгахад хоёуланд нь хэвийн тархалтаас статистикийн хувьд ач холбогдолтой хазайлт илэрсэн ($p < .05$). Гэсэн хэдий ч түүврийн хэмжээ 79 байсан тул хамаарлын шинжилгээнд Пирсоны корреляцийн аргыг ашигласан.

Хүснэгт 8. Пирсоны корреляцийн шинжилгээ

			Pearson's r	p
AMAS_total	-	GSE_total	-0.435***	< .001

* $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$

Хамаарлын шинжилгээгээр математикийн түгшүүр (AMAS) ба ерөнхий өөртөө итгэх итгэл (GSE) хооронд статистикийн ач холбогдолтой дунд зэргийн сөрөг хамаарал илэрсэн ($r = -0.44$, $p < .001$).



Зураг 2. Математикийн айдас ба өөртөө итгэх итгэлийн хоорондын хамаарал

Энэхүү судалгааны үр дүн нь математикийн айдас ба өөртөө итгэх итгэлийн хоорондын сөрөг хамаарал Монголын их сургуулийн оюутнуудын хувьд мөн адил илэрч байгааг харуулсан нь олон улсын онолын загварууд Монголын боловсролын орчинд хэрэглэгдэх боломжтойг тодорхойлж байна. Өөрөөр хэлбэл, математик суралцах үйл явцад зөвхөн танин мэдэхүйн чадвар бус сэтгэлзүйн хүчин зүйлс чухал нөлөөтэй болохыг энэхүү судалгаа бататгаж байна. Практик түвшинд энэхүү үр дүн нь багш бэлтгэх хөтөлбөрт суралцагчдын математик айдсыг бууруулах, өөртөө итгэх итгэлийг нэмэгдүүлэхэд чиглэсэн сургалтын орчин, үнэлгээний арга зүй болон сэтгэлзүйн дэмжлэгийн хэрэгцээ байгааг харуулж байна.

Дүгнэлт

Энэхүү судалгааны үр дүн нь математикийн айдас болон өөртөө итгэх итгэлийн хоорондын хамаарал нь суралцах үйл явцад чухал нөлөөтэй болохыг харуулж байгаа бөгөөд боловсролын практикт дараах гурван түвшинд ач холбогдолтой гэж үзэж болно.

Багшлах арга зүй

Математикийн хичээл заах явцад оюутнуудын математикийн айдас болон сэтгэлзүйн хүчин зүйлсийг харгалзан үзэх шаардлагатай. Ялангуяа суралцагчдын гүйцэтгэлийг зөвхөн “зөв/буруу” гэсэн хатуу

үнэлгээний зарчмаар хэмжихээс илүүтэйгээр суралцагчдын өөртөө итгэх итгэлийг дэмжих, алдаанаас суралцах боломжийг олгодог сургалтын арга зүйг ашиглах нь зүйтэй.

Хөтөлбөр ба сургалтын орчин

Суралцагчдын зөөлөн ур чадвар (soft skills), ялангуяа өөртөө итгэх итгэлийг хөгжүүлэх зорилтыг сургалтын хөтөлбөрийн үр дүн (learning outcomes)-д тусгах нь чухал юм. Үүнтэй уялдан суралцах орчныг дэмжих, суралцагчийн идэвх оролцоог нэмэгдүүлэх, өөртөө итгэх итгэлийг бэхжүүлэх сургалтын дизайныг боловсруулах шаардлагатай.

Оюутны дэмжлэгийн үйлчилгээ

Математикийн айдас болон шалгалтын стресс өндөртэй оюутнуудад чиглэсэн зөвлөгөө өгөх үйлчилгээ, богино хугацааны хөтөлбөр (жишээлбэл, сургалт, семинар, сэтгэл зүйн зөвлөгөө) хэрэгжүүлэх нь оюутнуудын сэтгэлзүйн бэлтгэлийг сайжруулж, суралцах үйл явцад эерэг нөлөө үзүүлэх боломжтой.

Талархал

Тус судалгааны ажлыг хийж гүйцэтгэхэд тусалсан МУБИС-ийн МБУС-ийн математикийн тэнхимийн багш, доктор, дэд профессор Д.Болормаа болон судалгаанд оролцсон МБУС-ийн 1-р курсын оюутнуудад чин сэтгэлийн талархал илэрхийлье.

Ном зүй

- A. F. Siagian, M. Ibrahim, and Z. A. I. Supardi, "Creative-scientific decision-making skills learning model for training creative thinking skills and student decision making skills," *Nurture*, vol. 17, no. 1, pp. 10–17, 2023. <https://doi.org/10.55951/nurture.v17i1.141>.
- Altanchimeg, Z., Amartuvshin, D., Magsar, R., "A study factors causing math anxiety among undergraduate students," *International Journal of Innovative Research and Scientific Studies*, 6(3), pp. 578-585, 2023.
- Amartuvshin, D., Altanchimeg, Z., Magsar, R., "Relationships Between Mathematics Anxiety, Mathematical Performance, and Teacher-Related Factors," *Atlantis Highlights in Social Sciences, Education and Humanities*. https://doi.org/10.2991/978-2-494069-41-1_16.
- Ashcraft, M. H., & Krause, J. A. (2007). Working memory, math performance, and math anxiety. *Journal of Experimental Psychology: General*, 136(2), 200–215. <https://doi.org/10.1037/0096-3445.136.2.200>.
- Bandura, A. (1997). Self-efficacy: The exercise of control. W. H. Freeman.
- Dowker, A., Sarkar, A., & Looi, C. Y. (2016). Mathematics anxiety: What have we learned in 60 years? *Frontiers in Psychology*, 7, 508. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2016.00508>.
- E. Geist, "The anti-anxiety curriculum: combating math anxiety in the classroom," *Journal of Instructional Psychology*, vol. 37, no. 1, pp. 24-31, 2010.
- G. Ramirez, S. T. Shaw, and E. A. Maloney, "Math anxiety: Past research, promising interventions, and a new interpretation framework," *Educational Psychologist*, vol. 53, no. 3, pp. 145-164, 2018. <https://doi.org/10.1080/00461520.2018.1447384>.
- H. Burte, A. L. Gardony, A. Hutton, and H. A. Taylor, "Elementary teachers' attitudes and beliefs about spatial thinking and mathematics," *Cognitive Research: Principles and Implications*, vol. 5, no. 1, pp. 1-18, 2020. <https://doi.org/10.1186/s41235-020-00221-w>.
- Hopko, D. R., Mahadevan, R., Bare, R. L., & Hunt, M. K. (2003). The Abbreviated Math Anxiety Scale (AMAS): Construction, validity, and reliability. *Assessment*, 10(2), 178–182. <https://doi.org/10.1177/1073191103010002008>.
- J. C. Turner et al., "The classroom environment and students' reports of avoidance strategies in mathematics: A multi-method study," *Journal of Educational Psychology*, vol. 94, no. 1, pp. 88-106, 2002. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.94.1.88>.
- K. Susiani, I. K. Dharsana, I. K. Suartama, K. Suranata, and I. N. Yasa, "Student motivation and independent learning in social studies, English, and math: The impact of the classroom environment," *International Journal of Innovative Research and Scientific Studies*, vol. 5, no. 4, pp. 258–268, 2022. <https://doi.org/10.53894/ijirss.v5i4.681>.
- M. Bekdemir, "The pre-service teachers' mathematics anxiety related to depth of negative experiences in mathematics classroom while they were students," *Educational Studies in Mathematics*, vol. 75, no. 3, pp. 311-328, 2010. <https://doi.org/10.1007/s10649-010-9260-7>.
- Schwarzer, R., & Jerusalem, M. (1995). Generalized Self-Efficacy scale. In J. Weinman, S. Wright, & M. Johnston (Eds.), *Measures in health psychology: A user's portfolio. Causal and control beliefs* (pp. 35–37). NFER-NELSON.

**The Relationship Between Mathematics Anxiety and Self-Efficacy Among University Students:
Evidence from the Mongolian National University of Education Using the Abbreviated Math
Anxiety Scale and General Self-Efficacy Scale**

Bolormaa.D^a, Delgermurun.O^b

^aPhD., associate professor, SMNS, MNUE

^bMaster, Lecturer, Teachers School, MNUE

Corresponding author: Delgermurun@msue.edu.mn

Abstract

This study aimed to investigate the relationship between mathematics anxiety and self-efficacy among university students using the Abbreviated Math Anxiety Scale and General Self-Efficacy Scale. In recent years, numerous studies have indicated an increasing trend of mathematics-related anxiety among university students. Mathematics anxiety is considered a psychological factor that negatively affects students' academic achievement, learning performance, motivation, and attitudes toward learning, as well as their self-efficacy. Understanding the relationship between mathematics anxiety and self-efficacy is therefore essential for gaining deeper insights into students' learning processes in mathematics. The participants of this study were 79 first-year students from the Mongolian National University of Education. Statistical analyses were conducted to examine whether a significant relationship exists between AMAS and GSE scores.

Keywords:

Mathematics anxiety, self-efficacy, AMAS, GSE

Сурагчдын химийн тэмдэг, тэмдэглэгээг хэрэглэх, уншиж ойлгох чадварын судалгаа

Б.Норовсүрэн
МУБИС, МБУС, Химийн тэнхим
Холбоо барих зохиогч: norovoo@msue.edu.mn
 <https://orcid.org/0000-0002-1301-5960>

Хүлээн авсан: 2026.04.10

Засварласан: 2026.05.11

Хэвлэлтэд авсан: 2026.05.25

Хураангуй

Шинжлэх ухааны ойлголтуудын талаарх гүнзгий мэдлэгийг хөгжүүлэх гол түлхүүр бол тухайн шинжлэх ухааны хэлэнд тайлагдах явдал юм. Тиймээс химийн хэлний цагаан толгой болох химийн тэмдэг, тэмдэглэгээний семиотик системийг эзэмшсэн байх нь химийн аливаа ойлголт, ухагдахууныг зөв хэрэглэх, ойлгох үндэс болно. Энэхүү өгүүллээр ЕБС-ийн ахлах ангийн сурагчдын химийн хэлний тэмдэгт, визуал, математик системийн зарим тэмдэглэгээг хэрэглэх, уншиж ойлгох чадварыг илрүүлсэн үр дүнг танилцуулна. ЕБС-ийн химийн тэмдэг, тэмдэглэгээний агуулгын хүрээ, түүнд нийцсэн шалгуурын дагуу боловсруулж, сайжруулсан үнэлгээний хэрэгслээр өгөгдлийг цуглуулж статистик боловсруулалт хийсэн. Судалгааны үр дүнд химийн элементийн тухай чадварын дундаж гүйцэтгэл 59.13%, химийн томъёоных 54.6%, урвалын тэгшитгэлийнх 63.25% тус тус байгаа мөн стандарт хазайлт 20-оос дээш байгаа нь сурагчдын гүйцэтгэл тогтворгүй химийн тэмдэг, тэмдэглэгээг хэрэглэх, уншиж ойлгох чадвар хангалтгүй түвшинд эзэмшсэн байгааг харуулж байна. Энэ нь химийн тэмдэг, тэмдэглэгээний тухай агуулга, арга зүйн асуудлыг нарийвчлан судлах шаарлагатайг илтгэж байна.

Түлхүүр үг

Химийн хэл, химийн тэмдэглэгээ, кодлох, декодлох чадвар

Удиртгал

А.Жонстон (1993)-ы тодорхойлсон "Химийн гурвалжин" (chemical triplet) хэмээх загвар нь химийн боловсролын суурь онол болон хөгжиж ирсэн бөгөөд макро, микро, тэмдгийн түвшний хоорондын уялдаа холбоог ойлгох нь суралцагчдын амжилттай суралцах гол үндэс болдог (Taber, 2013; Rees et al., 2018; Goes et al., 2020). Химийн боловсролын салбарт суралцагчдын өмнө тулгардаг хамгийн том сорилтуудын нэг нь химийн үзэгдлийг эдгээр 3 түвшинд нэгтгэн ойлгох явдал юм. Түвшин бүр өөрийн гэсэн онцлог хэлтэй бөгөөд тэмдэглэгээний түвшинг химийн хэлний цагаан толгой хэмээн зарим судлаачид үзсэн байдаг (Talanquer, 2011; Ingo Eilks & Avi Hofstein, 2013). Гэвч суралцагчдын хувьд химийн хийсвэр ойлголтуудыг тэмдэглэгээний түвшинд буулгах, химийн хэлний хэрэглээ, тэр дундаа томъёо, тэгшитгэл болон математик тэмдэглэгээнүүдийг эзэмших нь хамгийн хүндрэлтэй асуудлуудын нэг байсаар ирсэн (Avramiotis & Tsapalis 2013, Lin et al., 2016, Dula DE 2018; Mönch & Markic, 2022). Тэмдэглэгээний түвшин нь зөвхөн дүрслэл төдийгүй химийн бодит үзэгдэл (макро) болон молекулын түвшний (микро) төсөөллийг холбогч гүүр болох бөгөөд бодит үзэгдлийг хийсвэрлэн илэрхийлдэг тул суралцагчдаас өндөр түвшний сэтгэн бодох чадвар шаарддаг (Stains & Talanquer 2007; Taber, 2013; Tsapalis, 2013; Rees et al., 2018;). Тиймээс химийн хэлний мэдлэгийг "шинэ хэл" сурч байгаа мэтээр авч үзэх шаардлагатайг К.Тейбер (2013) онцолсон байдаг. Мөн энэ түвшин нь химичдийн сэтгэлгээний гол хэрэгсэл юм (Hoffman & Laszlo, 1991; Cheng & Gilbert 2014). Туршлагатай судлаач болон анхлан суралцагчдын хооронд тэмдэг, тэмдэглэгээг хүлээн авах асар том ялгаа байдаг. Судлаачид тэмдэглэгээний цаана байгаа бодит утга, бүтцийг харж чаддаг бол анхлан суралцагчид ихэвчлэн бодит

харагдах шинж чанарт төвлөрч, тэмдэг, тэмдэглэгээг утгагүй "зураг" мэтээр хүлээж авах хандлагатай байдаг (Kozma & Russell, 1997). Химийн бичиг үсэгт тайлагдах, химийн хэл эзэмших гэдэг нь зөвхөн тэмдэглэгээг цээжлэх биш, харин түүгээр дамжуулан молекул ертөнцийг 'уншиж' сурах буюу эдгээр олон төрлийн дүрслэлүүдийг утгачлан нэгтгэж, хооронд нь хөрвүүлж чадах чадвар юм (Stephens & Potgieter, 2010; Cheng & Gilbert, 2014).

Дээрх судалгааны үр дүн, хэлэлцүүлгүүд нь багш нарын өмнө химийн хэлний тэмдэг, тэмдэглэгээний талаар эзэмшүүлэх онол, арга зүйн асуудлыг судалж, үр дүнг сургалтын ажилдаа хэрэгжүүлэх хэрэгцээ, шаардлага тавигдаж байгааг харуулж байна. Нөгөө талаас хэдийгээр олон улсын түвшинд суралцагчдын химийн тэмдэг, тэмдэглэгээг бичих буюу кодлох, тайлж унших буюу декодлох чадвар, химийн дүрслэлүүдийг нэгээс нөгөөд буулгах чадварын судалгаанууд хийгдэж байгаа боловч манай улсын хувьд энэ талын судалгаанууд дутмаг байна. Иймээс энэхүү судалгаагаар ЕБС-ийн 12-р ангийн сурагчдын химийн тэмдэг, тэмдэглэгээний чадварын түвшинг гүйцэтгэлийн үр дүнгээр нь ангилан тогтоож, химийн тэмдэглэгээг хэрэглэхдээ гаргаж буй түгээмэл алдаануудыг тодорхойлж алдааны бүтцийн шинжилгээ хийсэн үр дүнг танилцуулж байна.

Шинжлэх ухааны хэлний "семиотик систем" гэдэг нь тухайн салбарын мэдлэгийг дамжуулах, хадгалах, илэрхийлэхэд ашигладаг тэмдэг, тэмдэглэгээний нэгдмэл тогтолцоо юм (Лувсанвандан, 2003, х.134; Степанов, 1971). Шинжлэх ухааны хэл нь зөвхөн "байгалийн хэл" биш харин вербаль, математик, визуал, тэмдэгтийн системүүдийн нэгдэл бөгөөд энэхүү өгүүлэлд химийн хэлний визуал, тэмдэгт, математик системийн зарим тэмдэглэгээний агуулгыг хамруулсан болно.

Сурагчдын химийн хэлний тэмдэглэгээний чадварыг тодорхойлох агуулгын хүрээг ЕБС-ийн химийн хичээлийн агуулгад үндэслэн химийн тэмдэг, химийн бодисын томьёо, урвалын тэгшитгэл гэсэн 3 багцаар тодорхойлсон (хүснэгт 1).

Хүснэгт 1. Химийн хэлний тэмдэг, тэмдэглэгээний агуулгын хүрээ

Багц агуулга	Тэмдэгтийн систем	Визуал систем	Математик систем
Химийн тэмдгийг кодлох, декодлох	Атом, элементийн тэмдэглэгээ Ионы цэнэг Атомын бүтцийн тэмдэглэгээ		Атомын масс Протоны тоо, цөмийн цэнэгийн тоо Нейтроны тоо Электроны тоо
Химийн бодисын томьёог кодлох, декодлох	Бодисын чанарын ба тооны найрлагыг илэрхийлэх	Льюсийн бүтцийн томьёо Молекулын томьёо Орон зайн томьёо Холбоосон томьёо Бүтцийн дэлгэрэнгүй ба хураангуй томьёо	Молекул дахь атомуудын тоон харьцаа
Химийн урвалын тэгшитгэлийг кодлох, декодлох	Урвалын тэгшитгэлийг илэрхийлэх - Молекулын тэгшитгэл - Ионы тэгшитгэл - Термохимийн тэгшитгэл	Урвалын чиглэл Урвалын нөхцөл Бодисын төлөв	Урвалд орж буй бодисуудын молийн харьцаа Термодинамикийн утгууд

Судалгааны арга зүй

Хамрах хүрээ: Монгол улсад 2025-2026 хичээлийн жилийн байдлаар 12-р ангийн 48,324 сурагч хичээллэж байгаа¹ бөгөөд энэ нь нийт олонлог болох тул шаардлагатай түүврийн хамгийн бага тоог 382 гэж тооцоолоод ийм тооны сурагчдыг судалгаанд хамруулсан. Түүврийн хэмжээг дараах тэгшитгэлээр тооцоолов².

¹ <https://moe.gov.mn/post/170077>

² <https://www.calculator.net/sample-size-calculator.html>

$$n = \frac{z^2 \times \hat{p}(1 - \hat{p})}{\varepsilon^2} \quad n - \text{түүврийн хэмжээ}$$

$$n' = \frac{n}{1 + \frac{z^2 \times \hat{p}(1 - \hat{p})}{\varepsilon^2 N}} \quad z - \text{итгэлцлийн түвшнийг илэрхийлэх } z \text{ оноо}$$

$$\hat{p} - \text{түүврийн пропорц}$$

$$\varepsilon - \text{алдааны хязгаар}$$

$$n' - \text{түүвэр олонлог}$$

$$N - \text{нийт олонлог}$$

Итгэлцлийн түвшнийг 95% гэж авсан бөгөөд энэ магадлалд $z = 1.96$, $\hat{p} = 0.5$, $\varepsilon = 0.05$ тус тус байдаг.

Өгөгдөл цуглуулсан арга зүй: Сурагчдын химийн хэлний тэмдэг, тэмдэглэгээг кодлох, декодлох чадварыг үнэлэх нийт 20 даалгавар бүхий шалгалтын материалаар өгөгдөл цуглуулав. Даалгаврын бүтэц, танин мэдэхүйн түвшнийг илэрхийлсэн блюпринтийг 2-р хүснэгтэд үзүүлээ.

Хүснэгт 2. Шалгалтын материалын блюпринт

Агуулгын хүрээ	Даалгаварын дугаар	Чадварын төрөл	Танин мэдэхүйн	
			Түвшин	Эзлэх хувь
Химийн тэмдэг	1, 2, 3	Декодлох -1, кодлох-2	Сэргээн санах	Сэргээн санах – 15% Ойлгох – 25% Хэрэглэх – 35% Задлан шинжлэх – 15% Үнэлэх – 10%
	4	Кодлох	Хэрэглэх	
	5	Декодлох	Ойлгох	
Химийн бодисын томъёо	6	Кодлох	Үнэлэх	
	7	Декодлох	Ойлгох	
	8	Кодлох	Хэрэглэх	
	9	Декодлох	Ойлгох	
	10	Кодлох	Хэрэглэх	
	11	Декодлох	Хэрэглэх	
	12	Кодлох	Задлан шинжлэх	
	13, 14	Декодлох-2	Задлан шинжлэх, хэрэглэх	
Урвалын тэгшитгэл	15, 16	Кодлох-2	Ойлгох/ хэрэглэх	
	17	Декодлох	Ойлгох	
	18	Кодлох	Хэрэглэх	
	19	Декодлох	Задлан шинжлэх	
	20	Декодлох	Үнэлэх	

Даалгавар тус бүрийн оноогоор тоон өгөгдөл цуглуулж химийн тэмдэглэгээний чадварын түвшин, кодлох ба декодлох чадварын харьцуулалт, алдааны бүтцийн шинжилгээ зэргийг хийнэ. Алдааны бүтцийг нарийвчлах зорилгоор сурагчдын хариултад чанарын анализ мөн хийсэн.

Өгөгдөлд шинжилгээ хийсэн арга зүй: Шалгалтын материалын найдвар, тохироцыг тодорхойлох зорилгоор мэргэжилтний буюу МУБИС-ийн Химийн тэнхимийн 2 профессороор агуулгын нийцтэй байдлыг үнэлүүлж хамаарал бодсон. Мөн бага түүвэр дээр туршиж даалгаврын хүндрэлийн зэргийг (P) 0.4-0.6 хооронд, ялгах чадвар (d)-ыг 0.3-аас дээш болтол анги хоорондын пирсоны корреляцийн коэффициент 0.582 – 0.754 болтол, бүлэг даалгавар тус бүрийн Кронбах альфа коэффициент 0.681-0.784 болтол сайжруулалтыг хийсэн.

Сайжруулж найдвар, тохироцыг тодорхойлсон шалгалтын материалаар цуглуулсан тоон үзүүлэлтүүдэд SPSS программ ашиглан давтамж (frequencies) болон тархалтын цуваа, descriptive статистик, кодлох ба декодлох чадварын хамаарал, хоорондын ялгааг харуулах хосолсон t шалгуур зэргийг тооцоолсон.

Судалгааны үр дүн

Судалгааны үр дүнг химийн тэмдэглэгээний чадварын түвшин, кодлох ба декодлох чадварын харьцуулалт, алдааны бүтцийн шинжилгээ гэсэн 3 хэсгээр танилцуулж байна.

1. Химийн хэлний тэмдэглэгээний чадварын ерөнхий түвшин

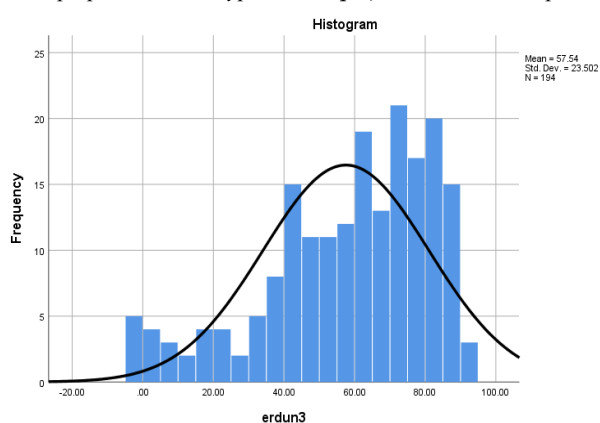
Судалгаанд хамрагдсан 382 сурагчийн 51% нь эмэгтэй, 49% нь эрэгтэй сурагч байлаа. Сурагчдын гүйцэтгэлд хүйсийн хувьд ач холбогдлын түвшинд ялгаа байгаагүй.

Нийт сурагчдын гүйцэтгэлийн хувьд дескриптив анализ хийж, дундаж, медиан, мода, стандарт хазайлтыг гаргав.

Хүснэгт 3. Нийт сурагчдын гүйцэтгэл

N	Valid	382
	Missing	0
Mean		57.5354
Median		61.8500
Mode		55.00
Std. Deviation		23.50157
Percentiles	20	40.2000
	40	55.0000
	60	68.5000
	80	78.7000
	100	90.3000

График 1. Нийт сурагчдын гүйцэтгэлийн хистограмм



Дээрх хүснэгтээс харахад нийт сурагчдын гүйцэтгэлийн дундаж 57.53% байгаа нь химийн хэлний тэмдэг, тэмдэглэгээг хэрэглэх чадвар дундаж түвшинд байгааг харуулж байна. Гэвч медиан нь арифметик дунджаас дээгүүр (61.85) байгаа нь нийт сурагчдын дийлэнх нь дунджаас дээгүүр амжилт үзүүлсэн боловч, цөөн тооны маш бага оноотой сурагчид нийт дундаж амжилтыг доош татаж байгааг илтгэнэ. Стандарт хазайлт өндөр (23.5 буюу 20-оос дээш) байгаа нь нийт сурагчдын мэдлэгийн түвшин жигд бус зөрүү өндөр байгааг харуулж байна. Эдгээр нь хистограмаас мөн харагдах бөгөөд өгөгдлүүд дундаж утгаасаа нилээд их сарнилттай, онооны тархалт 0-90.3 хооронд өргөн хүрээг хамарч байна.

Перцентилээс харахад нийт сурагчдын 20% нь 40.2-оос бага оноо авсан, 100 оноо авсан суралцагч байхгүй, хамгийн өндөр оноо 90.3 байна. Энэхүү перцентилийг ашиглавал химийн хэлний тэмдэглэгээний чадвар 5 түвшинд ангилагдаж байна (хүснэгт 4).

Хүснэгт 4. Перцентилийн утгуудад үндэслэн тогтоосон сурагчдын чадварын түвшин

Чадварын түвшин	Зууны хувь (P)	Онооны интервал	Гүйцэтгэлийн шалгуур (Оношилгоо)
V. Маш сайн (Ахисан)	> 80%	79 – 90.3	Химийн хэлийг эзэмшсэн. Нэгдлийн томьёо, ионы, молекулын тэгшитгэл зэрэг бичиглэлийг чөлөөтэй кодлох болон декодолж чаддаг.
IV. Сайн (Дунджаас дээш)	60% – 80%	68.6 – 78.7	Тэмдэглэгээний логик холбоог сайн ойлгосон. Химийн тэмдэглэгээг зөв ашигладаг боловч ховор тохиолдох нэгдлүүдийн томьёо болон, тэгшитгэлийг кодлох болон декодлохдоо алдах магадлалтай.
III. Дундаж (Суурь)	40% – 60%	55.1 – 68.5	ЕБС-ийн химийн хэлний суурь шаардлагыг хангасан. Стандарт томьёо, тэгшитгэлийг декодлох (уншдаг) боловч бие даан кодлох үедээ валент, цэнэгийн хамаарал, урвал тэнцүүлэх зэрэгт санамсаргүй алдаа гаргадаг.
II. Дунджаас доогуур	20% – 40%	40.3 – 55.0	Химийн тэмдэглэгээг хэсэгчлэн эзэмшсэн. Элементийн тэмдэг, энгийн бодисын томьёог таньдаг боловч молекул бүтэц, зарим урвалыг кодлож чадахгүй, “химийн хэлний” хоцрогдол үүсэж эхэлсэн.

I. Хангалтгүй	< 20%	0.0 – 40.2	Химийн хэлний суурь ойлголт бүрэлдээгүй. Тэмдэг болон утга санааны хооронд логик холбоо тогтоож чадахгүй. Декодлох чадвар маш сул тул хичээлийн агуулгыг ойлгоход хүндрэлтэй.
----------------------	-------	-------------------	---

Химийн хэлний тэмдэглэгээний чадварын түвшин тус бүрт хэдэн сурагч хамрагдаж байгааг 5-р хүснэгтээр илэвхийлэв.

Хүснэгт 5. Чадварын түвшинд харгалзах сурагчдын тоо, эзлэх хувь

Чадварын түвшин	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	1.00	77	20.1	20.1
	2.00	85	22.2	42.3
	3.00	29	7.7	50.0
	4.00	116	30.4	80.4
	5.00	75	19.6	100.0
	Total	382	100.0	100.0

Дээрх хүснэгтээс харахад 1 болон 2 дугаар түвшний сурагчид нийлээд 42.3%-ийг эзэлж байгаа нь суралцагчдын бараг тал хувь нь химийн кодлох, декодлох чадварын 'суурь' түвшинд байгааг илтгэж байна. Энэ нь нэмэгдүүлсэн хувиас мөн харагдах бөгөөд нийт сурагчийн 50.0% нь гураваас доош түвшинд (1, 2, 3-р түвшин), үлдсэн 50.0% нь дөрөв, тав буюу дээд түвшинд байна.

Мөн 3-р түвшин буюу дундаж түвшний оюутнуудын эзлэх хувь хамгийн бага (7.7%) байгаа нь суралцагчдын химийн хэлний чадвар 'суурь' болон 'ахисан' гэсэн хоёр туйлд хуваагдах хандлагатай байгааг илтгэж байна.

2. Кодлох ба декодлох чадварын харьцуулалт

Кодлох ба декодлох чадварыг илрүүлэх даалгавар тус бүрийн гүйцэтгэлээр дараах үр дүнг гаргалаа.

Хүснэгт 6. Кодлох, декодлох чадварын гүйцэтгэл

		Декодлох	Кодлох
N	Valid	382	382
	Missing	1	1
Mean		51.12	55.76
Median		56.00	59.50
Mode		63.00	87.50
Std. Deviation		16.55	23.96

Энэхүү хүснэгтээс харахад кодлох чадвар декодлох чадвараас илүү байгаа нь ажиглагдаж байгаа хэдий ч стандарт хазайлт өндөр ($sd=23.96$) байгаа нь сурагчдын кодлох чадварын түвшин маш их ялгаатай, жигд бус байгааг илтгэж байна. Энэ нь кодлох явцад танин мэдэхүйн хүндрэлүүд сурагч бүрт харилцан адилгүй нөлөөлж байгаагийн илрэл юм.

Кодлох ба декодлох чадварын ялгааг хосолсон t тестээр шалгахад $t=-4.303$, $p=.000$ гарсан нь эдгээр чадваруудын хооронд ач холбогдлын түвшинд ялгаа байгааг харуулж байна. Мөн декодлох болон кодлох чадваруудын хооронд хүчтэй, эерэг хамаарал ($r=0.746$)-тай байгаа нь эдгээр чадварууд харилцан уялдаатай хөгжиж байгааг харуулж байна.

Кодлох чадварын хамгийн түгээмэл оноо (мода) 87.50 байгаа нь маш өндөр үзүүлэлт юм. Гэсэн ч дундаж нь 55 байгаа нь сайн ба хангалтгүй гүйцэтгэлтэй сурагчдын ялгаа маш их байгааг харуулж байна.

3. Алдааны бүтцийн шинжилгээ

Алдааны бүтцийн шинжилгээ хийхийн тулд даалгавар тус бүрийн дундаж гүйцэтгэлийг ашиглав. Эхлээд декодлох чадварыг илрүүлж буй 10 даалгаварт анализ хийж гүйцэтгэлийн дунджаар алдааны бүтцийг тодорхойлов (хүснэгт 7).

Хүснэгт 7. Декодлох даалгавар бүрийн дундаж гүйцэтгэл

	декод1	декод2	декод3	декод4	декод5	декод6	декод7	декод8	декод9	декод10
N	Valid	382	382	382	382	382	382	382	382	382
	Missing	1	1	1	1	1	2	1	1	1
Mean		82.69	43.03	80.91	70.31	49.92	69.95	17.81	40.66	57.62
Median		90.00	40.00	90.00	90.00	90.00	90.00	15.00	40.00	90.00
Std. Deviation		19.209	21.846	24.272	29.574	43.332	31.349	18.501	26.495	44.317

Дээрх хүснэгтээс харахад 7-р даалгавар хамгийн бага дундажтай (17.81), 1-р даалгавар хамгийн өндөр дундажтай (82.69) байна. 7-р даалгаврын медиан 15.0 байгаа нь нийт суралцагчдын яг тал хувь (50%) нь 15-аас доош оноо авсныг харуулна.

2, 5, 8, 10-р даалгаврын дундаж оноо 50-иас доош (26.55-49.92) байна. Эдгээр даалгавруудад сурагчдын мэдлэг тогтворгүй, таамгаар хариулсан байх магадлалтай. Нийт даалгаврын стандарт хазайлт маш өндөр (18.5-44.3) байгаа нь суралцагчдын зарим нь маш сайн, зарим нь огт мэдэхгүй буюу мэдлэгийн асар том ялгаа үүссэнийг харуулж байна.

Алдааны бүтцийг үндсэн 2 бүлэгт ангилж болохоор байна. Үүнд:

- 10-40 оноо авсан бүлэг. Хамгийн их алдаа химийн томьёоны тооны найрлагын утгыг тайлж унших, термохимийн тэгшитгэлийг тайлж унших, холбоосон томьёог тайлж унших чадваруудаас харагдаж байна. Энэ нь концепцын алдаа байж болно. Өөрөөр хэлбэл, сурагчид тэмдэгт ба тооны хамаарлыг ойлгохгүй байна.
- 41-60 оноо авсан бүлэг. Бодисын томьёо, тэгшитгэлийг унших, тэмдэглэгээний түвшнээс микро түвшинд хөрвүүлэх, органик бодисыг нэрлэх зэрэг чадваруудыг хангалтгүй эзэмшсэн байна. Эдгээр нь когнитив алдаа (жишээ нь, элементийн дуудлагын ач холбогдлыг танин мэдээгүй), логик түвшний алдаа (жишээ нь, хэлхээг хаанаас дугаарлах логик зарчмыг мэдэхгүй) байж болно хэмээн судлаачийн зүгээс үзэж байна.

Кодлох чадварыг илрүүлж буй 10 даалгаварт анализ хийж гүйцэтгэлийн дунджаар алдааны бүтцийг тодорхойлов (хүснэгт 8).

Хүснэгт 8. Кодлох даалгавар бүрийн дундаж гүйцэтгэл

	код1	код2	код3	код4	код5	код6	код7	код8	код9	код10
N	Valid	382	382	382	382	382	382	382	382	382
	Missing	1	1	1	1	2	1	1	3	1
Mean		53.60	49.64	65.05	50.80	67.66	75.54	57.41	52.88	43.04
Median		40.00	65.00	90.00	65.00	90.00	90.00	90.00	90.00	38.00
Std. Deviation		33.330	25.173	36.628	38.676	37.684	33.132	44.494	41.488	44.724

Дээрх хүснэгтээс харахад декодлох чадвараас харьцангуй өндөр гүйцэтгэлтэй, 9-р даалгавар хамгийн бага дундажтай (43.04), 6-р даалгавар хамгийн өндөр дундажтай (75.54) байна.

9, 10-р даалгаврын дундаж оноо 50-иас доош (42.88-43.04) байна. Нийт даалгаврын стандарт хазайлт мөн адил өндөр (25.17-44.72) байгаа нь суралцагчдын кодлох чадвар декодлох чадвараас илүү их ялгаатай байгааг харуулж байна.

Алдааны бүтцийг $\leq 50\%$ оноо авсан үндсэн нэг бүлэгт ангилж болохоор байна. Энэ бүлгийн хамгийн их алдаа томьёо зохиох, урвалын тэгшитгэл бичих, ионы тэгшитгэл бичих, термохимийн тэгшитгэл бичих чадваруудаас харагдаж байна. Энэ нь алгоритмчлалын алдаа байж болно. Өөрөөр хэлбэл, бодисын томьёо зохиох, урвалын тэгшитгэл бичих логик зарчмыг мэдэхгүй байна.

Дүгнэлт

- Судалгаанд оролцогчдын химийн хэлний дундаж оноо нь 57.5, чадварын 5 түвшингээр хуваахад нийт сурагчдын 50% нь 3-аас доош түвшинтэй, мөн Сурагчдын дунд хамгийн түгээмэл

ажиглагдсан оноо ($mode=55$) нь 40-р перцентильтэй давхцаж байгаа зэрэг нь сурагчдын тал хэсэг химийн хичээлийн агуулгыг бүрэн хүлээж авах тэмдэг, тэмдэглэгээний бэлтгэлгүй байгааг харуулж байна.

- Медиан нь дунджаасаа их (61.85) байгаа нь дийлэнх сурагчид чадварын хувьд "сайн" тал руугаа бөөгнөрснийг харуулах хэдий ч стандарт хазайлтын утга өндөр ($SD=23.5$) байгаа нь сурагчдын чадварын түвшин маш их ялгаатай, жигд бус байгааг илтгэж байна. Энэ нь химийн багш нарт сургалтын дифференциал арга зүй шаардлагатай байгааг харуулж байна.
- Шинжилгээгээр сурагчдын кодлох ба декодлох чадварууд нь бие биетэйгээ нягт уялдаатай ($r=.746$) хөгжиж байна. Харин эдгээр чадварын хооронд ач холбогдлын түвшинд ялгаа байгаа ($sig = .000$) нь сурагчдын уншиж ойлгох чадвар (декодлох) нь ерөнхийдөө 'жигд сул' ($sd=16.55$) байгааг харуулж байна. Иймд химийн сургалтын арга зүйд концепцын мэдлэг (conceptual) болон Жонстоны гурвалжинд суурилж явуулах нь химийн хэлний хоцрогдлыг арилгах үндсэн шийдэл болно хэмээн судлаачийн зүгээс дүгнэж байна.
- Алдааны бүтцийн шинжилгээнээс харахад декодлох чадварыг сайжруулахын тулд химийн хэлний утгазүйн асуудлыг сургалтын агуулга, арга зүйд тусгах, кодлох чадварыг сайжруулах зорилгоор алгоритмын буюу алхамт давталтын аргыг сургалтад хэрэглэх шаардлагатай байна.

Ном зүй

- Avramiotis, S., & Tsapalis, G. (2013). Using computer simulations in chemistry problem solving. *Chemistry Education Research and Practice*, 14(3). <https://doi.org/10.1039/c3rp20167h>
- Cheng, M., & Gilbert, J. K. (2017). Modelling and visualizations in chemical education. *In cognitive and affective aspects in science education research* (pp. 159–174). Springer.
- DE, Dula. (2018). Improving the Problems of Writing Chemical Symbols, Formulae and Chemical Equations an Action Research. *Annals of Reviews & Research*, 4(3). <https://doi.org/10.19080/arr.2018.04.555636>
- Hoffman, R, Laszlo, P. (1991). *Representation in Chemistry, Angewandte Chemie International Edition*, 30: 1-16
- Ingo Eilks and Avi Hofstein (2013) *Teaching Chemistry – A Studybook*. The Netherlands Published by: Sense Publishers
- Johnstone, A. H. (1993). The development of chemistry teaching: A changing response to changing demand. *Journal of Chemical Education*, volume 70, 75–83.
- Kozma, R. B., & Russell, J. (1997). Multimedia and understanding: expert and novice responses to different representations of chemical phenomena. *Journal of research in science teaching*, 34(9), 949–968.
- Лувсанвандан, С. (2003). *Хэл шинжлэлийн онолын асуудлууд* (Зохиолын чуулган), Улаанбаатар
- Mönch, C., & Markic, S. (2022). Exploring Pre-Service Chemistry Teachers' Pedagogical Scientific Language Knowledge. *Education Sciences*, 12(4). <https://doi.org/10.3390/educsci12040244>
- Rees, S., Kind, V., & Newton, D. (2021). The Development of Chemical Language Usage by “Non-traditional” Students: the Interlanguage Analogy. *Research in Science Education*, 51(2). <https://doi.org/10.1007/s11165-018-9801-0>
- Stains M. and Talanquer V., (2008). Classification of chemical reactions: stages of expertise, *J. Res. Sci. Teach.*, 45(7), 771–793.
- Stephens, E. V. H., & Potgieter, M. (2010). Bridging the gap between decoding and encoding chemical formulae. *African journal of research in mathematics, science and technology education*, 14(2), 66–90. <https://doi.org/10.1080/10288457.2010.10740683>
- Степанов, Ю. С. (1971) *Семантика*, Москва, Наука
- Taber, K. S. (2013). Revisiting the chemistry triplet is a valuable exercise for help learners make sense of chemical explanations. *Chemistry education research and practice*, 14(2), 156–168.

Talanquer, V. (2011). Macro, submicro, and symbolic: The many faces of the chemical triplet. *International journal of science education*, 33(2), 179–195.

A Study on High School Students' Ability in Using and Interpreting Chemical Symbols and Notations

Norovsuren.B

Department of Chemistry, SMNS, MNUE

Corresponding author: norovoo@msue.edu.mn

 <https://orcid.org/0000-0002-1301-5960>

Abstract

The key to developing a profound understanding of scientific concepts lies in deciphering the specific language of that science. Therefore, mastering the semiotic system of chemical symbols and notations—the "alphabet" of the chemical language—is the fundamental basis for correctly applying and comprehending any chemical concept.

This article presents the findings of a study identifying the ability of high school students to use and interpret certain notations within the symbolic, visual, and mathematical systems of chemical language. Data was collected using an assessment tool developed and refined in accordance with the scope of the secondary school chemistry curriculum and its corresponding criteria, followed by statistical analysis.

Keywords

Chemical language, chemical symbols, coding and encoding skills

Математикийн гүйцэтгэл дэх хүйсийн ялгаа (Монгол ба олон улсын харьцуулсан судалгаа)

Д.Оюунчимэг

^aМУБИС, МБУС, Математикийн тэнхим

Холбоо барих зохиогч: oyunchimeg.d@msue.edu.mn

 <https://orcid.org/0009-0002-7344-1037>

Хүлээн авсан: 2026.04.10

Засварласан: 2026.05.11

Хэвлэлтэд авсан: 2026.05.25

Хураангуй

Олон улсын хэмжээнд PISA, TIMSS зэрэг томоохон хэмжээний математикийн шалгалтуудад ерөнхий дунджаар эрэгтэй сурагчид эмэгтэй сурагчдаас илүү байдаг бол Монгол улсын хувьд математикийн шалгалтуудад дунджаар эмэгтэй сурагчид эрэгтэй сурагчдаас илүү амжилттай байдаг. Тухайлбал, PISA 2022 олон улсын шалгалтын математикийн хичээлийн хувьд Монгол улсын охидууд дунджаар 427 оноо, хөвгүүд дунджаар 422 байсан буюу охидууд хөвгүүдээс 5 оноогоор илүү байсан. Мөн их дээд сургуульд элсэн орох ЭЕШ-ийн дундаж дүнгээр эмэгтэй сурагчид үргэлж эрэгтэй сурагчдаас илүү байдаг.

Энэхүү судалгаагаар томоохон хэмжээний математикийн шалгалтуудын хувь дах хүйсийн ялгааны талаар бусад улсууд болон монгол улсын сурагчдын гүйцэтгэлийг харьцуулан судалж, монгол эмэгтэй сурагчид эрэгтэй сурагчдаас илүү байгаагийн шалтгааныг тодруулан, математикийн гүйцэтгэл дэх хүйсийн тэнцвэрийг арилгахад анхаарах зүйлийг тодорхойлох зорилго тавьсан. Эмэгтэй сурагчид эрэгтэй сурагчдаас давуу байхад нөлөөлж болох шалтгаан хүчин зүйлсүүдээс манай улсын хувьд байх боломжтой шалтгаануудыг сонгон авч, санамсаргүй түүврийн аргаар 380 хүнээс санал асуулга авч, ямар шалтгаан нь хамгийн зонхилох шалтгаан болохыг тодруулах хүчин зүйлийн шинжилгээ хийсэн.

Судалгааны дүнгээс эмэгтэй сурагчдын хувь хүний онцлог, итгэл, хандлага хамгийн чухал шалтгаан, нөлөөлөх хүчин зүйл болж байна гэж үзсэн.

Түлхүүр үг

Эмэгтэй сурагчдын амжилт, хүйсийн ялгаатай гүйцэтгэл, шалтгаан, нөлөөлөх хүчин зүйлс

Удиртгал

Олон улсын нөхцөл байдал

PISA нь суурь боловсрол эзэмшсэн сурагчид танхимаар олж авсан мэдлэг чадвараа амьдралд хэрхэн хэрэглэж байгаа, тухайн улсын боловсролын тогтолцоо энэ чадварыг ямар хэмжээнд олгож байгааг тандан судалдаг сурлагын амжилтын олон улсын үнэлгээ юм. (<https://moe.gov.mn>, 2023)

PISA 2022-ын математикийн шалгалтын хувьд ЭЗХАХБ-ын 37 орны хувьд хөвгүүд охидоос 9 оноогоор илүү шалгагдсан. 40 улсын хувьд хөвгүүд нь илүү байсан бол 17-д нь охидууд илүү байсан. 24 улсын хувь дахь хүйсийн ялгаа нь статистикийн ач холбогдолтой биш байсан. (OECD, 2023)

ЭЗХАХБ-ын орнуудын хувьд математикийн шалгалтын хөвгүүдийн хамгийн сайн гүйцэтгэсэн 10%-ийн дундаж оноо нь охидуудын хамгийн сайн гүйцэтгэсэн 10%-ийн дундаж онооноос 22 оноогоор илүү байсан бол оролцсон бүх улсуудын хувьд хөвгүүд 16 оноогоор илүү байсан. Харин хамгийн муу гүйцэтгэсэн 10%-ын хувьд ЭЗХАХБ-ын орнуудын охидууд нь хөвгүүдээс 4 оноогоор илүү байсан ба нийт улсуудын хувьд охидууд 6 оноогоор илүү байсан. (OECD, 2023)

Өмнөх PISA шалгалтуудын хувьд ч төстэй үр дүнгүүд гарч байсан. Өөрөөр хэлбэл ихэнх орнуудын хувьд математикийн шалгалтын дунджаар хөвгүүд охидуудаас илүү байдаг. Харин хамгийн сайн 10%-д нь хөвгүүд илүү байгаа бол хамгийн муу 10%-д нь охидууд илүү байдаг хандлагатай байна. Энэ хөвгүүдийн математикийн амжилт эрс хэлбэлзэл ихтэй байгааг харуулж байна. Өөрөөр хэлбэл, хөвгүүд маш сайн, эсвэл маш муу сурч байгаа бол охидууд харин тийм ч муу биш, тийм ч сайн биш жигддүү суралцах хандлагатай байна.

PISA 2022-ын математикийн шалгалтын хувьд охидууд нь хөвгүүдээс илүү байсан орнууд, эдийн засгийн бүсүүд нь Палестин, Албани, Иордан, Филиппин, Ямайка, Бруней, Малайз, Катар, Арабын Нэгдсэн Эмират, Индонез, Македони, Монгол, Финланд гэх мэт улсууд байсан. (OECD, PISA 2022 Results (Volume I): The State of Learning and Equity in Education, , 2023). Мөн олон улсын боловсролын үнэлгээний бусад судалгаанууд охид математикийн хичээлд хөвгүүдээс илүү амжилт гаргадаг орнууд байгааг харуулж байна. Жишээлбэл, 2022 оны ЮНЕСКО-гийн тайланд Камбож, Конго, Филиппин зэрэг орнуудад 8-р ангид охид хөвгүүдээс илүү оноо авсан байна. (UNESCO, 2022) Тэгэхээр математик дах хүйсийн ялгаа нь ямар орнуудад ямар чиглэл хэмжээтэй байгаа, энэ нь ямар шалтгаанаас болж байгаа талаар судлах нь сонирхолтой асуудал болж байна.

Монгол улсын нөхцөл байдал

Монгол улс анх удаа 2022 онд PISA шалгалтанд хамрагдсан бөгөөд 196 сургуулийн 7300 сурагч сонгогдон оролцсон. PISA 2022-ын математикийн шалгалтын хувьд охидууд нь хөвгүүдээс илүү оноо авсан орнуудын нэг нь манай улс байсан бөгөөд манай охидууд дунджаар 427 оноо авсан бол хөвгүүд дунджаар 422 оноо авч, онооны зөрүү 5 орчим байсан. (OECD, 2023)

Харин манай улсын хувьд математикийн шалгалтын хөвгүүдийн хамгийн сайн гүйцэтгэсэн 10%-ийн дундаж оноо нь охидуудын хамгийн сайн гүйцэтгэсэн 10%-ийн онооноос 2 оноогоор илүү байсан ба хамгийн муу гүйцэтгэсэн 10%-ын хувьд охидууд нь хөвгүүдээс 9 оноогоор илүү байсан. (OECD, 2023) Энэ нь бас манай орны хувьд мөн хөвгүүдийн амжилт их хэлбэлдэлтэй байгааг харуулж байна. Өөрөөр хэлбэл, хөвгүүд амжилттай сайн суралцах боломж хангалттай байгаа ч бүгд сайн байж чадахгүй байгаа юм.

ЭЕШ-ийн сүүлийн жилүүдийн математикийн хичээлийн дундаж дүнгээс харахад охидууд илүү байдаг. (www.1212.mn)

2019 онд хийгдсэн “Боловсролын салбарын жендэрийн дүн шинжилгээ: Хөвгүүдийн боловсролд анхаарах нь” судалгааны тайланд “5, 9, 12-р ангийн улсын стандарт шалгалтын дундаж онооны статистик дүн шинжилгээгээр охид 5-р ангид гурван хичээл (Математик, Монгол хэл, Байгалийн ухаан)-д, 9-р ангид бүх 4 хичээл (Математик, Монгол хэл, Байгалийн ухаан, Нийгмийн ухаан)-д хөвгүүдээс дунджаар илүү сайн дүн үзүүлсэн байна. 5-р ангийн математикийн шалгалтын дундаж дүнгээр охид, хөвгүүдийн математикийн шалгалтын онооны зөрүү 3.22 оноо байсан бол 9-р ангид математикийн шалгалтын онооны зөрүү 6.74 болжээ. 12-р ангийн сурагчдын улсын шалгалтын сонгосон дөрвөн хичээлд охидын дундаж оноо хөвгүүдийнхээс 5-7 хувиар өндөр байна. Их сургуулийн элсэлтийн ерөнхий шалгалтын улсын дундаж дүнгээс харахад охидын дундаж оноо ихэнх хичээл дээр (математик г.м) хөвгүүдийнхээс өндөр байна. (World Bank, 2019)

Судлагдсан байдлын тойм

Математикийн гүйцэтгэл дэхь хүйсийн ялгаатай байдлын талаар судлаачид олон арван жил судалсаар ирсэн. Энэхүү хүйсийн хувьд ялгаатай байдлыг биологийн хүчин зүйл ба нийгэм, соёлын хүчин зүйл гэсэн үндсэн хоёр ангилж авч үздэг. (Yan Zhu et al., 2018) Ялгаатай байдлыг биологийн үүднээс авч үзвэл эрэгтэйчүүд зураг дүрс бүхий тестэд илүү, харин эмэгтэйчүүд аман болон цээжлэх шалгалтад илүү гэж үздэг байна. Гэхдээ математикийн шалгалтын хувьд энэ холбоо хамаарал харьцангуй сул байдаг. (Guiso, L et al., 2008) Харин зарим судлаачид хүйсийн ялгаа нь биологийн хувьд тодорхойлогдох төрөлхийн зүйл байсан бол бүх хугацааны туршид, бүх улс орны хувьд адилхан байх

ёстой гэж үзэж байсан. (Kane,J,M & Mertz,J.E, 2011) Тэгэхээр биологийн бус хүчин зүйлс илүү нөлөөтэй гэж үзэж болох юм.

Математикийн гүйцэтгэлд нөлөөлөх хүчин зүйлсийг судалсан олон судалгаа байдгаас (Wang et al., 2023) нар 156 судалгааны өгүүллийг судлан, математикийн гүйцэтгэлд нөлөөлөх 135 хүчин зүйлсийг тодорхойлон, тэдгээрийг хувь хүний, гэр бүлийн, сургууль, боловсролын болон макро түвшний нийгмийн хүчин зүйлс гэж 5 бүлэгт хуваан авч үзсэн. Тэд хүйс болон математикийн амжилтын хамаарлыг судалсан 68 судалгааны өгүүлэл шинжилснээс 52 судалгаанд нь математикт эрэгтэй сурагчид илүү байна гэж үзсэн. Харин Португаль зэрэг нэг улсыг хамарсан 4 судалгаа болон 8 барууны орныг хамарсан судалгаанд хүйс ба математикийн амжилтын хооронд ач холбогдолтой хамаарал байхгүй гэж үзсэн. 12 судалгаанд холимог үр дүн гарсан бөгөөд тэдний 7-д нь энэ хамаарал тухайн улсаас хамаарч байна гэж үзсэн. Харин Гүрж, Малайз, АНУ-ын нэгдүгээр үеийн цагаачид, цагаан арьст эмэгтэйчүүд, уншлага ихтэй математикийн асуулт тестэд эмэгтэйчүүд илүү байсан гэсэн байжээ.

Математик дахь хүйсийн ялгааны талаар судалсан мета анализуудын хувьд ерөнхийдөө хэмжээний хувьд бага байсан боловч хөвгүүд охидын аль нь илүү байгаа гэдэг дээр өөр өөр байсан. (M.LindbergSara, 2010) нар АНУ-ын хувьд математикийн гүйцэтгэл ба хүйсийн ялгааны талаар 1990-2007 оны хооронд 1286350 хүнийг хамарсан 242 судалгаанд мета анализ хийхэд ерөнхий нөлөөллийн хэмжээ $d=0.05^3$ байсан нь хүйсийн хувьд бараг ялгаа байхгүй байгааг харуулж байна.

(Hyde,J.S et al, 1990) нар математикийн гүйцэтгэл дэх хүйсийн ялгааны талаар 1963-1988 оны хооронд судалсан 100 судалгааны өгүүлэлд мета анализ хийж, ерөнхий нөлөөллийн хэмжээ $d=-0.05$ буюу мөн хүйсийн ялгаа бараг байхгүй гэсэн дүгнэлтэнд хүрсэн. (d нь сөрөг утгатай байгаа нь эмэгтэй сурагчид илүү байгааг харуулна).

(N.Else-Quest, 2010) нар 69 орны 14-16 насны 493495 сурагчдыг хамарсан мета анализаар ерөнхий нөлөөллийн хэмжээ $d<0.15$ буюу ялгаа маш бага байгаа боловч тодорхой улс орнуудын хувьд нөлөөллийн хэмжээ -0.42 -аас $+0.4$ хүртэл хэлбэлзэж байгааг харуулсан.

Тухайлсан нэг улсыг хамарсан судалгаагаар нөлөөллийн хэмжээ арай их гарч байгааг дараах судалгаануудад дурьдсан. (David Reilly, 2014) нар АНУ-ын 12-р ангийн математикийн шалгалтын дүнгийн хувьд хүйсийн ялгаа бага боловч тогтвортой ($d=0.10$) байгааг харуулсан. (D.Voyer, 2014) нар 1134032 сурагчид өгсөн багшийн дүн дээр хийсэн мета анализаар эмэгтэйчүүд бага зэрэг илүү байгааг харуулсан. Бээжин хотод хийсэн (Meijuan Li, 2018) нарын судалгаагаар 5-р ангид хүйсийн ялгаа байхгүй байсан бол 8-р ангид эмэгтэй сурагчид бага зэрэг давуу байжээ.

(S.K.Ciftci, 2019) нар 69 орны 8-р ангийн 1,202,847 сурагчдаас авсан мета анализаар алгебрийн амжилтын хувьд хүйсийн ялгаа нөлөөллийн хэмжээ бага боловч статистикийн ач холбогдолтой ($d=-0.048$) гарчээ.

(Ehsan Ghasemi, 2019) нарын олон улсын судалгаагаар 4 болон 8-р ангийн хөвгүүд охидын математикийн гүйцэтгэлийн хувьд статистикийн ач холбогдолтой ялгаа байхгүй гэж гарсан байна.

Математикийн гүйцэтгэл дэх хүйсийн ялгааны талаар судлагдсан үр дүнгүүдээс монгол болон олон улсын үр дүнг боловсролын түвшин болон математикийн салбар айн хувьд нэгтгэн харьцуулан дараах хүснэгтүүдэд харууллаа.

Хүснэгт 1. Боловсролын түвшин дэх хүйсийн ялгаа

Судалгаа	Бага	Дунд	Ахлах	Коллеж
(Hyde,J.S et al, 1990)	Охидууд тооцоолохдоо илүү	Охидууд тооцоолохдоо илүү	Хөвгүүд илүү ($d=0.29$)	Хөвгүүд илүү ($d=0.32$)

³ Нөлөөллийн хэмжээ(effect size)нь $d<0.2$ бол маш бага гэж үздэг.

(M.Lindberg, 2010)	Охидууд тооцоолохдоо илүү ($d=-0.20$)	Охидууд тооцоолохдоо илүү ($d=-0.22$)	Бодлого бодоход хөвгүүд илүү ($d=0.29$)	-
(Meijuan Li, 2018)	Ялгаагүй	Охидууд бага зэрэг илүү	-	-
(D.Voyer, 2014) (Математикийн хичээлийн дүнгээр)	Охидууд илүү ($d=0.069$)	Охидууд илүү ($d=0.069$)	Охидууд илүү ($d=0.069$)	Охидууд илүү ($d=0.069$)
(World Bank, 2019) Монгол	5-р ангийн төгсөлтийн шалгалтын дунджийн зөрүү 3,24 буюу охидууд давуу	9-р ангийн төгсөлтийн шалгалтын дунджийн зөрүү 6,74 буюу охидууд давуу	12-р ангийн төгсөлтийн шалгалтын дунджийн зөрүү 4,27 буюу охидууд давуу	

Хүснэгт 2. Математикийн салбар айн хувь дах хүйсийн ялгаа

Судалгаа	Салбар ай	Хүйсийн ялгаа	Нөлөөллийн хэмжээ
(Hyde,J.S et al, 1990), (M.Lindberg, 2010)	Арифметик, тооцоолол	Охидууд давуу	$d=-0.14$ -өөс $d=-0.22$
(Hyde,J.S et al, 1990)	Ухагдхууны ойлголт	Охидууд давуу	$d=-0.03$
(Hyde,J.S et al, 1990), (M.Lindberg, 2010)	Төвөгтэй бодлого бодох	Хөвгүүд давуу	$d=0.08$ -аас $d=0.29$
(S.K.Ciftci, 2019)	Алгебр	Охидууд давуу	$d=0.048$

Эмэгтэй сурагчид математикт илүү байгаагийн шалтгаан

Олон улсын судалгаануудад эмэгтэй сурагчид математикийн хичээл дээр эрэгтэй сурагчдаас илүү байгаагийн шалтгаануудыг янз бүрээр тодорхойлсон байна. Тэдгээрээс голлох шалтгаан, нөлөөлөх хүчин зүйлсийг нэгтгэн харуулбал дараах байдалтай байна.

1. Боловсролын тогтолцоо ба дэмжлэг: Боловсролын хүчтэй бодлого, дэмжлэгийн тогтолцоотой улс орнуудын хувьд охид илүү сайн үр дүнд хүрдэг. Үүнд: чанартай хүртээмжтэй боловсрол, багш нараас өгдөг урам зориг, эмэгтэй суралцагчдад тохирсон сургалтын арга зэрэг орж болно.

2. Соёлын хандлага: Зарим соёлд охидын боловсролд илүү их анхаарал хандуулж, гэр бүл, хамт олны дэмжлэг, урам зориг илүү их байдаг. Боловсролын үнэ цэнийг үнэлж, охид сурлагын амжилт гаргахад нь үнэлж урамшуулах нь тэд нарыг илүү амжилт гаргахад түлхэц болно.

3. Жендэрийн талаарх ойлголт, хэм хэмжээ өөрчлөгдөж байгаа: Зарим улс нийгэмд уламжлалт жендэрийн үүрэг роль өөрчлөгдөж байгаа нь охидод илүү эрдмийн мөр хөөх боломжийг олгож байна. Энэ нь математик гэх мэт хичээлүүд дэх оролцоо, амжилтыг нэмэгдүүлдэг байна.

(Roman, A and Rica,S, 2020) нар хүйсийн тэнцвэртэй байдлыг хангадаг орны хувьд охид математикт илүү сайн байдаг бөгөөд энэ нь хүйсийн үүрэг ролийн талаарх нийгэм соёлын хандлага боловсролд гүн нөлөөлж байгааг харуулж байна гэж үзсэн.

Манай улсын хувьд 2019 онд хийгдсэн “Боловсролын салбарын жендэрийн дүн шинжилгээ: Хөвгүүдийн боловсролд анхаарах нь” судалгааны тайланд Монголд охидууд хөвгүүдээс илүү суралцаж байгаагийн шалтгааныг тэдний сонирхол ялгаатай байдаг, хөвгүүд хичээл таслах хоцрох нь их, эцэг эхчүүд хөвгүүдээс илүү охидуудын боловсролд их анхаардаг гэх мэт шалтгаантай гэж тайлбарласан байдаг. (World Bank, 2019)

“Бүх нийт боловсролын төлөө” Иргэний нийгмийн үндэсний зөвлөлөөс гаргасан “Боловсролоос хөндийрч буй хөвгүүд” судалгааны тайланд хөвгүүд боловсролоос хөндийрөхөд нөлөөлж буй хүчин зүйлсийг микро, мезо, макросистемийн түвшинд ангилан авч үзсэн. Микросистемийн түвшинд хувь хүн, эцэг эх, үе тэнгийнхнээс хамааралтай нөлөөлөл орно. Хувь хүнээс хамаарах хүчин зүйлд хөвгүүдийн утасны зохисгүй хэрэглээ, спортыг хичээлээс чухалчлах үзэгдэл хамаарч байгаа бол эцэг эхийн нөлөөлөлд эцэг эхийн жендэрийн хэвшмэл ойлголт, хөвгүүдийг үл хайхрах байдал, хүмүүжлийн эерэг арга барил мэдэхгүй байгаа нь, боловсролд эцэг эхийн оролцоо бага, Монгол аавуудын үүрэг оролцоо бага зэрэг асуудлууд багтаж байна. Харин үе тэнгийнхний хүрээнд жендэрийн хэвшмэл ойлголт, муу нөлөөлөл зэрэг хамаарна. Мезосистемийн түвшинд сүм хийдэд шавилан суух, хурдан морь унах зэрэг уламжлалт соёлтой холбоотой нөлөөллөөс гадна хэл, сургууль, хэвлэл мэдээллийн байгууллагаас хамааралтай хүчин зүйлсүүд нөлөөлж байна. Макросистемийн түвшинд хүүхдийн хөдөлмөр эрхлэлт, нийгэм-эдийн засгийн ялгаатай байдал, байршил, жендэрийн бодлого, мэргэжлийн эрэгтэй багшийн дутагдал, хөвгүүдийн онцлогт нийцээгүй сургалтын хөтөлбөр, арга зүй зэрэг нөлөөллүүдийг авч үзсэн. (ИНҮЗ, 2024)

Дээрх судалгаанууд нь хөвгүүд охидуудаас боловсролын хувьд хоцорч байгааг харуулсан боловч математик болон байгалийн ухааны хичээлүүдэд хоцорч байгаа шалтгааныг нарийвчлан авч үзээгүй байгаа юм. Харин энэ талаар Ikon.mn -д гарсан ярилцлагад “Математик, байгалийн ухааны хичээлүүдийн нэг сэдэв, нэг үйлдлээ ойлгоогүй бол дараагийн хичээлүүдээ ойлгохгүй байх үндэс болдог. Тухайн агуулгыг бүрэн дүүрэн эзэмшиж байж дараагийн агуулгыг эзэмших боломж нь бүрддэг гэсэн үг. Тиймээс хичээлийн нэг агуулгаа ойлгохгүй үлдчихвэл анги ахих тусам хоцрогдол гүнзгийрэх эрсдэлтэй. Судалгааны үр дүн үүнийг баталсан гэж бодож байна” гэж дүгнэсэн байдаг. (Энхпүрэв, 2023)

2024 онд гаргасан илүү өргөн хүрээний жендерийн үнэлгээний тайланд их, дээд боловсрол хүртэл тэгш бус байдал, хөвгүүдийн боловсролд тулгарч буй сорил, охидын илүү амжилтын үзүүлэлт зэргийг тоон болон чанарын шинжилгээтэй харуулсан. Судалгааны дүгнэлтүүд нь охидын сайн гүйцэтгэлийг гэр бүлийн анхаарал, сахилга хариуцлага, сургалтын үр нөлөөтэй холбон тайлбарласан. (World Bank, 2024)

Судалгааны арга зүй

Математикийн олон улсын болон элсэлтийн ерөнхий шалгалтуудын дундаж гүйцэтгэлээрээ охидууд илүү байгаагийн шалтгааныг тодруулах зорилготой санал асуулгын судалгааг авсан. Үүний тулд судлагдсан байдал болон баримт материалын судалгаа хийж, олон улсын хэмжээнд болон Монгол улсын хувьд өмнө нь хийгдсэн судалгаануудаас эмэгтэй сурагчид илүү байдаг шалтгаануудыг тодорхойлсон. Тэдгээр шалтгаан хүчин зүйлсүүдээс манай улсын хувьд байх боломжтой шалтгаануудыг сонгон авч, ямар шалтгаан нь хамгийн гол шалтгаан нөлөөлөх зүйл болохыг тодруулах хүчин зүйлийн шинжилгээ хийсэн.

Судалгааг санамсаргүй түүврийн аргаар явуулсан бөгөөд Улаанбаатар хотын нийт **380 оролцогч** хамрагдсан. Тэдний **66.6% нь эмэгтэй (n = 253), 33.4% нь эрэгтэй (n = 127)** байв. Ажил эрхлэлтийн хувьд оролцогчдын **42.9% нь багш**, 57.1% нь бусад мэргэжлийн хүмүүс байсан. Насны бүлгээр авч үзвэл 30 хүртэлх насныхан 36.1%, 30–50 насныхан 56.1%, 50-аас дээш насныхан 7.9%-ийг эзэлж байв.

Хүснэгт 3. Судалгааны ерөнхий мэдээлэл

	Хүйс		Мэргэжил		Нас			Нийт
	Эрэгтэй	Эмэгтэй	Багш	Бусад	30 хүртэл	30-50 настай	50-аас дээш	
Тоо	127	253	163	217	137	213	30	380

Хувь	33.4	66.6	42.9	57.1	36.1	56.1	7.9	100.0
------	------	------	------	------	------	------	-----	-------

Судалгааны үр дүн

Хүчин зүйлсийг тодорхойлох зорилгоор **Exploratory Factor Analysis (EFA)** хийв. Өгөгдөл фактор шинжилгээнд тохиромжтой эсэхийг шалгахад **KMO = .896** гарч, түүврийн хангалттай байдлыг маш сайн түвшинд хангаж байв. **Bartlett's Test of Sphericity** $\chi^2(120) = 3132.338$, **p < .001** гарсан нь хувьсагч хоорондын корреляци статистикийн хувьд ач холбогдолтойг харуулж, фактор шинжилгээ хийх боломжтойг батлав. Факторуудыг **Principal Axis Factoring** аргаар ялган авч, **Varimax** эргэлт ашигласан. Eigenvalue > 1 шалгуураар **гурван хүчин зүйл** тодорч, эдгээр нь нийт вариацийн **55.6%-ийг** тайлбарласан.

Хүснэгт 4. Хүчин зүйлийн шинжилгээний үр дүн

Асуулга	Factor		
	1	2	3
Q4. Охидууд илүү өөртөө итгэлтэй урам зоригтой болж байгаа нь математикийг сайн сурахад нь нөлөөлж байгаа.	0.796		
Q5. Охидууд мэдлэг боловсролын үнэ цэнэ, ач холбогдлыг илүү сайн ухаарсан, хүсэл зорилгоо тодорхойлсон байдаг.	0.795		
Q2. Охидууд хичээл чармайлттай, хөдөлмөрч хариуцлагатай байж, хичээл таслахгүй, даалгавраа тогтмол сайн хийдэг.	0.793		
Q3. Охидууд дуулгавартай тул багш эцэг эхийн үгэнд сайн орж, тэдний итгэл найдварыг биелүүлэхийн төлөө хичээдэг	0.764		
Q1. Охидууд анхаарал төвлөрөл сайтай, нямбай, сурах чадвар сайтай	0.729		
Q6. Охидууд уншаад ойлгох чадвар сайтай байдаг тул математикаа сайн ойлгодог	0.686		
Q8. Хөвгүүд хүсэл сонирхлоосоо болоод хичээлээс гадуурх зүйлсэд илүү татагддаг		0.722	
Q11. Эцэг эхчүүд охидуудаа сурахад нь илүү их дэмжиж, тусалдаг.		0.709	
Q7. Мал маллах, ажил хийх зэргээр хөвгүүд сургуулиас хоцрох завсардах явдал их байгаа		0.569	
Q12. Эцэг эхчүүд хөвгүүдээс илүү охидууд сургуульд сурсан нь дээр гэж үздэг		0.543	
Q10. Монгол гэр бүлийн хувьд эмэгтэйчүүд илүү бие даасан, хүчирхэг болж байгаа		0.515	
Q9. Монголд хүйсийн ялгаварлал байхгүй тэгш эрхтэй тул охидууд сайн суралцаж, өсөж хөгжих боломжтой	0.409	0.427	
Q15. Ихэнх багш нар нь эмэгтэй байдгаас эмэгтэй сурагчид илүү сайн сурахад нөлөөлдөг			0.803
Q14. Сургалтын систем, хичээл явуулдаг арга барил нь эмэгтэй сурагчдыг математикт сайн байхад илүү нөлөөтэй			0.678
Q16. Багш нар эмэгтэй сурагчдыг илүү хичээнгүй сайн гэж үзэж илүү анхаарал тавьдаг хандлага нөлөөлж байгаа			0.658

Q13. Орчин үеийн чухал мэргэжлүүд нь математикаар ЭЕШ өгсөн байхыг шаарддаг тул охидууд математикийг сайн судалдаг	0.404		0.445
CRONBACH'S ALPHA	0.91	0.79	0.82
Extraction Method: Principal Axis Factoring. Rotation Method: Varimax with Kaiser Normalization.			

Энэхүү үр дүнгээс факторын бүтэц, нэрийг дараах байдлаар тодорхойлсон.

Хүчин зүйл 1. Хувь хүний онцлог, итгэл, хандлага:

Энэхүү хүчин зүйлд 6 асуулт (фактор ачилт = .686–.796) өндөр ачаалалтайгаар төвлөрсөн. Эдгээр асуултууд нь сурагчдын математик суралцах дотоод урам зориг, өөртөө итгэх итгэл, анхаарал төвлөрөл, хичээл зүтгэл болон танин мэдэхүйн чадамжтай холбоотой байв. Тус хүчин зүйлийн найдвартай байдал Cronbach's α = .91 гарч, маш сайн түвшинд байлаа.

Хүчин зүйл 2. Нийгэм, соёл гэр бүлийн хүчин зүйлс: Хоёр дахь хүчин зүйлд 6 асуулт (фактор ачилт = .515–.722) багтсан бөгөөд эдгээр нь эцэг эхийн дэмжлэг, нийгмийн орчин, хүйсийн талаарх соёлын ойлголт, сургуулиас завсардалт болон суралцахад татагдах байдал зэрэг гадны хүчин зүйлсийг илэрхийлж байв. Найдвартай байдлын коэффициент α = .79 байсан нь судалгаанд ашиглахад хангалттай.

Хүчин зүйл 3. Боловсролын систем.

Гурав дахь хүчин зүйлд 4 асуулт (фактор ачилт = .445–.803) багтаж, боловсролын тогтолцоо, сургалтын арга зүй, багшийн хандлага, математик боловсрол дахь хүйсийн тэгш байдлын талаарх ойлголтыг илэрхийлсэн. Найдвартай байдал α = .82 гарч, сайн түвшинд байв.

Хүчин зүйлсийн дундаж утгуудыг харвал Хувь хүний онцлог, итгэл, хандлага ($M = 3.74$, $SD = .83$) хамгийн өндөр, Нийгэм, соёл гэр бүлийн хүчин зүйлс ($M = 3.36$, $SD = .78$) дунд зэрэг, Боловсролын систем ($M = 3.15$, $SD = .90$) харьцангуй бага үнэлэгдсэн байв.

Хүснэгт 5. Хүчин зүйлсүүдийн статистик

Хүчин зүйл	Тоо	Бага утга	Их утга	Дундаж	Ст.хазайлт
Хувь хүний онцлог, итгэл, хандлага	380	1.00	5.00	3.7443	0.82811
Нийгэм, соёл, гэр бүлийн хүчин зүйлс	380	1.00	5.00	3.3631	0.78479
Боловсролын систем	380	1.00	5.00	3.1533	0.90113
Нийт	380				

Судалгаанд оролцогчид хүйсийн хувьд ялгаатай үзэл бодолтой байгаа эсэхэд хийсэн t-тестийн үр дүнгээс харахад, Хувь хүний онцлог, итгэл, хандлага болон Нийгэм, соёл гэр бүлийн хүчин зүйлс дээр эмэгтэй оролцогчид эрэгтэйчүүдээс статистикийн хувьд өндөр үнэлгээ өгсөн буюу илүү санал нийлж байсан. ($p < .05$). Харин Боловсролын системийн хүчин зүйл дээр хүйсийн хувьд ач холбогдолтой ялгаа илрээгүй ($p > .05$).

Мэргэжлээр авч үзэхэд багш оролцогчид гурван хүчин зүйл дээр бусад мэргэжлийн оролцогчдоос статистикийн хувьд өндөр үнэлгээ өгсөн ($p < .05$). Энэ багш нар эдгээр хүчин зүйлстэй илүү санал нийлж байгааг харуулж байна.

Насны бүлгээр хийсэн нэг хүчин зүйлийн дисперсийн шинжилгээгээр зөвхөн Хувь хүний онцлог, итгэл, хандлага хүчин зүйл дээр насны бүлгүүдийн хооронд ялгаа илэрсэн ($p = .005$), харин бусад хүчин зүйлүүд дээр ялгаа ажиглагдаагүй. Энэ нь хувь хүний онцлогтой холбоотой шалтгааныг ахмад хүмүүс илүү хүлээн зөвшөөрч буйг харуулж байна.

Дүгнэлт

Манай улсад математикийн дундаж гүйцэтгэлээр охидууд илүү боловч хамгийн сайн 10% доторх амжилтаараа хөвгүүд илүү байгаа. Энэ нь хөвгүүд математикт амжилттай суралцах боломж хангалттай байгааг харуулж байгаа боловч хөвгүүд амжилттай сурч чадахгүй байгаа нь анхаарал татсан асуудал болж байна. Энэ судалгааны хүрээнд Монгол улсын хувьд яагаад охидууд нь хөвгүүдээс илүү байгаа, энэ нь ямар шалтгаанаас болж байгааг судалсан.

Судалгаагаар математикт эмэгтэй сурагчид илүү сайн суралцахад гурван хүчин зүйлс нөлөөлж байгаагаас, хувь хүний онцлог, итгэл, хандлага нь хамгийн их хэлбэлзлийг тайлбарласан нь суралцах үйл явцад хувь хүний төлөвшил, хариуцлага, хандлага, дотоод сэдэл, урам зориг, өөртөө итгэх итгэл чухал үүрэгтэйг нотолж байна. Тиймээс хөвгүүдийн хүмүүжил боловсролын хувьд энэ тал дээр хэрхэн анхаарах нь бас чухал асуудал болж байна.

Нийгэм, соёл гэр бүлийн хүчин зүйл илэрсэн нь эмэгтэй сурагчдын сурлагад зөвхөн хувь хүний хүчин зүйл бус, харин гэр бүл, нийгмийн орчин, хүйсийн талаарх соёлын ойлголт чухал нөлөөтэйг харуулж байна. Эцэг эхийн дэмжлэг болон нийгмийн хүлээлт нь сурагчдын суралцахад татагдах байдалд нөлөөлдөг болохыг өмнөх судалгаанууд мөн тэмдэглэсэн байдаг.

Гурав дахь хүчин зүйл болох Боловсролын систем нь боловсролын тогтолцоо, багшийн хандлагын ойлголт сурагчдын математик суралцах үйл явцтай салшгүй холбоотойг илэрхийлж байна. Хэдийгээр энэ хүчин зүйл харьцангуй бага хэлбэлзэл тайлбарласан ч бодлогын түвшинд чухал ач холбогдолтой үр дүн гэж үзэж болно.

Хүйсийн ялгааны үр дүнгээс харахад эмэгтэй оролцогчид хувь хүний онцлог, дотоод сэдэл болон нийгэм-соёлын дэмжлэгийг илүү мэдэрч байгаагаа илэрхийлсэн бол багш нар судалгааны хүчин зүйлстэй илүү санал нийлж байгаа нь харагдсан.

Энэхүү судалгааны үр дүн нь математик боловсролын хүрээнд хувь хүний дотоод сэдэл, төлөвшил, хариуцлага хандлага, итгэл урам зоригийг хамтад нь анхаарах, мөн нийгэм-соёлын орчин болон боловсролын тогтолцооны хүчин зүйлсийг цогцоор нь авч үзэх шаардлагатайг харуулж байна.

Хэлэлцүүлэг

Математикийн шалгалтуудад олон улсын хувьд дунджаар хөвгүүд илүү юмуу ойролцоо түвшинд байхад манай улсын хувьд охидууд хөвгүүдээс илүү байгаагийн шалтгааныг нарийвчлан судлах нь цаашид хөвгүүдийн амжилтыг сайжруулах, хүйсийн тэнцвэрийг хангах үндэс болох юм. Хэдийгээр эмэгтэй сурагчид математикийн гүйцэтгэлээр илүү байгаа нь эерэг үзэгдэл мэт харагдаж болох ч энэ нь хөвгүүдийн боловсролын оролцооны асуудлыг үл хайхрах үндэслэл биш юм. Тиймээс хүйсийн ялгааг зөв ойлгож, шалтгааныг олон талаас нь судлан, боловсролын тэгш боломжийг дэмжих шаардлага чиглэлээр арга хэмжээ авах нь нэн шаардлагатай байна.

Энэхүү судалгааны хувьд математикт охидууд илүү байхад хамгийн их нөлөөлөх зүйл нь хувь хүний онцлог, дотоод сэдэл, төлөвшил, хариуцлага хандлага, итгэл урам зориг байсан. Эндээс математик дахь хөвгүүдийн амжилтыг сайжруулах, хүйсийн тэнцвэрийг хангахад энэ тал дээр анхаарах шаардлагатайг харуулж байна. Тухайлбал, хөвгүүдийн хүмүүжилд анхаарах, багаас нь хариуцлагатай, нямбай, унших чадварыг сайжруулах, эрэгтэй сурагчдыг хичээлээс таслах, хоцрогдохыг багасган математикт сонирхолтой болгох талаар боломжит дэмжлэг арга хэмжээнүүдийг авах нь зүйтэй юм.

Ном зүй

(n.d.). Retrieved from www.1212.mn.

World Bank. (2024). *Mongolia Gender Assessment*.

(2023). Retrieved from <https://moe.gov.mn>.

D.Voyer, a. S. (2014). Gender Differences in Scholastic Achievement: A Meta-Analysis. *Psychological Bulletin*.

David Reilly, D. a. (2014). *Sex Differences in Mathematics Performance: A Meta Analysis of National Assessment of Educational Progress Assessments*.

Ehsan Ghasemi, H. B. (2019). *Gender Differences in General Achievement in Mathematics: An International Study*.

Guiso, L et al. (2008). Culture, gender and math. *Science*, 1164-1165.

- Hyde, J.S et al. (1990). Gender differences in mathematics performance: A meta-analysis. *Psychological Bulletin*, 139-155.
- Kane, J.M & Mertz, J.E. (2011). Debunking myths and gender and mathematics performance. *Notices of the American Mathematical Society*, 10-21.
- M.Lindberg, S. e. (2010). New trends in Gender and Mathematics Performance; A Meta-Analysis. *Psychol Bull*, 1123-1135.
- Meijuan Li, Y. Z. (2018). "Gender Differences in Mathematics Achievement in Beijing: A Meta-analysis.". *British Journal of Educational Psychology*.
- N.Else-Quest, J. a. (2010). "Cross-National Patterns of Gender Difference in Mathematics: A Meta-Analysis". *Psychological Bulletin*.
- OECD. (2023). *PISA 2022 Results (Volume I): The State of Learning and Equity in Education*, . Paris: OECD Publishing.
- OECD. (2023). *PISA2022. National report Mongolia*. Paris: OECD publishing.
- Roman, A and Rica, S. (2020). Gender gaps in PISA test scores: the impact of social norms and the mother's transmission of role attitudes. *Studies of Applied Economics*, 79-108.
- S.K.Ciftci, a. P. (2019). *The Effect of Gender on Algebra Achievement: The Meta-Analysis of Trends in International Mathematics and Science Study (TIMSS)*, ".
- UNESCO. (2022). *Girls' performance in mathematics now equal to boys*.
- Wang et al. (2023). Factors predicting mathematics achievement in PISA: a systematic review. *Large-Scale Assessments in Education*.
- World Bank. (2019). *Gender analysis in education sector of Mongolia: A focus on boys education*. Washington D.C.
- Yan Zhu et al. (2018). Gender equity in mathematical achievement: the case of China. *Educational Studies in Mathematics*, 245-260.
- ИНХЗ. (2024). *Боловсролоос хөндийрч буй хөвгүүд*.
- Энхпүрэв, Э. (2023). Сурагчдын 50 гаруй хувь математикийн хичээлийн гүн хоцрогдолтой байна. (Ikon.mn, Interviewer)

Gender Gaps in Mathematics Performance (Mongolian and International Comparative Study)

Oyunchimeg.D

^aDepartment of Mathematics, SMNS, MNUE

Corresponding author: oyunchimeg.d@msue.edu.mn

 <https://orcid.org/0009-0002-7344-1037>

Abstract

Internationally, male students outperform female students in large-scale mathematics tests such as PISA and TIMSS on average, while in Mongolia, female students outperform male students in mathematics tests on average. For example, in the mathematics subject of the PISA 2022 international test, Mongolian girls scored an average of 427 points and boys scored an average of 422, or 5 points higher than boys. Also, female students consistently outperform male students in the average score of the EESC for university entrance.

This study aims to compare the performance of students in Mongolia and other countries on large-scale mathematics tests, to clarify the reasons why Mongolian female students outperform male students, and to identify what needs to be done to redress the gender imbalance in mathematics performance. Among the possible reasons that may influence female students' superiority over male students, a survey was conducted among 380 people and a factor analysis was conducted to determine which reason was the most prevalent.

The results of the study indicated that the personality characteristics, beliefs, and attitudes of female students were the most important reasons and influencing factors.

Keywords: Girls' achievement, gender difference, causes, and influencing factors

Ерөнхий боловсролын сургуулийн багш ажлаасаа гарахад нөлөөлж буй “push–pull” хүчин зүйлсийн судалгаа

С.Жамъян, О.Алтангоо

МУБИС, МБУС, Физикийн тэнхим

Холбоо барих зохиогч: altangoo@msue.edu.mn

 <https://orcid.org/0009-0000-6995-9138>

Хүлээн авсан: 2026.04.10

Засварласан: 2026.05.11

Хэвлэлтэд авсан: 2026.05.25

Хураангуй

Сүүлийн жилүүдэд багшийн мэргэжлийн тогтвор суурьшил, ажлаас гарах үзэгдэл нь дэлхийн боловсролын тогтолцооны тулгамдсан асуудлын нэг болж, боловсролын чанар, суралцагчдын сурлагын амжилт, боловсролын байгууллагын тогтвортой үйл ажиллагаанд шууд нөлөөлөх болсон. Ялангуяа хөдөлмөрийн зах зээлийн өрсөлдөөн нэмэгдэх, дижитал шилжилт эрчимжих, багшийн ажлын ачаалал өсөх зэрэг нь боловсролын салбарт хүний нөөцийн тогтвортой байдлыг алдагдуулах эрсдэлийг нэмэгдүүлж байна. Монгол Улсын хувьд ерөнхий боловсролын сургуулиудад багшийн хомсдол, ялангуяа байгалийн ухааны чиглэлийн мэргэжлийн багш нарын дутагдал нэмэгдэж байгаа нь боловсролын салбарын тогтвортой хөгжилд сөргөөр нөлөөлөх хүчин зүйл болж байна. Иймээс багшийн ажлаас гарах шийдвэрт нөлөөлж буй “түлхэх” (push) болон “татах” (pull) хүчин зүйлсийг онол, эмпирикийн түвшинд судлах шаардлага зүй ёсоор тавигдаж байна. Энэхүү судалгааны зорилго нь ерөнхий боловсролын сургуулийн багш нарын ажлаас гарах шийдвэрт нөлөөлж буй “push” болон “pull” хүчин зүйлсийг тодорхойлон шинжлэх, тэдгээрийн харилцан хамаарлыг илрүүлэхэд оршино. Судалгаанд тоон болон чанарын судалгааны аргыг хослуулан ашиглаж, ерөнхий боловсролын сургуулийн багш нараас асуулга, ярилцлагын аргаар мэдээлэл цуглуулан статистик болон агуулгын шинжилгээ хийсэн. Судалгааны хүрээнд багшийн ажлын орчин, ажлын ачаалал, цалин хөлс, байгууллагын дэмжлэг, ажлын стресс, мэргэжлийн хөгжлийн боломж, хөдөлмөрийн зах зээлийн өрсөлдөөн зэрэг хүчин зүйлсийг судалсан болно.

Судалгааны үр дүнгээс харахад ажлын хэт ачаалал, цалин хөлсний хангалтгүй байдал, байгууллагын удирдлагын дэмжлэг сул байх, ажлын стресс болон ажлаас халшрах хам шинж нь багш нарыг мэргэжлээсээ түлхэх хамгийн хүчтэй хүчин зүйлс болж байгааг тогтоов. Ялангуяа залуу багш нарын хувьд карьерын өсөлтийн боломж хязгаарлагдмал байх, нийгмийн үнэлэмж буурах, ажлын бодит нөхцөл нь мэргэжлийн хүлээлттэй нийцэхгүй байх нь ажлаас гарах эрсдэлийг нэмэгдүүлж байна. Харин “pull” хүчин зүйлсийн хувьд хувийн хэвшлийн өндөр цалин, ажлын уян хатан нөхцөл, дижитал боловсролын зах зээл, онлайн сургалтын боломж, карьерын өсөлт бүхий бусад салбарын ажлын байр нь багш нарыг боловсролын салбараас өөр чиглэл рүү татах хүчтэй нөлөө үзүүлж байгааг тодорхойлов. Түүнчлэн байгалийн ухааны багш нарын хувьд мэдээллийн технологи, инженерчлэл, уул уурхайн салбарын хөдөлмөрийн зах зээлийн өрсөлдөөн өндөр байгаа нь багшийн тогтвор суурьшилд онцгой сөрөг нөлөө үзүүлж байгааг илрүүлсэн.

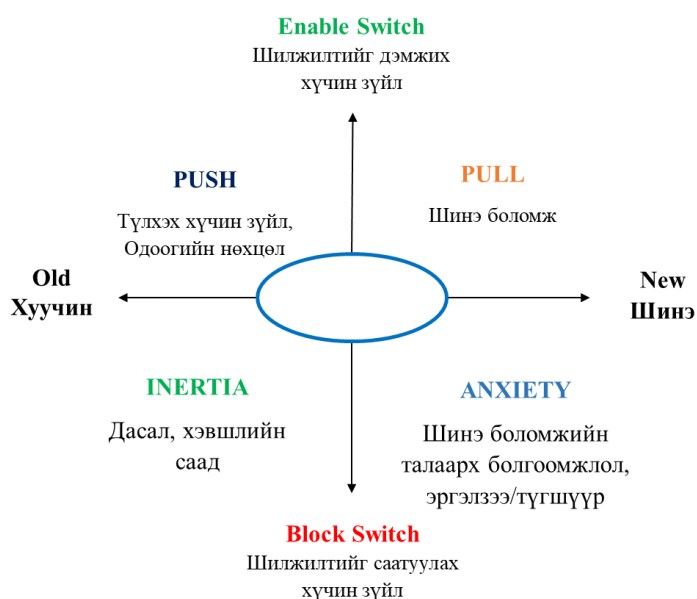
Судалгааны үр дүн нь багшийн ажлаас гарах үзэгдэл нь зөвхөн хувь хүний сонголт бус, байгууллагын орчин, боловсролын бодлого, хөдөлмөрийн зах зээлийн нөхцөл зэрэг олон хүчин зүйлийн харилцан үйлчлэлийн үр дүн болохыг харуулж байна. Иймээс багшийн тогтвор суурьшлыг хангахын тулд багшийн цалин хөлсний бодлогыг боловсронгуй болгох, ажлын ачааллыг бууруулах, байгууллагын дэмжлэгийг сайжруулах, мэргэжлийн хөгжлийг дэмжих, багшийн нийгмийн үнэлэмжийг нэмэгдүүлэх бодлогын цогц арга хэмжээг хэрэгжүүлэх шаардлагатай байна.

Түлхүүр үг

Багшийн тогтвор суурьшил, push- pull хүчин зүйл, ажлаас гарах, боловсролын бодлого

Удиртгал

Сүүлийн жилүүдэд дэлхийн боловсролын тогтолцоонд багшийн мэргэжлийн тогтвор суурьшил, ажлаас гарах үзэгдэл нь боловсролын чанар, тогтвортой хөгжлийн чухал үзүүлэлтүүдийн нэг болж байна. Багш нь боловсролын системийн үндсэн хүчин зүйл бөгөөд суралцагчдын мэдлэг, чадвар, үнэт зүйлсийн төлөвшилд шууд нөлөөлдөг. Иймээс багшийн тогтвор суурьшил алдагдах нь зөвхөн хүний нөөцийн асуудал бус, харин сургалтын чанар, суралцагчдын сурлагын амжилт, боловсролын хүртээмжид сөргөөр нөлөөлөх системийн шинжтэй асуудал болдог (OECD, 2019). Дэлхийн олон улс оронд багшийн ажлаас гарах түвшин өсөж байгаа бөгөөд зарим оронд жил бүр нийт багш нарын 5–10 хувь нь мэргэжлээ орхиж байгаа талаар UNESCO (2023)-ийн тайланд дурдсан байдаг. Энэ нь боловсролын тогтолцооны тогтвортой байдалд ноцтой эрсдэл үүсгэж, ялангуяа залуу багш нарыг тогтоон барих асуудлыг боловсролын бодлогын тэргүүлэх чиглэл болгож байна.



Зураг 1. “Push-Pull” хүчин зүйл

Эх сурвалж: Everett S. Lee “A Theory of Migration”, 1966 он

Багшийн ажлаас гарах үзэгдлийг тайлбарлахад хөдөлмөрийн зах зээл болон шилжилт хөдөлгөөний онолын хүрээнд хөгжсөн “Push–Pull” буюу түлхэх ба татах хүчин зүйлийн онол өргөн хэрэглэгддэг. Энэхүү онолыг /Зураг 1/ Америкийн эрдэмтэн Эверетт С. Ли (Lee, 1966) анх хүн амын шилжилт хөдөлгөөнийг тайлбарлах зорилгоор боловсруулсан бөгөөд хүмүүс тодорхой орчноос гарахад хүргэдэг “түлхэх” хүчин зүйлс болон өөр орчин руу татдаг “татах” хүчин зүйлсийн харилцан үйлчлэлээр шийдвэр гаргадаг гэж үзсэн. Хожим энэхүү онолыг боловсролын судалгаанд ашиглаж, багшийн ажлаас гарах үзэгдлийг тайлбарлах онолын чухал үндэс болгожээ.

“Push” хүчин зүйлс нь багшийг одоогийн ажлын байрнаас гарахад хүргэж буй сөрөг нөхцөлүүдийг илэрхийлдэг бөгөөд

үүнд ажлын хэт ачаалал, цалин хөлсний хангалтгүй байдал, удирдлагын дэмжлэг сул байх, ажлын стресс, ажлаас халшрах хам шинж, байгууллагын шударга бус соёл зэрэг хүчин зүйлс багтдаг. Харин “Pull” хүчин зүйлс нь багшийг өөр байгууллага, салбар руу татах эерэг боломжуудыг илэрхийлэх бөгөөд илүү өндөр цалин, карьерын өсөлт, ажлын уян хатан нөхцөл, мэргэжлийн хөгжлийн боломж зэрэг нь голлон хамаардаг (Guarino, Santibanez, & Daley, 2006). Иймээс багшийн ажлаас гарах шийдвэр нь зөвхөн хувь хүний сонголт бус, байгууллагын дотоод орчин, хөдөлмөрийн зах зээл, нийгэм-эдийн засгийн нөхцөл зэрэг олон хүчин зүйлийн нийлмэл үр дүн гэж үздэг.

Олон улсын судалгаанууд багшийн тогтвор суурьшилд нөлөөлөх хүчин зүйлсийг олон талаас нь судалсан байдаг. Richard Ingersoll (2001) багшийн хомсдолын асуудлыг судлахдаа багшийн нийлүүлэлтээс илүүтэй сургуулиуд багшаа тогтоон барьж чадахгүй байгаа “revolving door” буюу “шилждэг хаалга”-ны үзэгдэл давамгайлж байгааг онцолсон. Түүний судалгаагаар сургуулийн удирдлагын дэмжлэг сул байх, багшийн шийдвэр гаргах эрх хязгаарлагдмал байх, ажлын орчны сөрөг уур амьсгал зэрэг нь багшийн ажлаас гарах гол шалтгаан болдог болохыг тогтоожээ. Үүнтэй уялдан Borman ба Dowling (2008) нарын мета-шинжилгээнд ажлын ачаалал, ажлын стресс, байгууллагын дэмжлэггүй байдал нь багшийн тогтвор суурьшилд хамгийн хүчтэй сөрөг нөлөө үзүүлдэг болохыг дурдсан байдаг. Мөн багшийн ажлаас халшрах хам шинжийг тайлбарлах онолын чухал суурь нь

Maslach-ийн ажлаас халшрах хам шинжийн онол юм. Maslach, Schaufeli, Leiter (2001) нар ажлаас халшрах хам шинжийг сэтгэлзүйн ядаргаа, ажлын үр бүтээмж буурах, ажилдаа хөндий хандах байдлаар тодорхойлсон бөгөөд багшийн мэргэжил нь сэтгэлзүйн өндөр ачаалал шаарддаг тул халшралд өртөх эрсдэл өндөртэй болохыг тайлбарласан. Ялангуяа сурагчдын сахилга бат, эцэг эхийн дарамт, бичиг цаасны ачаалал зэрэг нь багшийн ажлын стрессийг нэмэгдүүлдэг талаар олон судалгаанд дурдсан байдаг. Сүүлийн жилүүдэд дижитал шилжилт, хөдөлмөрийн зах зээлийн өөрчлөлт нь багшийн ажлаас гарахад нөлөөлөх шинэ хүчин зүйлсийг бий болгож байна. Heit, Vieira, Duke (2025) нар байгалийн ухаан чиглэлийн багш нарын хөдөлгөөнд хийсэн судалгаагаар мэдээллийн технологи, инженерчлэл, уул уурхайн салбарын өндөр цалин, карьерын өсөлтийн боломж нь багш нарыг боловсролын салбараас өөр салбар руу татах хүчтэй “pull” хүчин зүйл болж байгааг тогтоосон. Үүнээс гадна онлайн боловсролын платформ, цахим сургалтын зах зээл өргөжиж буй нь багш нарт чөлөөт ажилтан хэлбэрээр ажиллах шинэ боломжуудыг бий болгож, хөдөлмөрийн зах зээлийн өрсөлдөөнийг нэмэгдүүлж байна.

Монгол Улсын хувьд багшийн тогтвор суурьшлын асуудал мөн адил хурцадмал шинжтэй байна. Боловсрол, шинжлэх ухааны яамны (2024) статистик мэдээгээр ерөнхий боловсролын сургуулиудад багшийн орон тооны дутагдал, ялангуяа математик, физик, англи хэл, мэдээллийн технологийн чиглэлд өндөр байгаа нь тогтоогдсон. Үүнээс гадна орон нутагт ажиллаж буй багш нарын хувьд нийгмийн үйлчилгээ, дэд бүтцийн хүртээмж сул, мэргэжлийн хөгжлийн боломж хязгаарлагдмал байгаа нь нийслэл рүү шилжих хөдөлгөөнийг нэмэгдүүлж байна. Монголын боловсролын тогтолцоонд багшийн ажлын ачаалал зөвхөн хичээл заах үйл ажиллагаагаар хязгаарлагдахгүй бөгөөд цахим тайлагнал, бичиг баримтын ажил, арга хэмжээ зохион байгуулах, эцэг эхтэй харилцах зэрэг нэмэлт үүргүүд нэмэгдэж байгаа нь багшийн стрессийг өсгөж, ажлаас гарах эрсдэлийг нэмэгдүүлж байна.

Монгол Улсад хийсэн зарим судалгаанууд багшийн ажлаас халшрах хам шинж болон стрессийн асуудлыг авч үзсэн байдаг. Тухайлбал, А.Норовбадамын (2024) судалгаанд ЕБС-ийн багш нарын ажлаас халшрах хам шинж нь стресс, сэтгэл гутрал, түгшүүртэй статистикийн ач холбогдол бүхий хамааралтай болохыг тогтоосон. Мөн Ц.Хонгорзулын (2022) судалгаагаар багшийн стрессийн түвшин нэмэгдэх тусам ажлаас халшрах хам шинжийн эрсдэл өсөж, харин хувь хүний уян хатан чанар нь хамгаалах хүчин зүйл болж байгааг онол-эмпирикийн түвшинд тайлбарласан байна. Эдгээр судалгаанууд нь Монголын нөхцөлд багшийн ажлын орчин, сэтгэлзүйн дарамт, нийгмийн үнэлэмжийн асуудал нь багшийн тогтвор суурьшилд хүчтэй нөлөөлж байгааг харуулж байна. Гэсэн хэдий ч Монгол Улсад багшийн ажлаас гарах үзэгдлийг “Push–Pull” онолын хүрээнд системтэйгээр судалсан судалгаа харьцангуй хомс байна. Одоогийн судалгаанууд ихэвчлэн ажлын стресс, ажлаас халшрах хам шинж, цалин хөлсний асуудлыг тус тусад нь авч үзсэн бөгөөд багшийн ажлаас гарах шийдвэрийг олон хүчин зүйлийн харилцан үйлчлэлийн хүрээнд цогцоор нь шинжилсэн судалгаа хангалтгүй байна. Иймээс ерөнхий боловсролын сургуулийн багш нарын ажлаас гарах шийдвэрт нөлөөлж буй push болон pull хүчин зүйлсийг онолын болон эмпирик түвшинд тодорхойлон шинжлэх нь боловсролын бодлого боловсруулах, багшийн тогтвор суурьшлыг дэмжих арга хэмжээг төлөвлөхөд чухал ач холбогдолтой юм.

Судалгааны арга зүй

Энэхүү судалгаа нь ерөнхий боловсролын сургуулийн багш нарын ажлаас гарахад нөлөөлж буй push болон pull хүчин зүйлсийг тодорхойлох зорилготой бөгөөд судалгааг холимог аргазүйн (mixed-methods) хандлагад тулгуурлан зохион байгуулсан. Судалгаанд тоон болон чанарын судалгааны аргыг хослуулан ашиглаж, багшийн ажлаас гарахад нөлөөлж буй байгууллагын, сэтгэлзүйн, эдийн засгийн болон хөдөлмөрийн зах зээлийн хүчин зүйлсийг цогцоор нь шинжилсэн. Судалгааны хамрах хүрээнд ерөнхий боловсролын сургуулиас ажлаасаа гарсан багш нарыг сонгон хамруулсан бөгөөд өгөгдлийг асуулга болон ярилцлагын аргаар цуглуулсан. Тоон судалгааны хүрээнд 5 шатлалтай Likert-ийн хэмжүүр бүхий асуулгын хуудсыг боловсруулан хэрэглэсэн бөгөөд судалгааны хэрэгсэл нь нийт 4

бүлэг, 42 асуултаас бүрдсэн. Асуулгын бүтэц нь демографийн үзүүлэлт, push хүчин зүйлс, pull хүчин зүйлс, байгууллагын орчин болон мэргэжлийн сэтгэл ханамжийн үзүүлэлтүүдийг хамарсан. Судалгааны асуулгын найдвартай байдлыг Cronbach's alpha коэффициентээр үнэлсэн бөгөөд найдвартай байдлын түвшин хангалттай гарсан нь судалгааны хэрэгсэл тогтвортой, дотоод нийцэл сайтай болохыг харуулсан.

Чанарын судалгааны хүрээнд багш нартай хагас бүтэцчилсэн ярилцлага зохион байгуулж, ажлаас гарахад нөлөөлсөн шалтгаан, байгууллагын орчин, хөдөлмөрийн зах зээлийн нөлөөлөл, мэргэжлийн үнэлэмжийн талаарх үзэл бодлыг тодруулсан. Ярилцлагын мэдээлэлд агуулгын шинжилгээ хийж, давтагдах санаа, нийтлэг хандлага, гол сэдвүүдийг ангилан боловсруулсан. Судалгааны үр дүнг push–pull онол, ажлаас халшрах хам шинжийн онол болон байгууллагын дэмжлэгийн онолын хүрээнд тайлбарлаж, багшийн тогтвор суурьшилд нөлөөлөх хүчин зүйлсийн харилцан хамаарлыг тодорхойлон дүгнэсэн.

Судлагдсан байдал

Багшийн мэргэжлийн тогтвор суурьшил, ажлаас гарах үзэгдэл нь боловсрол судлал, хөдөлмөрийн эдийн засаг, байгууллагын менежментийн салбарт өргөн хүрээнд судлагдсан асуудлын нэг бөгөөд боловсролын чанар, сургуулийн тогтвортой хөгжилтэй шууд холбоотой болохыг олон улсын судалгаанууд онцолдог. Судлаачид багшийн ажлаас гарах үзэгдлийг хувь хүний, байгууллагын болон нийгэм-эдийн засгийн хүчин зүйлсийн нийлмэл нөлөөллийн үр дүн гэж үздэг бөгөөд энэхүү үзэгдлийг тайлбарлахад “Push–Pull” онол, ажлаас халшрах хам шинжийн онол, байгууллагын дэмжлэгийн онол зэрэг онолын хандлагуудыг өргөн ашиглаж байна. Багшийн ажлаас гарах үзэгдлийг системийн түвшинд тайлбарласан хамгийн нөлөө бүхий судалгааны нэг нь Richard Ingersoll (2001)-ийн судалгаа юм. Тэрээр багшийн хомсдолын асуудлыг зөвхөн багшийн нийлүүлэлттэй холбон тайлбарлах нь хангалтгүй бөгөөд сургуулиуд багшаа тогтоон барьж чадахгүй байгаа “revolving door” буюу “шилждэг хаалга”-ны үзэгдэл давамгайлж байгааг онцолсон. Ingersoll-ийн судалгаагаар сургуулийн удирдлагын дэмжлэг сул байх, багшийн мэргэжлийн бие даасан байдал хязгаарлагдмал байх, сурагчдын сахилга баттай холбоотой хүндрэлүүд нь багшийн ажлаас гарах гол шалтгаанууд болохыг тогтоожээ. Тэрээр багшийн урсгал хөдөлгөөн өндөр байх нь боловсролын байгууллагын тогтвортой байдалд сөргөөр нөлөөлж, сургалтын чанарыг бууруулдаг болохыг онцолсон байдаг. Үүнтэй уялдан Guarino, Santibanez, Daley (2006) нар багшийн хөдөлгөөнд нөлөөлөх хүчин зүйлсийг судалж, багшийн ажлаас гарах шийдвэр нь цалин хөлс, ажлын орчин, мэргэжлийн өсөлт, хувь хүний онцлог зэрэг олон хүчин зүйлсийн харилцан үйлчлэлийн үр дүн болохыг тодорхойлсон. Тэдний судалгаанд багшийн тогтвор суурьшилд байгууллагын дэмжлэг, ажлын орчны чанар хамгийн хүчтэй нөлөө үзүүлдэг болохыг дурдсан байдаг. Мөн Borman ба Dowling (2008) нар багшийн тогтвор суурьшилтай холбоотой 30 гаруй судалгаанд мета-шинжилгээ хийж, ажлын хэт ачаалал, ажлын стресс, байгууллагын дэмжлэггүй байдал, цалин хөлсний хангалтгүй байдал зэрэг хүчин зүйлс нь багшийн ажлаас гарахад хамгийн хүчтэй нөлөөлдөг болохыг тогтоосон. Тэд багшийн ажлаас гарах үзэгдэл нь зөвхөн эдийн засгийн асуудал бус, харин ажлын орчин болон байгууллагын соёлтой нягт холбоотой болохыг онцолсон байна.

Багшийн ажлаас халшрах хам шинжийн талаар хийсэн судалгаанууд багшийн сэтгэлзүйн хүчин зүйлсийг онцгойлон авч үздэг. Maslach, Schaufeli, Leiter (2001) нар ажлаас халшрах хам шинжийг сэтгэлзүйн ядаргаа, ажилдаа хөндий хандах байдал, мэргэжлийн үр бүтээмж буурах зэрэг шинжээр тодорхойлсон бөгөөд багшийн мэргэжил нь сэтгэлзүйн өндөр ачаалал шаарддаг учир халшралд өртөх эрсдэл өндөртэй болохыг тайлбарласан. Тэдний судалгаагаар ажлын орчны тогтворгүй байдал, удирдлагын дарамт, сурагч болон эцэг эхийн өндөр хүлээлт нь багшийн стрессийг нэмэгдүүлдэг болохыг тогтоожээ. Сүүлийн үеийн судалгаанууд багшийн ажлаас гарахад дижитал шилжилт болон

хөдөлмөрийн зах зээлийн өөрчлөлт хүчтэй нөлөөлж байгааг харуулж байна. Amitai ба Van Houtte (2022) нар байгууллагын соёл, системийн дарамт, нийгмийн үнэлэмжийн бууралт нь багш нарыг мэргэжлээсээ “түлхэгдэх” мэдрэмж төрүүлдэг болохыг социологийн үүднээс тайлбарласан. Тэд багшийн ажлаас гарах үзэгдэл нь зөвхөн хувь хүний шийдвэр биш, боловсролын байгууллагын бүтэц, удирдлагын соёлтой нягт холбоотой болохыг онцолсон байна. Мөн Heit, Vieira, Duke (2025) нарын судалгаагаар дижитал шилжилтийн эрин үед байгалийн ухааны чиглэлийн багш нар мэдээллийн технологи, инженерчлэл, уул уурхайн салбар руу шилжих хандлага нэмэгдэж байгаа бөгөөд хувийн хэвшлийн өндөр цалин, карьерын өсөлтийн боломж нь хүчтэй “pull” хүчин зүйл болж байгааг тогтоосон байна. Судлаачид дижитал эдийн засгийн өсөлт нь боловсролын салбарын хөдөлмөрийн зах зээлд шинэ өрсөлдөөнийг бий болгож, байгалийн ухааны багш нарын тогтвор суурьшилд сөргөөр нөлөөлж байгааг онцолсон.

Олон улсын байгууллагуудын тайлангууд ч багшийн тогтвор суурьшлын асуудлыг онцгойлон авч үздэг. OECD (2019)-ийн “Education at a Glance” тайланд багшийн ажлын ачаалал, ажлын орчны чанар, мэргэжлийн нэр хүнд нь багшийн хөдөлгөөнд хүчтэй нөлөөлдөг болохыг дурдсан. Түүнчлэн UNESCO (2023)-ийн “Global Education Monitoring Report”-д дэлхий дахинд багшийн хомсдол нэмэгдэж байгаа бөгөөд ялангуяа хөгжиж буй орнуудад багшийн цалин хөлс, ажлын нөхцөл хангалтгүй байгаа нь боловсролын тогтолцооны тогтвортой байдалд эрсдэл үүсгэж байгааг онцолжээ.

Монгол Улсад багшийн ажлаас халшрах хам шинж, стресс, тогтвор суурьшлын асуудлыг судалсан цөөнгүй судалгаа бий. Тухайлбал, А.Норовбадам (2024) судалгаандаа ЕБС-ийн багш нарын ажлаас халшрах хам шинж нь стресс, түгшүүр, сэтгэл гутралтай статистикийн ач холбогдол бүхий хамааралтай болохыг тогтоосон. Судалгааны үр дүнд ажлын ачаалал болон сэтгэлзүйн дарамт нь багшийн тогтвор суурьшилд хүчтэй сөрөг нөлөө үзүүлдэг болохыг онол-эмпирикийн түвшинд баталсан байна. Мөн Ц.Хонгорзул (2022) судалгаандаа стрессийн түвшин өндөр байх тусам ажлаас халшрах хам шинжийн эрсдэл нэмэгддэг бөгөөд хувь хүний уян хатан чанар нь хамгаалах хүчин зүйл болж байгааг тодорхойлсон. Энэхүү судалгаа нь багшийн сэтгэлзүйн тогтвортой байдал болон байгууллагын дэмжлэгийн ач холбогдлыг харуулсан байна. Гэсэн хэдий ч Монгол Улсад багшийн ажлаас гарах үзэгдлийг “Push–Pull” онолын хүрээнд цогцоор нь авч үзсэн судалгаа харьцангуй хомс байна. Өмнөх судалгаанууд ихэвчлэн ажлын стресс, ажлаас халшрах хам шинж, цалин хөлсний асуудлыг тус тусад нь судалсан бөгөөд багшийн ажлаас гарах шийдвэрт нөлөөлж буй байгууллагын болон хөдөлмөрийн зах зээлийн хүчин зүйлсийн харилцан хамаарлыг системтэй шинжилсэн судалгаа хангалтгүй байна. Иймээс ерөнхий боловсролын сургуулийн багш нарын ажлаас гарах шийдвэрт нөлөөлж буй push болон pull хүчин зүйлсийг онолын болон эмпирик үндэслэлтэйгээр тодорхойлон судлах шаардлага зүй ёсоор тавигдаж байна.

Судалгааны үр дүн

Энэхүү судалгаанд ерөнхий боловсролын сургуулийн ажлаасаа гарсан багш нарыг хамруулан багшийн ажлаас гарахад нөлөөлж буй push болон pull хүчин зүйлсийг тодорхойлох зорилгоор асуулга судалгаа явуулж, үр дүнд нь статистик болон агуулгын шинжилгээ хийв. Судалгааг тоон судалгааны аргад тулгуурлан зохион байгуулж, өгөгдлийг 5 шатлалтай Likert-ийн хэмжүүр бүхий асуулгын аргаар цуглуулсан. Судалгааны хэрэгсэл нь нийт 4 бүлэг, 42 асуултаас бүрдсэн бөгөөд асуулгын дотоод найдвартай байдлыг Cronbach’s alpha коэффициентээр үнэлэхэд найдвартай байдлын түвшин хангалттай гарсан нь судалгааны хэрэглэгдэхүүн тогтвортой болохыг илтгэж байна (Cronbach, 1951).

Судалгаанд оролцогчдын демографийн үзүүлэлтээс харахад нийт оролцогчдын 67.5% нь эмэгтэй, 32.5% нь эрэгтэй багш байсан бөгөөд энэ нь Монголын боловсролын салбар дахь эмэгтэй багш нарын давамгайл оролцооны нийтлэг бүтэцтэй нийцэж байна. Насны бүтцийн хувьд оролцогчдын 67.5%-ийг 20–29 насны залуу багш нар эзэлж байсан нь ажлаас гарах үзэгдэл мэргэжлийн эхний жилүүдэд илүү өндөр байгааг харуулж байна. Мөн нийт оролцогчдын 65% нь 1–3 жилийн ажлын туршлагатай байсан нь шинээр ажилд орсон багш нар ажлын орчин, ачаалал, мэргэжлийн тогтворжилтын асуудалд илүү өртөмтгий байж болохыг илтгэж байна. Энэ нь Ingersoll (2001)-ийн

багшийн урсгал хөдөлгөөн мэргэжлийн эхний жилүүдэд хамгийн өндөр байдаг гэсэн дүгнэлттэй нийцэж байна.

Push хүчин зүйлсийн судалгааны үр дүнгээс харахад багшийн ажлаас гарахад хамгийн хүчтэй нөлөөлсөн хүчин зүйл нь цалин урамшууллын хангалтгүй байдал байв. Судалгаанд оролцогчдын өндөр хувь нь багшийн хөдөлмөрийн үнэлэмж болон эдийн засгийн нөхцөл хангалтгүй байгаа нь ажлаас гарах шийдвэрт шууд нөлөөлсөн гэж үзсэн байна. Үүний дараагаар ажлын ачаалал, ажлын стресс, мэргэжлийн хөгжлийн боломж хязгаарлагдмал байх, удирдлагын дэмжлэг дутагдах зэрэг хүчин зүйлс өндөр давтамжтай илэрсэн. Мөн сургалтаас бусад нэмэлт ажил үүрэг, тайлан мэдээ, бичиг баримтын ачаалал нь багшийн ажлын үндсэн чиг үүргээс давсан дарамт болж байгаа нь тогтоогдсон. Энэ нь багшийн ажлын сэтгэл ханамж буурах, ажлаас халшрах хам шинж үүсэх нөхцөлийг нэмэгдүүлж байгааг харуулж байна. Maslach, Schaufeli, Leiter (2001) нарын судалгаанд ажлын хэт ачаалал болон сэтгэлзүйн дарамт нь ажлаас халшрах хам шинжийн гол хүчин зүйлс болохыг дурдсан бөгөөд энэхүү судалгааны үр дүнтэй нийцэж байна.

Судалгааны үр дүнд байгууллагын дотоод орчин багшийн тогтвор суурьшилд чухал нөлөөтэй болох нь мөн тодорхой харагдсан. Тухайлбал, удирдлагын дэмжлэг, ойлголт хангалтгүй байх, багшийн бие даан шийдвэр гаргах эрх мэдэл хязгаарлагдмал байх, багшийг үнэлэх урамшууллын тогтолцоо шударга бус байх зэрэг нь ажлаас гарах шийдвэрт нөлөөлөх чухал хүчин зүйлсийн нэг байв. Түүнчлэн сурагчдын хүмүүжил, эцэг эхийн хандлага, хамт олны уур амьсгал зэрэг нийгэм-сэтгэлзүйн орчны хүчин зүйлс багшийн ажлын сэтгэл ханамжид шууд нөлөөлж байгааг оролцогчид онцолсон байна. Энэ нь Borman ба Dowling (2008)-ийн байгууллагын дэмжлэг болон ажлын орчны чанар багшийн тогтвор суурьшилд хүчтэй нөлөөлдөг гэсэн дүгнэлттэй нийцэж байна. Мөн Amitai ба Van Houtte (2022) нар байгууллагын соёл болон системийн дарамт нь багш нарыг ажлаасаа гарахад хүргэдэг болохыг тодорхойлсон нь энэхүү судалгааны үр дүнгээр давхар батлагдаж байна.

“Pull” хүчин зүйлсийн судалгааны үр дүнгээс харахад багш нарыг өөр ажлын байр, өөр салбар руу татаж буй гол хүчин зүйлс нь илүү таатай ажлын орчин, өндөр цалин хангамж, карьерын өсөлтийн боломж байв. Судалгаанд оролцогчдын дийлэнх нь хувийн хэвшлийн байгууллагын ажлын нөхцөл, байгууллагын соёл, уян хатан орчин нь илүү таатай гэж үзсэн байна. Мөн өөрийгөө шинэ мэргэжлийн чиглэлээр сорих хүсэл, мэргэжлийн хөгжлийн илүү өргөн боломж, сургалт семинарт хамрагдах нөхцөл зэрэг нь багш нарыг өөр салбар руу шилжихэд нөлөөлж байгааг илрүүлэв. Guarino, Santibanez, Daley (2006) нарын судалгаагаар илүү өндөр цалин, карьерын өсөлтийн боломж, байгууллагын эерэг орчин нь багшийн хөдөлгөөнд хүчтэй pull хүчин зүйл болдог болохыг дурдсан бөгөөд энэхүү судалгааны үр дүнтэй ижил хандлага ажиглагдаж байна.

Ялангуяа байгалийн ухааны чиглэлийн багш нарын хувьд мэдээллийн технологи, инженерчлэл, уул уурхайн салбарын хөдөлмөрийн зах зээлийн өрсөлдөөн өндөр байгаа нь багшийн тогтвор суурьшилд сөргөөр нөлөөлж байгааг судалгааны үр дүн харуулж байна. Энэ нь Heit, Vieira, Duke (2025)-ийн дижитал шилжилтийн үед багш нар хувийн хэвшил рүү шилжих хандлага нэмэгдэж байгаа тухай судалгаатай нийцэж байна. Судлаачид багш нарын хувьд хөдөлмөрийн зах зээл дэх өндөр цалин, карьерын боломж нь боловсролын салбараас өөр салбар руу шилжих гол шалтгаан болж байгааг онцолсон байдаг.

Нээлттэй асуулгын үр дүнгээс харахад багшийн ажлаас гарахад хамгийн их нөлөөлсөн хүчин зүйлс нь цалин хөлс, ажлын ачаалал, удирдлагын харилцаа, хамт олны уур амьсгал байсан бол багшийн мэргэжилдээ үлдэх урам зоригийг сурагчид, хамт олны эерэг харилцаа, ажлын утга учиртай байдал бүрдүүлж байгааг оролцогчид онцолсон. Энэ нь Herzberg (1968)-ийн “Motivation–Hygiene Theory”-ийн хүрээнд тайлбарлагдах боломжтой бөгөөд материаллаг нөхцөл хангалтгүй байх нь ажлын сэтгэл ханамжгүй байдлыг үүсгэдэг бол харилцаа, хүлээн зөвшөөрөгдөх байдал, ажлын үнэ цэн нь ажлын урам зоригийг нэмэгдүүлдэг болохыг тайлбарласан байдаг. Ийнхүү судалгааны үр дүнгээс харахад багшийн ажлаас гарах үзэгдэл нь нэг хүчин зүйлээс бус, байгууллагын дотоод орчин, эдийн засгийн нөхцөл, ажлын ачаалал, хөдөлмөрийн зах зээлийн өрсөлдөөн, хувь хүний карьерын чиг баримжаа зэрэг

олон хүчин зүйлийн харилцан үйлчлэлийн үр дүн болох нь тодорхой байна. Ялангуяа “push” хүчин зүйлс буюу ажлын сөрөг нөхцөлүүд багш нарыг боловсролын салбараас түлхэж байгаа бол “pull” хүчин зүйлс буюу илүү таатай нөхцөл, карьерын боломж нь өөр салбар руу татаж байна. Иймээс багшийн тогтвор суурьшлыг нэмэгдүүлэхийн тулд цалин урамшууллын бодлогыг боловсронгуй болгох, ажлын ачааллыг бууруулах, байгууллагын дэмжлэгийг сайжруулах, мэргэжлийн хөгжлийн боломжийг өргөжүүлэх, багшийн нийгмийн үнэлэмжийг нэмэгдүүлэх бодлогын цогц арга хэмжээг хэрэгжүүлэх шаардлагатай байна (OECD, 2019; UNESCO, 2023).

Дүгнэлт

Энэхүү судалгаагаар ерөнхий боловсролын сургуулийн багш нарын ажлаас гарах шийдвэр нь зөвхөн нэг хүчин зүйлээс бус, харин push болон pull хүчин зүйлсийн харилцан үйлчлэлийн үр дүн болохыг онолын болон эмпирик түвшинд тодорхойлов. Судалгааны үр дүнгээс харахад ажлын хэт ачаалал, цалин хөлсний хангалтгүй байдал, ажлын стресс, байгууллагын удирдлагын дэмжлэг сул байх, багшийн мэргэжлийн үнэлэмж буурах зэрэг нь багш нарыг боловсролын салбараас “түлхэх” (push) гол хүчин зүйлс болж байна. Ялангуяа сургалтаас гадуурх нэмэлт ажил үүрэг, бичиг баримтын ачаалал, ажил ба хувийн амьдралын тэнцвэр алдагдах байдал нь багшийн ажлын сэтгэл ханамж буурч, ажлаас халшрах хам шинж үүсэхэд хүчтэй нөлөөлж байгааг судалгааны үр дүн харууллаа. Энэ нь Maslach, Schaufeli, Leiter (2001)-ийн ажлаас халшрах хам шинжийн онол болон Ingersoll (2001)-ийн “revolving door” онолын үзэл баримтлалтай нийцэж байна.

Судалгааны үр дүнгээс байгууллагын дотоод орчин багшийн тогтвор суурьшилд онцгой ач холбогдолтой болох нь тодорхой харагдсан. Тухайлбал, удирдлагын дэмжлэг сул байх, багшийн бие даан шийдвэр гаргах эрх мэдэл хязгаарлагдмал байх, урамшууллын тогтолцоо шударга бус байх, хамт олны харилцаа таагүй байх зэрэг нь ажлаас гарах шийдвэрт хүчтэй нөлөөлж байв. Үүнээс үзэхэд багшийн тогтвор суурьшил нь зөвхөн эдийн засгийн нөхцөлөөс бус, байгууллагын соёл, удирдлагын менежмент, ажлын орчны чанартай шууд холбоотой болохыг энэхүү судалгаа баталж байна. Энэ нь Borman ба Dowling (2008), Amitai ба Van Houtte (2022) нарын байгууллагын дэмжлэг болон соёл нь багшийн урсгал хөдөлгөөнд чухал нөлөө үзүүлдэг гэсэн судалгааны дүгнэлттэй нийцэж байна.

Нөгөө талаас, илүү өндөр цалин хангамж, карьерын өсөлтийн боломж, ажлын уян хатан нөхцөл, мэргэжлийн хөгжлийн өргөн боломж бүхий байгууллагууд нь багш нарыг өөр салбар руу “татах” (pull) хүчин зүйл болж байгааг тогтоов. Ялангуяа байгалийн ухааны чиглэлийн багш нарын хувьд мэдээллийн технологи, инженерчлэл, уул уурхайн салбарын хөдөлмөрийн зах зээлийн өрсөлдөөн өндөр байгаа нь боловсролын салбарт тогтвортой ажиллах сонирхлыг бууруулж байгааг илрүүлсэн. Энэ нь Heit, Vieira, Duke (2025)-ийн дижитал шилжилтийн эрин үед байгалийн ухааны багш нарын хөдөлгөөн нэмэгдэж байгаа тухай судалгааны үр дүнтэй нийцэж байна. Иймээс боловсролын салбар нь хөдөлмөрийн зах зээлийн шинэ өрсөлдөөний нөхцөлд багшийн хүний нөөцийг тогтвортой хадгалах бодлогын шинэчлэл хийх шаардлагатай болж байна. Мөн судалгааны үр дүнгээс залуу багш нар, ялангуяа 1–3 жилийн ажлын туршлагатай багш нар ажлаас гарах эрсдэл өндөр байгааг тодорхойлов. Энэ нь мэргэжлийн эхний жилүүдэд ажлын орчинд дасан зохицох байдал, мэргэжлийн дэмжлэг, карьерын чиг баримжаа, ажлын ачаалал зэрэг хүчин зүйлс онцгой нөлөөтэй болохыг харуулж байна. Иймээс шинээр ажилд орж буй багш нарт зориулсан мэргэжлийн чиглүүлэг, зөвлөн туслах тогтолцоо, сэтгэлзүйн болон байгууллагын дэмжлэгийг боловсронгуй болгох шаардлагатай байна. Судалгааны нээлттэй асуулгын үр дүнгээс багшийн мэргэжилдээ үлдэх урам зоригийг сурагчидтай ажиллах сэтгэл ханамж, хамт олны эерэг уур амьсгал, ажлын утга учир, нийгмийн үнэ цэн бүрдүүлж байгааг оролцогчид онцолсон. Энэ нь Herzberg (1968)-ийн Motivation–Hygiene Theory-тэй нийцэж байгаа бөгөөд материаллаг нөхцөл хангалтгүй байх нь ажлын сэтгэл ханамжгүй байдлыг үүсгэдэг бол ажлын үнэ цэн, хүлээн зөвшөөрөгдөх байдал, харилцааны эерэг орчин нь ажлын урам зоригийг нэмэгдүүлдэг болохыг баталж байна. Ийнхүү энэхүү судалгааны үр дүн нь багшийн ажлаас гарах үзэгдэл нь хувь хүний сонголтоос давсан, байгууллагын орчин, хөдөлмөрийн зах зээл, боловсролын бодлого, нийгэм-эдийн засгийн нөхцөлтэй уялдсан олон хүчин зүйлийн нийлмэл асуудал болохыг харууллаа. Иймээс багшийн тогтвор суурьшлыг хангахын тулд цалин урамшууллын бодлогыг боловсронгуй болгох,

ажлын ачааллыг бууруулах, сургалтаас гадуурх нэмэлт ажлыг оновчтой зохицуулах, байгууллагын дэмжлэг болон удирдлагын менежментийг сайжруулах, мэргэжлийн хөгжлийн боломжийг өргөжүүлэх, багшийн нийгмийн үнэлэмжийг нэмэгдүүлэх зэрэг бодлогын болон байгууллагын түвшний цогц арга хэмжээг хэрэгжүүлэх шаардлагатай байна. Түүнчлэн багшийн ажлын орчны сэтгэлзүйн болон нийгмийн хүчин зүйлсийг анхаарч, багшийн мэргэжлийн сайн сайхан байдлыг дэмжих тогтолцоог хөгжүүлэх нь боловсролын тогтолцооны тогтвортой хөгжлийн чухал нөхцөл болохыг энэхүү судалгаа харуулж байна.

Ном зүй

- Amitai, G., & Van Houtte, M. (2022). Teachers' attrition and organizational culture. *Educational Studies*, 48(2), 201–220.
- Borman, G. D., & Dowling, N. M. (2008). Teacher attrition and retention: A meta-analytic review. *Review of Educational Research*, 78(3), 367–409.
- Frederick, H. (1968). One more time: How do you motivate employees? *Harvard Business Review*, 46(1), 53–62.
- Frederick, H., Mausner, B., & Snyderman, B. B. (1959). *The motivation to work* (2nd ed.). John Wiley & Sons.
- Guarino, C. M., Santibañez, L., & Daley, G. A. (2006). Teacher recruitment and retention: A review of the recent empirical literature. *Review of Educational Research*, 76(2), 173–208. <https://doi.org/10.3102/00346543076002173>
- Hanushek, E. A., Rivkin, S. G., & Schiman, J. C. (2016). Dynamic effects of teacher turnover. *Education Finance and Policy*, 11(4), 381–406.
- Heit, R., Vieira, A., & Duke, K. (2025). Digital transformation and STEM teacher mobility. *Journal of Educational Change*, 26(1), 45–63.
- Ingersoll, R. M. (2001). Teacher turnover and teacher shortages. *American Educational Research Journal*, 38(3), 499–534.
- OECD. (2019). *Education at a glance 2019*. OECD Publishing.
- UNESCO. (2023). *Global education monitoring report*. UNESCO Publishing.

An analysis of push–pull factors affecting teacher attrition in general education schools

Jamiyan.S, Altangoo.O

Department of Physics, SMNS, MNUE

Corresponding author: altangoo@msue.edu.mn

 <https://orcid.org/0009-0000-6995-9138>

Abstract

Teacher retention and attrition have become critical challenges in global education systems, directly influencing educational quality, student achievement, and institutional sustainability. In Mongolia, increasing teacher shortages, particularly in natural science subjects, have raised serious concerns regarding the long-term stability of the education sector. This study investigates the push and pull factors influencing teacher attrition in general education schools and explores their interrelationships.

A mixed-methods design was adopted, integrating quantitative survey data and qualitative interview findings. Data were collected from general education school teachers and analyzed using statistical and content analysis techniques. The study focused on key dimensions including workload, salary, organizational support, job stress, burnout, professional development opportunities, and labor market dynamics.

The results indicate that excessive workload, inadequate remuneration, weak institutional support, occupational stress, and burnout are the dominant push factors leading to teacher attrition. In addition, limited career progression and low social recognition significantly increase attrition risk, particularly among early-career teachers. Pull factors include higher salaries in the private sector, flexible working arrangements, expansion of the digital education market, and alternative career opportunities in other industries. For science teachers, strong demand in sectors such as information technology and engineering further exacerbates attrition.

The study concludes that teacher attrition is a multidimensional phenomenon shaped by the interaction of institutional, economic, and labor market forces, highlighting the need for comprehensive, evidence-based teacher retention policies.

Keywords: Teacher retention, push–pull factors, teacher turnover, education policy

Дээд боловсролын байгууллага дахь цахим сургалтын орчныг удирдахад тулгарч буй бэрхшээл ба шийдвэрлэх арга зам

Д.Баяраа

МУБИС, МБУС, Химийн тэнхим

Холбоо барих зохиогч: bayaraad@msue.edu.mn

 <https://orcid.org/0009-0001-4437-929X>

Хүлээн авсан: 2026.04.10

Засварласан: 2026.05.11

Хэвлэлтэд авсан: 2026.05.25

Хураангуй

Энэхүү судалгаанд дээд боловсролын байгууллагын цахим сургалтын орчны удирдлагад тулгарч буй бэрхшээлүүдийг тодорхойлж, шийдвэрлэх арга замыг судалсан. Баримт бичгийн шинжилгээ, асуулга болон харьцуулсан шинжилгээний аргаар багш, сургалтын менежментийн түвшинд тулгамдаж буй асуудлуудыг илрүүлэв. Үр дүнгээс үзэхэд техникийн дэд бүтцийн сул байдал, дижитал ур чадварын ялгаа, сургалтын материалын стандартгүй байдал, үнэлгээний уялдаа хангалтгүй байдал зэрэг нь гол нөлөө үзүүлж байна. Мөн бодлого, зохион байгуулалтын уян хатан бус байдал нь цахим сургалтын үр нөлөөг бууруулж байна. Иймд дэд бүтцийг сайжруулах, дижитал чадамжийг нэмэгдүүлэх, нэгдсэн стандарт ба удирдлагын тогтолцоог боловсронгуй болгох шаардлагатай бөгөөд энэ нь цахим сургалтын чанарыг дээшлүүлэхэд чухал ач холбогдолтой юм.

Түлхүүр үг

Цахим сургалт, дээд боловсрол, сургалтын менежмент, дижитал ур чадвар, цахим орчин

Удиртгал

Сүүлийн жилүүдэд мэдээлэл, харилцаа холбооны технологийн хурдацтай хөгжил нь дэлхий дахины дээд боловсролын тогтолцоонд суурь шинжтэй өөрчлөлт авчирч, сургалтын үйл ажиллагаанд цахим сургалт (e-learning), холимог сургалт (blended learning), уян хатан болон гибрид сургалтын хэлбэрүүдийг өргөнөөр нэвтрүүлэх нөхцөлийг бүрдүүлж байна. Дижитал шилжилтийн (digital transformation) энэхүү үйл явц нь боловсролын салбарт мэдлэг дамжуулах уламжлалт, багш төвтэй загварыг өөрчилж, суралцагч төвтэй, интерактив, технологид суурилсан сургалтын шинэ парадигмыг бий болгож байна (OECD, 2020; UNESCO, 2021). Үүний үр дүнд дээд боловсролын байгууллагуудын сургалтын чанар, хүртээмж, уян хатан байдал, тасралтгүй байдлыг хангах шинэ шаардлага бий болсон. Ялангуяа COVID-19 цар тахлын үе болон түүний дараах нөхцөл байдал нь их, дээд сургуулиудын сургалтын тогтолцоог богино хугацаанд цахим хэлбэрт шилжүүлэх бодит шаардлагыг бий болгосон бөгөөд энэ нь цахим сургалтын хөгжлийг хурдасгаж, боловсролын салбарт стратегийн түвшний шинэчлэл хийх хэрэгцээг улам нэмэгдүүлсэн (World Bank, 2022). Ингэснээр цахим сургалт нь зөвхөн нэмэлт эсвэл түр зуурын шийдэл бус, харин дээд боловсролын үндсэн бүрэлдэхүүн хэсэг болон хөгжих хандлагатай болсон.

Цахим сургалтын орчин нь зөвхөн мэдээллийн технологийн платформ, тухайлбал Learning Management System (LMS)-ийн хэрэглээгээр хязгаарлагдахгүй бөгөөд энэ нь сургалтын менежмент, багш-суралцагчийн харилцаа, сургалтын агуулгын боловсруулалт, үнэлгээний тогтолцоо, өгөгдөлд суурилсан хяналт зэрэг олон бүрэлдэхүүн хэсгийг хамарсан цогц экосистем юм (Moore, Dickson-Deane, & Galyen, 2011). Иймээс цахим сургалтын үр дүн нь зөвхөн технологийн хүртээмжээс бус, харин байгууллагын удирдлага, зохион байгуулалт, стратегийн төлөвлөлт, хүний нөөцийн хөгжил, багшийн мэргэжлийн ур чадвараас шууд хамаарч байна (Garrison & Vaughan, 2008).

Онолын хувьд цахим сургалтын хөгжил нь конструктивизм болон коннективизм (connectivism) зэрэг суралцахуйн онолуудтай нягт холбоотой. Конструктивист онолоор мэдлэг нь суралцагчийн идэвхтэй оролцоо, туршлага дээр тулгуурлан бүтээгддэг бол коннективизмын онолоор мэдлэг нь сүлжээ, харилцаа холбоо, дижитал орчин дахь холболтоор дамжин бий болдог гэж үздэг (Siemens, 2004; Anderson, 2008). Энэ нь цахим сургалтын орчныг зөвхөн технологийн шийдэл бус, харин сургалтын үйл явц, харилцаа, хамтын ажиллагаа, мэдээллийн урсгалын цогц систем болохыг харуулж байна.

Гэсэн хэдий ч дээд боловсролын байгууллагуудад цахим сургалтын орчныг үр дүнтэй удирдах, тогтвортой хөгжүүлэх явцад олон талт бэрхшээлүүд тулгарсаар байна. Эдгээрт дижитал дэд бүтцийн хангалтгүй байдал, интернетийн хүртээмжийн ялгаа, техник хангамжийн хязгаарлалт, багш болон оюутны дижитал ур чадварын зөрүү, сургалтын контентийн стандартчилал сул, үнэлгээний системийн уялдаа хангалтгүй байдал зэрэг асуудлууд багтдаг (UNDP Mongolia, 2022; World Bank, 2022). Мөн байгууллагын түвшний бодлого, зохион байгуулалтын уян хатан бус байдал нь цахим сургалтын тогтвортой хөгжлийг хязгаарлаж байна (UNESCO, 2020).

Түүнчлэн багш нарын цахим сургалтын арга зүйн мэдлэг, сургалтын контент боловсруулах чадвар хангалтгүй байх нь сургалтын чанарт шууд нөлөөлж, цахим сургалтын үр ашгийг бууруулж байна. Энэ нь хүний нөөцийн хөгжлийн асуудлыг цахим сургалтын амжилтын гол хүчин зүйл болгон авч үзэх шаардлагатайг харуулж байна (Kirkwood & Price, 2014). Үүнээс гадна оюутны идэвх сул, өөрөө удирдан суралцах чадвар хангалтгүй байх нь цахим сургалтын үр нөлөөг бууруулах чухал хүчин зүйл болдог (Picciano, 2017).

Ийм нөхцөлд их, дээд сургуулиуд цахим сургалтын орчныг үр дүнтэй удирдах, тогтвортой хөгжүүлэхийн тулд зөвхөн технологийн шинэчлэл бус, харин байгууллагын менежментийн шинэ хандлага, дата-д суурилсан шийдвэр гаргалт, сургалтын дизайн, хүний нөөцийн хөгжлийн цогц бодлогыг хэрэгжүүлэх шаардлагатай болж байна. Судлаачдын үзэж байгаагаар цахим сургалтын амжилт нь технологийн хүртээмжээс илүүтэйгээр байгууллагын стратеги төлөвлөлт, багшийн мэргэжлийн хөгжил, суралцагчийн идэвхтэй оролцоо, үнэлгээний тогтолцооны уялдаа холбооноос ихээхэн хамаардаг (Siemens, 2013; Picciano, 2017).

Монгол Улсын хувьд их, дээд сургуулиудад цахим сургалтын систем тодорхой хэмжээнд нэвтэрсэн боловч түүний удирдлага, зохион байгуулалт, чанарын баталгаажуулалтын түвшин хангалтгүй хэвээр байна. Дижитал дэд бүтцийн хөгжлийн ялгаатай байдал, багш болон оюутны дижитал ур чадварын зөрүү, сургалтын материалын стандартчиллын сул байдал, үнэлгээний тогтолцооны уялдаа хангалтгүй байдал зэрэг нь цахим сургалтын үр нөлөөг бууруулах гол хүчин зүйл болж байна.

Эдгээр нөхцөл байдлыг үндэслэн энэхүү судалгааны асуудал нь: дээд боловсролын байгууллагад цахим сургалтын орчны удирдлагад ямар бэрхшээлүүд тулгарч байгаа бөгөөд тэдгээрийг онол, практикийн үндэслэлтэйгээр хэрхэн үр дүнтэй шийдвэрлэх боломжтой вэ? гэсэн хэлбэрээр тодорхойлогдож байна. Иймээс энэхүү судалгааны **зорилго** нь дээд боловсролын байгууллагад цахим сургалтын орчны удирдлагад тулгарч буй гол бэрхшээлүүдийг тодорхойлж, тэдгээрийг шийдвэрлэх боломжит арга замуудыг онол, эмпирик үндэслэлтэйгээр судлахад оршино.

Судалгааны зорилгоос үндэслэн дараах таамаглалуудыг дэвшүүлэв:

H1: Технологийн дэд бүтэц, багшийн дижитал ур чадвар, сургалтын контентийн чанар нь цахим сургалтын удирдлагын үр нөлөөнд статистикийн ач холбогдол бүхий эерэг нөлөө үзүүлнэ.

H2: Оюутны идэвх оролцоо нь цахим сургалтын үр дүнтэй статистикийн ач холбогдол бүхий эерэг хамааралтай байна.

Судалгааны арга зүй нь холимог (mixed-method) хандлагад тулгуурласан бөгөөд Монгол Улсын 6 их, дээд сургуулийн 98 багш, 45 удирдах ажилтан хамрагдсан. Судалгаанд баримт бичгийн шинжилгээ, асуулга судалгаа болон харьцуулсан шинжилгээний аргуудыг ашигласан.

Асуулгын найдвартай байдлыг Cronbach's alpha коэффициентээр шалгасан бөгөөд дотоод нийцэл өндөр ($\alpha = 0.87$) байв.

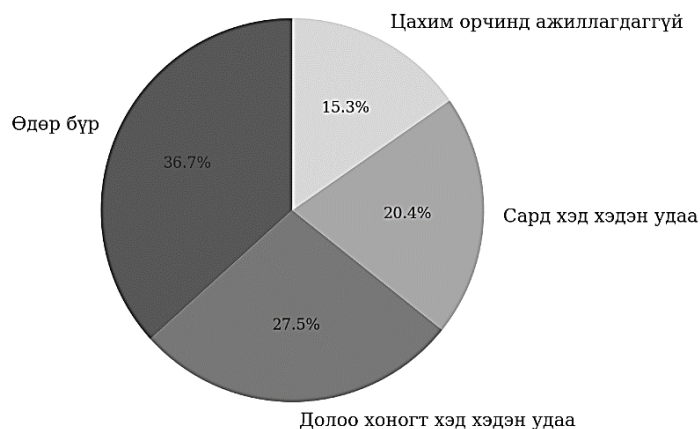
Хүчин төгөлдөр байдлыг агуулгын хүчин төгөлдөр байдал болон 5 мэргэжилтний үнэлгээнд тулгуурлан баталгаажуулсан бөгөөд $CVI = 0.91$ гэж гарсан. Корреляцийн шинжилгээгээр багш болон удирдлагын үнэлгээ, цахим сургалтын удирдлагын хүчин зүйлсийн хооронд статистикийн ач холбогдол бүхий эерэг хамаарал илэрсэн ($r = 0.62$, $p < 0.05$).

Монголын нөхцөлд хийгдсэн өмнөх судалгаанууд нь ихэвчлэн дэд бүтэц, хүртээмж, багшийн бэлтгэл зэрэг ерөнхий түвшний асуудлыг авч үзсэн боловч цахим сургалтын менежментийг байгууллагын системийн түвшинд, олон хүчин зүйлийн харилцан хамаарлын хүрээнд гүнзгий шинжилсэн судалгаа харьцангуй хомс байна. Иймээс энэхүү судалгаа нь цахим сургалтын орчныг зөвхөн технологийн бус, харин менежмент ба байгууллагын цогц системийн түвшинд үнэлж байгаагаараа онцлогтой юм.

СУДАЛГААНЫ ҮР ДҮН

Судалгааны үр дүнг багш ($n=98$)-ын асуулгын мэдээлэлд үндэслэн тайлбарлах статистик (descriptive statistics) болон корреляцийн шинжилгээгээр боловсруулсан бөгөөд үр дүнг хувь хэмжээ, давтамж, дундаж үзүүлэлтээр илэрхийлсэн.

Судалгаанд хамрагдсан багш нарын 36.73% нь цахим сургалтын орчинд өдөр бүр, 27.55% нь долоо хоногт хэд хэдэн удаа ажилладаг бол 15.31% нь огт ашигладаггүй гэж хариулсан нь цахим сургалтын хэрэглээ тогтмол болсон ч байгууллага хоорондын жигд бус байдал байгааг харуулж байна. Энэхүү үр дүн нь Garrison & Vaughan (2008)-ийн blended learning-ийн онолд дурдсантай нийцэж байгаа бөгөөд цахим сургалт нь институцийн түвшинд жигд бус нэвтэрсэн нөхцөлд үр ашиг нь харилцан адилгүй байдаг гэдгийг баталж байна.

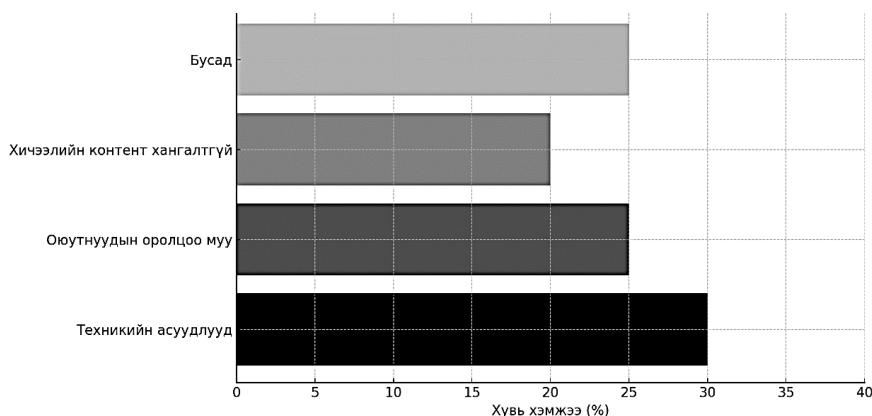


Зураг 1. Цахим сургалтын орчинд ажиллах үйл явц

Багш нарын үнэлгээгээр тулгарч буй гол бэрхшээлүүд нь:

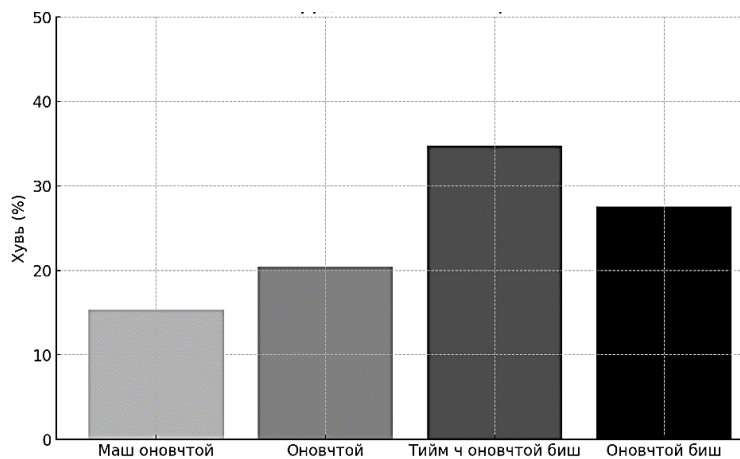
- техникийн асуудал (29.59%)
- оюутны оролцоо сул (25%)
- контентийн хангалтгүй байдал (20.41%) тус тус байна.

Эдгээр үр дүн нь Moore et al. (2011)-ийн “e-learning нь зөвхөн технологи бус харилцаа, агуулга, оролцооны цогц систем” гэсэн үзэлтэй нийцэж байна. Өөрөөр хэлбэл, судалгааны үр дүн нь технологийн асуудлаас гадна сургалтын дизайны болон суралцагчийн оролцооны асуудал цахим сургалтын чанарт илүү хүчтэй нөлөөлж байгааг харуулж байна.



Зураг 2. Цахим хэрэгслүүдийг ашиглахад тулгардаг бэрхшээлүүд

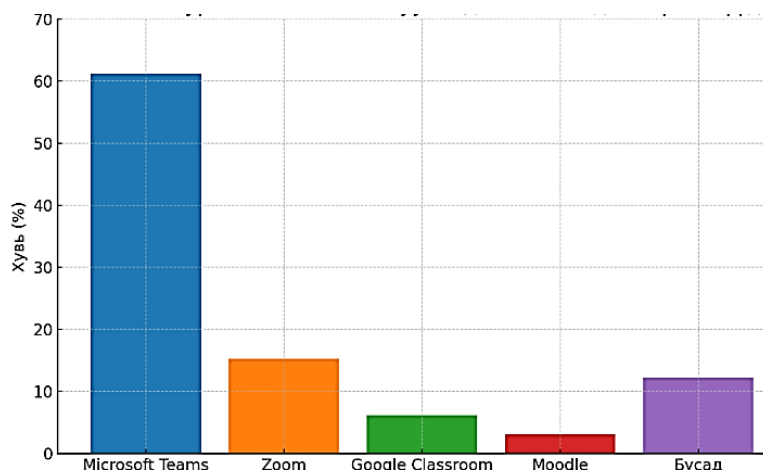
Багш нарын 62.28% нь өөрсдийн боловсруулсан контентыг “оновчгүй” гэж үнэлсэн нь сургалтын материалын стандартчилал сул байгааг илтгэнэ. Энэ нь UNESCO (2021)-ийн цахим боловсролын тайланд дурдсан “контентын чанар нь цахим сургалтын гол амжилтын хүчин зүйл” гэсэн дүгнэлттэй шууд уялдаж байна. Иймээс контент боловсруулах арга зүй, instructional design-ийн чадавхийг сайжруулах шаардлага өндөр байна.



Зураг 3. Цахим сургалтын контентын чанарын үнэлгээ

Судалгаагаар Microsoft Teams (61.22%) давамгайл хэрэглэгдэж байгаа нь байгууллагууд нэг платформд хэт төвлөрсөн байгааг харуулж байна. Харин Moodle (3.10%) зэрэг сургалтын зориулалтын LMS системийн хэрэглээ сул байгаа нь цахим сургалтын оновчтой менежментийн систем бүрэн төлөвшөөгүй байгааг илтгэнэ.

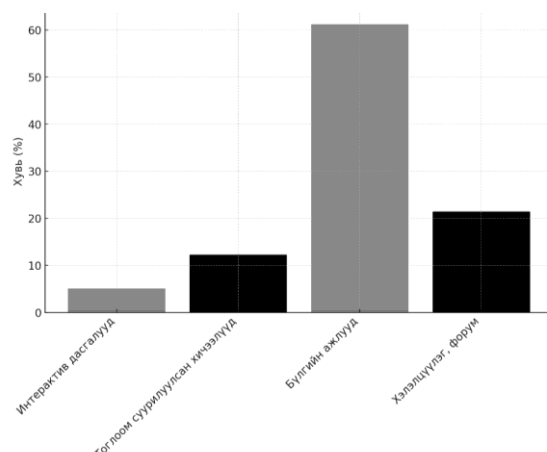
Энэ үр дүн нь OECD (2020)-ийн “learning ecosystem diversity increases resilience” гэсэн дүгнэлттэй зөрчилдөж байгаа бөгөөд платформын төрөлжилт хангалтгүй байх нь системийн уян хатан байдлыг бууруулдаг.



Зураг 4. Онлайн сургалтад ашиглагддаг сургалтын хэлбэрүүд

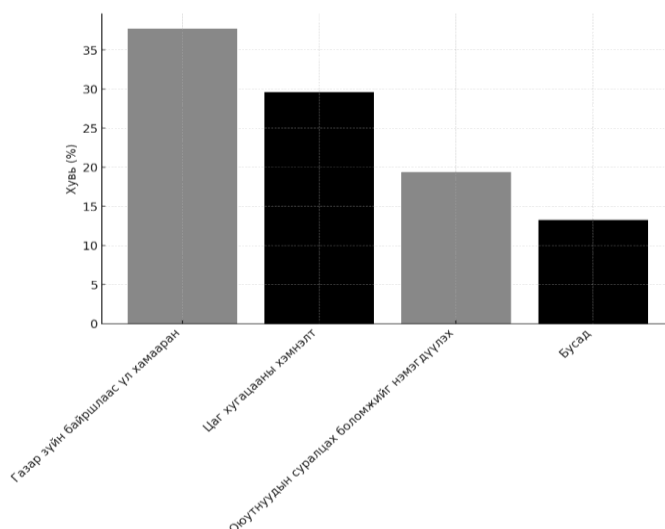
Багш нарын үнэлгээгээр бүлгийн ажил (61.22%) хамгийн үр дүнтэй арга гэж тодорхойлогдсон бол интерактив дасгал (5.10%) хамгийн бага хувьтай байв.

Энэ нь Siemens (2004)-ийн connectivism онолтой нийцэж байгаа бөгөөд мэдлэг нь нийгмийн харилцаа, хамтын ажиллагаанд суурилан бий болдог гэдгийг баталж байна. Гэвч интерактив технологийн хэрэглээ бага байгаа нь цахим сургалтын инновацийн түвшин хангалтгүй байгааг харуулж байна.



Зураг 5. Цахим орчинд оюутнуудын идэвхтэй оролцоог нэмэгдүүлэх үр дүнтэй аргачлалууд

Цахим сургалтын ач холбогдлыг багш нарын 37.76% нь газар зүйн байршлаас үл хамааран ажиллах боломж, 29.59% нь цаг хугацааны хэмнэлт, 19.39% нь суралцах боломжийг нэмэгдүүлэх давуу талтай гэж үзсэн байна.



Зураг 6. Багшийн хувьд цахим сургалтын ач холбогдол

Удирдлагуудаас авсан судалгааны үр дүн

Судалгааны үр дүнг удирдах ажилтан ($n = 45$)-ы асуулгын мэдээлэлд үндэслэн тайлбарлах статистик (descriptive statistics) болон корреляцийн шинжилгээгээр боловсруулсан бөгөөд үр дүнг хувь хэмжээ, давтамж, дундаж үзүүлэлтээр илэрхийлсэн.

Удирдлагын 46.67% нь цахим сургалтыг хэсэгчлэн хэрэгжүүлж байгаа гэж хариулсан нь байгууллагуудын дижитал шилжилт “transition stage”-д байгааг илтгэнэ.

Мөн гол бэрхшээлүүдийг:

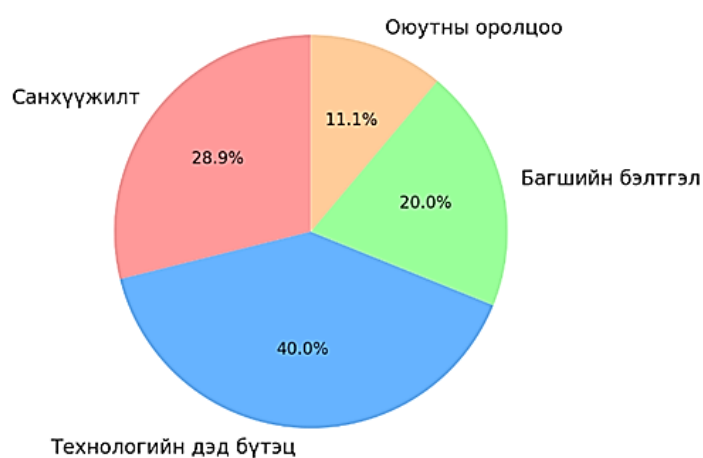
- технологийн дэд бүтэц (40%)
- санхүүжилт (28.89%)
- багшийн бэлтгэл (20%) гэж тус тус тодорхойлсон нь World Bank (2022)-ийн Монгол

Улсын боловсролын салбарын үнэлгээтэй нийцэж байгаа бөгөөд дэд бүтэц ба хүний нөөц нь хамгийн том саад хэвээр байгааг баталж байна.



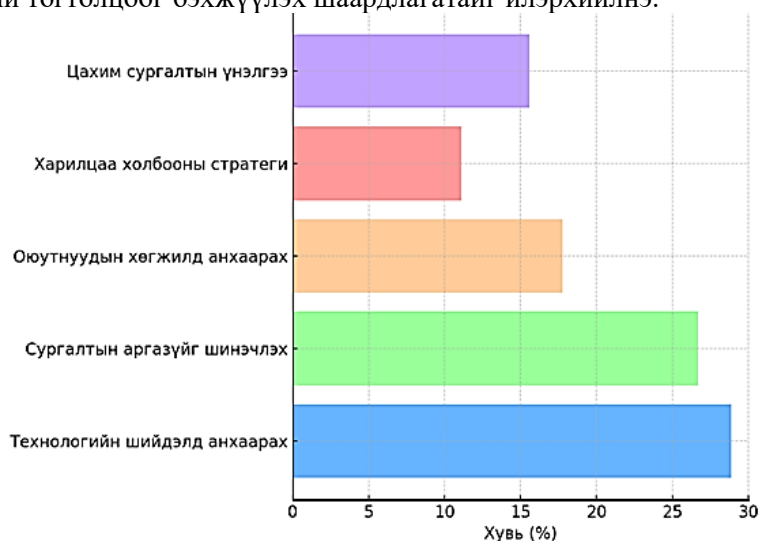
Зураг 7. Сургуулиудын цахим сургалтын технологийн нэвтрүүлэлтийн байдал

Цахим сургалтын орчинд тулгарч буй гол бэрхшээл нь технологийн дэд бүтэц (40%), санхүүжилт (28.89%), багшийн бэлтгэл (20%), оюутны оролцоо (11.11%) гэж тодорхойлогдсон. Эдгээр нь харилцан уялдаатай тул нэгдсэн бодлогоор шийдвэрлэх шаардлагатай.



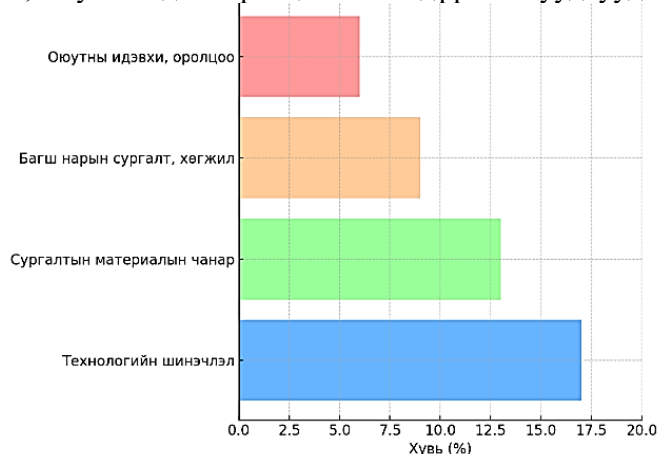
Зураг 8. Цахим сургалтын орчинд тулгарч буй гол бэрхшээлүүд

Цахим сургалтын менежментийн стратегийн хүрээнд технологийн шийдэл (28.89%) болон сургалтын аргазүйн шинэчлэл (26.67%) түлхүү анхаарал татаж байгаа бол харилцаа холбоо (11.11%) болон үнэлгээний арга зүй (15.56%) харьцангуй бага хувийг эзэлж байна. Энэ нь цахим сургалтын удирдлагад харилцаа, үнэлгээний тогтолцоог бэхжүүлэх шаардлагатайг илэрхийлнэ.



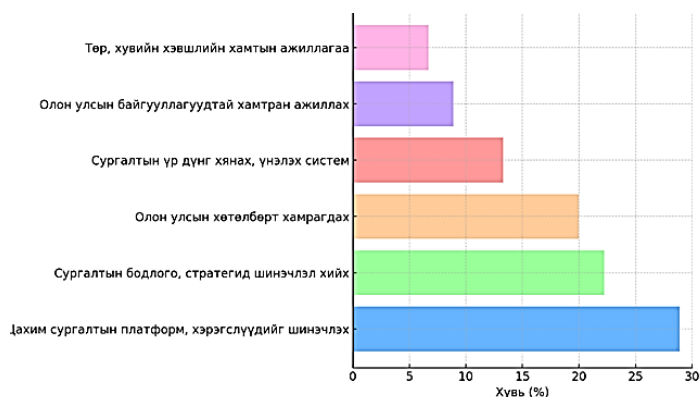
Зураг 9. Цахим сургалтын менежментэд ашиглагддаг стратегиуд

Цахим сургалтыг сайжруулах үр дүнтэй арга хэмжээнд технологийн шинэчлэл, сургалтын материалын чанар, багшийн хөгжил, оюутны идэвх оролцоог нэмэгдүүлэх асуудлуудыг онцолсон.



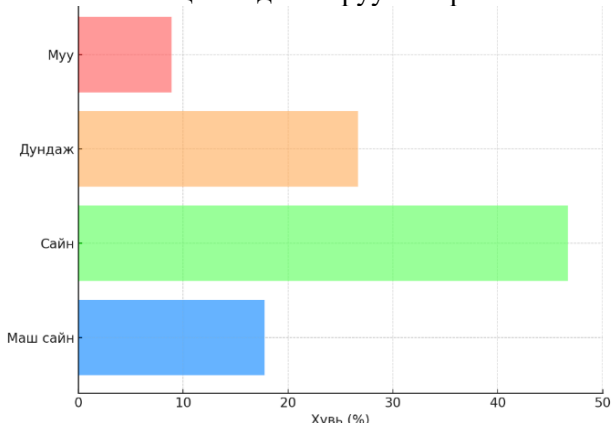
Зураг 10. Цахим сургалтыг сайжруулах үр дүнтэй арга хэмжээнүүд

Сорилт бэрхшээлийг даван туулахад платформ, хэрэгслийг шинэчлэх (28.89%), бодлого, стратегийг үнэлгээнд үндэслэн шинэчлэх (22.22%), олон улсын хөтөлбөрүүдэд хамрагдах (20%) зэрэг арга хэмжээг хэрэгжүүлж байна.



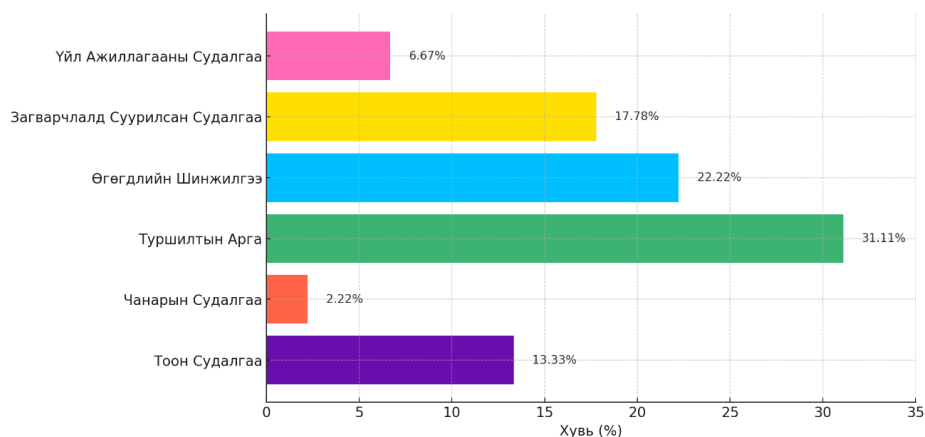
Зураг 11. Цахим сургалтыг нэвтрүүлэхэд тулгарсан сорилтыг даван туулах арга хэмжээнүүд

Технологийн шийдлүүдийг үнэлэхэд удирдлагуудын 64.45% нь “сайн” эсвэл “маш сайн” гэж үнэлсэн нь боломжийн түвшний үнэлгээ боловч цаашид сайжруулах орон зай байгааг харуулж байна.



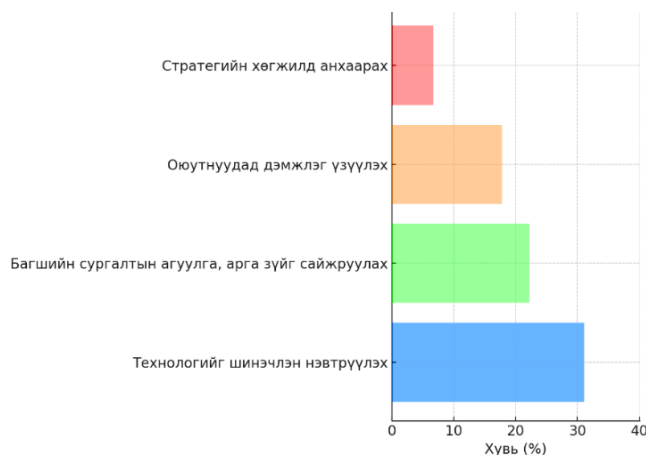
Зураг 12. Сургалтын удирдлагын технологийн шийдлүүдийн үнэлгээ

Стратеги боловсруулахад туршилтын арга (31.11%), өгөгдөлд суурилсан шинжилгээ (22.22%), загварчлал (17.78%) зэрэг судалгааны аргуудыг түлхүү ашиглаж байна.



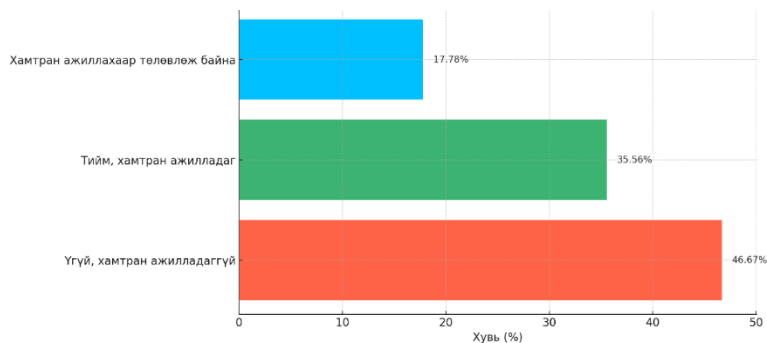
Зураг 13. Цахим сургалтын стратеги боловсруулахад ашигладаг шинжлэх ухааны аргууд

Цахим сургалтын төлөвлөгөөг хэрэгжүүлэх, сайжруулах чиглэлээр судалгаанд оролцогчдын 31.11% нь технологийг шинэчлэн нэвтрүүлэхийг онцолсон нь дэд бүтцийн сайжруулалт хамгийн чухал чиглэл болохыг харуулж байна. Мөн 22.22% нь багшийн сургалтын агуулга, арга зүйг сайжруулах шаардлагатай гэж үзсэн бөгөөд энэ нь сургалтын чанарт шууд нөлөөтэй хүчин зүйл юм. Оюутнуудад дэмжлэг үзүүлэх гэж 17.78% нь хариулсан нь цахим сургалтад тэдний оролцоог нэмэгдүүлэх хэрэгцээ байгааг илтгэнэ. Харин 6.67% нь стратегийн хөгжилд анхаарах шаардлагатай гэж үзсэн нь харьцангуй бага хувьтай байна.



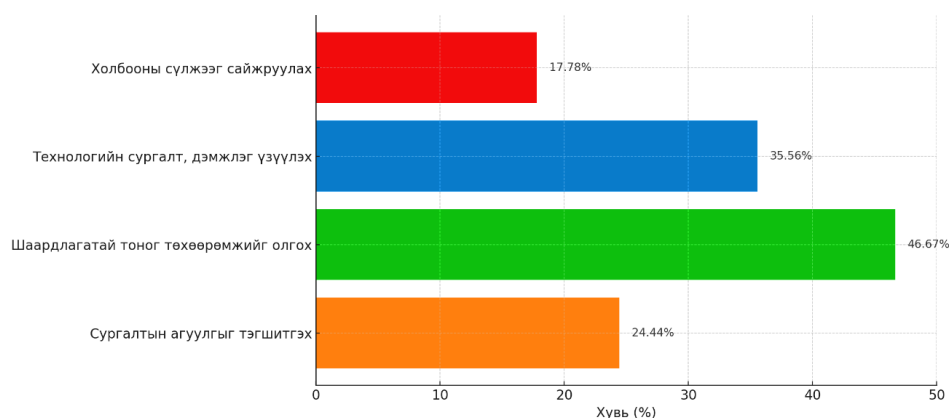
Зураг 14. Цахим сургалтын төлөвлөгөөг хэрэгжүүлэх болон сайжруулах алхмууд

Мөн сургуулиудын 46.67% нь бусад байгууллага, сургуулиудтай хамтран ажилладаггүй гэж хариулсан нь хамтын ажиллагааны сул талыг илтгэнэ. Харин дижитал хүртээмжийг сайжруулахад тоног төхөөрөмжөөр хангах (46.67%), сургалт, дэмжлэг үзүүлэх (35.56%) арга хэмжээг голлон хэрэгжүүлж байна.



Зураг 15. Цахим сургалтын бодлогыг боловсруулахад байгууллага, сургуулиудтай хамтран ажилладаг эсэх Технологийн хангалт болон дижитал хүртээмжийн тэгш бус байдлыг бууруулах чиглэлээр судалгаанд оролцогчдын 46.67% нь шаардлагатай тоног төхөөрөмжөөр хангахыг, 35.56% нь технологийн сургалт, дэмжлэг үзүүлэхийг, 24.44% нь сургалтын агуулгыг тэгш хүртээмжтэй болгохыг, 17.78% нь холбооны сүлжээг сайжруулахыг онцолжээ. Үүнээс харахад сургуулиуд технологийн хүртээмжийг

нэмэгдүүлэхэд материаллаг нөөц, ур чадварын дэмжлэгийг түлхүү анхаарч байна. Мөн сургалтын агуулгын стандартчилал болон сүлжээний дэд бүтцийг сайжруулах нь дижитал тэгш бус байдлыг бууруулахад чухал ач холбогдолтой байна.



Зураг 16. Технологийн хангалт, дижитал хүртээмжийн тэгш бус байдлыг арилгах арга хэмжээүүд

Энэхүү судалгааны үр дүнгээс үзэхэд дээд боловсролын байгууллагын цахим сургалтын орчны удирдлага нь технологийн дэд бүтэц, багшийн дижитал болон мэргэжлийн ур чадвар, сургалтын контентийн чанар, оюутны идэвх оролцоо, байгууллагын удирдлага ба бодлогын уялдаа зэрэг олон хүчин зүйлсийн харилцан хамаарал бүхий цогц систем болох нь тогтоогдсон. Энэ нь цахим сургалтын орчныг дан ганц технологийн шийдэл гэж үзэхээс илүү хүний нөөц, байгууллагын менежмент, сургалтын дизайн, суралцагчийн оролцоог хамарсан нэгдмэл экосистем байдлаар авч үзэх шаардлагатайг харуулж байна.

Онолын хувьд энэхүү үр дүн нь Garrison & Anderson (2003)-ийн *transactional distance theory*-тэй нийцэж байгаа бөгөөд багш-оюутан-технологийн хоорондын харилцааны зай багасах тусам сургалтын чанар сайжирдаг гэсэн үзэл баримтлалыг баталж байна. Мөн Siemens (2004)-ийн *connectivism* онолын дагуу мэдлэг нь хувь хүний дотоод үйл явц төдийгүй харилцаа, сүлжээ, хамтын оролцооны үр дүнд бий болдог бөгөөд энэ нь судалгаанд илэрсэн оюутны оролцооны нөлөөллөөр давхар нотлогдож байна.

Олон улсын судалгааны үр дүнтэй харьцуулахад энэхүү судалгаа нь ерөнхийдөө нийцтэй байна. UNESCO (2021)-ийн тайланд цахим сургалтын амжилт нь дэд бүтэц, багшийн чадавх, бодлогын уялдаанаас шууд хамаардаг гэж үзсэн нь энэхүү судалгааны үр дүнтэй давхцаж байна. Мөн World Bank (2022)-ийн судалгаанд дижитал хүртээмжийн тэгш бус байдал нь хөгжиж буй орнуудын цахим сургалтын гол саад хэвээр байгааг онцолсон бөгөөд энэ асуудал энэхүү судалгаанд мөн адил илэрсэн. Түүнчлэн Garrison & Vaughan (2008)-ийн *blended learning*-ийн онолд байгууллагын зохион байгуулалт болон сургалтын дизайн нь технологийн хүчин зүйлээс илүү нөлөөтэй гэж үзсэн нь энэ судалгаагаар мөн батлагдлаа.

Иймээс цахим сургалтын орчны үр нөлөө нь зөвхөн технологийн боломж, дэд бүтцээс бус, харин байгууллагын стратеги төлөвлөлт, хүний нөөцийн хөгжил, сургалтын дизайн болон суралцагчийн идэвхтэй оролцооны нэгдмэл уялдаа холбооноос хамаардаг нь тодорхой байна.

Судалгааны ерөнхий үр дүнгээс үзэхэд цахим сургалтын орчны удирдлагад нөлөөлөх гол хүчин зүйлс нь технологийн дэд бүтцийн хүртээмж, багшийн дижитал ур чадвар, сургалтын контентийн чанар, оюутны идэвх оролцоо болон байгууллагын удирдлага, бодлогын уялдаа болох нь тогтоогдсон. Эдгээр нь цахим сургалтыг салангид үйл ажиллагаа бус, харин харилцан хамаарал бүхий цогц тогтолцоо гэж үзэх онолын үндэслэлийг баталж байна.

Гэсэн хэдий ч энэхүү судалгаанд тодорхой хязгаарлалт байгааг анхаарах шаардлагатай. Тухайлбал, судалгааны түүвэр нь 6 их сургуулийн багш (n=98) болон удирдах ажилтан (n=45)-аар хязгаарлагдсан тул дээд боловсролын нийт системийг бүрэн төлөөлөх боломж хязгаарлагдмал. Мөн судалгаа нь асуулга судалгаанд суурилсан тул оролцогчдын субъектив үнэлгээ давамгайлсан бөгөөд энэ нь үр дүнгийн объектив байдлыг тодорхой хэмжээгээр хязгаарлаж байна. Үүнээс гадна корреляцийн шинжилгээ ашигласан тул хувьсагчдын хоорондын шалтгаан-үр дагаврын хамаарлыг бүрэн тогтоох боломжгүй байсан. Зарим хувьсагч, тухайлбал дижитал ур чадвар болон сургалтын дизайны хэмжилт харьцангуй ерөнхий түвшинд хийгдсэн нь судалгааны нарийвчлалд тодорхой хязгаарлалт үүсгэж байна.

Ийм нөхцөлд цаашдын судалгаанд цахим сургалтын үр нөлөөг структур тэгшитгэлийн загвар (SEM) ашиглан илүү нарийвчлан шинжлэх, оюутны суралцах үр дүн болон цахим сургалтын орчны хамаарлыг урт хугацааны (longitudinal) судалгаагаар тодорхойлох, багшийн дижитал ур чадварын хөгжлийн динамикийг хэмжих, байгууллагын цахим сургалтын бодлогын үр нөлөөг кейс судалгаагаар харьцуулах, мөн хиймэл оюун ухаанд (AI) суурилсан сургалтын менежментийн нөлөөллийг үнэлэх зэрэг чиглэлүүдийг авч үзэх нь зүйтэй юм.

Ингэснээр энэхүү судалгаа нь дээд боловсролын байгууллагын цахим сургалтын орчны удирдлагын тулгамдсан асуудлыг онол, эмпирик үндэслэлтэйгээр тодорхойлж, түүнийг сайжруулах боломжит чиглэлүүдийг санал болгосон бөгөөд судалгааны үр дүн нь боловсролын бодлого боловсруулагчид болон сургалтын байгууллагын менежментийн түвшинд цахим сургалтын чанар, хүртээмж, тогтвортой хөгжлийг сайжруулахад чухал ач холбогдолтой юм.

Дүгнэлт

1. Судалгааны үр дүнгээс үзэхэд дээд боловсролын байгууллагын цахим сургалтын орчны удирдлага нь олон хүчин зүйлсийн харилцан хамаарал бүхий цогц тогтолцоо бөгөөд түүний үр нөлөөнд технологийн хүртээмж, сургалтын агуулгын чанар, багшийн дижитал ур чадвар, оюутны идэвх оролцоо зэрэг хувьсагчид статистикийн хувьд хамгийн өндөр нөлөөтэй байгааг тогтоосон.
2. Судалгаанд хамрагдсан оролцогчдын үнэлгээнээс харахад цахим сургалтын платформын хэрэглээ харьцангуй тогтворжсон боловч багш, оюутны дундах харилцаа, техникийн дэмжлэг, сургалтын контентийн чанар болон идэвхтэй оролцооны үзүүлэлтүүд дунд болон дундаас доогуур түвшинд үнэлэгдсэн нь сайжруулах шаардлагатайг илтгэж байна.
3. Удирдлагын түвшний үнэлгээгээр цахим сургалтын нэвтрүүлэлтийн түвшин дунд шатанд байгаа бөгөөд дэд бүтцийн хөгжил, санхүүжилтийн тогтвортой байдал, багшийн мэргэжлийн бэлтгэл болон стратегийн төлөвлөлтийн үзүүлэлтүүд харьцангуй сул буюу хангалтгүй түвшинд үнэлэгдсэн байна.
4. Корреляцийн шинжилгээний дүнгээс үзэхэд багшийн дижитал ур чадвар, сургалтын контентийн чанар болон оюутны идэвх оролцоо хооронд статистикийн ач холбогдол бүхий эерэг хамаарал илэрсэн бөгөөд эдгээр хүчин зүйлс нь цахим сургалтын нийт үр дүнд шууд нөлөө үзүүлж байна.

Иймд цахим сургалтын орчныг сайжруулахын тулд багшийн дижитал ур чадварыг системтэй хөгжүүлэх, сургалтын контентын чанарын стандарт тогтоох, интерактив арга зүйг өргөжүүлэх, техникийн дэмжлэгийн тогтолцоог бэхжүүлэх болон байгууллагын түвшний стратегийн төлөвлөлтийг сайжруулах шаардлагатай байна.

Талархал: Энэхүү судалгааны ажлыг гүйцэтгэхэд хамтран ажилласан БоСС-ийн БУТ-ийн хамт олон болон докторант Р. Төгөлдөрт гүн талархал илэрхийлье.

Ном зүй

- Anderson, T. (2008). *The theory and practice of online learning* (2nd ed.). Athabasca University Press. <https://doi.org/10.15215/aupress/9781897425084.01>
- Anderson, T., & Dron, J. (2011). Three generations of distance education pedagogy. *The International Review of Research in Open and Distributed Learning*, 12(3), 80–97. <https://doi.org/10.19173/irrodl.v12i3.890>
- Baig, M. I., Shuib, L., & Yadegaridehkordi, E. (2021). E-learning adoption in higher education: A systematic literature review. *Information Development*, 38(4), 570–588. <https://doi.org/10.1177/02666669211008224>
- Blayone, T. J. B., vanOostveen, R., Barber, W., & DiGiuseppe, M. (2017). Democratizing digital learning: The fully online learning community model. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 14(13). <https://doi.org/10.1186/s41239-017-0051-4>
- Fullan, M. (2007). *The new meaning of educational change* (4th ed.). Teachers College Press.
- Garrison, D. R., & Vaughan, N. D. (2008). *Blended learning in higher education: Framework, principles, and guidelines*. Jossey-Bass.
- Kirkwood, A., & Price, L. (2014). Technology-enhanced learning and teaching in higher education: What is “enhanced” and how do we know? *Learning, Media and Technology*, 39(1), 6–36. <https://doi.org/10.1080/17439884.2013.770404>

- Moore, J. L., Dickson-Deane, C., & Galyen, K. (2011). E-learning, online learning, and distance learning environments: Are they the same? *The Internet and Higher Education*, 14(2), 129–135. <https://doi.org/10.1016/j.iheduc.2010.10.001>
- OECD. (2020). *Education in the digital age: Healthy and resilient students*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/1209166a-en>
- Picciano, A. G. (2017). Theories and frameworks for online education: Seeking an integrated model. *Online Learning Journal*, 21(3), 166–190. <https://doi.org/10.24059/olj.v21i3.1225>
- Siemens, G. (2004). Connectivism: A learning theory for the digital age. *International Journal of Instructional Technology and Distance Learning*.
- Siemens, G. (2013). Learning analytics: The emergence of a discipline. *American Behavioral Scientist*, 57(10), 1380–1400. <https://doi.org/10.1177/0002764213498851>
- UNESCO. (2020). *Education in a post-COVID world: Nine ideas for public action*. UNESCO.
- UNESCO. (2021). *Digital learning management in the post-COVID era*. UNESCO.
- UNDP Mongolia. (2022). *Digital skills and education in Mongolia*. UNDP.
- World Bank. (2022). *Mongolia education sector analysis*. World Bank.

Challenges and Solutions in Managing the E-Learning Environment in Higher Education Institutions

D.Bayaraa

Department of Chemistry, SMNS, MNUE

Corresponding author: bayaraad@msue.edu.mn

 <https://orcid.org/0009-0001-4437-929X>

Abstract

This study examines the challenges associated with managing e-learning environments in higher education institutions and explores potential solutions for improving their effectiveness. A combination of document analysis, questionnaire-based surveys, and comparative analysis methods was employed to identify the key issues faced by teachers, students, and institutional administrators.

The findings indicate that the management of e-learning environments is primarily constrained by inadequate technological infrastructure, disparities in digital competencies among teachers and students, a lack of standardized learning materials, and weak coordination in assessment systems. Furthermore, institutional policy limitations and organizational inflexibility were identified as additional factors reducing the effectiveness of e-learning implementation.

Based on these findings, the study suggests that improving technological infrastructure, strengthening the digital competencies of both teachers and students, and establishing unified standards for e-learning design and management are essential for enhancing system effectiveness. The results provide practical implications for policymakers and higher education institutions aiming to improve the quality, accessibility, and sustainability of e-learning environments.

Keywords: e-learning; higher education; learning environment management; digital competencies; online learning systems

Физикийн багш мэргэжлээр суралцагчдын гүйцэтгэлийн судалгаа (Ерөнхий физикийн семинарын хичээлийн жишээн дээр)

Б.Гандөш, О.Алтангоо, Б.Гантуяа

МУБИС, МБУС, Физикийн тэнхим

Холбоо барих зохиогч: altangoo@msue.edu.mn

 <https://orcid.org/0009-0000-6995-9138>

Хүлээн авсан: 2026.04.10

Засварласан: 2026.05.11

Хэвлэлтэд авсан: 2026.05.25

Хураангуй

Энэхүү судалгаагаар физикийн багш мэргэжлээр суралцагчдын ерөнхий физикийн семинарын хичээлийн гүйцэтгэлийг механик болон молекул физикийн хичээлийн жишээн дээр шинжилж, бодлого бодох чадварын ахиц, сургалтын үр нөлөөг тодорхойлохыг зорилоо. Судалгаанд 2022–2024 оны хичээлийн жилүүдэд суралцсан нийт 40 оюутан хамрагдсан бөгөөд механикийн хичээлд 17, молекул физикийн хичээлд 23 оюутны явцын шалгалтын үр дүнг статистикийн аргаар боловсруулсан. Судалгааны үр дүнгээс харахад оюутнуудын эхний болон дараагийн үнэлгээний хооронд статистикийн ач холбогдолтой ахиц гарсан бөгөөд механикийн хичээлд дундаж оноо 3.85-аас 6.27 болж өссөн бол молекул физикийн хичээлд 6.82-оос 8.15 болж нэмэгдсэн байна. Хос сорьцын t-шинжилгээний үр дүнд $p < 0.001$ түвшинд ялгаа илэрсэн нь семинарын хичээл нь оюутнуудын бодлого бодох, ойлголтоо хэрэглэх чадварыг хөгжүүлэхэд эерэг нөлөөтэй болохыг харуулж байна. Мөн үнэлгээний найдвартай байдлын Cronbach's alpha коэффициент 0.786–0.835 гарсан нь үнэлгээний хэрэгслийн дотоод нийцтэй байдал хангалттай байгааг баталсан.

Түлхүүр үг

Физикийн боловсрол, семинарын хичээл, гүйцэтгэлийн үнэлгээ, бодлого бодох чадвар, физикийн багш бэлтгэх хөтөлбөр

Удиртгал

XXI зууны боловсролын хөгжлийн чиг хандлага нь мэдлэг дамжуулах уламжлалт сургалтаас суралцагчийн оролцоо, бүтээлч сэтгэлгээ, асуудал шийдвэрлэх чадвар, хамтын суралцахуйд суурилсан сургалтын тогтолцоо руу эрчимтэй шилжиж байна. Дэлхийн эдийн засаг, шинжлэх ухаан, технологийн хурдацтай хөгжил нь боловсролын байгууллагуудын өмнө зөвхөн онолын мэдлэг эзэмшүүлэхээс гадна шүүмжлэлт сэтгэлгээтэй, асуудлыг шинжлэх ухааны үндэслэлтэйгээр шийдвэрлэх чадвартай, бүтээлч, бие даан суралцах чадамж бүхий хүний нөөц бэлтгэх шинэ шаардлагыг тавьж байна (OECD, 2019). Иймээс орчин үеийн боловсролын тогтолцоо нь суралцагчдын мэдлэгийг бодит хэрэглээтэй уялдуулах, судалгаа-шинжилгээ хийх, инновац бүтээх ур чадварыг хөгжүүлэхэд чиглэж байна (UNESCO, 2021). Энэхүү чиг хандлагатай уялдан Монгол Улсын боловсролын салбарын шинэчлэлийн бодлогод суралцагч төвтэй сургалтын арга зүйг төлөвшүүлэх, чадварт суурилсан боловсролын тогтолцоог хөгжүүлэх, бүтээлч болон бие даан суралцах чадварыг дэмжих асуудлыг чухалчлан авч үзэж байна. Тухайлбал, Монгол Улсын “Алсын хараа–2050” урт хугацааны хөгжлийн бодлогод бүтээлч, өрсөлдөх чадвартай, шинжлэх ухаанч сэтгэлгээтэй иргэн төлөвшүүлэхийг боловсролын хөгжлийн тэргүүлэх зорилтын нэгээр тодорхойлсон байна (Монгол Улсын Их Хурал, 2020). Дээрх боловсролын шинэ чиг хандлага, бодлогын шаардлагатай уялдан дээд боловсролын байгууллагууд сургалтын агуулга, арга зүйгээ шинэчилж, суралцагчдын онолын мэдлэгийг бодит хэрэглээтэй холбон, судалгаа хийх, асуудал шийдвэрлэх, бүтээлчээр сэтгэх чадварыг хөгжүүлэхэд чиглэсэн сургалтын орчныг бүрдүүлэх шаардлагатай болж байна.

Энэхүү шаардлага нь ялангуяа физикийн багш бэлтгэх хөтөлбөрт онцгой ач холбогдолтой бөгөөд уг хөтөлбөр нь байгалийн үзэгдэлийг шинжлэх ухааны үндэслэлтэй тайлбарлах, математик загварчлал хийх, туршилт судалгаа гүйцэтгэх, мэдээлэлд дүн шинжилгээ хийх, асуудлыг логик дараалалтайгаар шийдвэрлэх чадварыг хөгжүүлэхэд чиглэдгээрээ онцлогтой юм.

Түүнчлэн физикийн багш бэлтгэх сургалт нь зөвхөн онолын мэдлэг эзэмшүүлэхээр хязгаарлагдахгүй бөгөөд сургалтын арга зүй, туршилтын ур чадвар, судалгааны чадвар, дижитал технологийг сургалтад үр дүнтэй ашиглах чадвар, суралцагч төвтэй хичээл зохион байгуулах арга барилыг цогцоор нь төлөвшүүлэхэд чиглэдэг (МУБИС, 2022). Түүнчлэн судлаачид физикийн сургалтын гол зорилго нь суралцагчдад физикийн ойлголтыг гүнзгий эзэмшүүлэхээс гадна шинжлэх ухаанч сэтгэлгээ, асуудал шийдвэрлэх чадвар, аналитик болон бүтээлч сэтгэлгээг хөгжүүлэхэд чиглэх ёстойг онцолж байна (Gunawan et al., 2025). Энэхүү зорилгыг хэрэгжүүлэхэд физикийн сургалтын онол, практикийг уялдуулсан сургалтын арга хэлбэрүүд онцгой ач холбогдолтой бөгөөд тэдгээрийн нэг нь семинарын хичээл юм.

Физикийн семинарын хичээл нь лекцийн хичээлээр эзэмшсэн онолын мэдлэгийг бататгах, физикийн хууль, онол, томъёог бодит асуудалд хэрэглэх, бодлого бодох алгоритм эзэмшүүлэх, суралцагчдын танин мэдэхүйн үйл ажиллагааг идэвхжүүлэх чухал сургалтын хэлбэр юм (Docktor & Mestre, 2014; Meltzer & Thornton, 2012). Семинарын хичээлээр дамжуулан суралцагчид асуудлыг задлан шинжлэх, онолын мэдлэгээ практик хэрэглээтэй уялдуулах, асуудлыг үе шаттайгаар шийдвэрлэх чадварт суралцдаг бөгөөд энэ нь шинжлэх ухаанч сэтгэлгээ, логик дүгнэлт хийх чадварыг хөгжүүлэхэд чухал нөлөө үзүүлдэг (Heller & Heller, 2010). Ялангуяа судлаачид физикийн бодлого бодох чадвар нь зөвхөн математик тооцоолол хийхээс хязгаарлагдахгүй, харин асуудлыг задлан шинжлэх, физикийн үзэгдлийг онолын үндэслэлтэй тайлбарлах чадварт тулгуурладаг болохыг онцолсон байдаг (Redish, 2003).

Физикийн бодлого бодох алгоритм гэдэг нь физикийн асуудлыг тодорхой үе шат, логик дарааллын дагуу шинжлэх ухааны үндэслэлтэйгээр шийдвэрлэх арга зүйн бүтэц юм. Энэхүү алгоритм нь суралцагчдад бодлогын нөхцөлийг задлан шинжлэх, физикийн хууль, онолыг зөв сонгон хэрэглэх, математик загварчлал хийх, шийдлийн үр дүнг тайлбарлах чадварыг системтэйгээр хөгжүүлэхэд чиглэдэг. Судлаач Heller (2010) физикийн бодлого бодох үйл ажиллагааг үе шаттай, системтэй зохион байгуулах нь суралцагчдын асуудал шийдвэрлэх чадвар, аналитик сэтгэлгээ, логик дүгнэлт хийх чадварыг хөгжүүлэхэд чухал нөлөөтэй болохыг онцолсон байна. Тэдний үзэж байгаагаар физикийн бодлого бодох алгоритм нь зөвхөн тооцоолол хийх арга төдийгүй суралцагчдын шинжлэх ухаанч сэтгэлгээ, асуудлыг логик дарааллын дагуу шийдвэрлэх чадварыг хөгжүүлэх чухал арга зүйн хэрэгсэл болдог байна. Мөн энэхүү алгоритмыг системтэйгээр эзэмшсэнээр суралцагчид бодлогын нөхцөл, асуудлыг оновчтой задлан шинжлэх, шийдвэрлэх үйл ажиллагаагаа зөв төлөвлөх, даалгаврыг бүрэн гүйцэтгэх, алдаа багатай ажиллах боломж бүрддэг бөгөөд энэ нь тэдний суралцах гүйцэтгэл, бүтээмж, бие даан ажиллах чадварыг нэмэгдүүлэхэд чухал нөлөө үзүүлдэг байна (Redish, 2003). Иймээс физикийн бодлого бодох алгоритм нь асуудлыг шинжлэх ухааны үндэслэлтэй, логик дарааллын дагуу шийдвэрлэх үйл ажиллагааны үе шаттай аргачлал байна. Иймээс бид уг алгоритмыг дараах үе шаттай боловсруулсан. Үүнд:

1. Бодлогынхоо өгүүлбэрийг уншиж ойлгох
2. Өгсөн болон олох зүйлээ тэмдэглэх
3. Шаардлагатай бол бодлогын зураг зурж хэмжигдэхүүнүүдийг тэмдэглэх
4. Бодлогод шаардагдах хууль, зүй тогтлыг илэрхийлсэн тэгшитгэлүүдийг бичих
5. Үл мэдэгдэхүүний тоо тэгшитгэлийн тоотой тэнцүү эсэхийг шалгаад, шаардлагатай бол нэмэлт тэгшитгэл бичих
6. Бодлогын хариуг олох ажлын томъёог гаргах

7. Нэгжийн гаргалгаа хийх
8. Тоон хариу гаргах
9. Хариуг шалгах зэрэг үе шатуудаас бүрдэнэ.

Энэхүү алгоритм нь суралцагчдад асуудлыг логик дарааллын дагуу задлан шинжлэх, онолын мэдлэгээ практикт хэрэглэх, шийдвэрлэх үйл ажиллагаагаа зөв төлөвлөх, бие даан ажиллах чадварыг хөгжүүлэхэд чиглэнэ. Иймээс дээрх онол, арга зүйн үндэслэлд тулгуурлан энэхүү судалгаагаар механик болон молекул физикийн семинарын хичээлийн жишээн дээр суралцагчдын гүйцэтгэлийн өөрчлөлт, ахицыг тодорхойлж, хэрэглэсэн сургалтын арга зүйн үр нөлөөг судлахыг зорьсон болно.

Судалгааны арга зүй

Энэхүү судалгаа нь физикийн багш мэргэжлээр суралцагчдын механик болон молекул физикийн семинарын хичээлийн гүйцэтгэлийг судлахад чиглэгдсэн болно. Судалгаанд 2024–2025 оны хичээлийн жилд МУБИ-ийн физикийн багш мэргэжлээр суралцаж буй 1-2 дугаар курсийн нийт 40 суралцагч хамрагдсан бөгөөд үүнээс механикийн хичээлд 17, молекул физикийн хичээлд 23 суралцагч оролцов.

Судалгааны хүрээнд механик болон молекул физикийн хичээлийн явцын шалгалтын үр дүн, бодлого бодох чадварын ахиц, суралцагчдын гүйцэтгэлийн өөрчлөлтийг судалсан. Тус хичээлүүд нь 2:2:2:0 (лекц : семинар : лаборатори : практик)-ийн харьцаатай 16 долоо хоногийн хугацаанд зохион байгуулагдсан бөгөөд семинарын хичээлээр физикийн бодлого бодох алгоритмд тулгуурласан сургалтын арга зүйг хэрэгжүүлсэн болно. Судалгааны үндсэн арга нь квази-туршилтын (quasi-experimental) аргад тулгуурласан бөгөөд семинарын хичээлийн өмнөх болон дараах гүйцэтгэлийн өөрчлөлтийг харьцуулан судалсан. Судалгааны тоон өгөгдлийг статистикийн SPSS 20 программ ашиглан боловсруулсан. Судалгаанд ашигласан боловсруулсан бодлого бодох алгоритмд тулгуурласан суралцагчдын гүйцэтгэлийг үнэлэх үнэлгээний шалгуурыг найдвар, дотоод нийцлийг Cronbach's alpha коэффициентээр тодорхойлов. Үнэлгээний шалгуурыг бодлогын өгүүлбэрийг ойлгох, өгөгдөл тэмдэглэх, зураг дүрслэл хийх, физикийн хууль, томъёо хэрэглэх, математик боловсруулалт хийх, нэгж шалгах, эцсийн хариу гаргах гэсэн үйлүүдийн хүрээнд боловсруулсан. Судалгааны үр дүнд механикийн хичээлийн үнэлгээний шалгуурын Cronbach's alpha коэффициент $\alpha=0.835$, молекул физикийн хичээлийн үнэлгээний шалгуурын Cronbach's alpha коэффициент $\alpha=0.786$ гарсан нь үнэлгээний шалгуурын дотоод нийцэл болон найдвартай байдал сайн байгааг харуулж байна.

Судалгааны үр дүн

Судалгааны үр дүнгээс харахад судалгаанд хамрагдсан 40 суралцагчаас 35 суралцагч буюу 87.5% нь бодлогын өгүүлбэрийг уншиж ойлгох, өгөгдлийг зөв тодорхойлох зэрэг анхан шатны үйлдлүүдийг зөв гүйцэтгэсэн байна. Харин физикийн хууль, зүй тогтлыг оновчтой сонгон хэрэглэх, нөхцөлд математик боловсруулалт хийх, бодлогын аналитик шийдлийг тайлбарлах зэрэг үзүүлэлтүүд дээр гүйцэтгэл харьцангуй үр дүн үзүүлсэн байна. Тухайлбал, суралцагчдын 45.0% нь бодлогын аналитик шийдлийг бүрэн гаргах, нэгжийн шалгах, бодлогын хариуг физик утгаар нь тайлбарлах чадвар харьцангуй сул байгааг илтгэж байна.

Мөн суралцагчдын гарааны түвшинг тодорхойлох механик хичээлийн явцын шалгалт-1-ийн үр дүнгээр нийт 17 суралцагчдын дундаж гүйцэтгэл 3.85 оноо байсан (Хүснэгт 1).

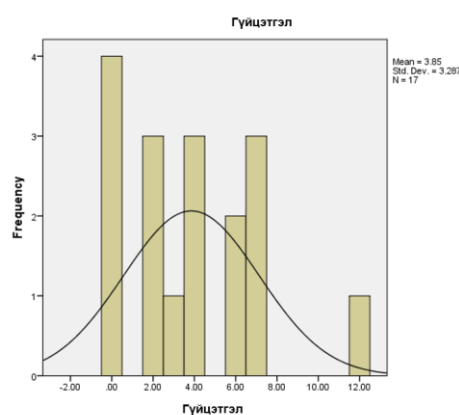
Хүснэгт 1. Механикийн семинарын хичээлийн гарааны нэлгээний үр дүн

		Бодлого 1	Бодлого 2	Бодлого 3	Бодлого 4	Бодлого 5	Гүйцэтгэл
N	Valid	17	17	17	17	17	17
Mean		1.25	1.23	0.57	0.45	0.35	3.85
Std. Error of Mean		.429	.336	.244	.204	.111	.797
Std. Deviation		1.769	1.385	1.007	.843	.459	3.287

Minimum	.00	.00	.00	.00	.00	.00
Maximum	4.00	4.00	2.50	2.00	1.00	12.00

Энэ нь суралцагчдын бодлого бодох гүйцэтгэл дунд түвшинд байгааг харуулж байна. Суралцагчдын хамгийн өндөр гүйцэтгэл 12 оноо, хамгийн бага гүйцэтгэл 0 оноо байсан нь суралцагчдын бодлого бодох чадварын ялгаа харьцангуй их байгааг харуулж байна. Түүнчлэн бодлогын гүйцэтгэлийн стандарт хазайлт (Std. Deviation) 3.287 гарсан нь суралцагчдын онооны тархалт дундаж утгаас харьцангуй өргөн хэлбэлзэлтэй байгааг харуулж байна. Өөрөөр хэлбэл зарим суралцагч өндөр оноо авсан бол зарим суралцагч маш бага оноо авсан нь суралцагчдын асуудал шийдвэрлэх чадвар харилцан адилгүй түвшинд байгааг илэрхийлж байна. Тухайлбал, бодлого 1-ийн дундаж оноо 1.25, бодлого 2-ын дундаж оноо 1.23 байсан. Харин бодлого 3-ын дундаж 0.57, бодлого 4-ийн дундаж 0.45, бодлого 5-ын дундаж 0.35 байсан нь илүү өндөр түвшний анализ, математик боловсруулалт болон физик утгын тайлбар шаардсан бодлогууд дээр суралцагчдын гүйцэтгэл буурсан үзүүлэлттэй гарсныг харуулж байна.

Харин суралцагчдын гүйцэтгэлийг гистограммаас харахад суралцагчдын оноо жигд бус тархалттай бөгөөд онооны тархалтын төв нь 3–5 онооны хооронд байрлаж байгаа бөгөөд зарим суралцагч өндөр оноо авсан ч суралцагчдын дийлэнх нь дундаж түвшний гүйцэтгэл үзүүлсэн байна. (Зураг 1). Тархалтын муруй нь нормаль тархалтад ойролцоо боловч баруун тийш бага зэрэг суналттай байгаа нь цөөн тооны өндөр гүйцэтгэлтэй суралцагч байгааг харуулж байна.



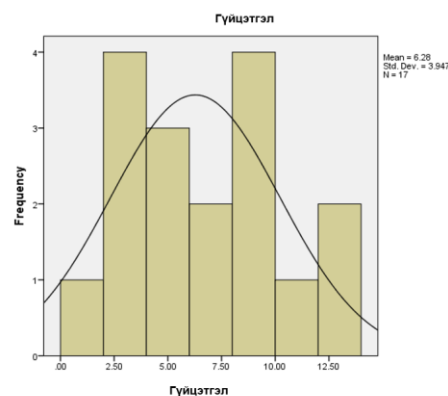
3

Түүнчлэн уг үр дүнгээс харахад суралцагчид бодлогын нөхцөлийг ойлгох, үндсэн томъёо хэрэглэх чадвар эзэмшсэн боловч анализ хийх, математик боловсруулалт хийх, бодлогын шийдлийг шинжлэх ухааны үндэслэлтэй тайлбарлах чадвар харьцангуй сул түвшинд байгаа нь харагдаж байна. Иймээс семинарын хичээлд физикийн бодлого бодох алгоритмд суурилсан сургалтын арга зүйг системтэй хэрэгжүүлэх, аналитик сэтгэлгээ хөгжүүлэх бодлогын даалгаврыг нэмэгдүүлэх шаардлагатай хэмээн үзэж туршилт судалгааг хэрэгжүүлсний үндсэн дээр бид дараах эцсийн үнэлгээний үр дүнг мөн гарааны үнэлгээний адил 5 бодлого бүхий даалгавар гүйцэтгүүлэн үр дүнг тодруулсан (хүснэгт 2).

Хүснэгт 2. Механикийн семинарын хичээлийн эцсийн үнэлгээний үр дүн

		Бодлого 1	Бодлого 2	Бодлого 3	Бодлого 4	Бодлого 4	Гүйцэтгэл
N	Valid	17	17	17	17	17	17
Mean		1.27	2.32	1.28	0.82	0.59	6.28
Std. Error of Mean		.250	.284	.380	.284	.236	.957
Std. Deviation		1.034	1.171	1.570	1.171	1.319	3.947
Minimum		.00	.00	.00	.00	.00	.00
Maximum		4.80	4.20	3.50	2.20	3.60	18.30

Судалгааны үр дүнгээс суралцагчдын гүйцэтгэлийн дундаж 6.28 оноо гарсан бөгөөд энэ нь гарааны үнэлгээний дундаж үзүүлэлт болох 3.85 оноотой харьцуулахад мэдэгдэхүйц өссөн байна. Өөрөөр хэлбэл суралцагчдын гүйцэтгэл 2.43 оноогоор буюу 9.72%-аар ахисан эерэг үр дүн гарсан байна. Мөн судалгааны үр дүнгээс харахад суралцагчдын онооны тархалт өмнөх шалгалттай харьцуулахад баруун тийш шилжсэн байна (Зураг 2). Энэ нь суралцагчдын дундаж гүйцэтгэл өссөнийг илтгэж байна. Онооны төвлөрөл 5–10 онооны хооронд байрлаж байгаа нь суралцагчдын дийлэнх нь дунд болон дундаас дээш түвшний гүйцэтгэл үзүүлснийг харуулж байна.



Зураг 2.

Нормаль тархалтын муруй

Уг судалгааны үр дүнгээс суралцагчдын физикийн бодлого бодох үндсэн чадвар харьцангуй хөгжсөн боловч аналитик боловсруулалт, асуудлыг задлан шинжлэх, физик утгын тайлбар хийх зэрэг өндөр түвшний чадваруудыг цаашид илүү хөгжүүлэх шаардлагатай байгааг харуулж байна. Мөн бодлого бодох алгоритмд суурилсан арга зүй нь суралцагчдын асуудал шийдвэрлэх чадварын хөгжилд эерэг нөлөө үзүүлж байна.

Түүнчлэн бид механик хичээлийн гарааны үнэлгээ болон явцын эцсийн үнэлгээний гүйцэтгэлийн зөрүү 2.43 оноо байгаа 95%-ийн магадлалтай итгэх завсар нь (3.25447; 1.59259) байна. T test-ийн утга 6.183 sig утга $p=0.000$ байгаагаас гарааны болон эцсийн үнэлгээний хооронд статистик ач холбогдол бүхий ялгаа байна. Өөрөөр хэлбэл, суралцагчийн эцсийн үнэлгээ гарааны үнэлгээнээс ахисан үзүүлэлттэй байна.

Хүснэгт 3. Механикийн семинарын хичээлийн эцсийн болон гарааны үнэлгээний таамаглал шалгах t-test үр дүн

Paired Samples Test									
		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
					Lower	Upper			
Pair 1	Гүйцэтгэл 1- Гүйцэтгэл 2	-2.43353	1.61614	.39197	3.25447	1.59259	6.183	16	.000

Мөн бид механикийн хичээлийг дараагийн ерөнхий физикийн хичээл болох молекул физикийн семинарын хичээлийг тус арга зүйгээр зохион байгуулсан. Молекул физикийн хичээлийг судалж буй нийт 23 суралцагчид судалгаанд хамрагдсан. Туршилт судалгааг хийхдээ молекул физикийн нийт 4 бодлогыг сонгон авч үнэлгээний шалгуурын дагуу үнэлсэн суралцагчдын гарааны түвшинг тодорхойлсон. Судалгааны үр дүнгээс суралцагчдын гарааны үнэлгээний гүйцэтгэлийн дундаж 6.8261 оноо гарсан нь суралцагчид механикийн хичээлээр эзэмшсэн физикийн бодлого бодох алгоритм, асуудал шийдвэрлэх арга барилаа молекул физикийн бодлого бодох үйл ажиллагаанд тодорхой хэмжээнд шилжүүлэн хэрэглэж чадсантай холбоотой хэмээн дүгнэсэн. Өөрөөр хэлбэл өмнөх хичээлүүдээр төлөвшсөн бодлогын нөхцөлийг задлан шинжлэх, физикийн хууль, томьёо сонгон хэрэглэх, математик боловсруулалт хийх чадвар нь молекул физикийн хичээлийн гарааны гүйцэтгэл харьцангуй өндөр гарахад эерэг нөлөө үзүүлсэн байж болох юм.

Хүснэгт 4. Молекул физикийн семинарын хичээлийн гарааны үнэлгээний үр дүн

		Бодлого 1	Бодлого 2	Бодлого 3	Бодлого 4	Гүйцэтгэл
N	Valid	23	23	23	23	23
Mean		3.2391	1.3913	1.3696	1.1957	6.8261
Std. Error of Mean		.15358	.24137	.14817	.22170	.47320
Std. Deviation		.73654	1.15755	.71059	1.06322	2.26940
Minimum		.00	.00	.00	.00	.00
Maximum		3.50	4.00	2.50	3.00	10.00

Судалгааны үр дүнгээс бодлого 1-ийн дундаж оноо 3.2391 гарсан нь суралцагчид молекул физикийн үндсэн ойлголт, физикийн хууль, томъёог хэрэглэж чадсаныг харуулж байна. Энэ нь нийт бодлогууд дундаас хамгийн өндөр үзүүлэлттэй гарсан. Харин бодлого 2-ын дундаж 1.3913, бодлого 3-ын дундаж 1.3696, бодлого 4-ийн дундаж 1.1957 байсан бөгөөд эдгээр үзүүлэлтүүд нь суралцагчид математик боловсруулалт болон бодлогын нөхцөлийг задлан шинжлэх чадварыг тодорхой хэмжээнд эзэмшсэн боловч аналитик тайлбар, олон алхамт бодлого боловсруулах чадвар харьцангуй сул байгааг илэрхийлж байна.

Хүснэгт 5. Молекул физикийн семинарын хичээлийн эцсийн үнэлгээний үр дүн

		Бодлого 1	Бодлого 2	Бодлого 3	Бодлого 4	Гүйцэтгэл
N	Valid	24	24	24	24	24
Mean		2.8542	1.4792	1.5625	2.1458	8.1458
Std. Error of Mean		.22417	.23598	.18136	.28786	.74544
Std. Deviation		1.09821	1.15607	.88848	1.41020	3.65192
Minimum		.00	.00	.00	.00	.00
Maximum		3.50	3.50	3.00	4.00	14.00

Харин молекул физикийн семинарын хичээлийн эцсийн үнэлгээг мөн гарааны үнэлгээний адилаар 4 бодлого бүхий даалгавраар үнэлэхэд гүйцэтгэлийн дундаж 8.1458 оноо гарсан нь суралцагчдын молекул физикийн бодлого бодох чадвар өмнөх үнэлгээтэй харьцуулахад сайжирсан эерэг үр дүнтэй байгааг харуулж байна. Гарааны үнэлгээний дундаж 6.8261 байсан бол дараагийн үнэлгээнд 8.1458 болж өссөн нь гүйцэтгэл 1.54348 оноогоор нэмэгдэж, 7.71%-ийн өсөлт үзүүлсэн байна (Хүснэгт 5). Харин гүйцэтгэлийн стандарт хазайлт 3.65192 гарсан нь суралцагчдын онооны тархалт тодорхой хэмжээнд хэлбэлзэлтэй байгааг илтгэж байна. Энэ нь зарим суралцагчийн бодлого бодох чадвар өндөр түвшинд хөгжсөн боловч зарим суралцагчийн хувьд ахиц харьцангуй бага байсныг харуулж байна.

Хүснэгт 6. Молекул физикийн семинарын хичээлийн эцсийн болон гарааны үнэлгээний таамаглал шалгах t-test үр дүн

Paired Samples Test									
		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
					Lower	Upper			
Pair 1	Гүйцэтгэл 1-Гүйцэтгэл 2	-1.54348	3.86686	.80630	3.21563	1.12868	1.914	22	.000

Хүснэгт-6 аас үзэхэд молекул физикийн хичээлийн гарааны болон эцсийн үнэлгээний дундаж зөрүү 1.54348 оноо байна. 95%-ийн магадлалтай итгэх завсар нь (3.21563; 1.12868) гарсан бөгөөд судалгааны үр дүнгээр t-шалгуурын утга 1.914, статистик ач холбогдлын түвшин $p=0.000$ байна. Энэ нь гарааны болон эцсийн үнэлгээний хооронд статистикийн хувьд ач холбогдол бүхий ялгаа байгааг харуулж байна. Өөрөөр хэлбэл, суралцагчдын эцсийн үнэлгээ гарааны үнэлгээтэй харьцуулахад илүү өндөр үзүүлэлттэй гарсан нь физикийн бодлого бодох алгоритмд суурилсан семинарын сургалтын арга зүй нь суралцагчдын бодлого бодох чадвар, асуудал шийдвэрлэх арга барил, логик сэтгэлгээг хөгжүүлэхэд үр дүнтэй нөлөө үзүүлснийг нотолж байна. Судалгааны энэхүү үр дүн нь боловсруулсан сургалтын арга зүй нь суралцагчдын суралцах үйл ажиллагааг идэвхжүүлж, гүйцэтгэлийг сайжруулахад эерэг үр нөлөөтэй байсныг харуулж байна.

Судалгааны явцад механик болон молекул физикийн хичээлүүдийн агуулгын онцлог нь суралцагчдын ахицын түвшинд тодорхой хэмжээнд нөлөөлсөн хэдий ч физикийн бодлого бодох алгоритмд суурилсан семинарын сургалтын арга зүй нь хоёр хичээлийн аль алинд суралцагчдын асуудал шийдвэрлэх чадвар, шинжлэх ухаанч сэтгэлгээ, бодлого бодох арга барилыг хөгжүүлэхэд үр дүнтэй эерэг ахиц үзүүлсэн хэмээн дүгнэж байна.

Дүгнэлт

Энэхүү судалгаагаар физикийн багш мэргэжлээр суралцагчдын ерөнхий физикийн семинарын хичээлийн гүйцэтгэлийг механик болон молекул физикийн хичээлийн жишээн дээр судалж, физикийн бодлого бодох алгоритмд суурилсан сургалтын арга зүйн үр нөлөөг тодорхойлохыг зорьсон болно. Судалгаанд хамрагдсан суралцагчдын гарааны болон эцсийн үнэлгээний үр дүнг статистикийн аргаар боловсруулан шинжлэхэд семинарын хичээлээр хэрэгжүүлсэн алгоритмчилсан сургалтын арга зүй нь суралцагчдын бодлого бодох чадварт эерэг үр дүн үзүүлж байна. Иймээс физикийн семинарын хичээлд бодлого бодох алгоритмд суурилсан сургалтын арга зүйг системтэй хэрэгжүүлэх нь суралцагчдын асуудал шийдвэрлэх чадвар, шинжлэх ухаанч сэтгэлгээ, бие даан суралцах чадвар болон мэргэжлийн чадамжийг хөгжүүлэхэд чухал ач холбогдолтой байна.

Ном зүй

- Docktor, J. L., & Mestre, J. P. (2014). Synthesis of discipline-based education research in physics. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*, 10(2), 020119. <https://doi.org/10.1103/PhysRevSTPER.10.020119>
- Gunawan, K. (2025). Fostering creative thinking in pre-service physics teachers: A project-based learning model with e-modules. *Educational Process: International Journal*.
- Heller, K., & Heller, P. (2010). *Cooperative problem solving in physics: A user's manual*. University of Minnesota.
- Meltzer, D. E., & Thornton, R. K. (2012). Resource letter ALIP-1: Active-learning instruction in physics. *American Journal of Physics*, 80(6), 478–496. <https://doi.org/10.1119/1.3678299>
- Монгол Улсын Их Хурал. (2020). *Алсын хараа–2050: Монгол Улсын урт хугацааны хөгжлийн бодлого*. Улаанбаатар.
- МУБИС. (2022). *Физикийн багш бэлтгэх хөтөлбөр*. Улаанбаатар: МУБИС.
- OECD. (2019). *OECD future of education and skills 2030: OECD learning compass 2030*. OECD Publishing.
- Redish, E. F. (2003). *Teaching physics with the physics suite*. John Wiley & Sons.
- UNESCO. (2021). *Reimagining our futures together: A new social contract for education*. UNESCO.

An Investigation of the Performance of Physics Students: The Case of General Physics Seminar Courses

Gandush.B, Altangoo.O, Gantuya.B

Department of Physics, SMNS, MNUE

Corresponding author: altangoo@msue.edu.mn

 <https://orcid.org/0009-0000-6995-9138>

Abstract

This study aimed to analyze the performance of physics teacher education students in General Physics seminar classes through the examples of Mechanics and Molecular Physics courses, and to determine the improvement in problem-solving skills and the effectiveness of instruction. A total of 40 students who studied during the academic years 2022–2024 participated in the study, including 17 students from the Mechanics course and 23 students from the Molecular Physics course. The results of the students' progress assessments were analyzed using statistical methods. The findings revealed a statistically significant improvement between the students' initial and subsequent assessment scores. In the Mechanics course, the mean score increased from 3.85 to 6.27, while in the Molecular Physics course, it rose from 6.82 to 8.15. The paired-samples t-test showed a significant difference at the $p < 0.001$ level, indicating that seminar classes had a positive effect on developing students' problem-solving abilities and their capacity to apply conceptual understanding. Furthermore, the reliability analysis yielded Cronbach's alpha coefficients ranging from 0.786 to 0.835, confirming that the assessment instrument demonstrated acceptable internal consistency.

Keywords: Physics education, general physics seminar course, performance assessment, physics problem-solving skills, physics teacher education program

VII-IX ангийн физикийн сурах бичгийн “Гэрэл” бүлэг сэдвийн агуулгын шинжилгээ

А.Амарбаяр, Х.Батболд, Б.Гандош

МУБИС, МБУС, Физикийн тэнхим;

Холбоо барих зохиогч: batbold@msue.edu.mn

 <https://orcid.org/0000-0002-5603-5179>

Хүлээн авсан: 2026.04.10

Засварласан: 2026.05.11

Хэвлэлтэд авсан: 2026.05.25

Хураангуй

Физикийн сурах бичиг нь сурагчдын шинэ мэдлэг бүтээх чадварыг дэмжих зорилготой олон тооны системчилсэн зохион байгуулалттай физикийн нэр томьёонуудаас бүрддэг. Бид манай улсын ерөнхий боловсролын сургуулийн 1999, 2019 онд хэвлэгдсэн 7-9 дүгээр ангийн физикийн сурах бичиг дэх "Гэрэл" бүлгийн физикийн нэр томьёонд тулгуурлан сурах бичгүүдийн физик мэдлэгийн сүлжээг бүтээж харьцууллаа. Уг мэдлэгийн сүлжээнүүд нь шаталсан кластер бүтэцтэй бөгөөд өндөр давтамжтай нэр томьёонууд нь тухайн кластерын бүтцэд голлох үүрэг гүйцэтгэдэг байна. Сурах бичгүүд нь геометр оптикийн үндсэн ойлголтуудыг хамарсан хэдий ч бичиглэлийн хувьд өгүүлбэр дэх үгийн тоо, түлхүүр үгийн давтамжаараа ялгаатай бичигдсэн байна.

Энэхүү судалгааны ажил нь сурах бичгийн зохиогчид болон мэргэжилтнүүдэд шаардлагатай мэдээллийг цуглуулах, сурах бичигт дүн шинжилгээ хийх аргачлалыг санал болгож байна. Уг аргачлалыг боловсролын удирдлагат, үнэлгээний байгууллагууд, багш болон судлаачид сургалтын үйл ажиллагаа болон эрдэм шинжилгээний ажилдаа ашиглах боломжтой юм..

Түлхүүр үг

Физикийн нэр томьёо, давтамж, семантик хамаарал, мэдлэгийн сүлжээ

Удиртгал

Сурах бичиг нь судлагдахууны шинжлэх ухааны агуулга ба агуулгыг танин мэдэх үйл явцыг хоёуланг нь агуулсан, онол практикийн зохистой харьцаатай, тухайн боловсролын түвшний зорилтыг хэрэгжүүлэхэд чиглэсэн сургалтын үндсэн хэрэглэгдэхүүний хувьд судалгааны чухал объект юм. Сурах бичгийн судалгаа нь МЭ 900 онд бичвэр дэх үг, санааг тоолж эхэлсэн үеэс эхлэлтэй бөгөөд өнөө үед сурах бичгийн олон төрлийн шинжилгээнүүд хийгдэх болсон. (Weinbrenner, 1992) Манай нийгэмд дижиталжуулалт, мэдээллийн ханалт нэмэгдэж байгаа нь сурах бичгүүдийг өөрчилж улмаар боловсролын медиа судалгааны онол, арга зүйг эргэн харах, шинэчлэх хэрэгцээ урган гарч байна. Сурах бичгийн судалгааг зарим судлаачид ‘процесст чиглэсэн’, ‘бүтээгдэхүүнд чиглэсэн’, ‘нөлөөлөлд чиглэсэн’ гэж ангилах болсон бөгөөд зөвхөн бүтээгдэхүүнд чиглэсэн судалгаа зонхилж байгааг онцолсон байна.

Сүүлийн 20 жилд сурах бичгийн агуулгын шинжилгээ, суралцахуйн үзэл баримтлалын олон талт байдал, бичвэрийн бус агуулгын шинжилгээ түлхүү хийгджээ. (Vojit, K., & Rusek, M., 2019)

Өсөн нэмэгдэж байгаа мэдээллийн эринд шинжлэх ухааны хөгжил нь тодорхой чиглэлүүдэд хур мэдлэгийг бий болгосноор суурь боловсролын физикийн хичээлийн агуулгад шинжлэх ухааны ямар мэдлэг, чадварыг сонгох вэ? гэсэн асуулт сургалтын хөтөлбөр, сурах бичиг боловсруулагчдын өмнө тулгарч байна.

Сурах бичигт тодорхой агуулга бүхий бичвэрийг энгийн мэдээллээс нарийн нийлмэл дээд түвшний мэдлэг бүтээхэд чиглэсэн, зохиогчийн зориудаар сонгосон үгсийн тусламжтайгаар бүтээдэг. Зохиогчийн тухайн нөхцөлд тохируулан сонгосон үгс нь түгээмэл хэрэглэгддэг, тогтсон шинжлэх ухааны нэр томьёогоор хязгаарлагддаг.

Нэр томьёонуудын хоорондын холбоосыг ухагдахууны сүлжээ гэж нэрлэгдэх шаталсан, вэб хэлбэрийн сүлжээгээр дүрсэлж болдог. Ухагдахууны сүлжээг агуулгад холбогдох элементүүдийг хооронд нь

холбох замаар бүтээдэг бөгөөд хэдий чинээ олон элемент агуулах тусам сүлжээний бүтэц илүү нарийн төвөгтэй байдаг. Бид энэ судалгаанд суурь боловсролын физикийн хичээлийн сурах бичгүүдийн гэрэл сэдвийн бичвэр дэх физикийн нэр томьёонууд, тэдгээрийн давтамж, хоорондын холбоосыг тусгай програм ашиглан тодорхойлж тоон өгөгдөл боловсруулан түүнийгээ ашиглан физикийн мэдлэгийн сүлжээг байгуулж сүлжээний шинж чанарыг судалсан.

Сурах бичгүүд дэх физикийн нэр томьёо

Бага, дунд боловсролын хэвлэмэл сурах бичигт монгол улсын MNS 5418:2008 стандартыг баримталдаг. Уг стандартад “сурах бичиг нь боловсролын стандарт ба кирриклүмийг (сургалтын хөтөлбөр) хэрэгжүүлэх зориулалттай суралцахуй ба багшлахуйн нэгдлийг хангахад шаардлагатай онол, арга зүйн үндэс бүхий дидактик шийдлийг цогцоор хэлбэржүүлсэн сургалтын үндсэн хэрэглэгдэхүүн” гэж тодорхойлсон байна. (Стандарт, 2008) Иймд сурах бичиг нь сургалтын хөтөлбөрт тусгагдсан агуулгын хүрээ, багтаамж, дотоод нийцлийг хэлбэржүүлсэн үндсэн баримт бичиг юм.

Судалгааны арга зүй

Сурах бичиг зохиогчид физикийн шинэ мэдлэгийг цөөн тооны физик нэр томьёонууд орсон хамгийн энгийн өгүүлбэрүүдээр бүтээхийг эрмэлздэг. Харин байгалийн юм, үзэгдлийг хэд хэдэн өгүүлбэрээс бүрдэх догол мөрөөр тайлбарлах шаардлагатай болдог. Тэгвэл өгүүлбэр дэх физик нэр томьёонуудын хоорондын холбоо нь догол мөр дэх физик нэр томьёонуудын хоорондын холбооноос илүү хүчтэй байна гэж үзэж болно. (Cui, X. M., Han, S. K., & Zhang, S, 2014) Энэ зарчмыг үндэслэн суурь боловсролын физикийн хичээл дэх гэрэл бүлгийн физикийн мэдлэгийн сүлжээг дараах дүрмийг баримтлан байгуулав. Үүнд:

1. Сурах бичигт дурдагдаж буй физик нэр томьёог сүлжээний зангилаагаар илэрхийлэх
2. Хэрэв хоёр физик нэр томьёо нэг өгүүлбэрт орвол эдгээр нь хоорондоо шууд холбогдсон нэр томьёо гэж үзэх

Дээрх дүрмийг мөрдөн байгуулсан сурах бичгүүдийн физикийн нэр томьёонууд ба тэдгээрийн хоорондох холбоосын мэдээллийг агуулсан агуулгын сүлжээ нь хэд хэдэн дэд төвүүдтэй нарийн нийлмэл сүлжээ болохыг харж болно.

Монгол улсын Ерөнхий Боловсролын сургуулиудад 7-9-р ангид физикийн хичээлд хэрэглэгдэж байсан 1999 онд хэвлэгдсэн (Физик 2) (М.Ганбат Б. Д., 1999) сурах бичгийн “Гэрэл” бүлэг болон өнөө үед хэрэглэгдэж байгаа (Физик IX) (М.Ганбат Ц. Э., 2019 3дахь хэвлэл) сурах бичгийн “Гэрэл” бүлгүүдэд T-LAB2020 программ ашиглан суурь боловсролын физикийн хичээлийн “Гэрэл” бүлгийн агуулгын холбоо хамаарлыг байгуулж агуулгын сүлжээг шинжлэв.

Судалгааны үр дүн

Суурь боловсролын физикийн хичээлийн сурах бичгүүдэд гэрэл сэдвийг 7 болон 8-р ангид “Гэрлийн цацраг” (М.Ганбат. ба бусад, 1999), 9-р ангид “Гэрэл” (М.Ганбат ба бусад, 2019) гэсэн бүлгүүдээр авч үзсэн байна. Гэрэл сэдэвтэй холбогдох физик нэр томьёоны үндсэн мэдээллийг хүснэгт 1-т үзүүлэв.

Хүснэгт 1. Бичвэр болон физик нэр томьёоны үндсэн мэдээлэл

Сурах бичиг	Нэг өгүүлбэр дэх үгийн дундаж тоо	Бүлэг дэх үгийн тоо	Физик нэр томьёоны тоо
(Физик 2)	17.2	5881	70
(Физик IX)	14.7	8266	72

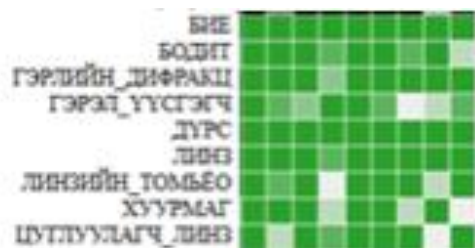
Сурах бичигт дурдагдсан гэрлийн цацраг ба цацраг, гэрэл тархах ба тархах, гэрэл ойх ба гэрлийн ойлт зэрэг ижил утгатай нэр томьёонуудыг нэгтгэн тоолов. 1999 онд хэвлэгдсэн (Физик 2) сурах бичгийн “Гэрэл” бүлэг болон өнөө үед хэрэглэгдэж байгаа (Физик IX) сурах бичгийн “Гэрэл” бүлгүүд дэх тухайн ангийн судлах агуулгын хүрээ ижил боловч өөр өөр физикийн нэр томьёог илүү тодотгож бичигдсэн байна. 1999 онд хэвлэгдсэн (Физик 2) сурах бичгийн “Гэрэл” бүлэгт гэрлийн цацраг (124), өнөө үед хэрэглэгдэж байгаа (Физик IX) сурах бичгийн “Гэрэл” бүлэгт гэрэл (120) гэсэн нэр томьёо хамгийн олон давтагдсан байна.

Хүснэгт 2 Сурах бичгүүд дэх хамгийн өндөр давтамжтай физикийн нэр томьёо

№	Физик 2		Физик IX	
1	Гэрлийн цацраг	124	гэрэл	120
2	Ойсон цацраг	106	Гэрлийн хурд	109
3	Туссан цацраг	103	линз	109
4	Орчин	57	дүрс	91
5	Ойлтын өнцөг	44	толь	86

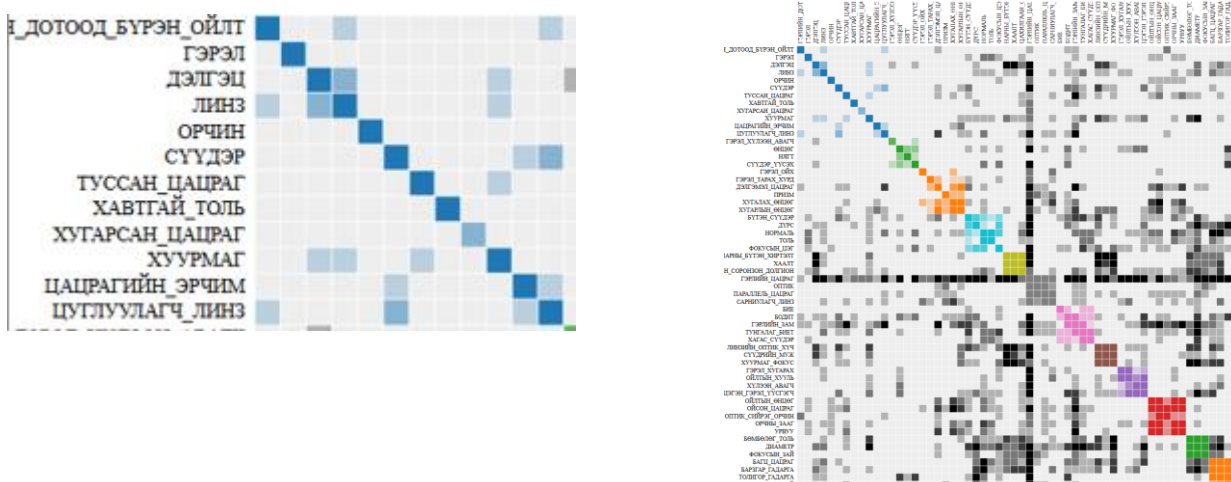
Хүснэгт дэх хамгийн өндөр давтамжтай физикийн нэр томьёо 1999 онд хэвлэгдсэн (Физик 2) сурах бичгийн “Гэрэл” бүлэгт (3), өнөө үед хэрэглэгдэж байгаа (Физик IX) сурах бичгийн “Гэрэл” бүлэгт (5) байна.

Дээрх нэр томьёонуудын холбоосын давтамжийг ашиглан матриц үүсгэн нэр томьёоны утгын холбоос буюу семантик хамаарлыг хоёр хэмжээст орон зайд дүрсэлж кластер бүтцийг тодорхойлсныг доорх зурагт харуулав.



Зураг 2. (Физик IX) 2019 он

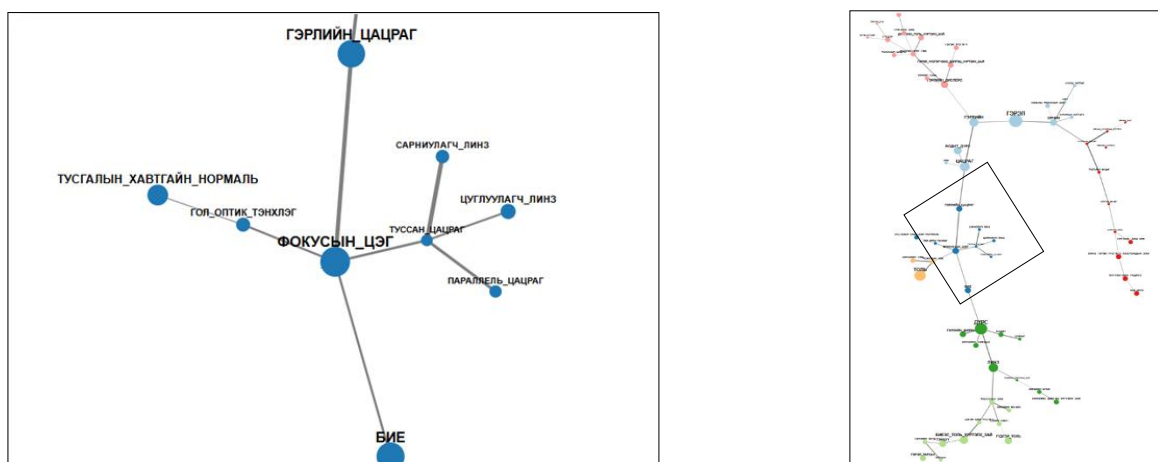
Зургаас Физик IX сурах бичгийн гэрэл бүлэг сэдэв нь 12 кластераас тогтох ба агуулгын цөм болж буй “линзэнд дүрс үүсгэх” сэдвийн кластер нь бие, бодит, гэрлийн дифракц, гэрэл үүсгэгч, дүрс, линз, линзийн томьёо, хуурмаг, цуглуулагч линз гэсэн физик нэр томьёоноос бүрдэж байна.



Зураг 2. (Физик 2) 1999 он

Зургаас Физик- 2 сурах бичгийн гэрэл бүлэг сэдэв нь 12 кластераас тогтох ба агуулгын цөм болж буй “линзэнд дүрс үүсгэх” кластер нь гэрлийн дотоод бүрэн ойлт, гэрэл, дэлгэц, линз, орчин, сүүдэр, туссан цацраг, хавтгай толь, хугарсан цацраг, хуурмаг, цацрагийн эрчим, цуглуулагч линз гэсэн илүү өргөн хүрээтэй физик нэр томьёоноос бүрдэж байна.

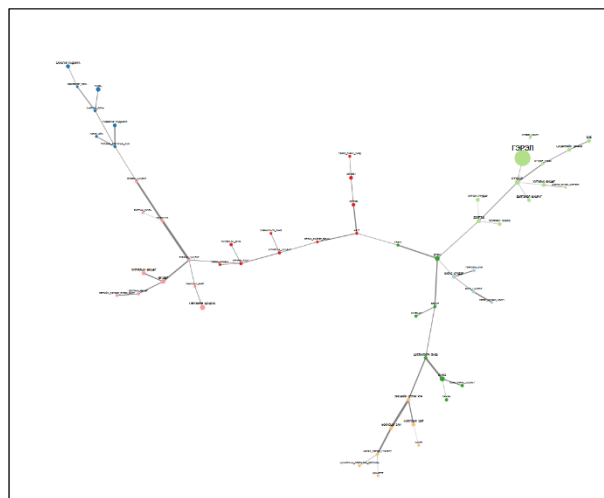
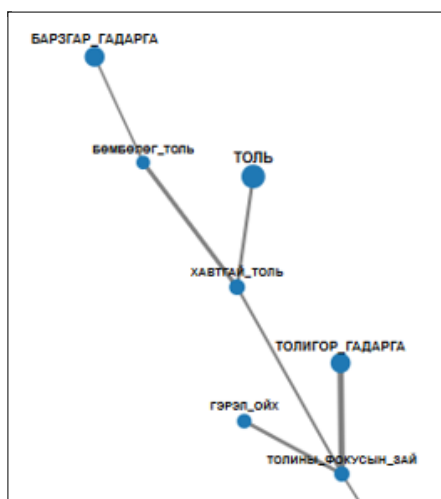
Сурах бичгүүдийн “Гэрэл” бүлэг сэдвийн агуулгад дурдагдсан нэр томьёонуудын харилцан хамаарлыг нэг өгүүлбэрт олон удаа дурдагдаж буй байдлаар нь эрэмбэлж матриц үүсгэсэн. Матрицыг ашиглан цөм нэр томьёонуудаар зангилаа цэгүүд үүсгэж тэдгээрийн хооронд холбоосын жингээс хамаарсан мэдлэгийн сүлжээний граф үүсгэв. Сурах бичгүүдийн “Гэрэл” бүлэг сэдвийн мэдлэгийн сүлжээг дараах зурагт харуулав.



Зураг 3. (ФИЗИК IX) сурах бичгийн “Гэрэл” бүлгийн мэдлэгийн сүлжээ

Физик IX сурах бичгийн гэрэл бүлэг сэдэв нь салбарлан бичигдсэн 7 кластераас бүрдэх ба хугарлын өнцөг-орчны хугарлын илтгэгч, хугарлын өнцөг-тусгалын өнцөг гэсэн нэр томьёонууд хамгийн хүчтэй холбоостой байна. Тухайлбал энд хугарлын өнцөг гэх агуулгаас салбарлан орчны хугарлын илтгэгч, орчны зааг гэх мэтчилэн нэр томьёонууд логик холбоосоор холбогдож байна. Мөн (хугарлын өнцөг) гэх ойлголтоос салбарлан (тусгалын өнцөг)-(ойлтын өнцөг)-(хавтгай толь)-(линз) (гэрэл үүсгэгч хоорондын зай)-(муруйлтын радиус) гэсэн ойлготууд хоорондоо холбогдож “голинд дүрс байгуулах” агуулгаас “линзэнд дүрс байгуулах” агуулгад хувирч байна. Кластерын зураглалаас “линзэнд дүрс байгуулах” кластерт (фокусын цэг) гэсэн нэр томьёогоор бусад нэр томьёонууд холбогдож байна. Энэ

нь уг агуулгыг заах, үнэлэх сургалтын үйл ажиллагаанд (фокусын цэг) гэсэн түлхүүр ойлголт чухал ач холбогдолтой болохыг рауулж байна.



Зураг 4. (Физик 2) сурах бичгийн “Гэрэл” бүлгийн мэдлэгийн сүлжээ

Физик 2 сурах бичгийн хувьд “Гэрэл” бүлэг сэдэв нь гэрлийн хугарал - гэрлийн ойлт - тольны байгуулалт гэсэн агуулгаас дүрсийн тухай линз, линзийн байгуулалтын агуулгад шилжих логик дарааллаар бичигдсэн байна. Мөн хамгийн хүчтэй холбоосоор (фокусын зай)-(линзийн оптик хүч), (хугарлын өнцөг), (тусгалын өнцөг) гэсэн агуулгууд холбогдсон байна.

Дүгнэлт

Сурах бичгүүдийн “Гэрэл” бүлэг сэдвийг бүхэлд нь бичвэр хэлбэрт хувиргаж, бичвэрийн статистик шинжилгээ хийхэд Физик 2-т 5881 үг, Физик IX-т 8266 үгээс бүрдэх ба физик нэр томьёоны давтамжийн хувьд (Физик 2) сурах бичигт гэрлийн цацраг (124), өнөө үед хэрэглэгдэж байгаа (Физик IX) сурах бичигт гэрлийн хурд (109) гэсэн нэр томьёо хамгийн олон давтагдсан байна. “Гэрэл” бүлэг сэдэв нь Физик 2-т (гэрлийн цацраг) гэсэн физик ухагдахуунд тулгуурлан бичигдсэн бол Физик IX -т (линз), (толь), (дүрс) гэсэн контекстод тулгуурлаж бичигджээ.

Иймд сурах бичгүүд нь бичиглэлийн хувьд болон бичвэрийн статистикийн хувьд харилцан адилгүй бичигдсэн байна.

Сурах бичгүүдийн "Гэрэл" бүлэг сэдвийн агуулгын хүрээг илэрхийлэх физикийн нэр томьёоны жагсаалтыг үүсгэсэн. ЕБС-ийн дунд ангийн сурагчид "Гэрэл" бүлэг сэдвийн хүрээнд 72 физик нэр томьёог хэрэглэдэг болохыг тодорхойлов. Энэ нь тухайн агуулгыг заах, үнэлэх аливаа үйл ажиллагааны хүрээг тодорхойлох чухал өгөгдөл юм.

Сурах бичгүүдийн “Гэрэл” бүлэг сэдвийн хүрээнд дэх физикийн нэр томьёо, ухагдахуунууд хоорондын утга санаа, логик уялдаа холбоог тодорхойлж, агуулгын кластер бүтцийг үүсгэсэн. Шинжилгээний үр дүнд тухайн бүлэг сэдвийн агуулга нь хоорондоо нягт хамаарал бүхий 12 кластерт хуваагдаж байна. Энэхүү кластер бүтэц нь мэдлэгийн сүлжээг бүтээх суурь өгөгдөл болсон ба сурах бичгийн агуулгын мэдлэгийн сүлжээ нь 7 бүлэгт хуваагдаж байна. Энэ нь сурах бичиг зохиогчийн хуваарилсан дэд сэдвүүдийн тооноос харьцангуй олон байгаа нь таамаглаагүй "далд сэдвүүд" бүлэг болон гарч ирсныг харуулж байна. Энэ нь уг агуулга нь тухайн сурах бичгийн дэд сэдвүүдээс илүү нарийвчилсан танин мэдэхүйн бүтэцтэй болохыг харуулж байна.

Ном зүй

- Cui, X. M., Han, S. K., & Zhang, S. (2014). Research on Knowledge Structure of Physics Textbook. In *2014 International Conference on e-Education, e-Business and Information Management (ICEEIM 2014)*. Atlantis Press.
- Jeong, H., Mason, S. P., Barabási, A. L., & Oltvai, Z. N. (2001). Lethality and centrality in protein networks. *Nature*, 411(6833), 41-42.
- Vojříř, K., & Rusek, M. (2019). Science education textbook research trends: a systematic literature review. *International Journal of Science Education*, 41(11), 1496-1516.
- Watts, D. J., & Strogatz, S. H. (1998). Collective dynamics of 'small-world' networks. *nature*, 393(6684), 440-442.
- Weinbrenner, P. (1992). Methodologies of textbook analysis used to date. *History and social studies—methodologies of textbook analysis*, 21-34.
- М.Ганбат ба бусад. (2015). *Физик IX* (3 дахь хэвлэл хян.). Улаанбаатар.
- М.Ганбат ба бусад. (2019). *Физик IX* (3 дахь хэвлэл хян.). Улаанбаатар.
- М.Ганбат. ба бусад. (1999). *Физик VII-VIII* (2 дахь хэвлэл хян.). Улаанбаатар.
- Стандарт, х. з. (2008). *Стандарт хэмжил зүйн газар*. estandard.gov.mn: <https://estandard.gov.mn/standard/v/5755-> ээс Гаргасан

A Comparative Study of Knowledge Networks in the "Light" Topics of Physics Textbooks for Grades 7–9

Amarbayar.A, Batbold.Kh, Gandush.B

MNUE, School of Natural Science and Mathematics, Physics Department;

Corresponding author: batbold@msue.edu.mn

 <https://orcid.org/0000-0002-5603-5179>

Abstract

Physics textbooks consist of a large number of systematically organized physics terms designed to support students' ability to construct new knowledge. In this study, we constructed and compared physics knowledge networks based on the terms extracted from the "Light" (Optics) chapters of physics textbooks for grades 7–9, published in 1999 and 2019 for secondary schools in our country. These knowledge networks exhibit a hierarchical cluster structure, wherein high-frequency terms play a central role in the network's formation. Although both textbook editions cover the fundamental concepts of geometric optics, they differ significantly in their textual composition, specifically regarding the number of words per sentence and keyword frequency. This research proposes a methodology for textbook authors and experts to gather essential data and conduct structural textbook analysis. Furthermore, this approach can be utilized by educational administration and assessment organizations, teachers, and researchers in their pedagogical and academic activities.

Keywords: Physics term, frequency, semantic relationship, knowledge network

Машин сургалтын алгоритм ашиглан гар бичмэл текстийг дижитал текст хэлбэрт хөрвүүлэх

Г.Уртнасан

МУБИС, МБУС, Мэдээлэл зүйн тэнхим

Холбоо барих зохиогч: urtnasan@msue.edu.mn <https://orcid.org/0009-0008-5141-1906>

Хүлээн авсан: 2026.04.10

Засварласан: 2026.05.11

Хэвлэлтэд авсан: 2026.05.25

Хураангуй

Энэхүү судалгааны ажлаар гүн сургалтын CNN (Convolutional Neural Network) алгоритм ашиглан гар бичмэл текстийг өндөр нарийвчлалтай таних программ хөгжүүлэх зорилготой.

Программыг сургахын тулд Kaggle систем дээрх MNIST (0-9 цифр бүхий 70.000 дата), A-Z dataset (372.450 дата) бүхий томоохон өгөгдлийн санг ашиглалаа. Гар бичмэл бүхий зургаас онцлог шинжүүдийг гарган авч, дижитал текст хэлбэрт хөрвүүлэхийн тулд CNN алгоритмыг, өгөгдлийг урьдчилан боловсруулахад Open CV сангийн дүрс боловсруулалтын аргуудыг ашиглалаа.

Үр дүнгээс харахад гар бичмэл таних зорилгоор сургасан загвар (модель) одоогийн байдлаар 90%-ийн нарийвчлалтай 0-9 цифр болон англи цагаан толгойн 26 үсгийг таньж байгаа. 0 ба О үсэг, 5 тоо болон S андуурагдах байдлаас болж танилтын дундаж хувь 90%-тай байгаа учир алдааг багасгаж, таних чадварыг сайжруулах болно. Мөн цөөн 2-4 үгэн дээр таних туршилт хийхэд амжилттай таньсан үр дүн гарсан.

Түлхүүр үг

Handwriting text recognition, MNIST, A-Z dataset, Python library, CNN

Удиртгал

Дэлхий нийтэд хиймэл оюун ухаан, машин сургалт хөгжихийн хирээр хүний үйл ажиллагааг автомат болгох гараар хийдэг зүйлийг бага хугацаанд хямд зардал, нөөц ашиглан гүйцэтгэх шаардлага улам бүр нэмэгдэж байна. Гар бичмэл таних салбар нь гараар бичсэн текстийг уншиж, дижитал хэлбэрт хөрвүүлэх чадвартай алгоритм болон системүүдийг хөгжүүлэх үйл ажиллагаа бүхий салбар юм.

Сүүлийн үед гар бичмэл таних системийг баримт бичгийн удирдлага, дижитал тэмдэглэл хөтлөх, гарын үсэг таних, банкны карт болон чекийн мэдээлэл унших, түүхэн болон архивын баримт бичгийг дижитал хэлбэрт оруулах, боловсролын салбар зэрэг олон төрлийн хэрэглээнд ашиглах сонирхол ихэссэн байна. Мөн сүүлийн үед баримт бичгийг дижиталжуулах, өгөгдөл оруулах процессыг автоматжуулах хэрэгцээ нэмэгдэж байгаатай холбоотойгоор НТР судалгааны салбар улам чухал болж байна. Гэвч хангалттай сайн үр дүнд хүрэх нь оптик загварыг сургахад ашиглах өгөгдлийн хэмжээтэй шууд холбоотой байдаг. Ийм хэмжээний өгөгдлийг үүсгэж, шошголож бэлтгэх нь ихээхэн цаг хугацаа, хүчин чармайлт шаарддаг бөгөөд зарим тохиолдолд боломжгүй ч байж болно (Sousa Neto, 2024).

Гар бичмэл таних систем (Handwriting Recognition) нь их хэмжээний текстийг хөрвүүлэх хугацааг мэдэгдэхүйц багасгахаас гадна машин сургалтын ирээдүйн хэрэглээг хөгжүүлэх суурь болж чадна (Bhardwaj, 2022) гэж өгүүлсэн байна. Хэдийгээр тэмдэгт таних технологи нь орчин үеийн технологи мэт сонсогддог ч олон жилийн өмнө зохион бүтээгдсэн. Ялангуяа оптик тэмдэгт таних (OCR) хөгжүүлэлт нь тэмдэгт таних салбарт томоохон хувьсал болсон (С. Н., 2019) гэж үздэг.

Тэмдэгт танилтын (OCR) технологи нь дижитал номын сан, архивын материал боловсруулах, бичиг баримтыг автоматжуулахад чухал үүрэг гүйцэтгэдэг. Сүүлийн жилүүдэд гүн сургалтад суурилсан

аргууд өргөн хэрэглэгдэх болсон бөгөөд тэдгээрийн гүйцэтгэлийг харьцуулсан судалгаанууд хийгдэж байна.

Тухайлбал, “Тэмдэгт танилтын аргуудын харьцуулсан судалгаа” ажлын хүрээнд EasyOCR болон Tesseract технологийг ашиглан үг, тэмдэгт, тоо болон өөр өөр фонт бүхий зургаас текст таних туршилтыг хийсэн байна. Судалгааны үр дүнгээс харахад том, жижиг үсэг таних чадварын хувьд Tesseract илүү бодитой, тогтвортой үр дүн үзүүлсэн бол EasyOCR нь үсэг, тэмдэгт, тоо хольсон өгөгдөл дээр харьцангуй өндөр танилтын түвшинг харуулсан байна. Мөн EasyOCR нь үгийг өөрийн толь бичигтэй харьцуулан таних, олдоогүй тохиолдолд тэмдэгтүүдийг холбон таамаглах боломжтой байгаагаараа онцлогтой. Харин Tesseract системийн хувьд фонтын төрөл болон үсгийн налуу байдал нь танилтын чанарт сөргөөр нөлөөлж байгааг тэмдэглэсэн байна (Anujin, 2022).

Үүнээс гадна Монгол кирилл гар бичмэл таних чиглэлд шинэ дата багц боловсруулах судалгаа хийгдэж, эхний шатны туршилтаар тэмдэгтийн алдааны түвшин (Character Error Rate, CER) 0.978 гэсэн үр дүнд хүрсэн байна. Энэхүү дата багц нь зөвхөн OCR системд төдийгүй гар бичмэлд суурилсан нас, хүйс тодорхойлох зэрэг олон төрлийн судалгаанд ашиглагдах боломжтой болохыг онцолсон (Orgil, 2024).

Уламжлалт монгол бичиг нь 1000 гаруй жилийн түүхтэй, Монголын соёл, өв уламжлалын салшгүй чухал хэсэг билээ. Энэхүү бичгээр туурвисан түүхэн ач холбогдол бүхий ном, гар бичмэл, архивын материалуудыг хадгалах, хамгаалах, олон нийтэд хүртээмжтэй болгох шаардлага улам бүр нэмэгдэж байна. Энэ хүрээнд уламжлалт монгол бичгийн дижитал номын сан байгуулах асуудал чухал ач холбогдолтой болж байна.

Уламжлалт монгол бичгээр бичигдсэн материалуудыг хадгалах дижитал номын сангийн системийн архитектурыг тодорхойлж, мэдээллийг үр ашигтай зохион байгуулах, хадгалах, хэрэглэгчдэд хүргэх боломжийг судалсан байдаг (Khaltarkhuu, 2008). Тус судалгаа нь соёлын өвийг дижитал хэлбэрт шилжүүлэх онол, арга зүйн суурийг бүрдүүлсэн чухал ажил юм.

Сүүлийн жилүүдэд хиймэл оюун ухаанд суурилсан бичиг таних технологи эрчимтэй хөгжиж байна. Тухайлбал, Судлаач Chenyang хийсэн судалгааны ажилдаа SSP-ResNet-18-Single загварыг ашиглан уламжлалт монгол бичгийн зургийг таних туршилт хийсэн бөгөөд дундаж нарийвчлал 98.60%-тай таньсан үр дүн гарсан байна (Chenyang, 2022). Энэ нь өмнөх загваруудтай харьцуулахад илүү өндөр гүйцэтгэлтэй байгааг харуулж байгаа бөгөөд цаашид уламжлалт монгол бичгийн дижитал боловсруулалт, автомат таних систем хөгжүүлэхэд чухал ач холбогдолтой юм. Мөн уг судалгаанд ашигласан өгөгдлийн санг нийтэд нээлттэй болгосон нь судалгааны үргэлжлэлд эерэг нөлөө үзүүлэх боломжийг бүрдүүлж байна.

Сүүлийн жилүүдэд Монгол бичгийн гар бичмэл таних судалгаа эрчимтэй хөгжиж, үүнийг дэмжих чанартай өгөгдлийн сангийн хэрэгцээ нэмэгдэж байна. MOLHW (Mongolian Online Handwritten) нэртэй Монгол бичгийн онлайн гар бичмэл таних өгөгдлийн санг боловсруулсан байна (Pan, 2023). Тус өгөгдлийн сан нь 200 бичигчийн бичсэн нийт 164,631 гар бичмэл дээжийг агуулж, 40,605 түгээмэл хэрэглэгддэг монгол үгийг хамарснаараа онцлогтой. Ийм хэмжээний иж бүрэн өгөгдөл нь Монгол бичгийн онлайн гар бичмэл таних, бичигчийг таних (writer identification), гар бичмэл текст үүсгэх (handwritten text generation) зэрэг олон төрлийн судалгаанд жишиг өгөгдлийн сан (benchmark) болон ашиглагдах боломжтой гэж үзэж байна. Мөн уг өгөгдлийн санг судлаачид хүсэлт гарган үнэ төлбөргүй ашиглах боломжтой нь цаашдын судалгаанд чухал дэмжлэг болж байна.

Нөгөө талаар, гар бичмэл таних технологийн арга зүйг судалсан ажлууд ч өргөн хүрээнд хийгдэж байна. Offline орчинд гараар бичсэн бичгийг танихад ашиглагддаг орчин үеийн болон уламжлалт аргуудыг нэгтгэн авч үзэж, тэдгээрийн техник, гүйцэтгэл, үр ашигт байдлыг харьцуулан шинжилжээ. Судалгааны үр дүнгээс харахад гүн сургалтын (Deep Learning) аргууд, ялангуяа Convolutional Neural

Network (CNN) нь гараар бичсэн үг, тэмдэгтийн бүтцийн онцлогийг оновчтой загварчлах чадвартай бөгөөд гар бичмэл таних асуудлыг шийдвэрлэхэд хамгийн үр дүнтэй арга зүй болохыг онцолсон байна (Al-Tae, 2020).

Гараар бичсэн тэмдэгт таних чиглэлд гүн сургалтын аргуудын хэрэглээ эрчимтэй нэмэгдэж байна. (Nayak, 2024) судалгаандаа машин сургалт болон гүн сургалтын аргуудыг харьцуулан судалж, Convolutional Neural Network (CNN)-ийг ашиглан гараар бичсэн тэмдэгт таних туршилтыг хийсэн байна. Судалгааны үр дүнгээс харахад CNN-д суурилсан загвар нь гараар бичсэн тэмдэгтийн хэлбэр, бүтэц, онцлогийг үр дүнтэй ялган таних чадвартай бөгөөд өндөр нарийвчлалтай танилтын үр дүн үзүүлсэн болохыг тогтоожээ.

Дээрх судалгаануудын үр дүнгүүдээс харахад гүн сургалтын аргууд, ялангуяа CNN загвар нь гараар бичсэн бичгийг таних асуудлыг шийдвэрлэхэд оновчтой шийдэл болохыг баталж байна.

Судалгааны арга зүй

Оптик тэмдэгт таних нь хэвлэсэн эсвэл гараар бичсэн сканнердсан баримт бичгүүдийг компьютер таних ASCII тэмдэгт хэлбэрт хувиргах үйл явц юм (Mori, 1992). Энэ судалгааны ажлын хүрээнд тэмдэгт таних технологиудын талаар судалгаа хийлээ.

OCR технологи

Оптик тэмдэгт таних (OCR- Optical Character Recognition) технологи нь автоматжуулсан өгөгдөл олборлох, хадгалах чадварыг ашиглан цаг хугацаа, зардал болон бусад нөөцийг хэмнэдэг үр ашигтай бизнесийн процесс юм. 1974 онд Computer Product Inc-ийг үүсгэн байгуулагч Ray Kurzweil нь Omni-font OCR бүтээгдэхүүн гарсан ба энэ нь ямар ч фонтыг таньж чадаж байв. Энэ бүтээгдэхүүнээ харааны бэрхшээлтэй хүмүүст зориулсан текстийг чангаар уншдаг машин болгон өргөжүүлж хөгжүүлсэн.

Tesseract OCR

Tesseract OCR-г HP (Hewlett-Packard) компани 1984-1994 онд хөгжүүлсэн. 1996 онд Windows OS рүү хөрвүүлж байсан. 2005 онд уг системийг олон нийтэд нээлттэй эх хэлбэрээр гаргасан ба 2006 оноос хойш Google компани ивээн тэтгэж, хөгжүүлж байна.

Tesseract алгоритм нь Google Code дээр байдаг бөгөөд хамгийн сайн нээлттэй эхийн OCR-ийн нэг юм. Анх зөвхөн англи хэл таньдаг байсан бол 2021 оны 6 сард 100 гаруй хэлний үсэг, тэмдэгт таних чадвартай болсон.

Easy OCR

EasyOCR-ийг 2019 онд Jaided AI компанийн судлаачид боловсруулсан. EasyOCR нь зургаас текст таних OCR (Optical Character Recognition) систем бөгөөд гүн сургалт (Deep Learning) дээр суурилсан нээлттэй эхийн программын сан юм. Энэ систем нь зураг доторх текстийг автоматаар илрүүлж, таних боломжтой бөгөөд 80 хэлний үсэг, тэмдэгт таних чадвартай.

EAST for natural scenes OCR

EAST (Efficient Accurate Scene Text Detector) нь 2017 онд Zhou болон бусад эрдэмтэд албан ёсоор нийтэлсэн гүн сургалтын модель юм. Энэ арга нь зургаас онцлог шинжүүдийг гаргаж авах, улмаар текст байгаа эсэхийг илрүүлэхийн тулд конволюцын давхарга ашигладаг.

EAST нь зураг доторх байгалийн орчны текстийг (natural scene text) илрүүлэхэд ашиглагддаг гүн сургалтын алгоритм юм. Жишээлбэл: Гудамжны самбар, машины дугаар, дэлгүүрийн хаяг, замын тэмдэг.

CNN (Convolutional Neural Network)

Хиймэл нейрон сүлжээ (Artificial Neural Network) нь хүний тархины мэдрэлийн эсүүдийн (нейронуудын) ажиллагааг загварчлан дуурайсан тооцоолох систем юм. Нейрон сүлжээ нь олон давхаргаас тогтох бөгөөд оролтын давхарга (input layer), нуугдмал давхарга (hidden layers), гаралтын давхарга (output layer) гэсэн үндсэн бүтэцтэй байдаг. CNN буюу Конволюцийн нейрон сүлжээ нь зураг,

дүрс боловсруулалт, таних ажилд зориулагдан бүтээгдсэн гүн сургалтын (deep learning) тусгай төрлийн архитектур юм. CNN-ийг анх 1989 онд Yann LeCun санал болгосон бөгөөд 1998 онд LeNet архитектурыг гаргаснаар практикт өргөн хэрэглэгдэж эхэлсэн (Damdinsuren, 2024).

Уламжлалт нейрон сүлжээнээс ялгаатай нь CNN нь зургийн орон зайн (spatial) шинж чанарыг хадгалан боловсруулах чадвартай бөгөөд ирмэг, өнгө, хэлбэр зэрэг онцлог шинжүүдийг автоматаар суралцдаг.

Энэ судалгааны ажлын хүрээнд Python хэл болон түүнийг numpy, pandas, TensorFlow, seaborn, sklearn, cv2 зэрэг сангууд мөн гүн сургалтын CNN алгоритм ашиглан гар бичмэл текстийг дижитал хэлбэрт хөрвүүлэх программ хөгжүүлэхийг зорьж ажиллаа.

Судалгаанд MNIST dataset-н 0-9 цифр бүхий 70.000 дата, A-Z dataset-н 372.450 дата бүхий нийт 442.450 ширхэг, 28x28 хэмжээтэй саарал өнгийн зургуудыг ашиглан CNN алгоритм ашиглан сургалаа. Нэг зураг зөвхөн нэг үсэг эсвэл цифр агуулдаг. Нийт зургуудын 80%-ийг мэдрэлийн сүлжээнд сургалт хийхэд (training data), үлдсэн 20%-ийг сургалтын үр дүнг хянаж шалгахад (testing data) ашигласан.

Судалгааны үр дүн

Гар бичмэл текстийг дижитал текст хэлбэрт хөрвүүлэхэд өгөгдлийн санг бэлдэх нь ихээхэн цаг хугацаа шаардсан, нарийн төлөвлөгөө гаргаж, өгөгдөл цуглуулах ажил байдаг. Тиймээс эхний удаад бэлэн их хэмжээний өгөгдлийн сан ашиглаж өгөгдөл сургах программ хөгжүүлсэн. Өөрийн судалгааны ажилд ашигласан өгөгдлийн сангийн хэмжээг график 1, 2-д харууллаа. График 1-д MNIST dataset-д агуулагдах цифрүүдийн дата тус бүрийн тоо, график 2-д англи цагаан толгойн том үсгүүдийн дата тус бүрийн тоог харуулж байна. График 1-ийн хувьд 0-9 цифр тус бүрийн өгөгдлийн тоо 6000-с дээш, харьцангуй ойролцоо байна. Харин график 2-с харахад бүх үсгүүдийн дата 1000-с дээш тоотой байгаа учир дата хангалттай гэж үзэж байна.

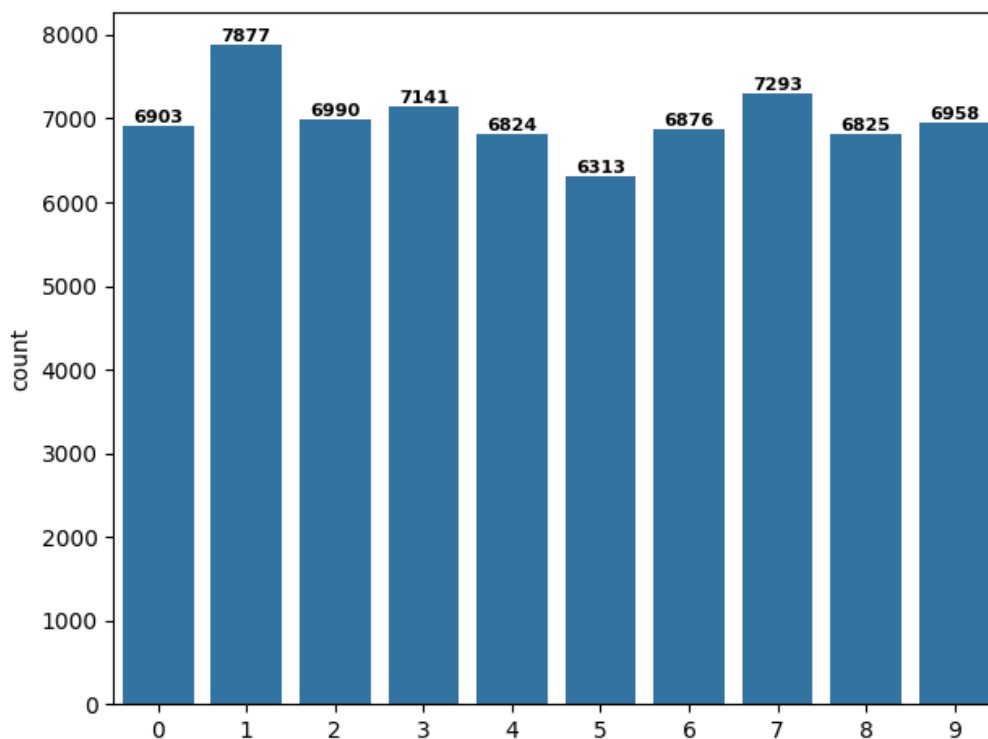


График 1. MNIST dataset (0-9 цифр бүхий 70.000 дата)

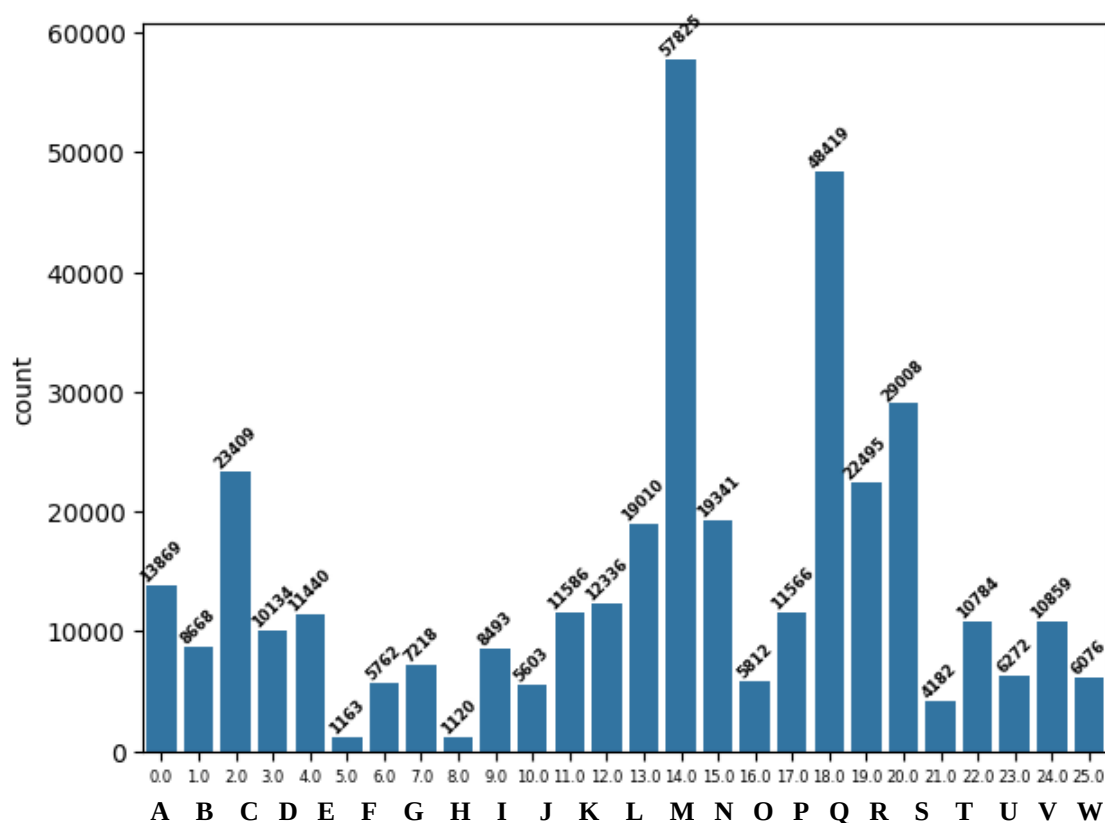


График 2. A-Z dataset (372.450 data)

Зураг 1-д хөгжүүлсэн программын талаарх тэмдэгт танилт болон хөрвүүлэлтийн үр дүнг харуулж байна. Үүнд: Дараах 4 багана бүхий үр дүнг харуулсан болно.

- Precision - Model тухайн тэмдэгт гэж таамагласан зүйлсийн зөв таамагласан хувь
- Recall - Бодит dataset дээр байгаа тухайн тэмдэгтийн хэдийг model олж чадсан.
- F1-score - Precision ба Recall баганын дундаж.
- Support - Dataset дээр байгаа тухайн тэмдэгтийн тоо.

Энэхүү ажлын хүрээнд сургасан загварын хувьд Precision баганаас харахад 0 цифрийг таньсан нарийвчлал 18%, 5 цифрийг таньсан нарийвчлал 52% байгаа нь таних чадвар муу байна. Харин бусад цифр болон үсгүүдийг таньсан байдал 90-с дээш хувьтай байна. Зураг 2-т сургасан загварт турших бэлдсэн жишээ зургаас харууллаа. Зураг 3-т гар бичмэл тэмдэгтийг дижитал хэлбэрт хөрвүүлсэн үр дүнг харуулж байна.

Evaluate: [0.23689477145671844, 0.9000338912010193]				
	precision	recall	f1-score	support
0	0.18	0.86	0.30	1381
1	0.96	0.99	0.98	1575
2	0.97	0.89	0.93	1398
3	0.98	0.98	0.98	1428
4	0.78	0.99	0.87	1365
5	0.52	0.94	0.67	1263
6	0.93	0.98	0.95	1375
7	0.96	0.99	0.97	1459
8	0.95	0.97	0.96	1365
9	0.95	0.98	0.96	1392
A	0.99	0.98	0.99	2774
B	0.96	0.99	0.97	1734
C	0.99	0.97	0.98	4682
D	0.94	0.94	0.94	2027
E	0.99	0.98	0.99	2288
F	0.97	1.00	0.98	233
G	0.96	0.90	0.93	1152
H	0.94	0.96	0.95	1444
I	0.91	0.99	0.94	224
J	0.96	0.97	0.96	1698
K	0.89	0.99	0.94	1121
L	0.95	0.99	0.97	2317
M	0.98	0.99	0.99	2467
N	0.99	0.96	0.98	3802
O	0.97	0.52	0.68	11565
P	0.99	0.98	0.99	3868
Q	0.95	0.97	0.96	1162
R	0.99	0.97	0.98	2313
S	0.99	0.88	0.93	9684
T	0.99	0.99	0.99	4499
U	0.99	0.97	0.98	5801
V	0.97	1.00	0.98	836
W	0.98	0.99	0.98	2157
X	0.99	0.97	0.98	1254
Y	0.99	0.89	0.93	2172
Z	0.90	0.97	0.94	1215
accuracy			0.90	88490
macro avg	0.93	0.95	0.93	88490
weighted avg	0.95	0.90	0.91	88490

Зураг 1. 0-9 цифр, A-Z гар бичмэл датаг сургасан үр дүнгийн нарийчлэл



Зураг 2. Гар бичмэл тэмдэгтүүдийн жишээ

```
dict_keys(['accuracy', 'loss', 'val_accuracy', 'val_loss'])
<Sequential name=sequential, built=True>
1/1 0s 26ms/step
Таамаглал: [[5.5439520e-10 9.6465939e-11 2.9616264e-11 1.8330246e-12 3.7682894e-06
4.3868627e-11 5.1054405e-09 2.1682887e-08 3.8893307e-12 4.4563877e-11
1.3468946e-07 9.3832475e-10 5.1813827e-12 7.1309756e-08 3.6548511e-09
1.1627222e-11 6.1000696e-06 4.4129319e-03 7.2263286e-15 1.7445259e-09
1.4594846e-04 1.3320478e-08 9.9461043e-01 2.4878624e-04 1.3248354e-10
1.9871289e-11 5.3735074e-09 1.7407610e-08 1.4201701e-10 2.7146978e-09
1.1839766e-04 6.1399112e-09 4.5204948e-04 1.0894173e-06 6.0258913e-08
3.9402887e-10]]
Танисан үсэг: M
```

Зураг 3. Гар бичмэл тэмдэгтийг дижитал хэлбэрт хөрвүүлсэн үр дүн

Дүгнэлт

Энэхүү судалгааны ажлаар гар бичмэлийг дижитал текст хэлбэрт хөрвүүлэх талаар судалгаа хийлээ. Гар бичмэлийг дижитал текст хэлбэрт хөрвүүлэх (Handwriting text recognition) чиглэлийн судалгааны ажлууд ковид-19 цар тахал буюу 2020 оноос хойш эрчимтэй судлагдаж, энэ төрлийн судалгааны ажлууд ихээр боловсруулагдсан байна. Энэхүү судалгааны ажлын программыг хөгжүүлж, сургахад python хэл болон түүний сангууд, гүн сургалтын CNN сүлжээ ашигласан.

Үр дүнгээс харахад гар бичмэл таних сургасан загвар (модель) одоогийн байдлаар 90%-ийн нарийвчлалтай цифр болон үсгийг таньж байгаа. Гараар бичсэн 0 цифр ба О үсэг, 5 цифр болон S үсэг андуурагдах байдлаас болж танилтын дундаж хувь 90%-тай сургагдаад байна. Мөн цөөн 2-3 үгэн дээр таних туршилт хийсэн. Үг таних туршилтыг хийхдээ үг тус бүрд агуулагдах үсгүүдийг хайрцаг үүсгэж, харгалзах тэмдэгтийг дижитал хэлбэр хөрвүүлэх арга ашигласан.

Цаашид энэхүү судалгааны ажлыг хэрэглэгчийн төхөөрөмж дээр шууд ажиллах, кирилл гар бичмэлийг хялбар танихуйц багшийн ажлын ачаалал бууруулах, сурагчийн сурлагыг дэмжих загвар хөгжүүлэх зорилго тавьж байна.

Талархал

Энэхүү өгүүллийг МУБИС-ийн тэнхимийн эрдэм шинжилгээний тэргүүлэх чиглэл, судалгааг дэмжих хөтөлбөрийн санхүүжилтийн хүрээнд хэвлүүлэв.

Ном зүй

- Al-Tae, M. M. (2020). *Handwritten Recognition: A survey*. IEEE 4th International Conference on Image Processing, Applications and Systems (IPAS). DOI: <https://www.sci-hub.box/10.1109/ipas50080.2020.9334936>.
- Alwagdani, M. S. (2023). *Deep learning-based child handwritten Arabic character recognition and handwriting discrimination*. Sensors, 23, 6774. <https://doi.org/10.3390/s23096774>.
- Anujin, B. Z. (2022). *Тэмдэгт танилтын аргуудын харьцуулсан судалгаа*. Монголын мэдээллийн технологи-2022. Номбэст ХХК. х.67-71.
- Bhardwaj, N. T. (2022). *A research on handwritten text recognition*. International Journal of Scientific Research in Engineering and Management (IJSREM), 6(5).
- C. H., K. S. (2019). *Character Recognition of Handwritten Text Using Machine*. MAT Journals. Journal of Optical Communication Electronics. Volume 5 Issue 2.
- Chenyang, Z. e. (2022). *Traditional Mongolian script standard compliance testing based on deep residual network and spatial pyramid pooling*. In Pattern Recognition and Computer Vision (PRCV 2022).
- Damdinsuren, B. (2024). *Хиймэл оюун ухаан (2-р ном)*. ШУТИС хэвлэлийн газар.
- Khaltarkhuu, G. &. (2008). *Developing a traditional Mongolian script digital library*. In G. Buchanan, M. Masoodian, & S. J. Cunningham (Eds.), Digital Libraries: Universal and Ubiquitous Access to Information (Lecture Notes in Computer Science,).
- May, M. A.-T. (2020). *Handwritten recognition: A survey In 2020*. IEEE 4th International Conference on Image Processing, Applications and Systems (IPAS).
- Mori, S. S. (1992). *Historical Review of OCR Research and Development*. Proceedings of the IEEE, 80(7), 1029–1058.
- Nayak, M. M. (2024). *Handwritten character recognition using CNN*. International Journal of Computer Engineering and Technology (IJCT), 15(3), 219–229.
- Nookoo, O. (2023). *Насан туршийн суралцахуй (I боть)*.
- Orgil, J. B. (2024). *Mongolian Cyrillic handwritten text recognition from image: Dataset and benchmark*. Монголын мэдээллийн технологи.
- Pan, Y. e. (2023). *A new dataset for Mongolian online handwritten recognition*. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-27267-8>.
- Sousa Neto, A. F. (2024). *Data augmentation for offline handwritten text recognition: A systematic literature review*. SN Computer Science. <https://doi.org/10.1007/s42979-023-02583-6>.

Converting handwritten text into digital text using machine learning algorithms

Urtnasan.G

Department of Informatics, SMNS, MNUE

Corresponding author: urtnasan@msue.edu.mn



<https://orcid.org/0009-0008-5141-1906>

Abstract

As artificial intelligence and machine learning continue to advance globally, the demand for automating human activities — accomplishing manual tasks in less time with lower costs and fewer resources — is steadily increasing. Handwriting recognition is a field dedicated to developing algorithms and systems capable of reading handwritten text and converting it into digital form.

This research aims to develop a high-accuracy handwritten text recognition program using a deep learning CNN (Convolutional Neural Network) algorithm. To train the program, the CNN algorithm was applied to large datasets available on Kaggle — the MNIST dataset (70,000 samples of digits 0–9) and the A–Z dataset (372,450 samples) — extracting features from images and converting them into text characters. OpenCV library methods were used for image preprocessing.

The results show that the trained handwriting recognition model currently recognizes digits 0–9 and all 26 letters of the English alphabet with an accuracy of approximately 90%. The overall recognition rate stands at 90% due to confusion between similar characters such as "0" and "O", and the digit "5" and the letter "S"; therefore, further work will focus on reducing these errors and improving recognition performance. Additionally, recognition tests conducted on short texts of 2–4 words yielded successful results.

Future plans for this research include enabling the model to run directly on user devices and developing a model capable of recognizing Cyrillic script.

Keywords: Handwriting text recognition, MNIST, A–Z dataset, Python library, CNN

Фотоэффектийн үзэгдлийг судлах VR лабораториТ.Уламбаяр^а, П.Энхцэцэг^б, О.Лхагва^в^аМУБИС, МБУС, Мэдээлэл зүйн тэнхим^бХААИС, ХШУС^вМУИС, БУС

Холбоо барих зохиогч: enkhtsetseg@mul.s.edu.mn

 <https://orcid.org/0009-0006-4334-4470>

Хүлээн авсан: 2026.04.10

Засварласан: 2026.05.11

Хэвлэлтэд авсан: 2026.05.25

Хураангуй

Орчин үеийн физик сургалтанд мэдээллийн технологийн шинэ ололт нээлтүүдийг нэвтрүүлэн хэрэглэх нь зайлшгүй шаардлага бий болоод байна. Мөн байгалийн ухааны хичээлийг сонгон суралцах суралцагчдын тоо цөөрсөн талаар сүүлийн хэдэн жил яригдаж бодлого болон хэрэгжиж байгаа ч тодорхой үр дүн гарахгүй байгаа нь үнэн.

Энэ асуудлыг шийдвэрлэх нэг үндсэн арга бол тухайн шинжлэх ухааныг сонирхолтой орчин үеийн технологитой хослуулан хэрэглэх нь давуу талтай байна. Иймээс физик сургалтанд VR технологийг хэрэглэн туршилт хичээл хийх нь орчин үеийн сурагчдын хувьд суралцах идэвхи нэмэгдэх, физик судлагдахууныг сонирхон судлах суралцагчид нэмэгдэх боломжийг бий болгоно.

Энэхүү ажилд фотоэффектийн үзэгдлийн VR лабораторийг анхлан боловсруулан танилцуулж байна. Энэхүү лабораторийн ажил нь web болон VR хэлбэрээр ажиллана. Фотоэффектитийн үзэглийн дотоод процессийг сурагцагчид өөрснөө нүдээр харж гараар ажиллахаар тухайн суралцагчдын сонирхол болоод мэдлэг бүтээл үйл идэвхжинэ.

VR хэлбэрт оруулан суралцагчид тухайн физик үзэгдлийг судална. Уг ажилд физикийн үндсэн тогтмолуудын нэг болох Планкын тогтмолыг тодорхойлно. Мөн металлын шинж чанараас хамаарах гарахын ажил, улаан хилийн давтамж, улаан хилийн долгионы уртыг судлана. Цаашилбал электроны масс, фотоны энерги гэх мэтээр өргөжүүлэн хэрэглэж болно.

Түлхүүр үг

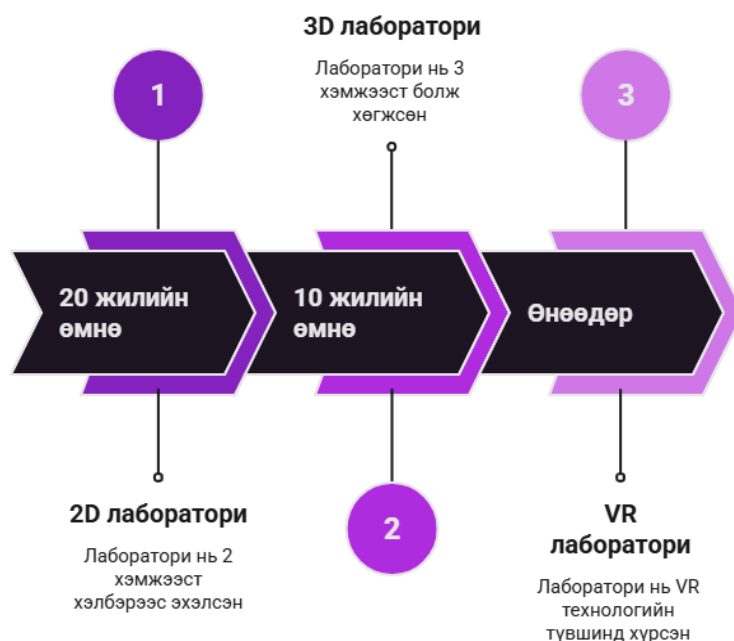
Физик сургалт, VR лаборатори, Виртуаль лаборатори, Фотоэффект, Фотоцахилгааны үзэгдэл

Удиртгал

Мэдээллийн технологийн салбарын ололт амжилт, ахиц дэвшил, хөгжил нь үйлдвэрлэл, бизнес, шинжлэх ухаан, нийгмийн амьдралын салбарын мэдээллийн бүрэлдэхүүн хэсэгт чанарын өөрчлөлтийг авчирсан. Мэдээллийн технологийн хөгжил нь амьдралын олон салбарт хүний чадавхи, бүтээмжийг нэмэгдүүлсэн. Тиймээс боловсролын салбарт компьютерийн технологийг ашиглах нь зайлшгүй шаардлага юм (Olena Tsvetkova et al. CEUR Workshop Proceedings).

Бидний хийж буй лаборатори нь анх 20 гаруй жилийн өмнөөс 2 хэмжээст хэлбэрээс эхлэн 3 хэмжээст болж хөгжсөөр өдгөө VR болон хөгжиж байна (Enkhtsetseg.P et al., 2012).

Виртуал лабораторийг ашиглах үндсэн чиглэлүүд бол бодит туршилт хийх нь эрүүл мэндэд аюултай эсвэл эдийн засгийн хувьд хэтэрхий үнэтэй тохиолдолд виртуаль лабораторит биечлэн ажиллах, зайн сургалт хийх, оюутан шаардлагатай тооцоолол, дүн шинжилгээг хийх, оюутан лабораторийн ажлыг бүрэн бие даан гүйцэтгэх ба энэ үед багш чиглүүлэн удирдана.



Зураг 1. e-лабраоторийн хөгжил

VR лаборатори (Virtual Reality Laboratory) гэдэг нь зохиомол 3D орчинд лабораторийн туршилтыг янз бүрийн нөхцөлд, олон дахин, хямд өртгөөр, аюулгүй хийх боломж олгодог дижитал систем юм. Хэрэглэгч VR нүдний шил болон удирдлага ашиглан бодит лабораторид байгаа мэт орчинд туршилт, ажиглалт хийж, үр дүнг судалдаг.

Физикийн хувьд цахилгаан орон, соронзон орон, долгионы тархалт зэрэг нүдэнд үл үзэгдэх хийсвэр ойлголтыг харагдахуйц ойлгомжтой болгоно (Oliver.V et al., 2022). Мөн өндөр хүчдэл, хүнд төхөөрөмж, аюултай орчин шаарддаг эрсдэлтэй туршилтыг VR зохиомол орчинд эрсдэлгүйгээр туршиж болно.

Бодит лабораторид тоног төхөөрөмж хязгаарлагдмал, цаг бага байдаг бол VR зохиомол орчинд хүссэнээрээ олон дахин туршиж, алдаагаа засах боломжтой. Багаж, төхөөрөмж авах шаардлага багасахаас гадна эвдрэл элэгдэл байхгүй болж зардал хэмнэнэ (Anton.F et al., 2021).

Дэлхий нийтээр хийгдсэн хэд хэдэн судалгаа бий бөгөөд эдгээр нь виртуал лабораторийн аргачлал нь оюутнуудын шинжлэх ухааны хандлагыг сайжруулахад үр дүнтэй болохыг харуулсан. Жишээлбэл: Фотоэффектийн ойлголтыг зөвхөн цээжлэх биш, ажиглах, урьдчилан таамаглах, дүн шинжилгээ хийх, тайлбарлах гэсэн дараалалд суурилсан виртуал лабораторийн загвар нь сэтгэлгээний ур чадварыг хөгжүүлэхэд үр дүнтэй болохыг нотолжээ (Sutarno.S et al., 2019). Физикийн лабораторийн тоног төхөөрөмж байхгүй буюу хүрэлцэхгүй орчинд VR нь хэрэглэхэд практик, хүчинтэй орлуулах хэрэгсэл болж чаддаг болохыг нотолжээ (Supurwoko et al., 2017).

Фотоэффектийн VR лаборатори нь нүдэнд үл үзэгдэх квант үзэгдлийг харагдахуйц, интерактив болгох, хямд өртөгтэй, хэрэглэхэд хялбар, зөвхөн ойлголт цээжлэхийн оронд сэтгэлгээ болон шинжлэх ухаанч хандлага хөгжүүлэх шинэлэг талтай.

Судалгааны арга зүй

Физикийн шинжлэх ухааныг судлах үндсэн аргын нэг хэлбэр бол лабораторийн хичээл бөгөөд энэ

нь мэдлэг, ур чадварын тогтолцоог бүрдүүлэхэд чухал үүрэг гүйцэтгэдэг.

Бидний дэвшүүлж буй цахим лабораторийг физик хуулийн математик тэгшитгэл буюу үзэгдэл хувирлын эх хөврөлөөс нь төлжүүлэн бүтээсэн. Байгалийн зүй тогтлыг эрин цагийн шинжлэх ухааны аргаар бүтээсэн юм. Тоон болон тоон бус өгөгдлөөр үндсэн математик тооцоолол хийж физик загварыг гаргана. Судалгааг холимог аргаар тодорхойлж уг загварыг бүтээсэн.

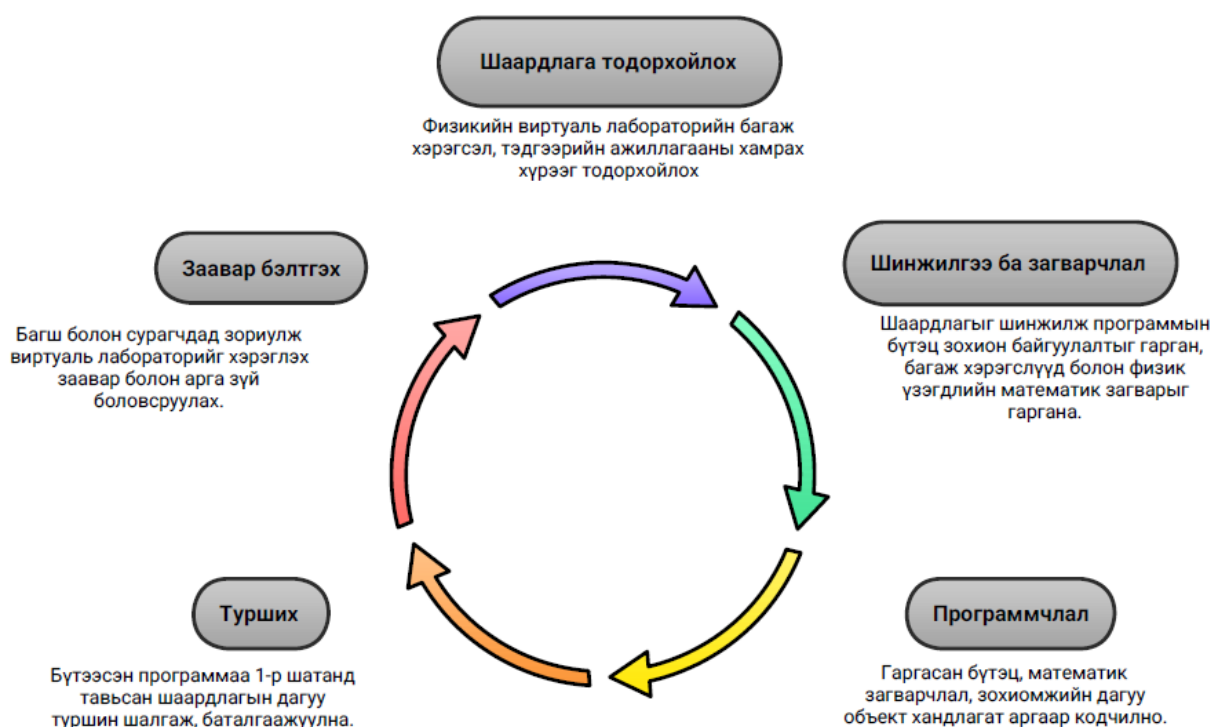
Төлөвлөгөө гаргах, шаардлага тодорхойлох - Тухайн физик үзэгдлийн хөдөлгөөн хувирал аль хэсэгт нь хэрхэн тодорч харагдах зэргийг нарийн төлөвлөнө. Програмчлалын ямар хэл ашиглах, нэмэлт ямар хэрэгслүүдийг ашиглахаа ч товлон.

Математик загвар, хувиргалт - Биежил дүрс бүтээх, хөдөлгөөнд шаардлагатай математик загвар үүсгэнэ. Дүрсийг бүтээх геометр болон өнгөлөх, бүрэх, будах зэрэг олон үйлдэл ч энд хамаарна.

Програмчлах - Програмыг бүтээх физик, математик, програмчлалын жолоодлогын хэлхээсийг нарийн гаргасны дараа аль нэгэн хэлнээ буулган програмыг бичнэ (Jos Dirksen, 2018).

Туршиж засварлах - Програм алдаагүй ажиллаад загвар лаборатори ажиллаж эхлэхэд бүтээсэн загвар лабораторийн найдвартай ажиллагааг хөндлөнгийн мэргэжилтний хяналтад оруулан нягтлан шалгана. Хяналтын дараа лабораторийн ажлын шалгуурыг дахин хийж хэрэглэхэд бэлтгэнэ.

Заавар сэлт бэлтгэх - Бэлэн болсон загвар лабораторийг ашиглах заавар, сэлтийг бэлтгэнэ. Тэгэхдээ багш болон суралцагсад хэрхэн ашиглах, туршилтыг хэрхэн үйлдэх зааврыг нарийн тодорхойлж бичнэ. Мөн багшид загвар лабораторийг ашиглан хичээлийг хэрхэн хөтлөн чиглүүлэх заавар оруулна.



Зураг 2. Програм хангамж хөгжүүлэх цикл

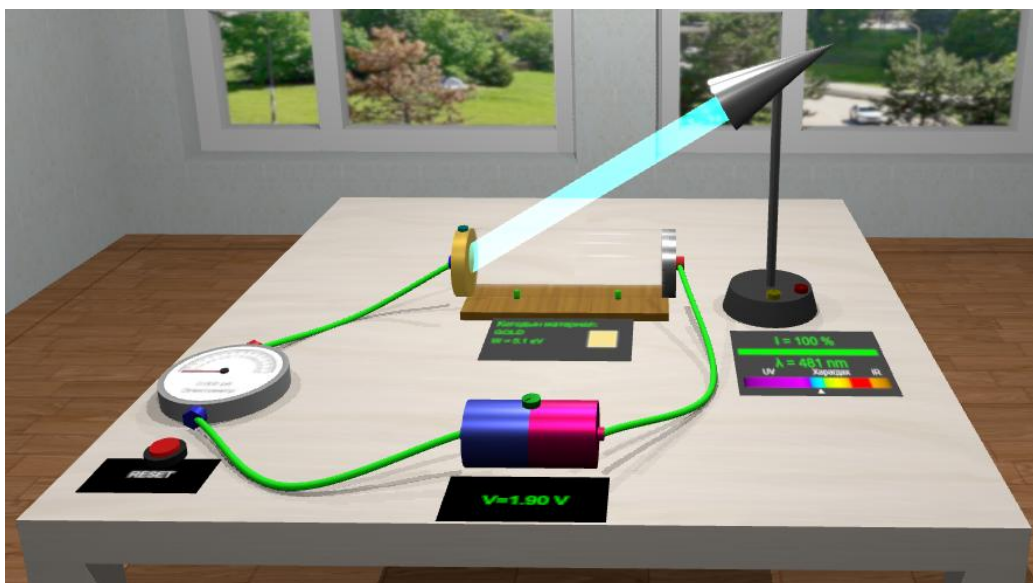
Судалгааны үр дүн

Фотоцахилгааны үзэгдлийг судлах виртуаль лабораторийн ажиллах өрөө. Энэхүү өрөөнд ширээн дээр байрласан туршилт хийхэд бэлтгэсэн багаж байх ба үүнд шилэн хоолой түүн дотор байрлах электродууд, амперметр, катодыг шарах тохируулга бүхий гэрэл, батарай, ахин эхлүүлэх товч зэргээс бүрдэнэ (Giuseppe.S et al., 2019).

VR камер хэрэглэх үед эдгээрийг шууд удирдах ба харин компьютероос ажиллах үед дэлгэцийн баруун талын цонхон дахь удирдлагын товчнуудыг ашиглан ажиллана.

Зураг 5

Фотоцахилгааны үзэгдлийг судлах лабораторийн VR хэлбэрээр ажиллах өрөөний харагдах байдал



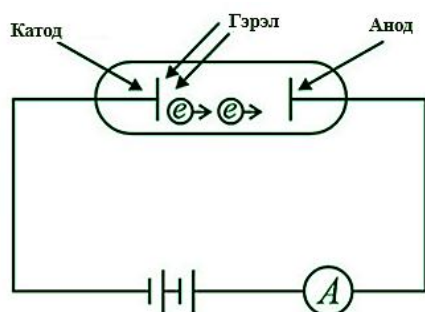
Зураг 5. Фотоцахилгааны үзэгдлийг судлах лабораторийн VR хэлбэрээр ажиллах өрөөний харагдах байдал

Туршилт-1. Улаан хил. Катодын материалыг сонгоод долгионы уртыг өөрчлөн хэмжилтийг хийнэ. Тухайн багажин дээр долгионы урт 800нм хэмжээнээс эхэлнэ. Долгионы уртын их утгад электроны урсгал буюу цахилгаан гүйдэл үүсэхгүй байгааг анхааралтай ажиглана. Тэгээд тодорхой долгионы уртаас гүйдэл гүйж байгааг ажиглана. болон заагчийн тусламжтай удирдана.

Зураг 6

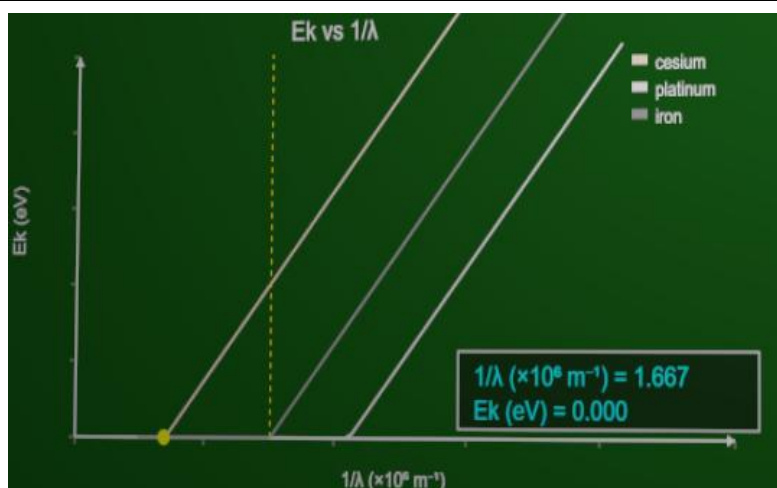
Фотоцахилгааны үзэгдлийг судлах лабораторийн цахилгаан хэлхээний ерөнхий схем.

Улаан хил хэмээн нэрлэдэг долгионы урт болон давтамжийн утгыг хэмжилтээс тодорхойлно.



Зураг 6. Фотоцахилгааны үзэгдлийг судлах лабораторийн цахилгаан хэлхээний ерөнхий схем.

Улаан хил хэмээн нэрлэдэг долгионы урт болон давтамжийн утгыг хэмжилтээс тодорхойлно.



Зураг 7. Электроны кинетик энерги долгионы уртын урвуугаас хамаарах хамаарал. Долгионы урт улаан хилээс их байхад электрон сугарч, гүйдэл гүйхгүй учир кинетик энерги нь тэг байна.

Гарахын ажил катодын материалаас хамааран өөр байна. Улаан хилийн долгионы урт болон улаан хилийн давтамжийг тодорхойлох хэмжилтийг суралцагчид өөрснөө гүйцэтгэж, тооцоогоор олно(хүснэгт-1). Баримтаа тойруулан хэлэлцээр

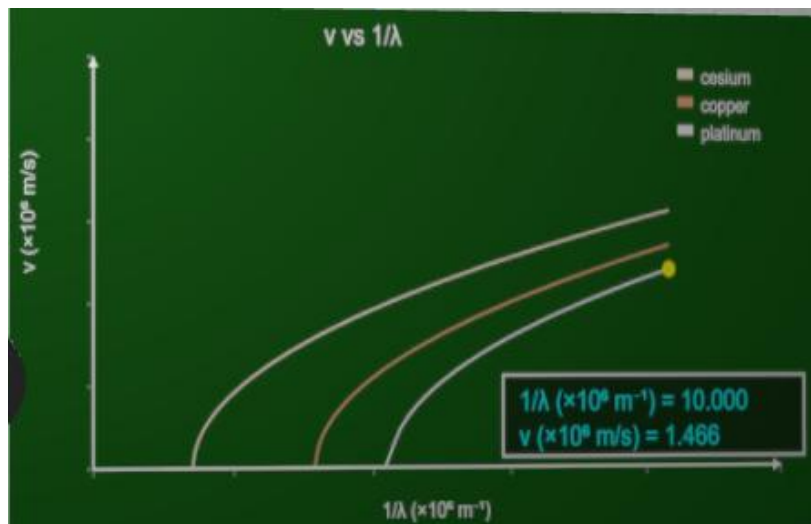
$$h\nu_0 = W \quad (1)$$

томъёог гаргаад $\lambda_0 < \lambda$ ба $\nu < \nu_0$ үед гүйдэл үүсэхгүй байгаагийн физик учрыг ойлгож дүгнэлт хийнэ (Jinwoong.S., 2020). Фотоны энерги $h\nu$ электроныг атомын кулоны орноос салгахад хүрэлцэхгүй байгааг суралцагчид өөрснөө гаргана.

Хүснэгт 1. Туршилт-1-ийн утгууд

№	Катодын материалын нэр	Долгионы урт λ (нм)	Давтамж ν (10^{15})	Гарахын ажил W (эВ)	$E = h\nu$ (эВ)	$T = E - W$ (эВ)	Долгионы урт λ_0 (нм)	Давтамж ν_0 (10^{15} Гц)
1	Цези	750	0.4	2.1	1.67	-0.43	591	0.5
2		695	0.43		1.78	-0.32		
3		594	0.5		2.07	-0.03		
...	...	...	...	...	...	...	...	...

Туршилт-2. Сугарсан электроны кинетик энерги. Фотоны долгионы урт $\lambda_0 > \lambda$ ба давтамж $\nu \geq \nu_0$ байхад электрон атомын кулоны орноос суллагдан хэлхээнд залгасан потенциалын ялгаврын үйлчлэлээр цахилгаан гүйдэл үүсч байгааг ажиглаж тогтооно. Тэгээд электроны кинетик энерги энергийг давтамаас хамааруулан хэмжинэ(хүснэгт 2).



Зураг 8. Электроны хурд долгионы уртын урвуугаас хамаарах хамаарал. Долгионы урт улаан хилээс бага байхад сугарсан электроны хурд долгионы уртын урвуугаас хамаарах хамаарал.

Фотоны давтамж ихсэхэд электроны кинетик энерги, хурд нэмэгдэж байгааг туршилтаар олж туршилт, тооцооны дүнг дараах хүснэгтэд өрнө.

Хүснэгт 1. Туршилт-2-ийн утгууд

№	Катодын материалын нэр	Долгионы урт λ (нм)	Давтамж ν (10^{15})	Гарахын ажил W (эВ)	$E = h\nu$ (эВ)	Хурд 10^5 м/с	$T = E - W$ (эВ)
1	Алт	232	1.29	5.1	5.34	2.95	0.247
2		205	1.46		6.04	5.79	0.951
3		113	2.65		10.96	14.38	5.878
...	...	...	...	...	...	...	...

Туршилт болон тооцооны дүн баримтыг тойруулан мэтгэлцээд Эйнштейний тэгшитгэлийг гаргана. Тоон баримтыг цэгнэхэд ерөнхий тохиолдолд:

$$\begin{aligned}
 E_1 &\sim T_1 \\
 E_2 &\sim T_2 \\
 &\dots\dots\dots \\
 E_n &\sim T_n \\
 E_n - T_n &= \Delta E = \text{const}
 \end{aligned}$$

Тоон утгаас харахад:

$$\Delta E = W$$

Тэгэхээр: $E - T = \Delta E = W$

$$E = W + T \quad (2)$$

Мөн сугарсан электроны массыг тодорхойлно.

Туршилт-3. Планкийн тогтмолыг тодорхойлох.

Өөрснийхөө хэд хэдэн элемент дээр хэмжсэн дүнг (хүснэгт-2) ашиглан график байгуулж, кинетик энерги давтамжаас шулуун шугаман хамааратай байгааг харуулна. Зураг-6-д харуулсан сугарсан электроны кинетик энерги ба долгионы уртын урвуугаас хамаарах хамаарал нь давтамжийн хамааралд шилжинэ. Өөр өөр металл дээр шулууны өнцгийн коэффициент нь Планкийн тогтмол $h = 6.626 \times 10^{-34} \text{ Ж} \cdot \text{с}$ болохыг нотлох тооцоо хийе. Дээрх (2) томъёоноос харвал кинетик энерги T болон давтамж хоёр шулуун шугаман хамааралтай буюу

$$T(\nu) = -W + h \cdot \nu \quad (3)$$

Эл шулууны налалтын өнцгийн коэффициент:

$$h = \frac{T+W}{\nu} \quad (4)$$

Энэхүү (4) томъёог хэрэглэн h коэффициентийг дүнг доорх хүснэгт 4-д өржээ. Үнэхээр шулууны налалтын өнцгийн коэффициент нь Планкийн h тогтмлын утга болох нь батлагдлаа.

Хүснэгт 1. Туршилт-3-ийн утгууд

№	Катодын материалын нэр	Долгионы урт λ (нм)	Давтамж ν (10^{15})	Гарахын ажиг W (эВ)	Улаан хил λ (нм)	Улаан хил ν (10^{15})	$T = E - W$ (эВ)	Планкийн тогтмол (10^{-34} Ж·с)
1		232	1.29				0.247	6.626
2		205	1.46	5.1	243	1.23	0.951	6.626
3	Алт	113	2.65				5.878	6.626
...	...	...	...	...	...	...	...	...

Тооцоот туршилтын үр дүнг нэгтгэхүй. Дараах асуудлуудад хариулт өгснөөр классик болон квант физик дэх гэрлийн хоёрдмол шинж нь түүний дотоод мөн чанар болохыг ойлгон мэдэх болно. Нэгдүгээрт: Туршилтын мэдээллийг нэгтгэн хамтаар хэлэлцэж (Jinwoong.S., 2020) классик физик дэх гэрлийн талаарх ойлголтыг томъёолж, түүний туршлагын нотолгоо юу болохыг ярилцана. Энэ номлол ёсоор бол электроны кинетик энерги гэрлийн ямар хэмжигдэхүүнээс хамаарах байсныг төнхөж дүрслэн хэлэлцэнэ. Хоёрдугаарт: Гэрлийн талаарх туршилтын бат нотолгоо бүхий классик ойлголтыг эрс зөрчсөн фотоцахилгааны үзэгдлийн туршлагын дүнг дээр ярилцсан ёсоор Эйнштейний квант онол гарцаагүй тайлбарлаж байгааг юу гэж дүгнэвэл зохих вэ? Гуравдугаарт: Гэрэл дифракцийн торын зурвас дундуур нэтрэхдээ долгиолог харин атомын доторх электрон дээр тусахдаа “мөндөрийн” ширхэг- квант төрхтэй нь маргаангүй болохыг тогтооно. Энэ нь гэрлийн төдийгүй микроертөнцийн тулгуур зарчим болохыг гүнзгийрүүлсэн судалгаагаар тогтоож ярилцах нь зүйтэй.

Дүгнэлт

Фотоэффектийн үзэгдлийг судлах VR лаборатори бүтээлээ. Энэхүү лабораторийг хэрэглэн металлын улаан хилийн давтамж, долгионы урт, электроны масс, Планкын тогтмолыг тооцоолох ажлыг хийж гүйцэтгэх боломжтой.

Энэхүү лабораторыг VR болон вэб гэсэн хоёр хэлбэрээр ашиглах боломжтой.

Лабораторийн ажлыг сургалтад хэрэглэхдээ тухайн өгүүлэлд өгсөн тооцоог сурагчдаар үйлдүүлнэ. Хэмжилтийн тоон утгаар хэлэлцүүлэг хийж, фотоцахилгааны үзэгдлийн мөн чанарыг тооцоолж, дүгнэлт гаргах ба энэ үед багш удирдан хөтөлж оролцоно.

Цаашид виртуал анги гэх ойлголтыг судалж хэрэгжүүлэх талаар ажиллаж байна. Өөрөө хэлбэл нэг өрөөнд олон хүн буюу 4-5 хүн тус бүр VR камер зүүж ороод хамтран туршилт хийх өрөөг хэрхэн бэлтгэх талаар судалгаа үргэлжилж байна.

Мөн энэхүү VR лабораторийг сургалтанд хэрэглэх арга зүй болон сургалтын үр дүнгийн судалгаа үргэлжилж байна.

Талархал

Энэхүү өгүүллийг гаргахад орчин болон техникийн дэмжлэг үзүүлсэн МУБИС-ийн "Smart hub center" болон санхүүгийн дэмжлэг өгсөн тэнхимийн эрдэм шинжилгээний тэргүүлэх чиглэл, судалгааг дэмжих хөтөлбөрт талархаж байна.

Ном зүй

- Olena Tsvetkova, Olena Piatyko, Antonina Dzherenova, Olha Pronina¹, Tetiana Vakaliuk and Irina Fedosova, "Development and implementation of virtual physics laboratory simulations for enhanced learning experience in higher education" CEUR Workshop Proceedings 98–110
- Lkhagva Oidov, Ulambayar Tortogtokh and Enkhtsetseg Purevdagva "Virtual Laboratory for Physics Teaching" Management and education innovation (ICMEI 2012), Vol-37, May 5-6, 2012, Kuala Lumpur, Malaysia.
- Oliver Vauderwange, Stefano Gampe, Dan Curticapean, Ulrich Haiss, "VR-based implementation of interactive laboratory experiments in optics and photonics education," Proc. SPIE 12213, Optics Education and Outreach VII, 1221306 (3 October 2022); <https://doi.org/10.1117/12.2633656>
- Jinwoong Song, Science & Education (2020) How Students Construct Collaborative Thought Experiments During Physics Problem-Solving Activities, Exploring Hartono Bancong, 29:617–645, <https://doi.org/10.1007/s11191-020-00129-3>
- Jos Dirksen, 2018 Learn Three.js, Third Edition, "Programming 3D animations and visualizations for the web with HTML5 and WebGL"
- Anton Filanovich, Aleksandr Povzner, 2021 "Virtual Laboratories in Physics Education" <https://doi.org/10.1119/5.0038803>
- Giuseppe Schirripa Spagnolo, Fabio Leccese and Mariagrazia Leccisi, Crystals 2019, "LED as Transmitter and Receiver of Light: A Simple Tool to Demonstration Photoelectric Effect" <https://doi.org/10.3390/cryst9100531>
- Sutarno Sutarno, A Setiawan, Ida Kaniawati, Andi Suhandi, 2019, The development of higher order thinking virtual laboratory on photoelectric effect Journal of Physics Conference DOI: 10.1088/1742-6596/1157/3/032034
- Supurwoko, Cari, Sarwanto, Sukarmin, Rini Budiharti, Tiarasita Summa Dewi, Virtual Lab Experiment: Physics Educational Technology (PhET) Photo Electric Effect for Senior High School, International Conference on Science and Applied Science 2017, doi: 10.20961/ijssascs.v2i1.16750

A Virtual Reality Laboratory for the Investigation of the Photoelectric Effect

Ulbayar.T, Enkhtsetseg.P, Lkhagva.O

^aDepartment of Informatics, SMNS, MNUE

^bMULS

^cNUM

Corresponding author: enkhtsetseg@mul.su.mn

 <https://orcid.org/0009-0001-8443-3246>

Abstract

Modern physics education has reached a stage where it is essential to integrate recent advances in information technology. In recent years, there has been ongoing discussion and policy implementation regarding the declining number of students choosing natural science subjects; however, it is true that these efforts have not yet yielded clear results.

One effective way to address this issue is to combine scientific education with engaging, modern technologies. Therefore, using VR technology in physics education, particularly for conducting experimental lessons, can increase students' motivation to learn and encourage more learners to take an interest in studying physics.

This study presents the initial development of a VR laboratory based on the Photoelectric Effect. The laboratory operates in both web-based and VR formats. By enabling students to visually observe and interact with the internal processes of the photoelectric effect, it enhances their interest, understanding, and active participation in learning.

Through the VR environment, students can explore this physical phenomenon in an immersive way. In this work, one of the fundamental constants of physics, the Planck Constant, is determined.

In addition, properties dependent on the material, such as the work function, threshold frequency, and threshold wavelength, are studied. Furthermore, the laboratory can be extended to include concepts such as electron mass and photon energy.

Keywords:

Physics education, VR laboratory, Virtual laboratory, Photoelectric effect, Photoelectric phenomenon

Химийн лаборатори хичээлийн арга зүйн туршилт судалгаа

С.Борхүүхэн

МУБИС, МБУС, Химийн тэнхим

Холбоо барих зохиогч: sboro099@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0002-0853-3819>

Хүлээн авсан: 2026.04.10

Засварласан: 2026.05.11

Хэвлэлтэд авсан: 2026.05.25

Хураангуй

Байгалийн шинжлэх ухааны лаборатори хичээл нь оюутан суралцагчдын онолын мэдлэгийг туршилтаар баталгаажуулах, шинжлэх ухаанч сэтгэлгээг хөгжүүлэх сургалтын чухал хэлбэр юм. Гэвч олон судлаачийн судалгаанд лаборатори хичээл нь ихэвчлэн алхамчилсан зааварт суурилсан “cookbook laboratory” хэлбэрээр явагдаж, оюутан суралцагчдын судалгааны болон дүн шинжилгээ хийх чадварыг хангалттай хөгжүүлдэггүй болохыг тэмдэглэсэн байдаг. Иймээс энэхүү судалгааны зорилго нь химийн лаборатори хичээлд hands-on minds-on арга зүйг сонгон хэрэгжүүлснээр оюутны идэвх оролцоо, шинжлэх ухаанч сэтгэлгээ, туршилт гүйцэтгэх чадварт үзүүлэх нөлөөг судлахад оршино. Судалгааг үйлийн судалгааны загвараар явуулж, 2025–2026 оны хичээлийн жилд “Хүнсний хими” хичээл судалж буй 8 оюутныг хамруулсан. Судалгаанд ажиглалт, лабораторийн тайлангийн шинжилгээ, фокус бүлгийн ярилцлага зэрэг чанарын судалгааны аргыг ашиглав. Судалгааны үр дүнгээс харахад hands-on minds-on арга зүй нь оюутнууд туршилтыг механикаар хийхээс илүүтэй туршилтын зорилгыг ойлгох, таамаглал дэвшүүлэх, үр дүнг боловсруулах, шинжлэх ухааны үндэслэлтэй дүгнэлт хийх үйл ажиллагаанд идэвхтэй оролцох боломж бүрдүүлж байна. Мөн оюутан суралцагчдын хамтын ажиллагаа, багаж хэрэгсэл ашиглах чадвар, эргэцүүлэн бодох чадвар сайжирсан нь ажиглагдсан.

Түлхүүр үг

Лаборатори сургалт, hands-on, minds-on, химийн боловсрол үйлийн судалгаа, шинжлэх ухаанч сэтгэлгээ

Удиртгал

Байгалийн шинжлэх ухааны салбарт лаборатори хичээлийн сургалт нь онолын мэдлэгийг практик үйл ажиллагаатай холбон гүнзгийрүүлэх чухал ач холбогдолтой байдаг. Гэвч лаборатори хичээлийн сургалтын уламжлалт арга зүй нь ихэвчлэн “cookbook laboratory” буюу зааварчилгаанд суурилсан хэв маягтай байдаг талаар судлаачид тэмдэглэсэн байдаг. Ийм нөхцөлд оюутан суралцагчид туршилтын алхмыг даган гүйцэтгэдэг боловч тухайн туршилтын зорилго, шинжлэх ухааны үндэслэлийг гүнзгий ойлгох боломж хязгаарлагддаг (Domin, 1999).

Мөн Hofstein ба Lunetta (2004) нарын судалгаагаар лаборатори хичээлийн сургалт нь ихэвчлэн өгөгдөл цуглуулах үйл ажиллагаанд төвлөрдөг бөгөөд үр дүнг шинжлэх, тайлбарлах, эргэцүүлэх үйл ажиллагаа сул байдаг гэж дүгнэжээ. Үүнтэй холбоотойгоор National Research Council (2006)-ын тайланд лаборатори хичээлийн сургалт нь онолын ойлголтыг хөгжүүлэх, шинжлэх ухааны сэтгэлгээг төлөвшүүлэх зорилготой боловч практик хэрэгжилт хангалтгүй байгааг онцолсон байна.

Орчин үеийн лаборатори хичээлийн сургалтын чиг хандлагад inquiry-based laboratory, problem-based laboratory, project-based laboratory болон hands-on minds-on арга зүй өргөн хэрэглэх болсон. Эдгээрээс hands-on minds-on арга зүй нь оюутан суралцагч бодох, төлөвлөх, үр дүнг шинжлэх, тайлбарлах, үнэлэх үйл ажиллагаанд бүтээлчээр оролцдогоороо онцлогтой.

Hands-on learning

Hands-on learning буюу “хийж суралцах” арга нь оюутныг сургалтын үйл ажиллагаанд идэвхтэй оролцуулж, бодит туршилт, дадлага, практик үйл ажиллагаагаар дамжуулан мэдлэг бүтээхэд чиглэсэн суралцахуйн хандлага юм. Энэхүү арга зүйн үндсэн санаа нь оюутан зөвхөн мэдээлэл хүлээн авагч бус,

харин мэдлэгийг өөрийн үйл ажиллагаагаар бүтээдэг субъект гэж үздэг конструктивист онолтой холбоотой юм.

Жон Дьюи (John Dewey)-ийн туршлагаар суралцах онолд суралцах үйл явц нь зөвхөн онолын мэдлэг эзэмших бус, харин бодит үйл ажиллагаанд оролцож утга учиртай мэдлэг бүтээх процесс гэж үзсэн байдаг. Түүний үзэж байгаагаар “learning by doing” буюу хийж суралцах нь суралцагчийн ойлголтыг илүү тогтвортой, хэрэглээний түвшинд хөгжүүлдэг аж. (Dewey, 1938).

Hands-on learning арга нь ялангуяа байгалийн ухааны лаборатори хичээлийн сургалтад өргөн хэрэглэгддэг бөгөөд суралцагч өөрийн биеэр туршилт хийх, хэмжилт гүйцэтгэх, багаж хэрэгсэл ашиглах, өгөгдөл цуглуулах зэрэг үйл ажиллагаанд оролцдог. Энэ нь дараах чадварыг хөгжүүлэхэд тусалдаг. Үүнд:

- туршилт гүйцэтгэх чадвар,
- багаж хэрэгсэл ашиглах чадвар,
- ажиглалт хийх чадвар,
- практик асуудал шийдвэрлэх чадвар,
- хамтын ажиллагааны чадвар.

Kolb (1984)-ын туршлагат сургалтын онолоор мэдлэг нь шууд туршлага, эргэцүүлэл, ойлголт бүтээх болон туршилтаар баталгаажуулах циклээр хөгждөг гэж үздэг. Иймээс hands-on learning нь суралцагчийн мэдлэгийг зөвхөн мэдээллийн түвшинд бус, чадварын түвшинд эзэмшүүлэх боломж бүрдүүлдэг. Гэсэн хэдий ч дээрх сургалт нь зарим тохиолдолд механик гүйцэтгэл болж хувирах эрсдэлтэй байдаг. Domin (1999) үүнийг “cookbook laboratory” буюу зааварчилгаанд суурилсан лабораторийн сул тал гэж тодорхойлсон бөгөөд суралцагчид алхамчилсан зааврыг дагаж байгаа ч тухайн туршилтын шинжлэх ухааны үндэслэлийг гүнзгий ойлгохгүй байх нь түгээмэл гэж үзжээ.

Hands-on Minds-on сургалтын нэгдэл

Байгалийн шинжлэх ухааны орчин үеийн боловсролд hands-on болон minds-on сургалтын нэгдлийг хамгийн үр дүнтэй лаборатори сургалтын хандлагын нэг гэж үздэг. Энэхүү нэгдэл нь суралцагчийг:

1. туршилтыг өөрийн биеэр хийж гүйцэтгэх,
2. туршилтын үйл явцыг шинжлэх,
3. үр дүнг тайлбарлах,
4. онолтой холбон дүгнэх,
5. асуудал шийдвэрлэх зэрэг үйл ажиллагаанд оролцуулдаг.

Иймээс hands-on minds-on сургалт нь суралцагчийн:

- онолын мэдлэг,
- практик чадвар,
- шинжлэх ухаанч сэтгэлгээ,
- бүтээлч байдал,
- асуудал шийдвэрлэх чадвар,
- хамтын ажиллагааны чадварыг цогцоор нь хөгжүүлэх боломжтой.

National Research Council (2006)-ын тайланд лаборатори хичээлийн сургалт нь оюутан суралцагчийг шинжлэх ухааны үйл ажиллагаанд оролцуулах, онол практикийн холбоог бий болгох, шинжлэх ухаанч тайлбар боловсруулах чадварыг хөгжүүлэхэд чиглэх ёстой гэж үзсэн байна. Иймээс химийн лаборатори хичээлийн сургалтад hands-on minds-on арга зүйг хэрэгжүүлэх нь суралцагч төвтэй, шинжлэх ухааны эрэл хайгуулд суурилсан сургалтын чухал чиглэл болж байна. Иймд энэхүү судалгааны ажил нь химийн лаборатори хичээлд hands-on minds-on арга зүйг сонгон хэрэгжүүлснээр оюутны идэвх оролцоо, шинжлэх ухаанч сэтгэлгээ, туршилт гүйцэтгэх чадварт үзүүлэх нөлөөг судлах зорилго тавин ажилласан.

Судалгааны арга зүй

Энэхүү судалгааг химийн лаборатори хичээлд hands-on minds-on арга зүйг хэрэгжүүлэх боломж, үр нөлөөг тодорхойлох зорилгоор үйлийн судалгааны (action research) аргаар зохион байгуулсан. Үйлийн судалгаа нь сургалтын орчинд тулгамдаж буй асуудлыг тодорхойлон, түүнийг сайжруулахад чиглэсэн төлөвлөлт, хэрэгжилт, ажиглалт, эргэцүүллийн мөчлөгт үйл явц бүхий судалгааны арга бөгөөд багш өөрийн сургалтын практикийг тасралтгүй сайжруулах боломжийг бүрдүүлдгээрээ онцлогтой. Энэ төрлийн судалгаа нь сургалтын бодит орчинд хэрэгждэг тул сургалтын арга зүйн өөрчлөлтийн үр нөлөөг шууд ажиглах боломж олгодог.

Судалгааг 2025–2026 оны хичээлийн жилд МУБИС-ийн Математик, Байгалийн Ухааны Сургуулийн Химийн тэнхимийн харьяа химийн багшийн 3-р курсын “Хүнсний хими” хичээлийг сонгон судалж буй 8 оюутныг хамруулан хэрэгжүүлэв. Судалгаанд оролцогчид нь химийн лабораторийн үндсэн чадвар эзэмшиж буй бакалаврын түвшний оюутан байсан бөгөөд лабораторийн туршилт, шинжилгээний үйл ажиллагаанд тогтмол оролцсон. Энэхүү судалгаа нь олон хүнийг хамарсан асуумжийн (тооны) судалгаа биш, харин оюутны практик ур чадварын ахицыг нэг бүрчлэн хэмжсэн **чанарын судалгаа** юм. Хүнсний химийн лабораторид бодит дээж, нарийн багаж дээр оюутан бүрийг тулж ажиллуулах, тэдний үйлдэл, алхам бүрийг ажиглалтын хуудас болон рүбрикээр нарийн хэмжихэд 8 оюутан практик талаасаа хамгийн оновчтой бүлэг байсан. Мөн фокус бүлгийн ярилцлагын арга зүйд 6–10 хүнтэй бүлгийг стандарт гэж үздэг тул 8 оюутныг сонгосон. Ингээд судалгааны үйл явцыг үе шаттайгаар зохион байгуулсан.

Нэгдүгээрт: лаборатори хичээлийн сургалтын өнөөгийн нөхцөл байдал, тулгамдаж буй асуудлыг тодорхойлсон. Энэ хүрээнд уламжлалт лаборатори хичээл нь ихэвчлэн удирдамж дагасан, механик гүйцэтгэл давамгайлсан хэлбэртэй байгаа нь оюутны шинжлэх ухаанч сэтгэлгээ, бие даан асуудал шийдвэрлэх чадварыг хангалттай хөгжүүлэхгүй байгааг тодорхойлсон.

Хоёрдугаарт: лабораторийн сургалтын орчин үеийн чиг хандлага, hands-on learning, minds-on learning, inquiry-based laboratory зэрэг хандлагын талаар онолын тойм судалгаа хийсэн. Энэхүү онолын үндэслэлд тулгуурлан лаборатори хичээлийн бүтэц, туршилтын зохион байгуулалтыг шинэчлэн боловсруулсан.

Гуравдугаарт: судалгааны арга зүй болон өгөгдөл цуглуулах аргыг сонгож, лаборатори хичээлийн үйл ажиллагаанд hands-on minds-on арга зүйг хэрэгжүүлсэн. Энэхүү арга зүйн хүрээнд оюутнууд зөвхөн туршилт гүйцэтгэх бус, харин туршилтын зорилгыг тодорхойлох, аргачлал болон үр дүнг боловсруулах, тайлбарлах, дүгнэлт гаргах үйл ажиллагаанд идэвхтэй оролцсон.

Судалгааны өгөгдлийг чанарын судалгааны аргаар цуглуулсан бөгөөд үүнд ажиглалтын тэмдэглэл, лабораторийн тайлангийн шинжилгээ, фокус бүлгийн ярилцлага зэрэг аргыг ашигласан. Ажиглалтын аргаар лабораторийн хичээлд оюутны оролцоо, дээж бэлтгэх, багаж хэрэгсэл ашиглах чадвар, асуулт тавих идэвх, хамтын ажиллагаа, аюулгүй ажиллагааны дүрмийн мөрдөлт үйл явцыг тэмдэглэн судалсан. Тухайлбал:

Ажиглалтын хуудасны асуулт/чиглүүлэх шалгуур (Багш хичээлийн явцад бөглөнө) Багш оюутныг ажиглахдаа дараах асуултуудаар чиглүүлж, тийм/үгүй эсвэл оноогоор үнэлнэ.

Асуулт 1 (Дээж бэлтгэх): Оюутан сүү, мах, ундаа, чихрийн бодит дээжийг (шүүх, хандлах, хийг гаргах гэх мэт) зааврын дагуу зөв бэлтгэж байна уу?

Асуулт 2 (Багажийн техник ажиллагаа): Бюреткээр титрлэлт хийх, рН-метр, рефрактометрийн заалтыг уншихдаа техникийн алдаа гаргаж байна уу?

Асуулт 3 (Аюулгүй байдал): Химийн бодис, урвалжтай харьцахдаа аюулгүй ажиллагааны дүрмийг мөрдөж, ажлын байраа цэгцтэй байлгаж байна уу? гэх мэт.

Харин лабораторийн тайлангийн шинжилгээгээр оюутны туршилтын зорилго тодорхойлох, онолын үндэслэл боловсруулах, хэмжилтийн үр дүн боловсруулах, шинжлэх ухааны үндэслэлтэй дүгнэлт гаргах чадварын хөгжлийг үнэлсэн. Тухайлбал:

Тайлангийн шинжилгээний (Баримт бичгийн) асуулт/шалгуур. Оюутны хураалгасан лабораторийн тайланг үнэлэх асуултууд:

Асуулт 1 (Зорилго, онолын үндэслэл): Туршилтын зорилго тодорхойлсон эсэх, онолын үндэслэлээ зохих түвшинд боловсруулсан эсэх

Асуулт 2 (Тооцоолол): Туршилтын тоон өгөгдлийг (титрлэлтийн эзлэхүүн, жин гэх мэт) томьёонд зөв орлуулан, хүнсний найрлагын хувийг алдаагүй тооцоолсон уу?

Асуулт 3 (MNS стандарт): Гаргаж авсан үр дүнгээ (жишээ нь: сүүний хүчиллэг, ундааны чихэрлэг) тухайн бүтээгдэхүүний MNS стандарттай тулган харьцуулж бичсэн үү?

Асуулт 4 (Дүгнэлт): Стандартад нийцсэн эсвэл зөрсөн шалтгааныг хүнсний химийн онолын үүднээс шинжлэх ухаанчаар тайлбарлаж чадсан уу? гэх зэрэг асуултаар.

Мөн фокус бүлгийн ярилцлагыг ашиглан оюутны hands-on minds-on арга зүйн талаарх ойлголт, туршлага, сэтгэгдлийг тодруулсан.

Фокус бүлгийн ярилцлагын асуултууд ба кодолсон байдал. Оюутнуудаас асуусан асуулт ба тэдгээрийг хэрхэн кодон сэдэвт хуваасныг харуулсан хүснэгт.

Хүснэгт 1. Фокус бүлгийн ярилцлагын асуулт ба кодолсон байдал

Судалгааны аргууд / Асуултууд	Оюутнуудын өгсөн хариултын чиг хандлага (Түлхүүр үгс)	Үүсгэсэн кодууд (Coding)	Нэгтгэсэн үндсэн сэдэв (Theme)
Асуулт 1: Бодит дээж (сүү, мах, ундаа, чихэр) дээр ажиллах нь бэлэн уусмал дээр ажиллахаас юугаараа өөр байсан бэ?	"сонирхолтой байсан", "хичээлдээ ирэх сэдэл өөрчлөгдсөн", "дэлгүүрийн бүтээгдэхүүн болохоор амьд санагдсан"	•Танин мэдэхүйн сонирхол •Дотоод сэдэлжилт •Бодит хэрэглээ	Сэдэв 1: Бодит дээжний сурах сэдэл, сонирхолд үзүүлэх нөлөө
Асуулт 2: Үр дүнгээ MNS стандарттай харьцуулах даалгавар танд юуг ойлгуулсан бэ?	"стандартын ном харж сурсан", "онол амьд болсон", "яг шинжээч шиг санагдсан"	•Стандартын хайлт •Онол-практикийн уялдаа •Мэргэжлийн үнэ цэнэ	Сэдэв 2: Үндэсний стандартын хэрэглээ ба аналитик сэтгэлгээ.
Асуулт 3: Туршилтын явцад ямар техникийн хүндрэл гарсан бэ? Түүнийг хэрхэн шийдсэн бэ?	"ундааны хийг дүтүү гаргаад заалт буруу гарсан", "титрлэлтийн өнгө барихад эхэндээ хэцүү байсан,"багш зааварчилгаа өгсөн"	• Дээж бэлтгэлийн алдаа • Хэмжилтийн нарийвчлал • Багшийн чиглүүлэг	Сэдэв 3: Лабораторийн техникийн ур чадварын ахиц, бэрхшээл

Туршилтын агуулгын хүрээнд оюутнууд хүнсний бүтээгдэхүүний химийн найрлага, шинж чанарыг тодорхойлох лаборатори ажлыг гүйцэтгэсэн. Үүнд: сүү, сүүн бүтээгдэхүүнд тослог, хүчиллэг, кальци, нягт тодорхойлох химийн анализ; мах, махан бүтээгдэхүүнд нитрит болон давсны хэмжээг тодорхойлох анализ; ундааны хүчиллэг, тогтворжилт, хуурай бодисын хэмжээг тодорхойлох шинжилгээ; мөн чихрийн төрлийн бүтээгдэхүүний хүчиллэг, шүлтлэг, хуурай бодисын агууламжийг тодорхойлох туршилт хийж гүйцэтгэсэн. Эдгээр туршилтыг хэрэгжүүлэх явцад оюутнууд дээж сонгох, туршилтын аргачлал боловсруулах, урвалж бодисын тооцоо хийх, хэмжилтийн үр дүн боловсруулах зэрэг үйл ажиллагааг бие даан болон багаар хамтран гүйцэтгэв.

Өгөгдөлд чанарын дүн шинжилгээ хийж, лаборатори сургалтын явц дахь оюутны оролцоо, танин мэдэхүйн идэвх, шинжлэх ухаанч сэтгэлгээний илрэлийг тодорхойлон тайлбарласан. Судалгааны үр

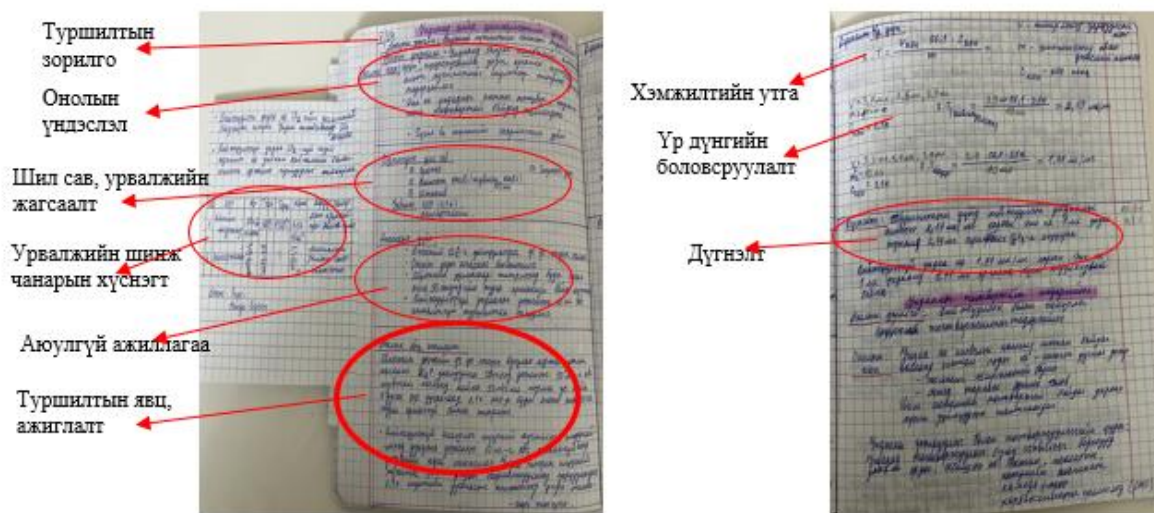
дүнг эргэцүүлэн шинжилсний үндсэн дээр hands-on minds-on арга зүй нь химийн лаборатори сургалтад оюутны идэвхтэй оролцоо, бие даан суралцах чадвар, шинжлэх ухаанч тайлбар боловсруулах чадварыг хөгжүүлэхэд эерэг нөлөө үзүүлж байгааг дүгнэсэн.

Судалгааны үр дүн

Судалгааны үр дүнгээс харахад hands-on minds-on арга зүйг хэрэгжүүлсэн лаборатори хичээл нь оюутны оролцооны хэлбэр, танин мэдэхүйн үйл ажиллагаанд тодорхой өөрчлөлт авчирсан байна. Уламжлалт лабораторийн хичээлийн үед оюутнууд ихэвчлэн багшаас өгсөн бэлэн удирдамжийн дагуу туршилтыг механикаар гүйцэтгэж байсан бол hands-on minds-on арга зүйг сонгосноор туршилтын үйл ажиллагааг илүү бие даан төлөвлөж, задлан шинжлэх, тайлбарлах үйл ажиллагаанд идэвхтэй оролцсон. Судалгаанд хамрагдсан оюутнууд туршилтын зорилгыг тодорхойлж, үр дүнг боловсруулж, шинжлэх ухааны үндэслэлтэй дүгнэлт гаргах оролдлого хийсэн байна. Мөн туршилтын аргачлал боловсруулах, хэмжилтийн алдааг тайлбарлах зэрэг үйл ажиллагаанд бие даан оролцсон нь ажиглагдсан. Энэ нь hands-on minds-on арга зүй нь оюутныг зөвхөн туршилт гүйцэтгэгч бус, харин асуудал шийдвэрлэгч, эргэцүүлэн бодогч болгон хөгжүүлэх боломжтойг харуулж байна.

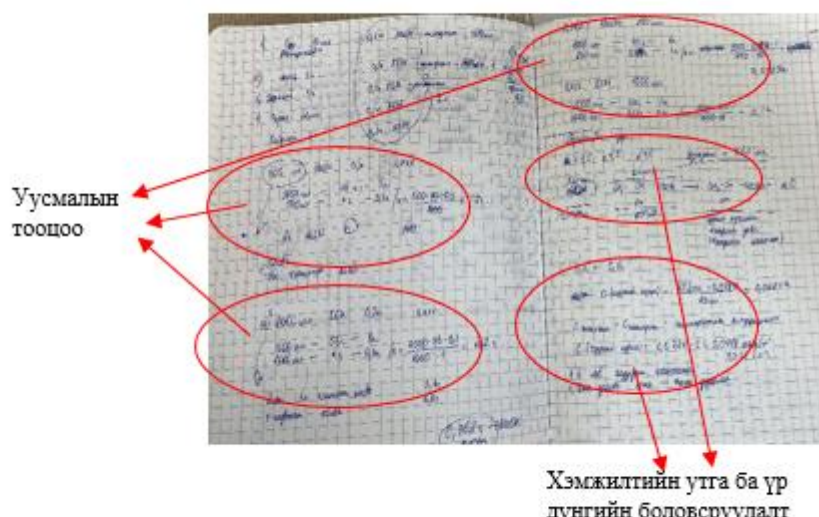
Лабораторийн тайлангийн шинжилгээний үр дүн

Лабораторийн тайлангийн агуулгад хийсэн шинжилгээнээс харахад оюутны ихэнх нь туршилтын үндсэн бүтэц, судалгааны логик дарааллыг бүрэн тусгасан байсан. Тухайлбал: туршилтын зорилгыг тодорхой бичсэн, онолын үндэслэлийг тайлбарласан, урвалж бодисын шинж чанарыг судалж тэмдэглэсэн, хэмжилтийн үр дүнг боловсруулсан, туршилтын үр дүнд тулгуурлан дүгнэлт гаргасан зэрэг нь доорх зураг 1-ээс тодорхой харагдаж байна.



Зураг 1. Оюутны лаборатори хичээлийн гүйцэтгэл ба тайлан

Харин зураг 2-оос оюутан уусмалын тооцоо болон хэмжилтийн боловсруулалтыг бие даан хийсэн мөн туршилтын үеийн алдааг тооцоолсон зэргийг харж болно.



Зураг 2. Оюутны лаборатори хичээлийн гүйцэтгэл, тооцоо ба хэмжилт

Хүснэгт 2. Лабораторийн тайлангийн гүйцэтгэл

№	Лаборатори ажлын гүйцэтгэл	Гүйцэтгэсэн оюутны тоо																		
		Сүү, сүүн бүтээгдэхүүн					Махны төрөл						Ундааны төрөл				Чихрийн төрөл			
		сүү	тараг	зайрмаг	зөөхий	аарц	хонь	ямаа	үхэр	адуу	тахиа	гахай	pepsi	lipton	sprite	fanta	Япон чихэр	Хагуу чихэр	Резин чихэр	Зөөлөн
1	Зорилго тодорхойлох	7	6	5	7	5	6	4	5	7	6	5	6	7	6	6	5	7	5	6
2	Онолын хэсэг тэмдэглэх	7	7	6	5	6	5	4	4	6	4	6	4	5	6	7	6	6	7	5
3	Хэрэглэгдэхүү ний тэмдэглэгээ	6	7	6	3	4	5	3	4	3	5	2	3	3	5	4	5	3	6	6
4	Урвалж бодисын шинж /ча	6	5	5	5	6	5	4	5	4	5	6	4	5	5	6	6	5	5	6
5	Аюулгүй ажиллагааг тэмдэглэх	5	5	4	5	6	5	4	5	4	6	5	4	4	6	5	5	5	6	6
6	Туршилтын үйл явцын тэмдэглэгээ	7	6	6	3	6	7	5	4	4	6	4	4	3	8	6	7	4	6	8
7	Үр дүнг боловсруулах	7	6	6	5	6	5	4	4	6	5	5	6	4	7	5	6	4	5	6
8	Дүгнэлт гаргасан	6	5	7	5	4	6	4	5	4	4	6	5	6	5	5	6	6	5	5

Оюутны лабораторийн тайлангийн агуулгад хийсэн шинжилгээнээс харахад тэдний 87.5% нь туршилтын зорилгыг тодорхой бичсэн, 75.0% нь онолын үндэслэлийг тайлбарласан, 62.5% нь урвалж бодисын шинж чанарыг судалж тэмдэглэсэн, 75.0% нь хэмжилтийн үр дүнг боловсруулан, туршилтын үр дүнд тулгуурлан дүгнэлт гаргасан байна. Мөн оюутны 62.5% нь уусмалын тооцоо болон хэмжилтийн боловсруулалтыг бие даан хийсэн бол 50.0% нь туршилтын үеийн алдаа болон түүнд нөлөөлсөн хүчин зүйлсийг тайлбарлахыг оролдсон байна. Үүнээс үзэхэд hands-on minds-on арга зүй нь оюутны лабораторийн судалгааны чадвар болон шинжлэх ухаанч тайлбар боловсруулах чадварыг хөгжүүлэхэд эерэг нөлөө үзүүлж байгааг харуулж байна.

Оюутны оролцоо, хандлагын үр дүн

Фокус бүлгийн ярилцлагын үр дүнгээс харахад оюутнууд hands-on minds-on арга зүйг эерэгээр үнэлсэн байна. Судалгаанд оролцсон оюутны:

- 87.5% нь “туршилтыг өөрөө хийж гүйцэтгэхэд илүү ойлгомжтой байсан”,
- 87.5% нь “хичээлдээ ирэх сэдэл өөрчлөгдсөн”,
- 75.0% нь “багаар ажиллах нь сонирхолтой байсан”,
- 62.5% нь “туршилтын дараа үр дүнг тайлбарлаж, дүгнэлт гаргах нь сонирхолтой байсан” гэж хариулсан байна.

Эдгээр үр дүн нь hands-on minds-on арга зүй нь оюутны лаборатори хичээлд оролцох идэвх, сонирхлыг нэмэгдүүлэхийн зэрэгцээ эргэцүүлэн бодох, шинжлэх ухааны үндэслэлтэй тайлбар боловсруулах чадварыг хөгжүүлэхэд эерэг нөлөө үзүүлж байгааг харуулж байна.

Түүнчлэн ажиглалтын үр дүнгээс харахад оюутны асуулт тавих идэвх нэмэгдэж, туршилтын үр дүнг хооронд нь харьцуулан тайлбарлах оролдлого ихэссэн нь minds-on сургалтын танин мэдэхүйн үйл ажиллагаа хөгжиж байгааг илэрхийлж байна.

Дүгнэлт

Энэхүү судалгаагаар химийн лаборатори хичээлд hands-on minds-on арга зүйг хэрэгжүүлж, оюутны идэвх оролцоо, танин мэдэхүйн үйл ажиллагаа болон шинжлэх ухаанч сэтгэлгээнд үзүүлэх нөлөөг судлав. Судалгааны үр дүнгээс харахад уламжлалт лаборатори хичээлийн сургалт нь ихэвчлэн бэлэн удирдамж дагасан, механик гүйцэтгэл давамгайлсан хэлбэртэй байсан бол hands-on minds-on арга зүйг хэрэгжүүлснээр оюутнууд туршилтын зорилгоо тодорхойлох, аргачлал, үр дүнг боловсруулах, тайлбарлах, дүгнэлт гаргах зэрэг үйл ажиллагаанд илүү идэвхтэй оролцсон нь ажиглагдсан.

Лабораторийн тайлангийн шинжилгээний үр дүнгээс үзэхэд оюутны дийлэнх нь туршилтын зорилго, онолын үндэслэл, хэмжилтийн үр дүн, дүгнэлтийг шинжлэх ухааны үндэслэлтэй боловсруулах оролдлого хийсэн байна. Түүнчлэн суралцагчид уусмалын тооцоо хийх, туршилтын нөхцөлийг тайлбарлах, аюулгүй ажиллагааны дүрэм боловсруулах зэрэг практик болон судалгааны үйл ажиллагаанд бие даан оролцсон нь тэдний туршилт судалгааны чадвар хөгжиж байгааг харуулсан.

Фокус бүлгийн ярилцлагын үр дүнгээс харахад оюутны 87.5% нь туршилтыг өөрөө хийж гүйцэтгэх нь ойлголтыг илүү нэмэгдүүлсэн гэж үзсэн бол 87.5% нь “хичээлдээ ирэх сэдэл өөрчлөгдсөн”, 75.0% нь багаар ажиллах орчин сонирхолтой байсан гэж хариулсан байна. Мөн 62.5% нь туршилтын үр дүнг тайлбарлаж, дүгнэлт боловсруулах үйл ажиллагаа нь сонирхолтой байсан гэж үнэлсэн нь minds-on үйл ажиллагаа нь оюутны эргэцүүлэн бодох болон шинжлэх ухаанч тайлбар боловсруулах чадварыг дэмжиж байгааг илэрхийлж байна.

Иймээс hands-on minds-on арга зүйд тулгуурласан химийн лаборатори хичээлийн сургалт нь оюутны идэвхтэй оролцоо, бие даан суралцах чадвар, шинжлэх ухаанч сэтгэлгээ, хамтын ажиллагаа болон туршилт судалгааны чадварыг хөгжүүлэхэд үр дүнтэй арга болох нь энэхүү судалгаагаар тогтоогдлоо. Энэхүү арга зүй нь онолын мэдлэгийг практик үйл ажиллагаатай уялдуулан гүнзгий ойлголт бий болгох боломжийг бүрдүүлж байгаагаараа орчин үеийн лаборатори сургалтын чухал чиг хандлагын нэг гэж үзэж байна.

Иймээс цаашид илүү олон оролцогчтой, урт хугацааны туршилт судалгаа зохион байгуулж, hands-on minds-on арга зүйн нөлөөг тоон болон чанарын хосолсон аргаар судлах шаардлагатай байна.

Ном зүй

- Domin, M. A. (1999). A review of laboratory instruction styles. *Journal of Chemical Education*, 76(4), 543–547. <https://doi.org/10.1021/ed076p543>
- Dewey, J. (1938). *Experience and education*. Macmillan.
- Hofstein, A., & Lunetta, V. N. (2004). The laboratory in science education: Foundations for the twenty-first century. *Science Education*, 88(1), 28–54. <https://doi.org/10.1002/sce.10106>
- Kolb, D. A. (1984). *Experiential learning: Experience as the source of learning and development*. Prentice Hall.
- National Research Council. (2006). *America's lab report: Investigations in high school science*. National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/11311>
- Piaget, J. (1972). *The psychology of the child*. Basic Books.
- Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological processes*. Harvard University Press.
- Hurst, P. (1969). *Knowledge and the curriculum: A collection of philosophical papers*. Routledge & Kegan Paul.
- Horton, A. (2006). *Thinking and learning in science education*. Springer.

Experimental Research on the Methodology of Chemistry Laboratory Teachin

S.Borkhuuhen

Department of Chemistry, SMNS, MNUE

Corresponding author: sboroo99@gmail.com,

 <https://orcid.org/0000-0002-0853-3819>

Abstract

Natural science laboratory lessons are an important form of teaching to verify students' theoretical knowledge through experiments and develop scientific thinking. However, many researchers have noted that laboratory lessons are often conducted in the form of “cookbook laboratories” based on step-by-step instructions, and do not sufficiently develop students' research and analysis skills. Therefore, the purpose of this study is to investigate the effects of implementing the “Hands-on Minds-on” methodology in chemistry laboratory lessons on student active participation, scientific thinking, and experimental ability. The study was conducted using an action research design and included 8 students studying the “Food Chemistry” course in the 2025–2026 academic year. Qualitative research methods such as observation, laboratory report analysis, and focus group interviews were used in the study. The results of the study show that the hands-on minds-on methodology provides students with the opportunity to actively participate in activities such as understanding the purpose of the experiment, making hypotheses, processing results, and drawing scientifically sound conclusions, rather than just mechanically performing the experiment. It was also observed that students' collaboration, ability to use tools, and thinking skills improved. Therefore, the use of the hands-on minds-on methodology in chemistry laboratory training was found to be an effective form of learner-centered learning.

Keywords: Laboratory training, hands-on, minds-on, chemistry education, action research, scientific thinking

Ирээдүйгээс эргэн төлөвлөх (BACKCASTING) арга зүйг туршсан үр дүнгээсМ.Мөнгөнтуул^а, Э.Мөнгөнтулга^б^аЕрөнхий боловсролын 17 дугаар сургууль^бМУБИС, МБУС, Биологийн тэнхим

Холбоо барих зохиогч: munguu5dmbb@gmail.com

Хүлээн авсан: 2026.04.10

Засварласан: 2026.05.11

Хэвлэлтэд авсан: 2026.05.25

Хураангуй

Орчин үеийн боловсрол судлалын чиг хандлага нь мэдээлэл дамжуулахад чиглэсэн “Заах” парадигмаас суралцагч мэдлэгийг бие даан бүтээх “Суралцахуйн” парадигм руу шилжиж байна. Энэхүү шилжилтийн хүрээнд эрүүл мэндийн боловсролоор дамжуулан суралцагчдад амьдрах ухааны чадвар, эрүүл зан үйл төлөвшүүлэх зорилгоор Конструктивист онолд суурилсан “Ирээдүйгээс эргэн төлөвлөх” (Backcasting) арга зүйг сургалтад туршиж, үр нөлөөг үнэлэв. Уг арга зүй нь суралцагчийг ирээдүйн эрүүл, аюулгүй аж төрөх эцсийн дүр зургаас ухарч, өнөөдрийн үйлдлээ стратегийн дагуу төлөвлөх боломжийг олгодог онцлогтой. Судалгаанд нийт 59 сурагч (Туршилтын $n=32$, Хяналтын $n=27$) хамрагдсан бөгөөд сургалтын үр өгөөжийг Д.Киркпатрикийн дөрвөн түвшний загварын дагуу үнэллээ. Статистик шинжилгээгээр туршилтын бүлгийн сурагчдын мэдлэгийн ахиц хяналтын бүлгээс статистик ач холбогдол бүхий түвшинд илүү гарсан ба сурагчдын 33.3% нь ирээдүйн зорилгоо маш тодорхой дүрслэх чадварт суралцжээ. Пирсоны корреляцийн шинжилгээгээр Backcasting арга барил болон зорилго төлөвлөлт нь сурлагын үр дүнтэй хүчтэй ($r=0.595$, $p<0.01$) эерэг хамааралтай байгаа нь уг арга зүй суралцагчийг танин мэдэхүй, шийдвэр гаргалт, хандлагын түвшинд хөгжүүлэх үр дүнтэй арга зүй болохыг баталж байна.

Түлхүүр үг

Эрүүл мэндийн боловсрол, Сургалтын арга зүй, Киркпатрикийн загвар.

Удиртгал

Эрүүл мэндийн боловсролын гол зорилго нь суралцагчдад мэдлэг, чадвар, хандлага эзэмшүүлэхэд оршдог ч хамгийн чухал үр дүн нь эрүүл зан үйл, дадал зуршил бодит амьдрал дээр тогтвортой хэвших явдал юм (ДЭМБ, 1974). Өөрөөр хэлбэл, сурагч ямар хоол зан үйл эрүүл болохыг мэдсэн ч бодит амьдралдаа хэрэгжүүлж чадахгүй байгаа нь эрүүл мэндийн боловсролын үр дүнгүй байгааг илтгэнэ. Сургуулийн өмнөх болон ерөнхий боловсролын сургалтын хөтөлбөрийн үзэл баримтлал (2024–2036)-д мэдлэг, чадвар, хандлага, төлөвшлийн цогц чадамжийг эзэмшүүлэхийг зорилго болгосон боловч (Монгол улсын засгийн газар, 2024, х.3) баримт бичгийн шинжилгээнд тулгуурлан үзэхэд одоогийн сургалтын арга зүй нь мэдлэг, сонирхол нэмэгдүүлэхэд чиглэдэг хэдий ч зан үйлийг урт хугацаанд тогтвортой хэвшүүлэхэд хангалтгүй байна (Эрдэнэтуяа, 2024, х.18). Энэ дутагдлыг шийдэх чиглэлд сүүлийн үед дэлхий дахинд "Амьдрах чадварт суурилсан эрүүл мэндийн боловсрол" (Life skills-based health education) хандлага давамгайлж байна (WHO, 2013). Тус хандлага нь шийдвэр гаргах, асуудал шийдэх, тунгаан бодох, бүтээлчээр сэтгэх, харилцааны чадвар, хүмүүстэй харилцах, өөрийгөө ойлгох, сэтгэлийн дарамтыг даван туулах гэсэн 8 үндсэн чадварыг хөгжүүлэхэд чиглэдэг бөгөөд (БСШУСЯ, 2018) эдгээр чадвар нь зан үйлийн өөрчлөлтийн онолын дагуу тогтвортой эрүүл дадал хэвшүүлэхэд шууд нөлөөлнө. Харин "Ирээдүйгээс эргэн төлөвлөх" (Backcasting) арга зүй нь суралцагчдыг ирээдүйн эрүүл зорилгоосоо ухарч өнөөдрийн үйлдлийг бие даан төлөвлөдөг учраас зан үйлийн өөрчлөлт шаарддаг эдгээр 8 амьдрах чадварыг хөгжүүлэхэд онолын хувьд нийцж байна (Bibri, 2018). Мөн шинэ зууны суралцагчид (Z болон Альфа үеийнхэн) уламжлалт тайлбар-сонсох аргаас татгалзаж, бие даан бүтээх, өөрийн зорилготой холбон сурах хэлбэрт чиглэдэг тул (Оюунцэцэг, 2023, х.157) Backcasting арга зүй тэдний суралцахуйн онцлогт нийцсэн шинэлэг хандлага болж байна.

Судлагдсан байдлын хувьд ирээдүйд чиглэсэн төлөвлөлтийн арга зүйг боловсролд ашиглах чиглэлээр олон улсад нэлээд судалгаа хийгдсэн байна. Backcasting буюу ирээдүйгээс эргэн төлөвлөх арга зүйг анх 1990 онд Робинсон (Robinson, 1990) боловсруулсан бөгөөд энэ нь ирээдүйн хүсэмжит төлөв байдалд хүрэхийн тулд өнөөдрөөс гаргах шийдвэр, стратегийг тодорхойлох аргачлал юм. Bibri (2018)-ийн судалгаагаар уг арга нь төвөгтэй асуудлуудыг авч үзэх, хүсэмжит ирээдүйг бий болгоход стратегийн хэрэгсэл болж чадахыг нотолсон байна. ЮНЕСКО-ийн Тогтвортой хөгжлийн боловсролын (ESD) хүрээнд Японы зарим сургуулиудад ирээдүйн тогтвортой хотын дүр зургийг бүтээх замаар сурагчдын зан үйлийг өөрчлөх туршилтууд амжилттай хийгдсэн нь Backcasting аргын боловсролын салбар дахь үр нөлөөг баталж байна (UNESCO, 2017). ДЭМБ болон НҮБ-ын байгууллагууд сургуульд суурилсан эрүүл мэндийн боловсролыг тогтвортой хөгжлийн гол суурь гэж үзэж, дэлхий дахины судалгааг үе шаттайгаар явуулж ирсэн (WHO, 2013). Монгол улсад судлаач Мөнгөнтулга (2018a) эрүүл мэндийн боловсролын сургалтын хөтөлбөрийг шинэчлэх, турших асуудлыг судалж, нэгэн хувилбарыг боловсруулан үр дүнг тооцсон байна. НҮБХАС (2008)-ын судалгаагаар манай улсын ЕБС дахь эрүүл мэндийн сургалтад идэвхтэй, ирээдүйд чиглэсэн аргуудын хэрэгцээг тодорхойлсон байдаг.

Хэдийгээр эрүүл мэндийн боловсролын агуулга болон ерөнхий байдлын талаар судалгаанууд хийгдэж байсан ч Backcasting арга зүйг эрүүл мэндийн хичээлийн тодорхой сэдвүүд дээр туршиж, сурагчдын зан үйлийн өөрчлөлтийг Киркпатрикийн загвараар үнэлсэн цогц судалгаа Монголд одоогоор хийгдээгүй байна. Мөн одоогийн сургалтын арга зүйн зөвлөмжүүд нь мэдлэг, сонирхлыг нэмэгдүүлэхэд чиглэж байгаа боловч урт хугацаанд хэвшил болгох, ирээдүйд чиглэсэн төлөвлөлтийн чадварыг хөгжүүлэхэд хангалтгүй байна (Эрдэнэтуяа, 2024, х.18). Энэхүү судалгааны ажил нь дээрх дутагдалтай талыг нөхөж байгаагаараа шинжлэх ухааны шинэлэг талтай болно.

Судалгааны зорилго: Ерөнхий боловсролын сургуулийн 9 дүгээр ангийн эрүүл мэндийн хичээлд “Ирээдүйгээс эргэн төлөвлөх” (Backcasting) арга зүйг туршин хэрэгжүүлж, сурагчдын эрүүл мэндийн зан үйл, хандлага болон ирээдүйгээ төлөвлөх чадамжид үзүүлэх үр нөлөөг Киркпатрикийн дөрвөн түвшний загварын дагуу тодорхойлоход оршино. Судалгааны зорилтууд: (1) уг арга зүйн онол, арга зүйн үндэслэлийг тойм судалгааны хүрээнд шинжлэх; (2) туршилтын болон хяналтын бүлгийн сурагчдын эрүүл мэндийн мэдлэг, хандлагын анхны түвшнийг тогтоох; (3) Backcasting арга зүйд суурилсан хичээлийн хөтөлбөрийг боловсруулж хэрэгжүүлэх; (4) сурагчдын зорилго тодорхойлолт, цаг менежмент, бие даах чадварт гарсан өөрчлөлтийг статистик болон чанарын шинжилгээгээр тогтоох.

Судалгааны арга зүй

Энэхүү судалгаа нь тоон болон чанарын аргуудыг хослуулсан (Mixed methods) хэрэглээний туршилтын судалгааны загварт суурилсан. Судалгааны хамрах хүрээ: Нийслэлийн 17 дугаар ЕБС-ийн 9 дүгээр ангийн нийт 60 сурагч. Туршилтын бүлэг (9г анги, $n=33$) болон хяналтын бүлэг (9в анги, $n=27$)-ийг сонгохдоо урьдчилсан тест (Pre-test)-ийн дүнг харьцуулах замаар хоёр бүлгийн анхны мэдлэгийн түвшин статистик ач холбогдол бүхий ялгаагүй ($p>0.05$) болохыг тогтоосны үндсэн дээр туршилтыг эхлүүлсэн. Туршилтын бүлэгт Backcasting арга зүйд суурилсан 3 ээлжит хичээл явуулсан бол хяналтын бүлэгт ижил агуулгыг уламжлалт тайлбар-дадлага аргаар зааж, хоёр бүлгийн үр дүнг харьцуулсан. Судалгааны хамааруулах хувьсагчдыг дараах байдлаар тодорхойлсон: тусгаар хувьсагч — Backcasting арга зүй; хамааруулах хувьсагч — сурагчдын (1) эрүүл мэндийн мэдлэгийн ахиц, (2) ирээдүйн зорилгоо төлөвлөх чадвар, (3) зан үйлийн өөрчлөлт (цаг менежмент, бие даах чадвар).

Backcasting арга зүйг эрүүл мэндийн хичээлд хэрэгжүүлэх байдал: Туршилтын бүлэгт нийт 3 ээлжит хичээл (нийт 120 минут) явуулсан бөгөөд тус бүр нь 40 минут, ИЭТ аргын 4 үе шатыг дагаж зохион байгуулагдсан. 1-р хичээл — “Удиртгал: Эрүүл ирээдүйгээ бүтээх” сэдвээр: сурагчид 10 жилийн дараах эрүүл, чийрэг өөрийгөө дүрслэн зурж, өдөр тутмын эрүүл дадлын (шүд угаах, гар угаах, хувийн ариун цэвэр) ач холбогдлыг ойлгосон; тэр ирээдүйд хүрэхийн тулд өнөөдрөөс хийх алхмуудаа

жагсаан 7 хоногийн хяналтын хуудас боловсруулсан. 2-р хичээл — “Хоногийн хоолны шимт бодис тооцоолох арга” (9.02а сэдвийн хүрээнд): сурагчид баг болон хүнсний бүтээгдэхүүний шошгоноос өөх тос, давс, чихрийн хэмжээг уншиж, ДЭМБ-ын зөвлөмж хэмжээтэй харьцуулан тооцоолох дадлага хийсэн; ирээдүйн эрүүл хооллолтын зорилгоосоо ухарч өнөөдрийн хэрэглээний өөрчлөлтийг төлөвлөсөн. 3-р хичээл — “Миний мэргэжил — Миний ирээдүйн замын зураг” сэдвээр: сурагчид өөрийн сонирхол, чадвар, үнэт зүйлийг ирээдүйн мэргэжилтэйгээ холбож “Мэргэжлийн гурвалжин” загвараар шинжилсэн; 9-р ангиас ахлах ангид хүртэлх суралцахуйн алхамчилсан төлөвлөгөө гаргасан. Гурван хичээл тус бүрт: (а) Ирээдүйн дүр зургийг бүтээх → (б) Зорилгод хүрэх арга замыг тодорхойлох → (в) Ирээдүйгээс одоо руу ухраан төлөвлөх → (г) Хэрэгжүүлэх, дадал болгох гэсэн 4 үе шатыг дагасан. Хяналтын бүлэгт ижил агуулгыг тайлбар болон асуулт-хариултын аргаар явуулсан.

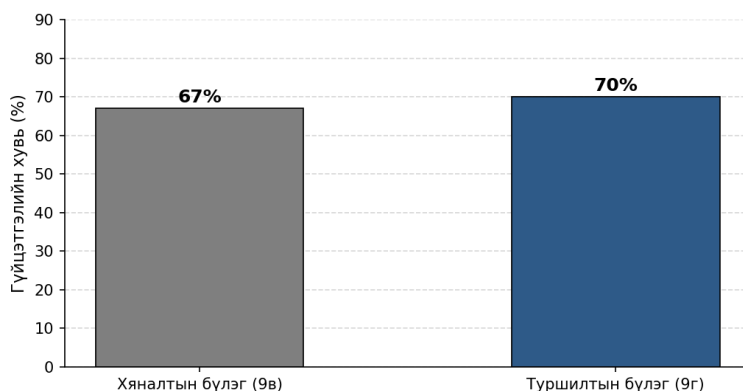
Судалгааны үр дүн

Баримт бичгийн шинжилгээний үр дүн

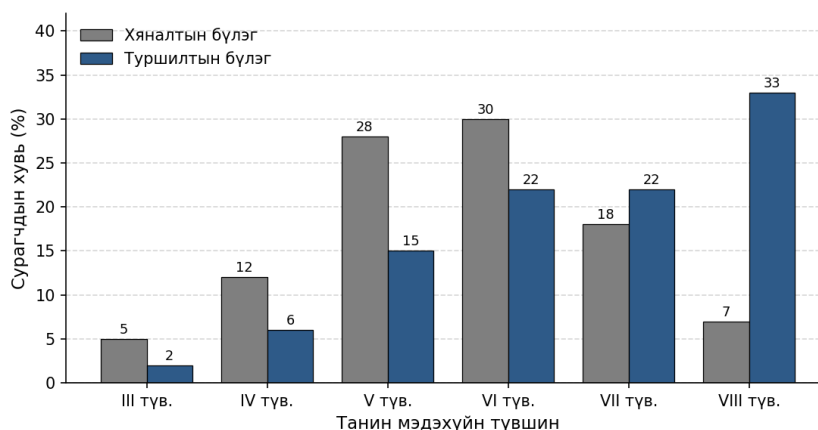
Баримт бичгийн судалгааны үр дүнгээс харахад ЕБС-ийн эрүүл мэндийн хичээлд идэвхтэй сургалтын аргууд болон асуудал шийдвэрлэх 4 алхамт арга барилыг дэмжсэн зөвлөмжүүд зарим баримт бичигт тусгагдсан байна (Эрдэнэтуяа, 2024, х.18). Хичээл сургалтын явц сонирхол татах, оролцоог нэмэгдүүлэх эерэг нөлөө үзүүлж байгаа хэдий ч суралцагчдын өдөр тутмын амьдралд хэрэгжих дадал, тогтвортой зан үйлийн өөрчлөлт бий болгох түвшинд хүрэхгүй байна. Өөрөөр хэлбэл, одоогийн арга зүйн зөвлөмжүүд нь мэдлэг, сонирхлыг нэмэгдүүлэхэд чиглэж байгаа боловч урт хугацаанд хэвшил болгох, ирээдүйд чиглэсэн төлөвлөлтийн чадварыг хөгжүүлэхэд хангалтгүй байгаа нь туршилтын судалгаа хийх шаардлагыг бий болгож байна.

Хяналтын ба туршилтын бүлгийн сурлагын амжилтын харьцуулалт

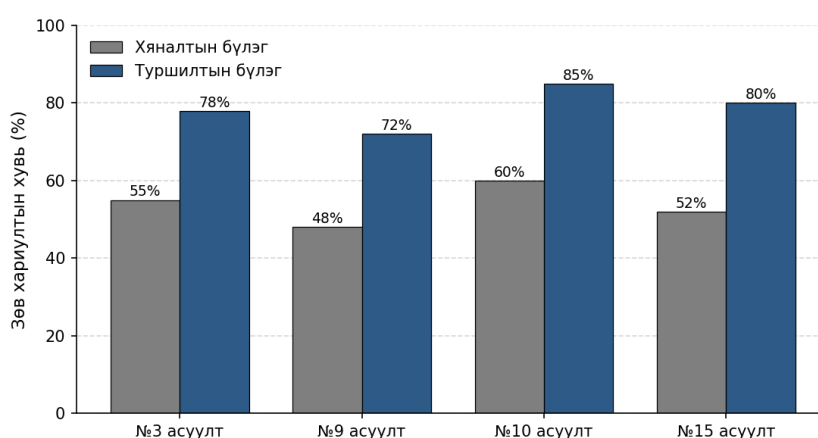
Backcasting арга зүйг эрүүл мэндийн хичээлд хэрэглэсний үр нөлөөг тодорхойлох зорилгоор хяналтын (9в) болон туршилтын (9г) бүлгүүдийн хөндлөнгийн үнэлгээний үр дүнг харьцуулан шинжиллээ. Хөндлөнгийн үнэлгээ нь сургалт дуусахаас өмнө хоёр бүлэгт нэгэн зэрэг өгсөн 15 асуулттай мэдлэгийн сорил юм. Сорилын ерөнхий дундаж гүйцэтгэл хоёр бүлэгт ойролцоо гарсан (Зураг 1: туршилтын 70%, хяналтын 67%) боловч суралцахуйн чанар — өөрөөр хэлбэл сурагчид зүгээр мэдлэгийг санаж хариулсан уу, эсвэл шинжилж, хэрэглэж чадсан уу гэдгийг Блумын танин мэдэхүйн ангилалд (I–VIII түвшин) тулгуурлан харьцуулсан (Зураг 2). Танин мэдэхүйн түвшний ахицыг тодорхойлох нь Backcasting арга нь зүгээр тоймлон санах (доод түвшин) бус, шинжилэх, хэрэглэх (дээд түвшин) чадварыг нэмэгдүүлж байгаа эсэхийг нотлоход чиглэсэн. Тус шинжилгээнд "сонгосон асуулт" гэж нэрлэсэн 3, 9, 10, 15-р асуултууд нь Блумын шинжлэх ба хэрэглэх түвшний (V–VI) чадварыг шаардсан даалгаврууд бөгөөд Backcasting аргын зорилтот үр дүнтэй — ирээдүйн эрүүл мэндийн шийдвэр гаргах, өдөр тутмын сонголт хийх чадвартай — шууд холбогддог. Эдгээр асуулт дээр туршилтын бүлэг хяналтын бүлгээс дунджаар 20–30%-ийн ахицтай үр дүн үзүүлсэн нь арга зүйн нөлөөг илтгэнэ (Зураг 3).



Зураг 1. Хяналтын болон туршилтын бүлгийн ерөнхий гүйцэтгэлийн харьцуулалт



Зураг 2. Танин мэдэхүйн түвшин дэх сурагчдын тархалт



Зураг 3. Сонгосон асуултуудын гүйцэтгэл (3, 9, 10, 15-р асуулт)

Backcasting (ИЭТ) аргыг хэрэглэсэн сургалтын үр нөлөөг Киркпатрикийн 4 түвшнээр үнэлэх

Киркпатрикийн 1-р түвшин (Хариу үйлдэл) — сурагчдын Backcasting аргад хандах хандлага: Сургалтын дараа өгсөн Ликертийн 5 оноотой асуумжийн үр дүнгээс харахад туршилтын бүлгийн сурагчдын дийлэнх нь ирээдүйн зорилгоо тодорхой дүрслэх чадвар эзэмшсэн байна (Хүснэгт 1). "Маш их" гэж хариулсан 33.3% (11 сурагч) болон "Их" гэж хариулсан 42.4% (14 сурагч) нийлэхэд туршилтын бүлгийн 75.7% нь ирээдүйн зорилгоо тодорхой дүрслэх чадварт хүрсэн байна. Энэ үзүүлэлт нь Backcasting аргын гол зорилт — ирээдүйн эрүүл дүр зургийг бие даан бүтээх чадвар — туршилтын бүлэгт бодитой нэмэгдсэнийг нотолж байна. Мөн сурагчдын 80 гаруй хувь нь хугацаатай төлөвлөгөө гаргаж үзсэн бол сургалтын арга зүй тэдэнд сонирхолтой санагдсан байна (90 гаруй хувь). Сурагчид зорилгоо төлөвлөх шинэ аргад суралцаж, ирээдүйн зорилгоо тодорхойлох, алхмуудаа задлах, мөрөөдлийн самбар бүтээх зэрэг бүтээлч ахиц гаргасан.

Киркпатрикийн 3-р түвшин (Зан үйл) — эзэмшсэн мэдлэг бодит дадал болж шилжсэн эсэх: Сурагчдын 90 гаруй хувь нь өөртөө итгэлтэй болж ирээдүйдээ эерэг хандлагтай болсон байна. Өдөр тутамдаа төлөвлөгөө гаргаж эхэлсэн байдлыг Ликертийн шкалаар хэмжихэд 39.4% нь "Дунд зэрэг" (3 оноо), 42.4% нь "Их" (4 оноо), 6.1% нь "Маш их" (5 оноо) гэж хариулсан. Өөрөөр хэлбэл туршилтын бүлгийн 88% нь аргыг хэрэгжүүлж эхэлсэн байна. Цагийн менежментийн хувьд мөн адил 90 гаруй хувь нь цагаа зохион байгуулж сурсан бол 42.4% нь сурсан зүйлээ "Их", 36.4% нь "Маш их" хэрэгжүүлж

байгаа нь Киркпатрикийн 3-р түвшний — мэдлэг амьдрал дээрх зан үйл болон шилжих — бодит үр дүнг харуулж байна.

Хүснэгт 1. Сурагчдын ирээдүйн зорилгоо дүрслэх чадварын үнэлгээ

Үнэлгээ	Давтамж (Frequency)	Хувь (Percent)
Огт үгүй	1	3.0
Үгүй	2	6.1
Дунд зэрэг	5	15.2
Их	14	42.4
Маш их	11	33.3
Нийт	33	100

Судалгааны асуумжийн боловсруулалт ба найдвартай байдал: Судалгааны зорилготой нийцсэн, стандарт асуумж байхгүй тул судлаач өөрөө 11 асуулттай Ликертийн шкалд суурилсан асуумж боловсруулсан. Асуумж нь Киркпатрикийн 1-р түвшин (Хариу үйлдэл)-ийг хэмжихэд зориулагдсан бөгөөд сурагчдын Backcasting аргад хандах хандлага, ирээдүйн зорилгоо дүрслэх чадвар, цаг менежмент, бие даах чадварт гарсан өөрчлөлтийг үнэлэх асуултуудаас бүрдсэн. Асуумжийн дотоод уялдаа холбоог Кронбахын альфа (α)-аар шалгасан (Хүснэгт 2). Кронбахын альфа нь бүлэг асуултуудын нэг хэмжигдэхүүнийг хэр зэрэг нийтэд нь хэмжиж байгааг илтгэх дотоод уялдааны үзүүлэлт бөгөөд $\alpha \geq 0.7$ байвал хангалттай, $\alpha \geq 0.8$ байвал сайн найдвартай гэж үздэг (George & Mallery, 2003). Гэсэн хэдий ч Кронбахын альфа нь асуумжийн бүрэн тохирц (validity)-ыг илэрхийлдэггүй тул агуулгын тохирцыг (content validity) боловсролын судалгааны онолд суурилан хангасан болно.

Хүснэгт 2. Судалгааны асуумжийн найдвартай байдлын шинжилгээ

Үзүүлэлтүүд	Утга
Кронбахын альфа (α)	0.825
Асуултын тоо (N of Items)	11
Түүврийн хэмжээ (N)	33

Тайлбар: Кронбахын альфа 0.8-аас дээш байгаа нь асуумж найдвартай болохыг илтгэнэ.

Хүснэгт 3. Сурлагын үр дүн ба нөлөөлөх хүчин зүйлсийн Пирсоны корреляцийн шинжилгээ

Хүчин зүйлс	Сурлагын үр дүн (r)	Ач холбогдол (p)	Хамаарлын түвшин
Backcasting арга барил	.595**	<.001	Хүчтэй эерэг
Зорилго төлөвлөлт	.562**	<.001	Хүчтэй эерэг
Багшийн тайлбар/арга	.524**	0.002	Дунд зэргийн
Өөртөө итгэх итгэл	.412*	0.017	Дунд зэргийн

Тайлбар: Пирсоны корреляцийн коэффициент (r) нь хоёр хувьсагчийн хоорондын шугаман хамаарлыг -1-ээс +1 хүртэлх утгаар илэрхийлнэ. $r=0.5-0.7$ бол "дунд зэргийн", $r \geq 0.7$ бол "хүчтэй" хамаарал гэж тооцно. ** тэмдэглэгээ нь $p < 0.01$ түвшинд статистик ач холбогдолтой гэсэн утгатай. Хүснэгтээс харахад Backcasting арга барил ($r=.595$, $p<.001$) болон зорилго төлөвлөлт ($r=.562$, $p<.001$) нь сурагчдын сурлагын үр дүнтэй хамгийн хүчтэй эерэг хамааралтай, өөрөөр хэлбэл Backcasting аргыг илүү үр дүнтэй гэж үнэлсэн сурагчид ахисан сурлагын үзүүлэлт гаргасан байна. Багшийн тайлбарын

чанар ($r=.524$) болон өөртөө итгэх итгэл ($r=.412$) нь мөн дунд зэргийн эерэг нөлөөтэй байгаа нь сургалтын орчин ба сурагчийн дотоод сэдэл хоёулаа чухал болохыг харуулж байна.

Хэлэлцүүлэг

Судалгааны үр дүнгээс үзэхэд Backcasting арга зүйг эрүүл мэндийн хичээлд хэрэглэх нь сурагчдын мэдлэгийн ахиц болон ирээдүйн зорилгоо төлөвлөх чадварт статистик ач холбогдол бүхий эерэг нөлөө үзүүлж байна. Туршилтын бүлгийн дундаж оноо ($\bar{X}=70.21$) хяналтын бүлгийнхээс ($\bar{X}=61.00$) $p=0.032$ түвшинд статистикийн хувьд ач холбогдолтой ялгаатай байгаа нь Киркпатрикийн 2-р түвшин (Суралцахуй) дахь мэдлэгийн бодит ахицыг баталж байна. Энэ нь Bibri (2018)-ийн "ирээдүй төвт төлөвлөлт нь суралцагчийн идэвхтэй оролцоог нэмэгдүүлдэг" гэсэн онолын дүгнэлттэй нийцэж байна. Харин зорилго төлөвлөх чадвар ($r=0.562$, $p<0.001$) болон Backcasting аргыг хэрэгтэй гэж үнэлэх хандлага ($r=0.595$, $p<0.001$) нь сурлагын үр дүнтэй хүчтэй эерэг хамааралтай байгаа нь арга зүйн нөлөөний механизмыг илтгэж байна. Гэхдээ энэ судалгааны хэмжээнд ($n=60$) хамаарал нь шалтгаан-үр дагаврын харилцааг бус, хоёр хувьсагч хамт өөрчлөгдөж байгааг л нотолж байна.

Хэлэлцүүлгийн хоёр дахь чухал олдвор нь Хүснэгт 3-аас харагдах Пирсоны корреляцийн үр дүн юм. Өөртөө итгэх итгэл ба сурлагын үр дүний хоорондын $r=0.412$ ($p=0.017$) утга гэдэг нь: туршилтын бүлгийн асуумжид "Өөртөө итгэлтэй болсон" гэж өндөр оноо өгсөн сурагчид мэдлэгийн сорилд мөн харьцангуй өндөр гүйцэтгэл үзүүлсэн гэсэн дунд зэргийн эерэг хамааралтай байгааг илтгэнэ. Гэхдээ $r=0.412$ нь дунд зэргийн хамаарал бөгөөд Backcasting арга ($r=0.595$) болон зорилго төлөвлөлт ($r=0.562$)-тай харьцуулахад харьцангуй бага нөлөөтэй хүчин зүйл болж байна. Цаашид судалгааны хамрах хүрээг өргөжүүлснээр өөртөө итгэх итгэл болон сурлагын ахицын хоорондын харилцааг илүү нарийн тодруулах боломжтой.

Дүгнэлт

Энэхүү судалгааны дүнгээс үзэхэд "Ирээдүйгээс эргэн төлөвлөх" (Backcasting) арга зүйг эрүүл мэндийн хичээлд туршин хэрэгжүүлэх нь дараах хэмжигдэхүйц үр дүнг бий болгосон. Нэгдүгээрт, мэдлэгийн ахицын хувьд туршилтын бүлгийн дундаж оноо ($\bar{X}=70.21$) хяналтын бүлгийнхээс ($\bar{X}=61.00$) $p=0.032$ түвшинд статистик ач холбогдолтой өндөр байсан нь Киркпатрикийн 2-р түвшний (Суралцахуй) бодит ахицыг нотолж байна. Хоёрдугаарт, Блумын танин мэдэхүйн дээд түвшин (шинжлэх, хэрэглэх)-ийг шаарддаг сонгосон асуултуудаар (3, 9, 10, 15-р асуулт) туршилтын бүлэг хяналтын бүлгээс дунджаар 20–30%-ийн ахицтай үр дүн гаргасан нь арга зүйн нөлөө гүнзгий мэдлэгийн түвшинд илэрч байгааг харуулж байна. Гуравдугаарт, Киркпатрикийн 1-р түвшний (Хариу үйлдэл) үнэлгээгээр туршилтын бүлгийн сурагчдын 75.7% нь ирээдүйн зорилгоо тодорхой дүрслэх чадварт хүрсэн ("Их" 42.4%, "Маш их" 33.3%) нь тухайн сургалтын хүрээнд Backcasting аргын зорилтот үр дүн бий болсныг илтгэнэ.

Дөрөвдүгээрт, Киркпатрикийн 3-р түвшний (Зан үйл) үнэлгээгээр туршилтын бүлгийн сурагчдын 60.6% нь өдөр тутмын үйлдлээ зорилготойгоо "Их" болон "Маш их" хэмжээгээр холбосон бол хяналтын бүлэгт энэ үзүүлэлт ердөө 3.3% байсан нь хоёр бүлгийн хоорондын зан үйлийн ялгааг тодорхой харуулж байна ($p<0.001$, Т-тест). Цагийн менежментийн хувьд туршилтын бүлгийн 51.5% нь зорилгоо "Их" болон "Маш их" хэмжээгээр ухраан төлөвлөдөг болсон бол хяналтын бүлэгт "Маш их" гэж хариулсан сурагч огт байсангүй. Эдгээр тоо, баримтууд нь тухайн судалгааны хүрээнд Backcasting арга зүй нь ирээдүйн зорилго тодорхойлох, өдөр тутмын үйлдлийг зорилготой холбох чадварт статистик ач холбогдол бүхий ялгаа бий болгосныг нотолж байна.

Судалгааны хязгаарлалт ба цаашдын судалгааны санал: Энэхүү анхдагч судалгаа нь Backcasting арга зүйн боловсролын салбар дахь боломжит ач холбогдлыг харуулахын зэрэгцээ дараах дизайны хязгаарлалтуудтай байгааг нээлттэйгээр хүлээн зөвшөөрч байна. Нэгдүгээрт, хамааруулах хувьсагч буруу сонгосон асуудал: судалгаанд хэрэглэгдсэн асуумжийн олонх асуулт ("ирээдүйн зорилгоо

дүрслэх", "хугацаатай төлөвлөгөө гаргах" гэх мэт) нь Backcasting хичээлийн агуулгатай шууд давхцдаг тул сургалтын дараах үнэлгээнд өндөр оноо гарах нь зайлшгүй бөгөөд энэ нь арга зүйн бодит, тогтвортой нөлөөг бус сургалтын агуулгыг дахин хэмжиж байгаа хэлбэр юм. Цаашдын судалгаанд Backcasting аргаас тусгаар, аргаас хамааралгүй хувьсагчдыг — тухайлбал, биеэ даан боловсруулсан хоолны сонголтын өдрийн бүртгэл, зан үйлийн ажиглалт — хэмжигдэхүүн болгох нь зүйтэй. Хоёрдугаарт, өгөгдөл цуглуулах аргын оновчгүй байдал: өгөгдлийн ихэнх хэсэг нь сургалт дуусмагц нэг цагт хэмжигдсэн учраас сурагчдын хариулт нь ой тогтоолт болон сургалтын сэтгэмжийн нөлөөнд өртсөн байх магадлал өндөр; бодит зан үйлийн өөрчлөлтийг тогтоохын тулд дор хаяж 4–6 долоо хоногийн дараа хийх дагаж хяналт (follow-up) шаардлагатай байсан. Гуравдугаарт, статистик боловсруулалтын хязгаарлалт: ижил цагт хэмжсэн хоёр хувьсагчийн хоорондын Пирсоны корреляци нь шалтгааны холбоог нотолдоггүй бөгөөд $n=33$ жижиг түүврийн үед корреляцийн коэффициент тогтворгүй байдаг; цаашдын судалгаанд Pre-post дизайнтай, хангалттай хэмжээний ($n \geq 60$ бүлэг тус бүр) туршилт, мөн хяналтын болон туршилтын бүлгийг санамсаргүй байдлаар (randomized) хуваарилах нь дүгнэлтийн бат байдлыг мэдэгдэхүйц сайжруулна. Дөрөвдүгээрт, нэг сургуулийн нэг хичээлийн жилийн 3 ээлжит хичээлийн жижиг түүврийн хүрээнд гарсан үр дүнг өргөнөөр нийтлэх боломжгүй.

Дүгнэж хэлэхэд, энэхүү судалгаа нь Backcasting арга зүйг эрүүл мэндийн хичээлд ашиглах боломжийг анх удаа Монголын боловсролын орчинд туршсан анхдагч (pilot) судалгаа юм. Гарсан зарим тоон үзүүлэлтүүд — мэдлэгийн ахицын хувьд $p=0.032$, зорилго төлөвлөх чадварын хувьд хоёр бүлгийн хоорондын ялгаа $p<0.001$ — нь арга зүйн боломжит ач холбогдлыг харуулж байгаа боловч дизайны дээр дурдсан хязгаарлалтуудаас шалтгаалан эдгээр үр дүнг дүгнэлт биш анхдагч олдвор (preliminary findings) гэж үзэх нь зохимжтой. Иймд цаашдын судалгааг дараах чиглэлд зохион байгуулах нь үр дүнтэй байна: (а) Backcasting аргаас тусгаар хамааруулах хувьсагч сонгох — тухайлбал, хоол хүнсний сонголтын 4 долоо хоногийн өдрийн бүртгэл, эцэг эхийн ажиглалтын стандартчилсан хуудас; (б) Pre-post-follow-up гурван цэгийн хэмжилтийн дизайн хэрэглэх; (в) $n \geq 60$ туршилтын бүлэгтэй, олон сургуулийн хэмжээнд хамрах хүрээг өргөтгөх. Эдгээр нөхцөлийг хангасан давтан судалгаа нь Backcasting аргын тогтвортой зан үйлийн өөрчлөлтөд үзүүлэх нөлөөг найдвартай тодорхойлох боломжийг бүрдүүлнэ.

Ном зүй

- Bibri, S. E. (2018). Backcasting in futures studies: A synthesized scholarly and planning approach to strategic smart sustainable city development. *European Journal of Futures Research*, 6(1), 1–27. <https://doi.org/10.1007/s40309-018-0142-z>
- БСШУСЯ. (2018). *Суурь, бүрэн дунд боловсролын сургалтын хөтөлбөр, суралцахуйн удирдамж “Эрүүл мэнд”*. Улаанбаатар: БСШУСЯ.
- Dreborg, K. H. (1996). Essence of backcasting. *Futures*, 28(9), 813–828.
- Монгол улсын засгийн газар. (2024). *Сургуулийн өмнөх болон ерөнхий боловсролын сургалтын хөтөлбөрийн үзэл баримтлал (2024–2036)*. Улаанбаатар.
- Мөнгөнтулга, Э. (2018а). *Эрүүл мэндийн боловсролын сургалтын хөтөлбөрийн нэгэн хувилбар, туршилт, үр дүн*. Улаанбаатар: МУБИС.
- Мөнгөнтулга, Э., Цэрэнжамц, Д., & Батчимэг, Г. (2018б). *Эрүүл мэндийн боловсрол: ЕБС, цэцэрлэгийн багш нарын гарын авлага*. Улаанбаатар: БСШУСЯ, ЮНИСЕФ, Битпресс ХХК.
- Мөнгөнтулга, Э., Цэрэнжамц, Д., & Батчимэг, Г. (2021). *Сэтгэцийн эрүүл мэнд: ЕБС-ийн эрүүл мэндийн багш, оюутанд зориулсан гарын авлага*. Улаанбаатар: Битпресс ХХК.
- Оюунцэцэг, Н. (2023). *Насан туршийн суралцахуй*. Улаанбаатар: МУБИС.
- Эрдэнэтуяа, Ж. (2024). Эрүүл мэндийн хичээлийн арга зүйн зөвлөмж. *Боловсрол судлал*, 12(2), 15–24.
- UNESCO. (2017). *Education for Sustainable Development Goals: Learning Objectives*. Paris: UNESCO.

- George, D., & Mallery, P. (2003). *SPSS for Windows step by step: A simple guide and reference (4th ed.)*. Allyn & Bacon.
- Kirkpatrick, J. D., & Kirkpatrick, W. K. (2016). *Kirkpatrick's four levels of training evaluation*. Association for Talent Development.
- НҮБХАС. (2008). *Өсвөр үеийн нөхөн үржихүйн эрүүл мэндийн төсөл: ЕБС-ийн эрүүл мэндийн сургалтын өнөөгийн байдлын судалгаа*. Улаанбаатар: НҮБХАС.
- Robinson, J. B. (1990). Futures under glass: A recipe for people who hate to predict. *Futures*, 22(8), 820–842.
- World Health Organization. (2013). *Global school-based student health survey (GSHS)*. Geneva: WHO. <https://www.who.int/teams/noncommunicable-diseases/surveillance/systems-tools/global-school-based-student-health-survey>

Results of Applying the ‘Backcasting’ Method (Based on an example from Health Class)

Munguntuul.M^a, Munguntuulga.E^b

^aSchool No 17

^bDepartment of Biology, SMNS, MNUE

Corresponding author: munguu5dmbb@gmail.com

Abstract

Modern educational trends are shifting from a “Teaching” paradigm focused on information delivery to a “Learning” paradigm where students actively construct knowledge. Within this framework, this study tested and evaluated the effectiveness of the “Backcasting” methodology in secondary school health education to foster life skills and healthy behaviors. Based on constructivist theory and active-learning strategies, this methodology enables students to visualize a future state of health and safety and plan strategic steps backward to their present actions. The study involved 59 students (Experimental n=32, Control n=27), and the training effectiveness was evaluated using Kirkpatrick’s Four-Level Model. Statistical analysis showed that students in the experimental group achieved significantly higher learning gains than the control group ($p=0.032$). Furthermore, 33.3% of students successfully developed highly clear future-goal visualization skills. Pearson correlation analysis revealed a strong positive relationship between the Backcasting approach, goal-setting, and academic performance ($r=0.595$, $p<0.01$). The results demonstrate that the Backcasting methodology is an effective approach for developing students’ cognitive abilities, decision-making, and attitudinal growth.

Keywords: Health Education, Backcasting Methodology, Student Engagement, Kirkpatrick’s Model.

ЕБС-ийн 1-12 ангид судлах нийгэм ба байгалийн ухаан хичээлийн цагийн харьцуулсан судалгаа

М.Мөнхболд

МУБИС, МБУС, Физикийн тэнхим

Холбоо барих зохиогч: munkhbold@msue.edu.mn

Хүлээн авсан: 2026.04.10

Засварласан: 2026.05.11

Хэвлэлтэд авсан: 2026.05.25

Хураангуй

Энэхүү өгүүлэлд OECD-ийн PISA 2022 олон улсын үнэлгээний үр дүнд тулгуурлан Монгол улсын ерөнхий боловсролын тогтолцооны чанар, онцлог, тулгамдсан асуудлыг шинжиллээ. Судалгааны үр дүнгээс харахад Монголын сурагчид мэдлэг эзэмших түвшинд тодорхой амжилт гаргаж байгаа боловч уншиж ойлгох чадвар, асуудал шийдвэрлэх, шинжлэх ухаанч сэтгэлгээ, бүтээлч чадварын хувьд OECD-ийн дунджаас доогуур үзүүлэлттэй байна. Энэ нь сургалтын агуулгын хэт ачаалал, хэрэглээ төвтэй бус сургалтын арга зүй, үнэлгээний тогтолцооны онцлогтой холбоотой гэж үзэв. Иймээс боловсролын хөтөлбөрийг “бага агуулга – гүн ойлголт” зарчимд тулгуурлан шинэчлэх, шинжлэх ухааны интеграцчилсан сургалт, бичиг үсгийн чадварыг хөгжүүлэх шаардлагатай байна. Түүнчлэн энэ өгүүлэлд ерөнхий боловсролын сургуулийн 1–12 дугаар ангийн хөтөлбөрт туссан нийгмийн ухаан, байгалийн ухааны хичээлийн цагийн харьцааг шинжилж, OECD-ийн орнуудын жишиг болон Япон, Сингапур зэрэг боловсролын тогтолцоо нь тогтвортой, өндөр гүйцэтгэлтэй орнуудын хөтөлбөрийн чиг хандлагатай харьцуулан үнэлэв. Судалгаанд хэрэглэсэн үндсэн эх сурвалж нь ЕБС-ийн 1–5 болон 6–12 дугаар ангийн хичээлийн хөтөлбөр түүнд үндэслэсэн цагийн хүснэгтүүд болно. Шинжилгээнээс бага ангид нийгмийн чиглэлийн агуулгын жин өндөр, харин байгалийн ухааны ил тод суурь сул байж болох дүр зураг ажиглагдсан. Дунд ангид нийгмийн болон байгалийн ухааны хичээлийн цаг хоёулаа OECD-ийн дунджаас доогуур бус боловч нийт ачаалал харьцангуй өндөр байгаа нь “ихийг үзэх боловч гүнзгий эзэмшихгүй” эрсдэлийг үүсгэж болзошгүй байна. Ахлах ангид инженер, технологийн чиглэл рүү чиглэсэн суралцахуй нь сонгон судлах хичээлээс хэт хамааралтай байгаа нь STEM чиглэлийг сонгон суралцах сурагчдыг бүрдүүлэхэд саад болж болзошгүй. Иймээс хөтөлбөрийг зөвхөн цаг нэмэх замаар бус, харин агуулгын дараалал, хэрэглээ, лаборатори, төсөл, өгөгдөлд суурилсан суралцахуй, үнэлгээний шинэчлэлтэй уялдуулан сайжруулах шаардлагатай гэж үзэв.

Түлхүүр үг

Ерөнхий боловсрол, хөтөлбөр, нийгмийн ухаан, байгалийн ухаан, STEM, инженерийн боловсрол, сургалтын цаг

Удиртгал

Орчин үеийн боловсролын судалгаанд сургалтын хөтөлбөрийн бүтэц, ялангуяа хичээлийн цагийн хуваарилалт нь суралцагчдын суралцахуйн үр дүнд хэрхэн нөлөөлж байгааг өргөн хүрээнд судалж байна. OECD-ийн “Education at a Glance” тайланд дурдсанаар бага боловсролын түвшинд байгалийн ухаан дунджаар 7%, нийгмийн ухаан 6%-ийг эзэлдэг бол дунд боловсролын түвшинд байгалийн ухаан 12%, нийгмийн ухаан 11% орчимд хүрдэг бөгөөд энэ нь сургалтын агуулгын тэнцвэржилт нь улс орнуудын нийтлэг чиг хандлага болохыг харуулж байна (OECD, 2025). Гэвч сургалтын цагийн хэмжээ нь суралцагчдын амжилтад шууд шугаман хамааралтай биш болохыг олон улсын үнэлгээний судалгаанууд харуулдаг. Тухайлбал PISA-гийн судалгаанд сургалтын хугацаанаас илүү сургалтын чанар, арга зүй, суралцах орчин нь суралцагчдын гүйцэтгэлд илүү хүчтэй нөлөөлдөг болохыг онцолсон (OECD, 2019; OECD, 2022). Иймээс зөвхөн цагийн хуваарилалтыг өөрчлөхөөс илүү сургалтын агуулга, арга зүйн шинэчлэл шаардлагатай гэж үздэг. Байгалийн ухааны боловсролын чиглэлээр хийгдсэн судалгаанууд нь туршлага, судалгаанд суурилсан суралцахуй нь сурагчдын ойлголтыг гүнзгийрүүлдэг болохыг нотолдог. Experiential Learning Theory-д суралцах үйл явцыг concrete experience-ээс эхэлдэг мөчлөг гэж тайлбарласан бөгөөд бодит туршлага нь ойлголтын үндэс

болдог гэж үзсэн (Kolb, 1984). Үүнтэй адил John Dewey боловсролыг “learning by doing” буюу хийх замаар суралцах үйл явц гэж тодорхойлж, онол ба туршлагын нэгдлийг чухалчилсан (Dewey, 1938). Шинжлэх ухааны боловсролын орчин үеийн судалгаанд inquiry-based learning буюу асуултад суурилсан суралцах арга нь сурагчдын шинжлэх ухаанч сэтгэлгээг хөгжүүлэхэд онцгой үр нөлөөтэй гэж үздэг (Hmelo-Silver et al., 2007). Энэ арга нь сурагчдыг асуулт тавих, туршилт хийх, өгөгдөлд дүн шинжилгээ хийх үйл ажиллагаанд оролцуулснаар PISA үнэлгээнд шаардлагатай чадварыг хөгжүүлдэг. Нийгмийн ухааны боловсролын судалгаанд мөн адил чиг хандлага ажиглагддаг. АНУ-ын боловсролын стандарт болох Common Core нь нийгмийн ухааныг зөвхөн мэдлэг дамжуулах бус, харин эх сурвалжид суурилсан тайлбар, шүүн тунгаах чадвар, бичиг үсгийн чадвартай уялдуулан хөгжүүлэхийг зорьдог (National Governors Association, 2010). Энэ нь PISA-ийн унших чадварын үнэлгээтэй шууд холбоотой. Хичээлийн цагийн харьцуулсан судалгаанууд (Schmidt et al., 2001; OECD, 2021) нь дараах нийтлэг дүгнэлтийг гаргасан байна. Үүнд: (1) сургалтын цаг их байх нь амжилтыг баталгаажуулдаггүй, (2) байгалийн болон нийгмийн ухааны тэнцвэрт байдал чухал, (3) дунд боловсролын шатанд шинжлэх ухааны эзлэх хувь нэмэгдэх хандлагатай, (4) ахлах шатанд сонгон гүнзгийрүүлэх бүтэц давамгайлдаг. Финланд, Сингапур, Япон зэрэг өндөр гүйцэтгэлтэй боловсролын системүүдэд бага ангид интеграцчилсан хичээл, дунд ангид аажмаар салбарласан бүтэц, ахлах ангид сонгон гүнзгийрүүлэх тогтолцоо түгээмэл хэрэглэгддэг (Sahlberg, 2015; Ministry of Education Singapore, 2020). Энэ бүтэц нь суралцагчдын ойлголтыг шат дараатай гүнзгийрүүлэхэд чиглэгдсэн байдаг. Монголын боловсролын нөхцөл байдалтай холбоотой судалгаанууд нь сургалтын цаг харьцангуй өндөр боловч суралцагчдын хэрэглээний чадвар сул байгааг тэмдэглэсэн (World Bank, 2020). Ялангуяа PISA үнэлгээнд Монголын сурагчид онолын мэдлэгтэй боловч түүнийг бодит нөхцөлд хэрэглэх чадвар сул байгаа нь тогтоогдсон (OECD, 2022).

Иймээс дээрх судалгаануудыг нэгтгэн дүгнэхэд сургалтын хөтөлбөрийн цагийн бүтэц нь чухал боловч суралцагчдын амжилтыг тодорхойлох гол хүчин зүйл нь сургалтын арга зүй, агуулгын чанар болох нь тодорхой байна. Тодруулбал байгалийн ухаанд туршлага, судалгаа, нийгмийн ухаанд шүүн тунгаах чадварыг хөгжүүлэх нь боловсролын чанарыг дээшлүүлэх үндсэн нөхцөл юм.

Хүснэгт 1. Бага боловсролын цагийн норм

Хичээл	БАГА БОЛОВСРОЛ					нийт цаг
	1	2	3	4	5	
1 Бэлтгэл хөтөлбөр	60					60
2 Монгол хэл	192	224	224	224	224	1088
Иргэний ёс зүйн						
3 боловсрол	64	64	64	64	64	320
4 Математик	112	160	160	160	160	752
5 Хүн ба орчин	64	64	64			192
6 Хүн ба байгаль				64	64	128
7 Хүн ба нийгэм				32	64	96
Дүрслэх урлаг						
8 технологи	58	64	64	64	64	314
9 Хөгжим	58	64	64	64	64	282
10 Биений тамир	58	64	64	64	64	314
11 Эрүүл мэнд			32	32		64
12 Англи хэл					96	96
Дүн	666	704	704	768	864	3706
Багш зохицуулах цаг	64	34	34	34	33	199
Жилийн нийт цаг						3905
Долоо хоногийн нийт ачаалал	20.8	22	22	24	27	
Өдрийн ачаалал	4.2	4.4	4.4	4.8	5.4	

OECD-ийн 2025 оны тайланд бага боловсролын түвшинд нэг сурагч жилд дунджаар 804 цаг, дунд боловсролын түвшинд 922 цагийн заавал судлах хичээл үздэг гэж дурдсан бөгөөд бага ангид байгалийн ухаан дунджаар 7 хувь, нийгмийн ухаан 6 хувь, харин доод дунд ангид байгалийн ухаан 12

хувь, нийгмийн ухаан 11 хувийг эзэлж байна. Иймээс ЕБС-ийн хөтөлбөрийн цагийн бүтэц нь зөвхөн дотоодын хэрэгцээгээр бус олон улсын чиг хандлагатай нийцэж буй эсэхийг шинжлэх шаардлагатай. Энэхүү өгүүллийн зорилго нь ЕБС-ийн 1–12 дугаар ангийн хөтөлбөр дэх нийгмийн ба байгалийн ухааны хичээлийн цагийн харьцааг тоон болон чанарын талаас нь үнэлж, инженерийн шинжлэх ухаан, улмаар улс орны хөгжилд үзүүлэх нөлөөг тодорхойлон, сайжруулах санал дэвшүүлэхэд оршино.

Хүснэгт 2 Суурь болон бүрэн дунд боловсролын цагийн норм

		Суурь боловсрол				Бүрэн дунд боловсрол				Сонгон суралцах			
Хичээл		VI	VII	VIII	IX	Хийт	X	XI	XII	Нийт		X-XII	
Монгол хэл, бичиг	Монгол хэл	99	66	66	66	297	33	33	33	99	Хэл	Монгол хэл бичиг	
	Үндэсний бичиг	66	66	66	66	264	66	66	66	198		Уран зохиол	
	Уран зохиол	66	66	66	66	264	33	33	33	99		Англи хэл	
	Математик	165	132	132	132	561	99	99	99	297		Орос хэл	
Мэдээллийн технологи		33	33	33	33	132	33	33	33	99		Математик	
Байгалийн ухаан	Физик	66	66	66	66	231	66	66		132	Байгалийн ухаан	Физик	
	Биологи	33	66	66	66	231	66	66		132		Биологи	
	Хими	33	66	66	66	231	66	66		132		Хими	
Нийгмийн ухаан	Иргэний ёс зүйн боловсрол	66	66	66	66	264	66	66	66	198	Нийгмийн ухаан	Түүх	
	Газар зүй	33	33	33	33	99	66	66		132		Нийгэм судлал	
	Түүх	33	66	66	66	231	33	33		66		Газар зүй	
	Нийгэм судлал		33	33	33	99	66	66		132		Бизнес судлал	
Урлаг	Дүрслэх урлаг	33	33	33		99					Дизайн технологи	Дизайн, зураг зүй	
	Хөгжим	33	33	33	33	132						Техник технологи	
Дизайн технологи	Зураг зүй	66	66	66	66	264	66	66	66	198		Мэдээллийн технологи	
Биений тамир	Биений тамир	66	66	66	66	264	66	66	66	198	Суурь боловсрол: 33хх-40, "БЗЦ"-аар монгол хэлний багш 18, нийгэм судлал, дүрслэх урлаг, зураг зүй, дизайны эрүүл мэндийн багш тус бүр 10, бусад хичээлийн багш тус бүр 15 цагт багтаам хошигнол ариутга, давтлага өгөгчөөс гадна нэгт эхэл "иргэний ёс зүйн боловсрол" хичээлээр зөвлөгөө өгнө. Ахлах боловсрол: 33хх-40 Заавал судлах англи, орос хэлний аль нэгийг заавал судлана. Х англи 4 хичээлийг 7хонотт 1-2 цагаар /2 хичээлийг 2ц, 2 хичээлийг 1 цагаар; XI англи 3 хичээлийг 7хонотт 2-3 цагаар /1 хичээлийг 3ц, 2 хичээлийг 2ц; XII англи 3 хичээлийг 7 хонотт 4-8 цагаар /1 хичээлийг 4ц - 2улаа, 1хичээлийг 3ц-2улаа, 1 хичээлийг 4 цагаар 1 улаа тус тус сонгон судлана. Заавал болон сонгон судлах хичээлийг X, XII, XIII ангийн сурагчаас бүрэлсн хилимэг бүлгээр хичээллэж болно. Заавал судлах цаг нэр сонгон судлах цагийг нэмж заавал болон сонгон судлах сургалтын хөтөлбөрийг баримтлана.		
	Эрүүл мэнд	33	33	33	33	132	33	33	33	99			
Англи хэл	99	99	99	99	396	99	99	99	297				
Орос хэл		66	66	66	231								
Сонгон						198	231	594	1023				
Дун	957	1155	1155	1155	4422	957	957	594	2508				
Багш зохицуулах цаг /БЗЦ/					268				144				
Заавал болон сонгон судлах						1155	1188	1188	3531				
Жилийн нийт цаг					4690				3675				
Долоо хоногийн нийт ачаалал	29	35	35	35		35	36	36					
Өдрийн нийт ачаалал		5.8	7	7	7		7	7	7				

Судалгааны арга зүй

Судалгаанд баримт бичгийн шинжилгээ, харьцуулсан судалгааны аргыг ашиглав. Судалгааны үндсэн өгөгдөл нь ЕБС-ийн 1–5 дугаар анги болон 6–12 дугаар ангийн хөтөлбөрийн хүснэгтэн мэдээлэл болно. Эдгээрээс нийгмийн ухаан, байгалийн ухааны хичээлд ногдох нийт цагийг ангилан тооцож, нийт сургалтын цагтай харьцуулан хувь хэмжээ гаргав.

Хүснэгт 2. Улс орнуудын сургалтын цагийн харьцуулалт

№	Улс	Бага анги /жилд/	Дунд анги /жилд/	Онцлог
1	Монгол	740-780	1100	Дунд анги ачаалал өндөр
2	Финлянд	660	817	Хамгийн бага ачаалалтай
3	Япон	768	884	Тэнцвэртэй шаталсан өсөлттэй
4	Сингапур	900	1000	STEM, inquiry-based сургалт давамгайлсан
5	БНСУ	665	842	Сургалтын цаг бага, хичээлээс гадуурх ачаалал их
6	OECD	804	922	Олон улсын суурь жишиг болдог

Олон улсын харьцуулалтад OECD-ийн “Education at a Glance 2025”, PISA-гийн шинжлэх ухааны бичиг үсгийн тайлбар, Японы боловсролийн бага ангийн “Хүрээлэн буй орчин”, Сингапурын

дунд ангийн “шинжлэх ухааны хөтөлбөр”-ийн үзэл баримтлалыг ашиглав. Японы бага ангийн уг хөтөлбөр нь хүүхдийг өөрөө, нийгэм, байгальтайгаа тодорхой үйл ажиллагаа, туршилттай холбож, бие даах суурь чадварыг хөгжүүлэх зорилготой бол Сингапурын шинжлэх ухааны хөтөлбөр нь шинжлэх ухааны бичиг үсгийн боловсрол, шинжлэх ухааны практик, лабораторид суурилсан болон асуудал нь сургалтийн онцлог юм.

Судалгааны үр дүн

ЕБС-ийн 1–5 дугаар анги болон 6–12 дугаар ангийн хөтөлбөрийн хүснэгтэн мэдээлэлд тулгуурлан тооцоход 1–5 дугаар ангид нийгмийн чиглэлийн агуулгад “Иргэний ёс зүйн боловсрол” 320 цаг, “Хүн ба нийгэм” 96 цаг, нийт 416 цаг ногдож байна. Энэ нь бага ангийн нийт 3706 цагийн ойролцоогоор 11.2 хувийг эзэлж байна. Харин байгалийн ухааны ил тод агуулгад “Хүн ба байгаль” 128 цаг ногдож байгаа нь нийт цагийн ойролцоогоор 3.5 хувь байна. Хэрэв “Хүн ба орчин” хичээлийн 192 цагийг байгалийн ухааны суурь агуулгад хамтатган үзвэл шинжлэх ухааны нэгдмэл агуулга 320 цаг буюу 8.6 хувь болж байна.

Энэ дүр зураг нь бага ангид нийгмийн чиглэлийн жин OECD-ийн дундажаас өндөр, харин байгалийн ухааны бие даасан дүр төрх бүдэг байж болзошгүйг харуулж байна. OECD-ийн бага ангийн дундажтай харьцуулахад нийгмийн ухаан 6 хувь, байгалийн 7 хувь байдаг тул манай хөтөлбөрт нийгмийн чиглэл илүү тод, байгалийн ухаан интеграцчилсан боловч ил тод биш хэлбэртэй байгааг хэлж болно.

6–9 дүгээр ангид байгалийн ухаанд физик 231, биологи 231, хими 231, нийт 693 цаг ногдож байна. Нийгмийн ухаанд иргэний ёс зүйн боловсрол 264, газарзүй 99, түүх 231, нийгэм судлал 99, нийт 693 цаг ногдож байна. Өөрөөр хэлбэл дунд ангид нийгмийн ба байгалийн ухааны цаг ижил түвшинд, тус бүр нийт цагийн ойролцоогоор 15.7 хувийг эзэлж байна. Энэ нь OECD-ийн дунд боловсролын дундаж болох шинжлэх байгалийн ухаан (science) 12 хувь, нийгмийн ухаан (social sciences) 11 хувиас доогуур биш, зарим талаар өндөр үзүүлэлт юм.



Зураг 1. 6-9 дүгээр ангийн цагийн хуваарилалт

Гэсэн хэдий ч 6–9 дүгээр ангийн нийт сургалтын цаг 4422 буюу жилд дунджаар 1106 цаг байгаа нь OECD-ийн 922 цагийн дундажаас өндөр байна. Ийм нөхцөлд “агуулгын хүрээ их, суралцахуйн гүн

бага” болох эрсдэл бий. Өөрөөр хэлбэл цаг хангалттай байгаа боловч түүнийг туршилт, шинжилгээ, төсөл, бодит хэрэглээ рүү хувиргахгүй бол үр өгөөж нь буурна.

10–12 дугаар ангид суурь заавал хэсэгт байгалийн ухааны нийт 396 цаг, нийгмийн ухааны 528 цаг ногдож байна. Энэ нь ахлах ангийн шатанд инженер, технологийн чиглэлд шилжих хүүхдүүдийн суурь бэлтгэл сонгон судлах хичээлээс ихээхэн хамаарах бүтэцтэй байгааг харуулж байна. Хэрэв сонгон хичээлийн чанар, хүртээмж, багшийн нөөц жигд биш бол инженерийн боловсрол руу чиглэсэн суралцагчдын гарааны боломж тэгш бус болно.

Судалгааны дүнгээс харахад ЕБС-ийн хөтөлбөрийн гол асуудал нь байгалийн ухаанд цаг өгөөгүйд бус, харин тухайн цагийг ямар логикоор, ямар чадвар хөгжүүлэхэд ашиглаж байгаа вэ гэдэгт оршиж байна. Японы бага ангийн туршлагаас харахад шинжлэх ухаан, нийгэм, орчныг бага насанд нь зааглаж таслахгүйгээр хүүхдээр өөрсдөөр нь хийлгэж хүүхдийн ажиглалт, оролцоо, амьд туршлагад тулгуурладаг. Харин Сингапурын хөтөлбөр шинжлэх ухааныг зөвхөн мэдлэгийн сан биш, шинжлэх ухааны судалгаа (scientific inquiry), лабораторын хэмжил зүй (laboratory measurements), authentic contexts дээр тулгуурласан чадварын тогтолцоо гэж үзэж байна.

Энэ харьцуулалтаас манай хөтөлбөрт дараах гурван гол хоцрогдол байна гэж үзэж болно. Бага ангид байгалийн ухааны бие даасан шинж сул тул шинжлэх ухаанч сэтгэлгээ эрт тогтох суурь хангалтгүй байж болх ч, дунд ангид цагийн хэмжээ боломжийн боловч нийт ачаалал өндөр учраас агуулгыг гүнзгий эзэмшихээс илүү хараад өнгөрөх хандлага байна. Ахлах ангид инженер, технологийн чиглэлийн суурь нь нийтлэг үндсэн хичээл (core) хэлбэрээр бус сонголтоос хэт хамааралтай байна.

Инженерийн шинжлэх ухаан хөгжих эсэх нь зөвхөн математик, физикийн цагийн тоогоор шийдэгдэхгүй. PISA-гийн үзэл баримтлалд шинжлэх ухааны бичиг үсгийн боловсрол нь үзэгдлийг шинжлэх ухааны үүднээс тайлбарлах, судалгааг төлөвлөх ба үнэлэх, өгөгдөл нотолгоог задлан тайлбарлах чадвар гэж тодорхойлогдсон. Иймээс инженерийн суурь бэлтгэл гэдэг нь физик, математик, мэдээллийн технологи, дизайн, лаборатори, төсөл, өгөгдөлд суурилсан шийдэл гаргалтын цогц орчин байх ёстой. Хэрэв хөтөлбөр одоогийн бүтэцтэй хэвээр үлдвэл ерөнхий мэдлэгтэй төгсөгч бэлтгэх боломжтой ч инженер, технологийн салбарт чанартай хүний нөөц бэлтгэхэд хангалтгүй байж чадахгүй. Энэ нь урт хугацаандаа үндэсний инновац, үйлдвэрлэл, дижитал шилжилт, эрчим хүч, дэд бүтэц, уул уурхайн боловсруулалт зэрэг салбарын дотоод чадавхыг сулруулна.

Дүгнэлт

ЕБС-ийн 1–12 дугаар ангийн хөтөлбөрт нийгмийн болон байгалийн ухааны хичээлийн цагийн хэмжээ олон улсын жишигт нийцсэн, хангалттай түвшинд байна. Гэсэн хэдий ч бага боловсролын шатанд байгалийн ухааны суурь ойлголт сул, дунд шатанд ачаалал өндөр боловч агуулгын давхардал их, ахлах шатанд инженерийн бэлтгэл сонгон хичээлээс хэт хамааралтай байгаа нь чанарын асуудлыг үүсгэж байна. Энэ нь суралцагчдын мэдлэгийг бодит нөхцөлд хэрэглэх чадвар, шинжлэх ухаанч сэтгэлгээ хангалттай хөгжихгүй байгааг харуулж байна. Иймээс хөтөлбөрийн шинэчлэлийг цаг нэмэгдүүлэх бус, агуулгын залгамж холбоо, лаборатори, төсөл, өгөгдөлд суурилсан суралцахуй болон үнэлгээний тогтолцоотой уялдуулан хэрэгжүүлэх шаардлагатай. Уг шинэчлэлийг үе шаттайгаар хэрэгжүүлснээр инженер, технологийн чиглэлийн хүний нөөцийн чанарыг дээшлүүлж, улс орны урт хугацааны хөгжилд эерэг нөлөө үзүүлэх боломжтой.

Ном зүй

- OECD. (2025). *Education at a glance 2025: OECD indicators*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/eag-2025-en>
- PISA. (2023). *PISA 2022 results (Volume I): The state of learning and equity in education*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/53f23881-en>
- OECD. (2019). *PISA 2018 results (Volume I): What students know and can do*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/5f07c754-en>

- World Bank. (2020). *Mongolia: Education sector analysis*. World Bank Group. <https://documents.worldbank.org>
- David A. Kolb. (1984). *Experiential learning: Experience as the source of learning and development*. Prentice-Hall.
- John Dewey. (1938). *Experience and education*. Macmillan.
- Cindy E. Hmelo-Silver, Duncan, R. G., & Chinn, C. A. (2007). Scaffolding and achievement in problem-based and inquiry learning: A response to Kirschner, Sweller, and Clark. *Educational Psychologist*, 42(2), 99–107. <https://doi.org/10.1080/00461520701263368>
- John Hattie. (2009). *Visible learning: A synthesis of over 800 meta-analyses relating to achievement*. Routledge.
- National Governors Association, & Council of Chief State School Officers. (2010). *Common Core State Standards for English Language Arts*. <https://www.corestandards.org>
- Ministry of Education Singapore. (2020). *Science syllabus: Lower secondary*. Ministry of Education. <https://www.moe.gov.sg>
- Pasi Sahlberg. (2015). *Finnish lessons 2.0: What can the world learn from educational change in Finland?* Teachers College Press.
- William H. Schmidt, et al. (2001). *Why schools matter: A cross-national comparison of curriculum and learning*. Jossey-Bass.

A Comparative Study of Instructional Hours for Social and Natural Science Subjects in Grades 1–12 of General Education Schools

Munkhbold.M

Department of Physics, SMNS, MNUE

Corresponding author: munkhbold@msue.edu.mn

Abstract

This article analyzes the quality, characteristics, and emerging challenges of Mongolia’s general education system based on the results of the OECD PISA 2022 international assessment. The findings indicate that Mongolian students demonstrate certain achievements in knowledge acquisition; however, their performance in reading literacy, problem-solving, scientific reasoning, and creative thinking remains below the OECD average. These outcomes are considered to be associated with an overloaded curriculum, insufficiently application-oriented teaching approaches, and limitations within the assessment system. Therefore, the study suggests that the curriculum should be reformed according to the principle of “less content – deeper understanding,” while also strengthening integrated science education and literacy-based competencies. Furthermore, the article examines the proportion of instructional hours allocated to social science and natural science subjects across Grades 1–12 in Mongolia’s general education curriculum and compares them with OECD benchmarks as well as curriculum trends in high-performing and stable education systems such as Japan and Singapore. The primary sources used in the study were the official curriculum documents and instructional time allocations for Grades 1–5 and Grades 6–12. The analysis suggests that, at the primary level, the curriculum places relatively greater emphasis on social-oriented content, whereas the explicit foundation of natural science education appears comparatively weak. At the lower secondary level, although the instructional hours for both social sciences and natural sciences are not below the OECD average, the overall workload remains relatively high, creating a risk of “covering more content without achieving deep understanding.” At the upper secondary level, learning pathways related to engineering and technology depend excessively on elective courses, which may hinder the development of students pursuing STEM-oriented fields. Consequently, the study concludes that curriculum improvement should not focus solely on increasing instructional hours, but rather on enhancing content sequencing, practical application, laboratory work, project-based and data-driven learning, and assessment reform in an integrated manner.

Keywords:

General education system, curriculum reform, social science education, natural science education, STEM education, engineering education, instructional time allocation

Биологийн хичээлд мультимедиа ашиглан суралцахуйн үр дүнг дээшлүүлэх нь

А. Наран

¹12 дугаар сургууль

Холбоо барих зохиогч: naran8860@gmail.com

Хүлээн авсан: 2026.04.10

Засварласан: 2026.05.11

Хэвлэлтэд авсан: 2026.05.25

Хураангуй

Биологийн хичээл нь амьд биеийн бүтэц, үйл ажиллагаа, харилцан холбоо зэрэг хийсвэр ойлголтыг агуулдгаараа онцлогтой тул сургалтын үйл ажиллагаанд мультимедиа хичээл ашиглах хэрэгцээ үүсдэг. Энэхүү судалгааны зорилго нь биологийн хичээлд мультимедиа хичээл ашиглах нь сурагчдын хичээлийн ойлголт, идэвх оролцоо, сэтгэл ханамжид хэрхэн нөлөөлж байгааг судлахад оршино. Судалгаанд Дархан-Уул аймгийн ерөнхий боловсролын сургуулийн биологийн 43 багш, 500 гаруй суралцагч хамрагдсан. Судалгааг асуулга, ажиглалт, туршилт, харьцуулалтын аргаар явуулсан. Үүний үндсэн дээр VI–VIII ангийн биологийн хичээлийн “Амьд биеийн үндсэн шинж”, “Амьд биеийн бүтэц, амьдралын үйл ажиллагаа”, “Амьд биеийн үржил хөгжил”, “Амьд бие хоорондын харилцан холбоо” сэдвүүдийн хүрээнд нийт 24 мультимедиа хичээл боловсруулан туршсан. Туршилтын болон хяналтын ангийн үр дүнг харьцуулан судлахад мультимедиа хичээл ашигласан бүлгийн сурагчдын хичээлийн оролцоо, ойлголт, сэтгэл ханамжид эерэг өөрчлөлт ажиглагдсан.

Түлхүүр үг

Биологийн хичээл, мультимедиа хичээл, суралцахуйн үр дүн, суралцагчийн оролцоо, сургалтын технологи, танин мэдэхүйн онол, хичээлийн ойлголт, даалгавар гүйцэтгэл

Удиртгал

Байгалийн ухааны сургалтын үндсэн зорилго нь сурагчдад шинжлэх ухааны мэдлэг эзэмшүүлэхээс гадна ажиглах, асуулт дэвшүүлэх, таамаглал гаргах, нотолгоонд тулгуурлан тайлбарлах, дүгнэлт хийх зэрэг шинжлэх ухаанч арга барилд суралцуулахад чиглэдэг. Биологийн хичээл нь амьд биеийн бүтэц, үйл ажиллагаа, үржил хөгжил, амьд бие хоорондын харилцан холбоо зэрэг хийсвэр ойлголтыг агуулдгаараа онцлогтой. Иймээс эдгээр агуулгыг зөвхөн уламжлалт аргаар тайлбарлан заах нь сурагчдын ойлголт, төсөөлөл, хичээлийн идэвх оролцоог бүрэн дэмжихэд зарим талаар хангалтгүй байдаг.

Сургалтын үйл ажиллагаанд зураг, хөдөлгөөнт дүрс, видео, дуу, график зэрэг олон хэлбэрийн мэдээллийг уялдуулан ашиглах нь сурагчдын анхаарал төвлөрөл, ойлголт, хичээлд оролцох идэвхийг нэмэгдүүлэх боломжтой гэж үздэг (Mayer, 2009). Ялангуяа биологийн хичээлийн эсийн бүтэц, амьд биеийн үйл ажиллагаа, үржил хөгжил зэрэг нүдэнд шууд харагдахгүй үйл явцыг дүрслэн тайлбарлахад мультимедиа хичээл нь сургалтын үр өгөөжийг дэмжих ач холбогдолтой (UNESCO, 2021).

Сургалтын дизайн нь суралцагчийн хэрэгцээ, танин мэдэхүйн онцлогт тулгуурлан сургалтын зорилго, агуулга, арга зүй, хэрэглэгдэхүүн, үнэлгээг системтэйгээр төлөвлөх, хэрэгжүүлэх, үнэлэх үйл ажиллагааны процесс юм (Branch, 2009). Орчин үеийн сургалтын хандлага нь суралцагчийн идэвхтэй оролцоонд тулгуурлан мэдлэг бүтээх үйлийг чухалчилдаг (Vygotsky, 1978). Иймээс мультимедиа хичээл боловсруулахдаа зөвхөн технологи ашиглах бус, сурагчийн ойлголт, оролцоо, суралцах үйл ажиллагааг дэмжих арга зүйн шийдэлтэй уялдуулах шаардлагатай. Олон улсын судалгаануудад мультимедиа хэрэглэгдэхүүн нь байгалийн ухааны хичээлд сурагчдын ойлголт, сонирхол, идэвх оролцоог нэмэгдүүлэхэд эерэг нөлөө үзүүлдэг болохыг дурдсан байдаг (Mayer, 2009; UNESCO, 2021). Монголын ерөнхий боловсролын сургуулийн түвшинд боловсролын технологи, мультимедиа хэрэглээний талаар судалгаа хийгдэж байгаа боловч биологийн хичээлд мультимедиа хичээлийг туршин хэрэгжүүлж, сурагчдын ойлголт, идэвх оролцоо, сэтгэл ханамжтай холбон судалсан ажил

харьцангуй цөөн байна.

Судалгааны зорилго:

Биологийн хичээлд мультимедиа хичээл ашиглах нь сурагчдын хичээлийн ойлголт, идэвх оролцоо, сэтгэл ханамжид хэрхэн нөлөөлж байгааг судлахад оршино.

Судалгааны зорилт:

- Биологийн хичээл дэх мультимедиа хичээлийн хэрэглээний өнөөгийн байдлыг судлах
- VI–VIII ангийн биологийн хичээлд мультимедиа хичээл боловсруулан турших
- Туршилтын болон хяналтын бүлгийн хичээлийн оролцоо, ойлголтын үр дүнг харьцуулан шинжлэх
- Сурагчдын сэтгэл ханамж, оролцоонд хийсэн судалгааны үр дүнг боловсруулах

Судалгааны объект: Судалгаанд ерөнхий боловсролын 5 сургуулийн 500 гаруй суралцагч хамрагдсан. Үүнээс туршилтын болон хяналтын бүлгийн нийт 194 суралцагчийг сонгон судалгааг гүйцэтгэсэн.

Судалгааны арга зүй

Судалгааны арга:

Энэхүү судалгаанд тоон болон чанарын судалгааны аргыг хослуулан ашигласан. Тоон судалгааны хүрээнд суралцагчдаас асуумжийн аргаар тандалт судалгаа авч, мультимедиа хичээлийн талаарх ойлголт, оролцоо, сэтгэл ханамжийн байдлыг тодорхойлсон. Мөн туршилтын болон хяналтын бүлгийн суралцагчдын хичээлийн оролцоо, ойлголт, даалгавар гүйцэтгэлийн үзүүлэлтийг харьцуулан судалсан. Чанарын судалгааны хүрээнд сургалтын үйл ажиллагаанд ажиглалт хийж, мультимедиа хичээл ашигласан үеийн суралцагчдын оролцооны байдлыг ажиглалтын хуудсаар үнэлсэн. Судалгааны үр дүнг SPSS программыг ашиглан боловсруулж, хосолсон t-шалгуур болон корреляцийн шинжилгээ хийсэн.

Судалгааны хамрах хүрээ:

Судалгаанд Дархан-Уул аймгийн ерөнхий боловсролын 5 сургуулийн VI–IX ангийн 500 гаруй суралцагч хамрагдсан. Үүнээс туршилтын болон хяналтын бүлгийн нийт 194 суралцагчийг сонгон судалгаанд оролцуулсан.

Судалгааны таамаглал:

Биологийн хичээлд мультимедиа хичээл ашиглах нь суралцагчдын хичээлийн ойлголт, идэвх оролцоог нэмэгдүүлэх боломжтой.

Судалгааны ажлын шинэлэг тал:

Орчин үеийн суралцагчдын мэдээллийн технологийн хэрэглээ, суралцах хэв маяг өөрчлөгдөж буй нөхцөлд биологийн хичээлд мультимедиа хичээл ашиглах асуудал нь боловсролын салбарт анхаарал татаж байна. Энэхүү судалгааны ажлын шинэлэг тал нь биологийн хичээлийн VI–VIII ангийн агуулгад мультимедиа хичээлийг боловсруулан туршиж, суралцагчдын хичээлийн оролцоо, ойлголт, даалгавар гүйцэтгэлд үзүүлэх нөлөөг туршилтын болон хяналтын бүлгийн үр дүнгээр харьцуулан судалсанд оршино. Мөн мультимедиа хичээлийг зураг, видео, хөдөлгөөнт дүрс, интерактив хэрэглэгдэхүүнтэй уялдуулан боловсруулж, суурь боловсролын биологийн хичээлд хэрэгжүүлсэн нь практик ач холбогдолтой юм.

ОНОЛЫН ХЭСЭГ

Энэхүү судалгаанд когнитив онол болон конструктив онолын үзэл баримтлалыг ашигласан.

Когнитив онол (Cognitive theory)

Когнитив онолын үзэл баримтлалын дагуу суралцагч нь мэдээллийг хүлээн авч, боловсруулан, өмнөх мэдлэгтэйгээ холбон ойлголт бүтээдэг гэж үздэг. Ж. Пиаже хүний танин мэдэхүйн хөгжил нь мэдээллийг боловсруулах үйл явцтай холбоотой болохыг онцолсон. Мультимедиа хичээлд зураг, видео, хөдөлгөөнт дүрс зэрэг мэдээллийг хослуулан ашиглах нь суралцагчийн ойлголтыг дэмжих боломжтой гэж үздэг.

Конструктив онол (Constructivist theory)

Конструктив онолын үзэл баримтлалын дагуу суралцагч нь өөрийн өмнөх мэдлэг, туршлагадаа тулгуурлан шинэ мэдлэгийг бүтээдэг. Суралцах үйл явц нь идэвхтэй оролцоо, туршлага, хамтын ажиллагаанд тулгуурладаг гэж үздэг. Иймээс мультимедиа хичээл нь суралцагчийн идэвх оролцоо, хичээлийн ойлголтыг нэмэгдүүлэхэд дэмжлэг үзүүлэх боломжтой.

Туршилт судалгааны зохион байгуулалт:

Судалгааны хүрээнд VI–VIII ангийн биологийн хичээлийн “Амьд биеийн үндсэн шинж”, “Амьд биеийн бүтэц, амьдралын үйл ажиллагаа”, “Амьд биеийн үржил хөгжил”, “Амьд бие хоорондын харилцан холбоо” бүлэг сэдвүүдийн хүрээнд нийт 24 мультимедиа хичээл боловсруулсан.

Туршилтын бүлэгт VI ангийн 30, VII ангийн 35, VIII ангийн 34 суралцагч хамрагдаж мультимедиа хичээлээр суралцсан. Харин хяналтын бүлэгт VI ангийн 27, VII ангийн 36, VIII ангийн 32 суралцагч уламжлалт аргаар хичээл судалсан. Туршилтын болон хяналтын бүлгийн үр дүнг харьцуулан шинжилсэн.

Туршилт судалгааны үе шат: Судалгааг дараах үе шаттайгаар зохион байгуулсан. Үүнд:

Дархан-Уул аймгийн ерөнхий боловсролын 5 сургуулийн 500 гаруй суралцагчаас асуулгын аргаар тандалт судалгаа авч, мультимедиа хичээлийн хэрэглээ болон суралцагчдын хандлагыг тодорхойлсон. VI–VIII ангийн биологийн хичээлийн агуулгад үндэслэн 24 мультимедиа хичээл боловсруулсан. Туршилтын болон хяналтын бүлэгт хичээл зохион байгуулж, суралцагчдын хичээлийн оролцоо, ойлголт, даалгавар гүйцэтгэлийг ажиглалтын хуудас болон гүйцэтгэлийн үнэлгээний шалгуураар үнэлсэн. Судалгааны үр дүнд дүн шинжилгээ хийж, харьцуулсан дүгнэлт боловсруулсан.

Судалгаа 1. Суралцагчдын тандалт судалгаа

Дархан-Уул аймгийн ерөнхий боловсролын 5 сургуулийн VI–IX ангийн 500 гаруй суралцагчаас биологийн хичээлийн сургалтын арга зүй, хэрэглэгдэхүүн, хичээлийн ойлголт, оролцооны талаар тандалт судалгаа авсан.

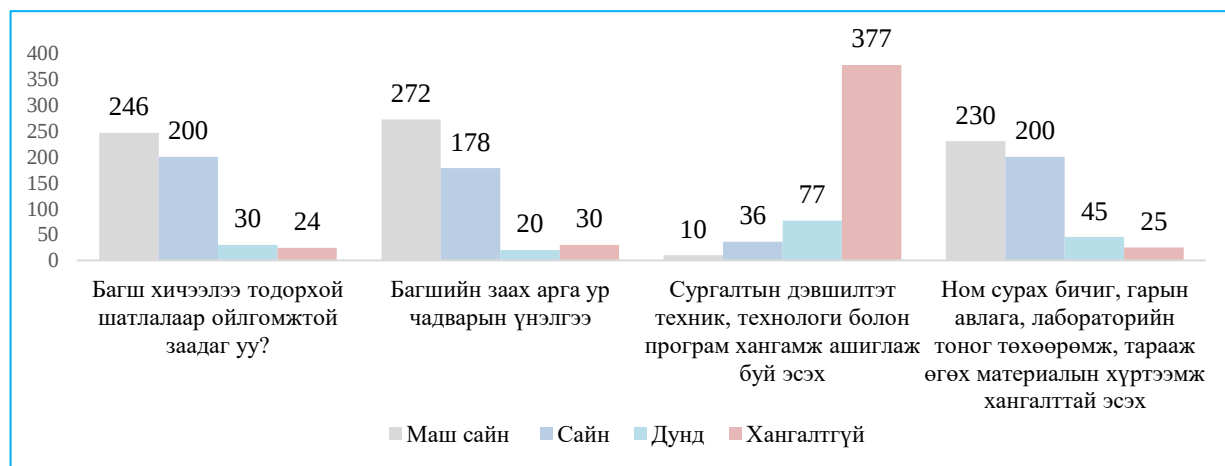


График 1. Суралцагчдын сэтгэл ханамжийн судалгаа

$n = 500$ суралцагч

Суралцагчдын хариултаас харахад багш нар хичээлээ тодорхой шатлалаар ойлгомжтой заадаг, заах ур чадварын хувьд маш сайн гэж үнэлэгдэж байгаа ч сургалтад мэдээллийн технологийн дэвшилтэт програм хангамжийг хангалтгүй ашигладаг гэж хариулсан байна.

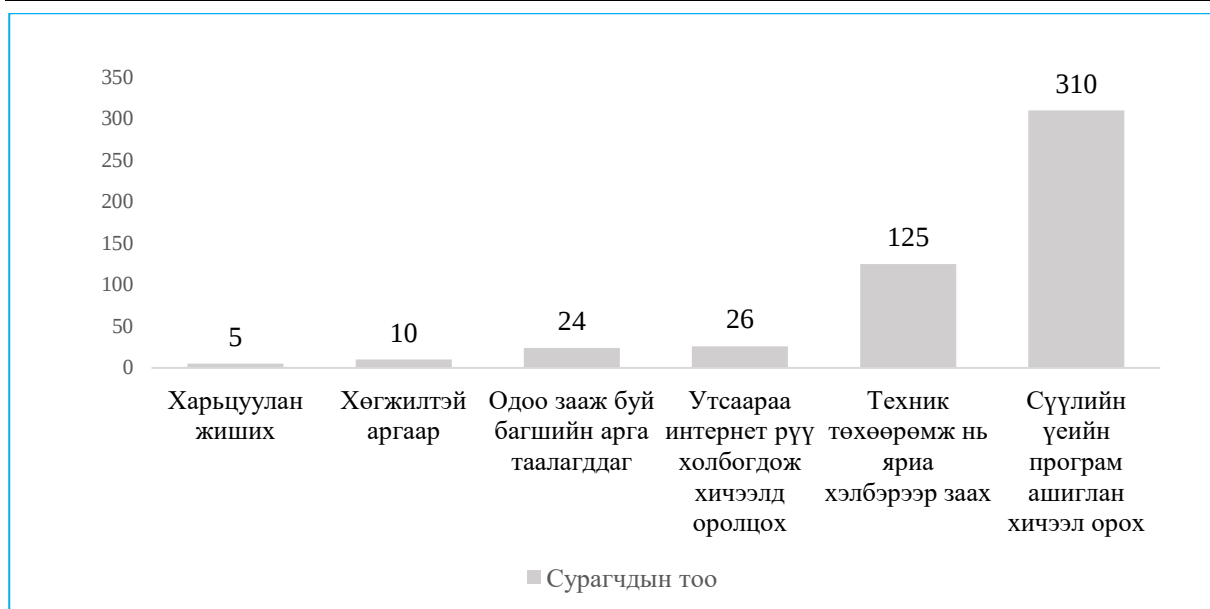


График 2. Сулалцагчдын хичээл судлах сонирхолтой арга хэлбэр
 $n = 500$ сулалцагч

Сулалцагчдын хариултаас харахад багш нар Биологийн хичээлийг заахдаа ном сурах бичиг, зурагт, тарааж өгөх материалыг тогтмол ашигладаг ч сулалцагчид маань сүүлийн үеийн техник технологи, програм хангамжтай хичээл орох сонирхолтой байгаа нь харагдаж байна.

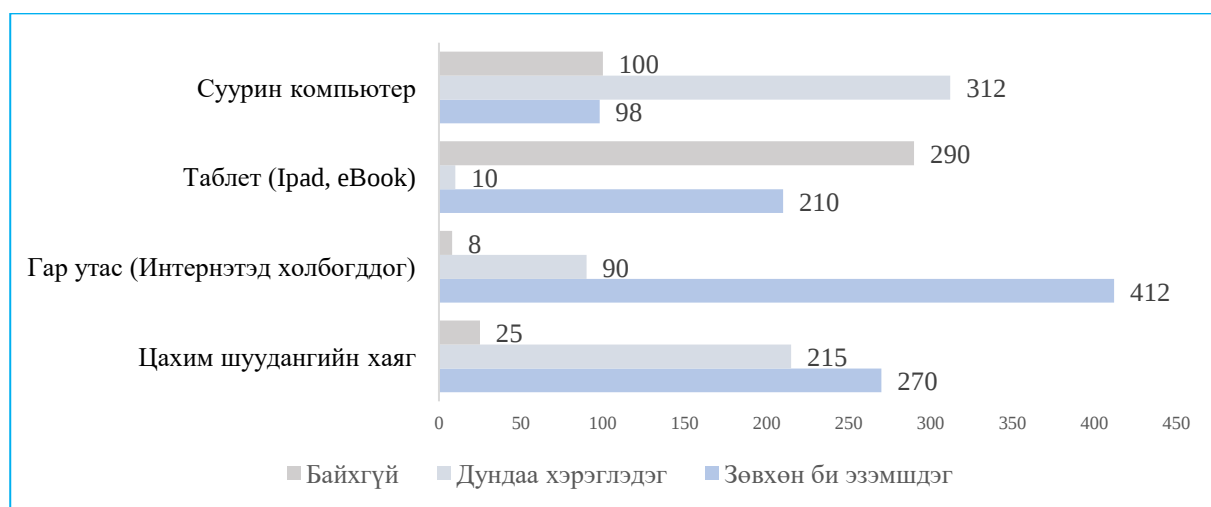


График 3. Сулалцагчдын мэдээллийн технологийн хэрэглээ
 $n = 500$ сулалцагч

Судалгааны үр дүнгээс харахад сулалцагчдын дийлэнх хувь нь гар утас, таблет, суурин компьютер зэрэг мэдээллийн технологийн хэрэгслийг ашигладаг байна. Ялангуяа интернетэд холбогддог гар утасны хэрэглээ өндөр байгаа нь сулалцагчид мультимедиа хичээл ашиглах техникийн боломж бүрдэж байгааг харуулж байна. Мөн тодорхой хувь нь цахим шуудангийн хаяг ашигладаг нь сулалцагчид цахим орчинд мэдээлэл солилцох, цахим сургалтын хэрэглэгдэхүүн ашиглах суурь чадвартай байгааг илэрхийлж байна.

Судалгаа 2. Мультимедиа хичээлийн сулалцахууд үзүүлэх нөлөө

Хүснэгт 1. Туршилтад ашигласан мультимедиа хичээлийн сэдвүүд

№	Анги	Бүлэг сэдэв:			
		Амьд биеийн үндсэн шинж	Амьд биеийн бүтэц, амьдралын үйл ажиллагаа	Амьд биеийн үржил хөгжил	Амьд бие хоорондын харилцан холбоо
1	VI	-Ургамал, амьтны эсийн бүтэц -Ургамал, амьтны эд	-Хүний биеийн эрхтэн тогтолцоо -Хүний биеийн эрхтнүүд	-Үрийн соёололт -Ургамлын өсөлт	-Идэш тэжээлийн хэлхээ -Идэш тэжээлийн хэлхээг байгуулах
2	VII	-Ургамал, амьтны эсийн бүтцийн ялгаа - 2 цаг	-Хүний хоол боловсруулах эрхтнүүдийн байрлал -Амьсгалын эрхтэн тогтолцооны бүрэлдэхүүн хэсгүүдийн байрлал, бүтцийн онцлог	-Цэцгийн шадар эрхтэн, цэцгийн хэлбэр -Цэцгийн үндсэн эрхтэн, дохиурын байрлал	-Идэш тэжээлийн хэлхээ ба идэш тэжээлийн сүлжээ- 2 цаг
3	VIII	-Ургамлын ангийн нийтлэг шинжийг ялган таних - 2 цаг	-Хоол боловсруулах эрхтний бүтэц, үүрэг -Амьсгалах эрхтний бүтэц, үүрэг	- Үр жимс үүсэх -Үрийн соёололт ба найрлага	-Идэш тэжээлийн хэлхээ - 2 цаг

Дээрх сэдвүүдийн хүрээнд боловсруулсан мультимедиа хичээлийг туршилтын бүлэгт ашиглаж, суралцагчдын хичээлийн ойлголт, оролцоо, гүйцэтгэлийн өөрчлөлтийг судалсан.

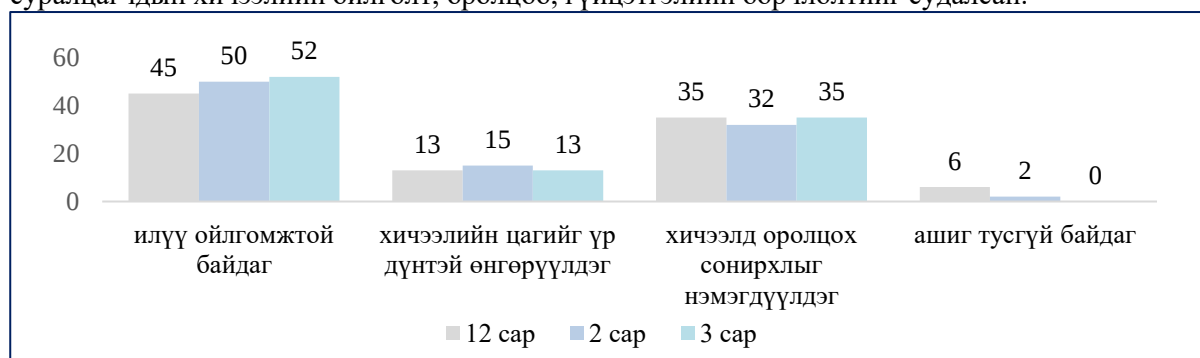


График 4. Мультимедиа хичээлийн суралцах үйл ажиллагаанд үзүүлэх нөлөө
n = 99 суралцагч

Судалгааны үр дүнгээс харахад суралцагчдын дийлэнх хувь нь мультимедиа хичээл ашиглах нь хичээлийн ойлголт, оролцоо, сонирхолд эерэг нөлөө үзүүлдэг гэж үнэлсэн байна. Тухайлбал, судалгаанд оролцогчдын өндөр хувь нь мультимедиа хичээл нь хичээлийн агуулгыг илүү сонирхолтой болгодог гэж хариулсан бол цөөн хувь нь ашиг тус багатай гэж үзсэн байна. Мөн суралцагчдын тодорхой хувь нь мультимедиа хичээл ашиглах нь хичээлд оролцох сонирхлыг нэмэгдүүлдэг гэж үнэлсэн байна. Үүнээс үзэхэд мультимедиа хичээл ашиглах нь суралцагчдын суралцах идэвх, сонирхлыг нэмэгдүүлэхэд дэмжлэг үзүүлж байгааг харуулж байна.

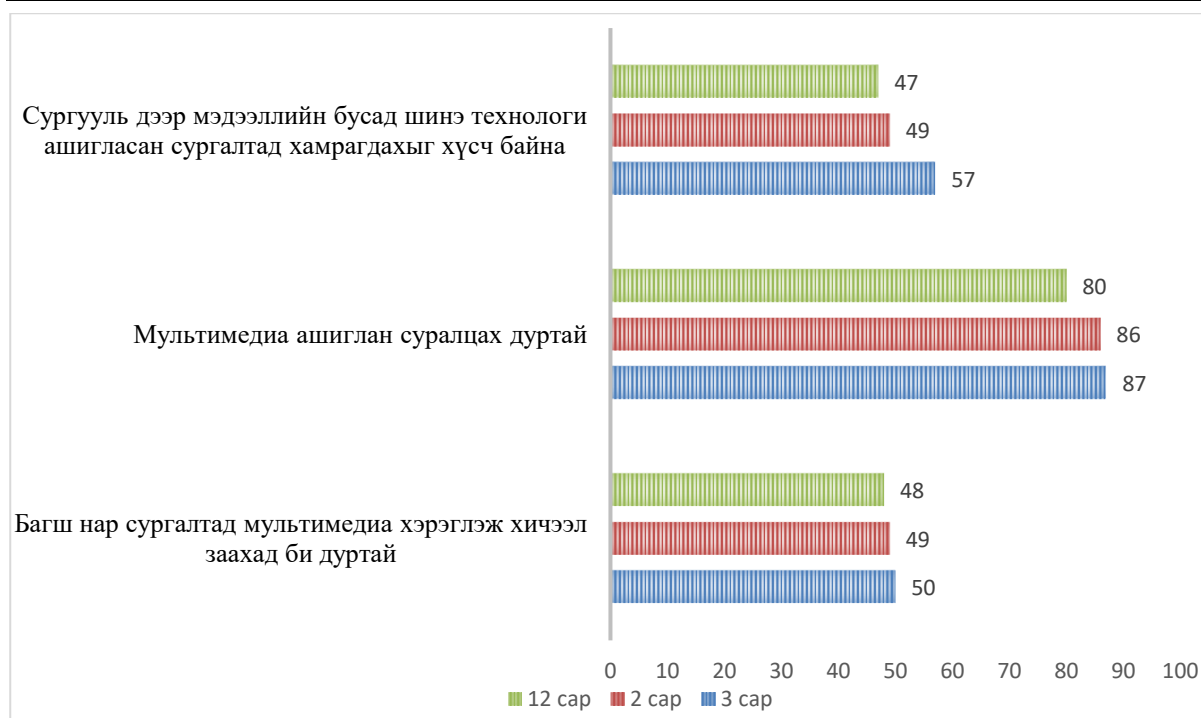


График 5. Мультимедиа хичээлийн хэрэглээний талаарх суралцагчдын үнэлгээ
 $n = 99$ суралцагч

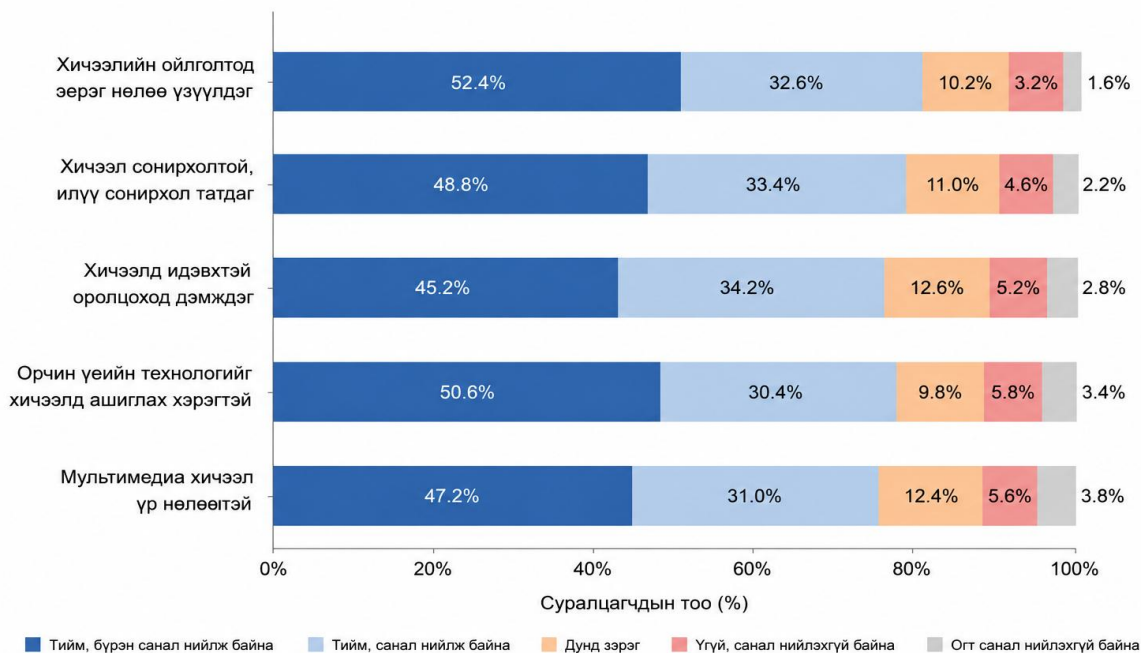
График 5-ын үр дүнгээс харахад суралцагчдын мультимедиа хичээлд хандах хандлага эерэг байгаа нь ажиглагдсан. Тухайлбал, “Мультимедиа ашиглан суралцах дуртай” гэсэн үзүүлэлтэд 12 дугаар сард 80, 2 дугаар сард 86, 3 дугаар сард 87 суралцагч эерэгээр үнэлсэн нь хамгийн өндөр үзүүлэлт болсон байна. Мөн “Багш нар сургалтад мультимедиа хэрэглэж хичээл заахад би дуртай” гэсэн үзүүлэлтэд 12 дугаар сард 48, 2 дугаар сард 49, 3 дугаар сард 50 суралцагч эерэг хариулт өгсөн байна. Үүнээс гадна “Сургуулийн орчинд мэдээллийн бусад шинэ технологи ашигласан сургалтад хамрагдах хүсэлтэй” гэсэн үзүүлэлтэд 12 дугаар сард 47, 2 дугаар сард 49, 3 дугаар сард 57 суралцагч санал өгсөн нь суралцагчид орчин үеийн технологид суурилсан сургалтыг сонирхож байгааг харуулж байна. Иймээс мультимедиа хичээл ашиглах нь суралцагчдын суралцах сонирхол, идэвх оролцоог нэмэгдүүлэхэд дэмжлэг үзүүлж байгааг судалгааны үр дүн харуулж байна.

Судалгааны үр дүн

Судалгаа 1. Суралцагчдын тандалт судалгааны үр дүнгийн шинжилгээ

Дархан-Уул аймгийн ерөнхий боловсролын 5 сургуулийн VI–IX ангийн 500 гаруй суралцагчаас биологийн хичээлийн сургалтын арга зүй, хэрэглэгдэхүүн, хичээлийн ойлголт, оролцооны талаарх тандалт судалгааг явуулсан. Судалгааны үр дүнг дараах зураг, графикаар харуулав.

(n = 500)



Зураг 1. Суралцагчдын мультимедиа хичээлийн талаарх үнэлгээ

Судалгааны үр дүнгээс харахад суралцагчдын 52.4% нь мультимедиа хичээл ашиглахад хичээлийн ойлголт илүү нэмэгддэг гэж үнэлсэн бол 48.8% нь хичээл сонирхолтой, илүү үр өгөөжтэй болдог гэж хариулсан байна. Мөн 45.2% нь хичээлд идэвхтэй оролцох боломж нэмэгддэг, 50.8% нь орчин үеийн технологид суурилсан хичээлд илүү сонирхолтой байдаг гэж үзжээ. Түүнчлэн суралцагчдын 47.2% нь мультимедиа хичээл нь үр нөлөөтэй гэж үнэлсэн бол цөөн хувь нь ашиг тус багатай гэж хариулсан байна. Эдгээр үр дүн нь мультимедиа хичээл ашиглах нь суралцагчдын хичээлийн ойлголт, оролцоо, сонирхолд эерэг нөлөө үзүүлж байгааг харуулж байна.

Судалгаа 2. Мультимедиа хичээлийн суралцахуйд үзүүлэх нөлөө

Дархан-Уул аймгийн 12-р сургууль болон 1-р сургуулийн VI–VIII ангийн туршилтын болон хяналтын бүлгүүдэд мультимедиа хичээл ашиглан туршилт зохион байгуулсан.

Судалгааны хүрээнд “Амьд биеийн үндсэн шинж”, “Амьд биеийн бүтэц, амьдралын үйл ажиллагаа”, “Амьд биеийн үржил хөгжил”, “Амьд бие хоорондын харилцан холбоо” сэдвүүдийн хүрээнд боловсруулсан мультимедиа хичээлийг туршилтын бүлэгт ашигласан бол хяналтын бүлэгт уламжлалт аргаар хичээл зохион байгуулсан. Туршилтын үр дүнгээс харахад мультимедиа хичээл ашигласан бүлгийн суралцагчдын хичээлийн оролцоо, ойлголт, даалгавар гүйцэтгэлийн үзүүлэлт хяналтын бүлгээс харьцангуй өндөр байсан байна.

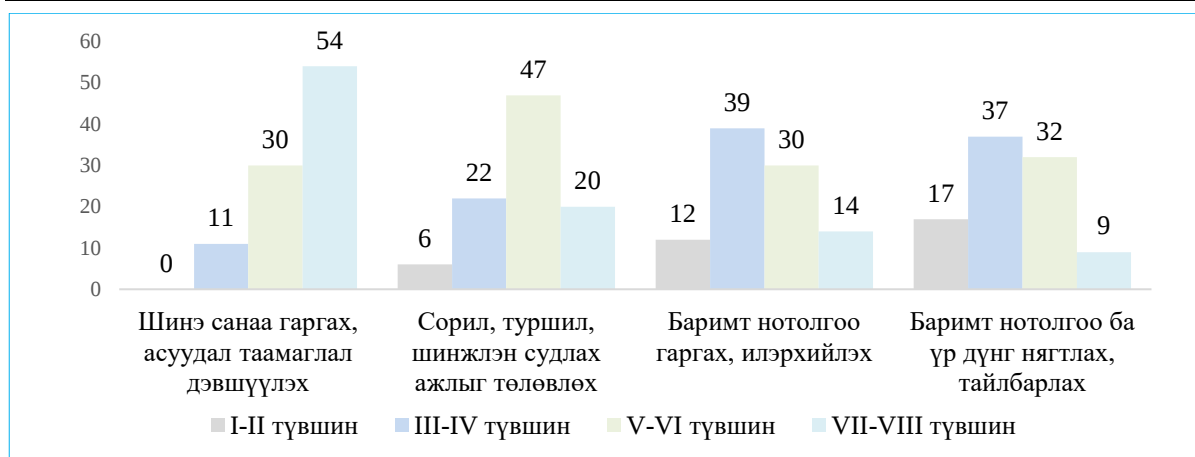


График 6. Хяналтын ангийн суралцагчдын гүйцэтгэлийн үзүүлэлт
n = 95 суралцагч

Үнэлгээний шалгуур: I-II түвшин — бага, III-IV — дунд, V-VI — сайн, VII-VIII — өндөр. Суралцагчдын гүйцэтгэлийг ажиглалтын хуудас болон гүйцэтгэлийн үнэлгээний шалгуурт үндэслэн түвшинчилж үнэлсэн. График 6-ын үр дүнгээс харахад туршилтын дараах үнэлгээнд VIII-IX түвшний суралцагчдын эзлэх хувь нэмэгдэж, I-II түвшний суралцагчдын тоо буурсан үзүүлэлт ажиглагдсан байна. Энэ нь мультимедиа хичээл ашигласан нь суралцагчдын даалгавар гүйцэтгэл, ойлголтын түвшинд эерэг өөрчлөлт гарсныг харуулж байна.

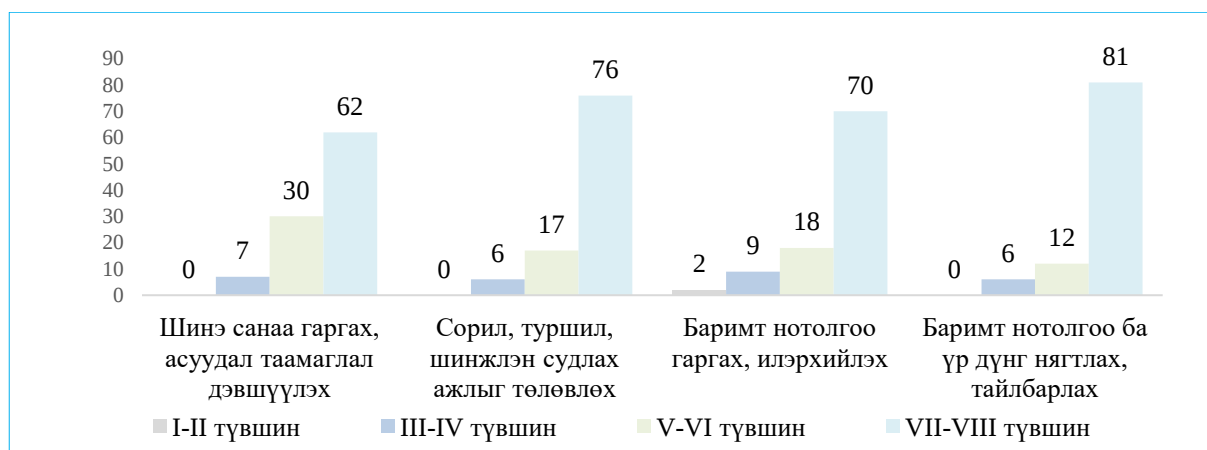


График 7. Туршилтын ангийн суралцагчдын гүйцэтгэлийн үзүүлэлт
n = 99 суралцагч

График 7-ын үр дүнгээс харахад туршилтын дараах үнэлгээнд өндөр түвшний суралцагчдын хувь өссөн үзүүлэлт ажиглагдсан байна. Ялангуяа баримт нотолгоо ба үр дүнг нэгтгэн тайлбарлах чадварын үзүүлэлтэд ахиц гарсан нь мультимедиа хичээл нь суралцагчдын танин мэдэхүйн үйл ажиллагааг дэмжиж байгааг харуулж байна.

Үр дүнгийн статистик боловсруулалт:

Туршилтын өмнөх болон дараах үнэлгээний үр дүнг хосолсон t-шалгуурын аргаар шинжилж үзэхэд статистикийн ач холбогдолтой ялгаа ажиглагдсан ($p < 0.05$). Энэ нь мультимедиа хичээл ашигласан сургалт нь суралцагчдын хичээлийн оролцоо, ойлголт, даалгавар гүйцэтгэлд эерэг өөрчлөлт үзүүлж байгааг харуулж байна.

Хүснэгт 2. Туршилтын өмнөх ба дараах үнэлгээний харьцуулалтын үр дүн

Үзүүлэлт	Mean	t	P
Туршилтын өмнөх үнэлгээ	66.03		
Туршилтын дараах үнэлгээ	75.03	-28.298	.000

$p < 0.05$ гарсан нь туршилтын өмнөх болон дараах үнэлгээний хооронд статистикийн ач холбогдолтой ялгаа байгааг харуулж байна.

Хүснэгт 3. Мультимедиа хичээл ба суралцагчдын үнэлгээний хамаарлын шинжилгээ

Үзүүлэлт	r	P
Мультимедиа хичээл ба суралцагчдын үнэлгээ	.536	.002

Мультимедиа хичээл болон суралцагчдын үнэлгээний хооронд эерэг хамаарал ажиглагдсан ($r = .536$, $p < 0.05$). Энэ нь мультимедиа хичээл ашиглах нь суралцагчдын хичээлийн оролцоо, ойлголтыг дэмжих боломжтойг харуулж байна.

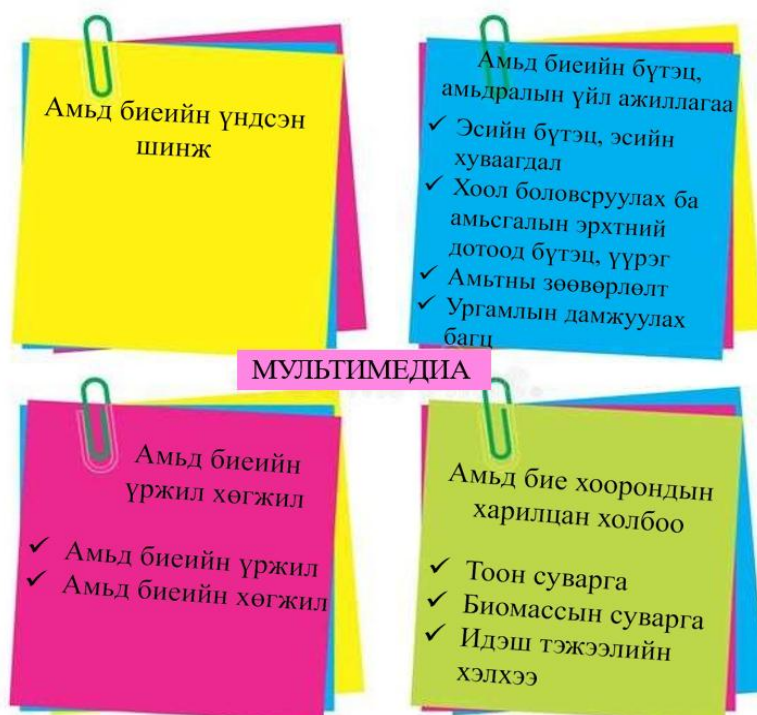
Биологийн хичээлд мультимедиа аргаар заах боломжтой сэдвүүдийг тодорхойлон гаргав.



Зураг 2. Биологийн хичээлийн VI ангийн мультимедиа аргаар хэрэгжүүлэх боломжтой сэдвүүд



Зураг 3. Биологийн хичээлийн VII ангийн мультимедиа аргаар хэрэгжүүлэх боломжтой сэдвүүд



Зураг 4. Биологийн хичээлийн VIII ангийн мультимедиа аргаар хэрэгжүүлэх боломжтой сэдвүүд

Дүгнэлт

1. Судалгааны үр дүнгээс харахад суралцагчид мультимедиа хичээл ашигласан биологийн хичээлийг илүү сонирхолтой, ойлгомжтой гэж үнэлсэн байна. Ялангуяа зураг, видео, хөдөлгөөнт дүрс ашигласан хичээл нь хичээлийн агуулгыг ойлгоход дэмжлэг үзүүлдэг гэж суралцагчдын дийлэнх хувь үзсэн байна.
2. Туршилтын болон хяналтын бүлгийн үр дүнг харьцуулан үзэхэд мультимедиа хичээл ашигласан бүлгийн суралцагчдын хичээлийн оролцоо, ойлголт, даалгавар гүйцэтгэлийн үзүүлэлт харьцангуй өндөр байсан байна.
3. Туршилтын өмнөх болон дараах үнэлгээний үр дүнд хийсэн хосолсон t-шалгуурын шинжилгээгээр статистикийн ач холбогдолтой ялгаа ажиглагдсан ($t=-28.298$, $df=29$, $p<0.05$). Энэ нь мультимедиа хичээл ашигласан сургалт нь суралцагчдын суралцахуйн үр дүнд эерэг өөрчлөлт үзүүлж байгааг харуулж байна.
4. Судалгааны үр дүнгээс үзэхэд биологийн хичээлд мультимедиа хичээл ашиглах нь суралцагчдын идэвх оролцоо, хичээлийн ойлголтыг дэмжих боломжтой байна.

Санал зөвлөмж

- Суралцагчийн тоо цөөн сургуулийн хувьд ухаалаг анги нь суралцагч бүрт хүртээмжтэй сургалтын орчин бүрдүүлэх боломжтой байна. Харин суралцагчийн ачаалал өндөр сургуулиудад ухаалаг ангийн тоо, техник тоног төхөөрөмжийн хүртээмжийг үе шаттай нэмэгдүүлж, цаашид сургалтын орчныг орчин үеийн дэвшилтэт технологид суурилсан хэлбэрт шилжүүлэх шаардлагатай байна.
- Phet.Colorado.com сайтын цахим лаборатори нь нээлттэй байх буюу багш бүр үнэгүй ашиглах боломжтой. Үүнийг ажиллуулахын тулд Java программ суулгасан байх шаардлагатай.
- Ispring quiz maker, photoshop , Adobe flash ,Adobe premiere, MozaBook зэрэг программыг ашиглан дидактик алхмуудаа боловсруулан нэгж хичээлийн турш ашиглах боломжтой.

Improving learning outcomes in biology lessons through the use of multimedia

Naran.A
School No. 12
naran8860@gmail.com

Abstract

Showing the content of the course using high-quality images, videos, and graphics, which is unique to the biology course, is important for learning outcomes. Multimedia is structured to design lessons with dynamic force. We conducted a surveillance survey on biology learning outcomes, satisfaction, learning materials, and the safety of teachers' teaching methods from 43 biology teachers and more than 500 students of Darkhan-Uul province. Based on this, a total of 24 multimedia lessons were prepared for VI, VII, and VIII classes on the following topics: "Basic Characteristics of Living Organisms", "Body Structure and Life Activities of Living Organisms", "Reproduction and Development of Living Organisms", and "Relationships between Living Organisms". Classroom lessons were taught to 30 students in the VI grade, 35 in the VII grade, and 34 in the VIII grade of the experimental grade, and 27 in the VI grade, 36 in the VII grade, and 32 in the VIII grade of the high quality control class. The learning outcomes of the biology course have improved through the post-test

Keywords: biology lessons, multimedia lessons, learning outcomes, student engagement, instructional technology, cognitive theory, lesson comprehension, task performance

Талархал

Энэхүү судалгааны ажлыг бичихэд санал зөвлөгөө харамгүй хайрлаж, хамтран ажилласан эрдэм шинжилгээний ажлын удирдагч ШУТИС-ийн доктор (Ph.D) У.Мөнхцэцэг туршилт судалгаа явуулахад хамтран ажиллаж, санал бодол солилцсон Дархан-Уул аймгийн 12 дугаар сургуулийн сургалтын менежер Д. Баярмаа нартаа баярлалаа.

Ном зүй

- Akinbadewa, B. O. (2020). The effect of multimedia instructional packages on students' academic achievement in biology. *International Online Journal of Education and Teaching (IOJET)*, 7(4), 1266–1281.
- Aloraini, S. (2012). The impact of using multimedia on students' academic achievement in the College of Education at King Saud University, 75–82.
- Боловсрол, шинжлэх ухааны яам. (2019). Биологийн сургалтын хөтөлбөр (VI–IX анги). Улаанбаатар: Боловсрол, шинжлэх ухааны яам.
- Bruner, J. (1990). *Acts of meaning*. Harvard University Press.
- Ekhidir, N. (2020). Effective teaching strategies in biological education: Present and future prospects. *Open Science Journal*, 2.
- Haleem, A., & Javed, M. (2022). Understanding the role of digital technologies in education: A review, 275–285.
- Kareem, A. A. (2018). The use of multimedia in teaching biology and its impact on students. *ICEMST 2018: International Conference on Education in Mathematics, Science and Technology*, 157–165.
- Khasawneh, B. A. (2009). *Multimedia essentials and challenges*. IGI Global.
- Mayer, R. E. (2009). *Multimedia learning* (2nd ed.). Cambridge University Press.
- Mukherjee, S. (2018). Role of multimedia in education. *IJOAB Journal*, 54–60.
- UNESCO. (2021). *Reimagining our futures together: A new social contract for education*. UNESCO Publishing.
- Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological processes*. Harvard University Press.
- Утга, М. Г. (2022). Боловсролын ирээдүйн чиг хандлага: Баримт бичгийн шинжилгээний зарим үр дүн. Боловсрол судлалын мөчлөг сэтгүүл, 66–77.
- Ц. Г. (2012). Сурах ба сурах үйл явцад ашиглах цахим контент хөгжүүлэх арга зүй ба хэрэглээ. Улаанбаатар: ҮБ принт.

CONTENS

Ouynchuluun.Ya, Tamir.G	
Ecosystem assessment results of the Khovd, Zavkhan, Eg, and Delgermurun	13
Munkhtuya.U, Narandalai.B	
Biosorption of Rhodamine B and Lead (II) onto Charophyta algae ash: Experimental results and statistical evaluation	24
Narantsogt.N, Battulga.T	
Enrichment for low grade magnetite iron ore from the bayangol deposit in mongolia: comparison of dry and wet magnetic methods	44
Narantsogt.N, Uranzaya.D	
A technological processes for classification and recycling of waste aluminum	59
O.Altangoo	
Studying the Laws of Reflection and Refraction of Light Based on Fermat's Principle (High School Elective Physics Course)	66
Bolormaa.D, Delgermurun.O	
The Relationship Between Mathematics Anxiety and Self-Efficacy Among University Students: Evidence from the Mongolian National University of Education Using the Abbreviated Math Anxiety Scale and General Self-Efficacy Scale	75
Norovsuren.B	
A Study on High School Students' Ability in Using and Interpreting Chemical Symbols and Notations	83
Oyunchimeg.D	
Gender Gaps in Mathematics Performance (Mongolian and International Comparative Study)	92
Jamiyan.S, Altangoo.O	
An analysis of push–pull factors affecting teacher attrition in general education schools	101
D.Bayaraa	
Challenges and Solutions in Managing the E-Learning Environment in Higher Education Institutions	112
Gandush.B, Altangoo.O, Gantuya.B	
An Investigation of the Performance of Physics Students: The Case of General Physics Seminar Courses	120
Amarbayar.A, Batbold.Kh, Gandush.B	
A Comparative Study of Knowledge Networks in the "Light" Topics of Physics Textbooks for Grades 7–9	126
Urtnasan.G	
Converting handwritten text into digital text using machine learning algorithms	134
Ulbayar.T, Enkhsetseg.P, Lkhagva.O	
A Virtual Reality Laboratory for the Investigation of the Photoelectric Effect	144
Borkhuuhen.S	
Experimental Research on the Methodology of Chemistry Laboratory Teaching	152
Munguntuul.M, Munguntuulga.E	
Results of Applying the 'Backcasting' Method (Based on an example from Health Class)	160
Munkhbold.M	
Comparative Study of Instructional Hours for Social and Natural Science Subjects in Grades 1–12 of General Education Schools	166
Naran.A	
Improving learning outcomes in biology lessons through the use of multimedia	179