



МОНГОЛЫН МЭДЭЭЛЛИЙН ТЕХНОЛОГИ-2022



Улаанбаатар хот

ӨМНӨТГӨЛ

Аж үйлдвэрийн дөрөвдүгээр хувьсгалын ололт амжилтууд бидний амьдралд, ялангуяа боловсролын бүх түвшинд эрчимтэй нэвтэрч, үүнийг Боловсрол 4.0 хэмээн нэрлэх болжээ. Дэлхий нийтэд үүссэн КОВИД-19 цар тахлын бэрхшээлтэй хүнд үеийг даван туулахад мэдээлэл холбоо, харилцааны технологийн гүйцэтгэж буй үүрэг нэн чухал болох нь харагдлаа. Өдгөө цар тахлын нөхцөл байдал суларч, энгийн амьдралдаа шилжих боломж бүрдэж байгаа ч бид цар тахлын өмнөхтэй яг ижилхэн нөхцөл байдалд буцаж очих боломжгүй. Мөн боловсролын салбарт дижитал шилжилтийн асуудал эрчимтэй яригдах болсон өнөө үед Монголын мэдээлэл технологийн консорциумоос уламжлал болгон зохион байгуулдаг эрдэм шинжилгээний хурлаа хийж байна. Энэхүү эрдэм шинжилгээний хуралд хэлэлцэгдэх эрдэм шинжилгээний өгүүллүүдийг эмхэтгэн та бүхний гар дээр өргөн барьж байгаадаа баяртай байна.

Өмнөх хурлын үед хэлэлцэгдсэн илтгэлүүдийг хурлын эмхэтгэл байдлаар хэвлэж байсан бол энэ удаад нийт судлаачдаас ирүүлсэн өгүүлэл бүрд мэргэжлийн хянан магадалгааг олон улсад хэрэглэж буй шаардлага, шалгуураар хянан нягтлаад тэнцсэн өгүүлийг “Монголын Мэдээллийн Технологи” эрдэм шинжилгээний сэтгүүлд хүлээн авч байгаагаараа онцлог юм. Энэ нь эрдэм шинжилгээний хурлыг чанаржуулах, хэвлэгдэж буй өгүүлэл чамбайрах, цаашилбал, мэдээллийн технологийн мэргэжлийн хянан магадалгаа хийгддэг үндэсний сэтгүүл шинээр бий болох суурийг тавьж байгаа гэдэгт итгэлтэй байна.

Энэхүү эрдэм шинжилгээний сэтгүүл нь эрдэмтэн багш, судлаачдын мэдлэг, туршлагаа солилцох, судалгаа шинжилгээний чанар чансааг дээшлүүлэх, үр өгөөжтэй хамтран ажиллах талбар болж улмаар судлаач, уншигчдад өргөн боломжийг нээж өгнө гэдэгт итгэлтэй байна.

Хүндэтгэсэн,

Монголын мэдээллийн технологи эрдэм шинжилгээний сэтгүүлийн ерөнхий

редактор доктор (PhD.), профессор А.Эрдэнэбаатар

Байгалийн ухааны хичээлийн сургалтанд VR технологийг ашиглах нь

Г.Онон

Мэдээлэл, компьютерийн ухааны тэнхим

Хэрэглээний шинжлэх ухаан, инженерчлэлийн сургууль

Улаанбаатар, Монгол

20m1num0040@stud.num.edu.mn

Б.Батзориг

Мэдээлэл, компьютерийн ухааны тэнхим

Хэрэглээний шинжлэх ухаан, инженерчлэлийн сургууль

Улаанбаатар, Монгол

19m1num0583@stud.num.edu.mn

Х.Оюундолгор

Мэдээлэл, компьютерийн ухааны тэнхим

Хэрэглээний шинжлэх ухаан, инженерчлэлийн сургууль

Улаанбаатар, Монгол

oyundolgor@seas.num.edu.mn

А.Энхбаяр

Хэрэглээний математикийн тэнхим

Хэрэглээний шинжлэх ухаан, инженерчлэлийн сургууль

Улаанбаатар, Монгол

enkhbayar.a@seas.num.edu.mn

Хураангуй—Виртуал реалити (VR) технологи аж үйлдвэр, анагаах ухаан, урлаг, аялал жуулчлал, боловсрол зэрэг олон салбарт эрчимтэй нэвтэрч байна. Энэхүү өгүүлэлд виртуал реалити технологийг боловсролын салбарт, тухайлбал, байгалийн ухааны хичээл заахад хэрхэн ашиглаж байгаа, хэгийн чиг хандлага ямар байгаа тухай өгүүлнэ. Түүнчлэн өөрсдийн хөгжүүлсэн физик, хими, одон орон зэрэг хичээлүүдэд зориулан хөгжүүлсэн зарим контентууд, тэдгээрийг сургалтад ашиглахын давуу болон сул талуудыг танилцуулна.

Keywords—сургалтын виртуал контент, виртуал реалити, байгалийн ухааны хичээл, дижитал контент, виртуал лаборатори

I. УДИРТГАЛ

Дижитал шилжилтийн эрин үед олон олон шинэ технологиуд шинээр бий болж нийгэм, эдийн засгийн олон салбаруудад эрчимтэй нэвтэрч байна. Эдгээр технологиудын нэг нь виртуал реалити буюу хийсвэрлэсэн бодит байдал юм.

Виртуал реалити (VR) буюу хийсвэрлэсэн бодит байдлын технологи гэдэг нь компьютер дээр байгуулсан виртуал орчинд хэрэглэгч харах, сонсох, хүрэх мэдрэхүйн тусламжтайгаар үйлдэл хийхийг хэлдэг. Тусгай зориулалтын VR төхөөрөмжид суулгасан хоёр дэлгэц зүүн болон баруун нүдэнд тусах дүрсүүдийг тус тусад нь өгдөг тул хэрэглэгч үүсгэсэн хийсвэр орчныг яг бодит 3 хэмжээст орон зайд шилжиж орсон мэтээр хүлээн авдаг. Түүнчлэн тусгай зориулалттай төхөөрөмж нь хэрэглэгчийг виртуал орчиндоо явах, хүссэн эд зүйлсээ барих, сонсох боломжийг ч олгодог.

VR технологийн үндсэн санаа нь олон жилийн өмнө гарсан боловч 1960-аад онд анхны толгойн өмсгөл нь хийгдсэн байдаг. Энэ үеэс хойш VR технологи тасралтгүй хөгжсөөр ирсэн бөгөөд 2014 онд Facebook компани Oculus компанийг худалдаж авснаар VR төхөөрөмж бүх нийтийн хэрэгцээ болох эхлэл болсон. Одоо Meta, HTC, Samsung зэрэг олон компаниуд энэ төрлийн тоног төхөөрөмжийг зах зээлд нийлүүлж байна. Эдгээр төхөөрөмжүүдийг дотор нь компьютерт холбодог болон биеэ даан ажилладаг хэмээн 2 ангилдаг (Зураг 1).

Компьютерт холбогддог VR төхөөрөмж нь тооцооллоо компьютер дээр хийдэг учраас илүү хүчин чадалтай, дүрслэлийн нарийвчлал сайтай, тэр ч бүү хэл

янз бүрийн төвөгтэй симуляцийг ч бодит хугацаанд шууд үзүүлэх боломжтой байдаг. Гэвч өндөр хүчин чадалтай компьютер шаардагдах тул зардал ихтэй сонголт юм. Харин биеэ даан ажилладаг VR төхөөрөмжийг ашиглахад нэмэлт компьютер шаардагдахгүй, бүх тооцооллоо өөр дээрээ байрлах CPU дээр хийх боломжтой байдаг. Гэхдээ хүчин чадал болон харагдах дүрслэлийн нягтрал нь компьютерт холбодог төхөөрөмжийнхийг гүйцэхгүй.

Виртуал реалити технологи сүүлийн жилүүдэд эрчимтэй хөгжиж урлаг, тоглоом, аялал жуулчлал, боловсрол зэрэг салбаруудад өргөн хэрэглэгдэж байна. Хэрэглэгч VR технологийн тусламжтайгаар хүссэн газраа аялж, тухайн 3 хэмжээст хийсвэр орчин дотор орсон мэт бодит мэдрэмжийг авах боломжтой.



(a) (b)
Зураг 1. VR төхөөрөмжүүд: (a) компьютерт холбогддог (b) бие даасан

Виртуал реалити технологийн хамгийн чухал нэг хэрэглээ бол боловсролын салбар юм. Энэ технологийн тусламжтайгаар хэрэглэгч бие даан эсвэл хамтдаа виртуал орчинд сурч боловсрох боломжтой болсон. Хэрэглэгч онолын болон дадлагын хичээлийн аль алиныг нь виртуал орчинд сурч болно [1], [2], [3] [4], [5]. Байгалийн ухааны тэр дундаа физик, хими, математик зэрэг хичээлүүдэд ойлгоход төвөгтэй, төсөөлөхөд хэцүү ойлголтуудыг хэрэглэгчдэд илүү хялбар, бодитой дүрслэн өгөх замаар хялбархан ойлгуулах боломжтой юм. Хамгийн гол нь VR технологи нь зөвхөн хараад, сонсоод зогсохгүй хэрэглэгч өөрөө сонгох, хүрэх, хүссэн өнцгөөсөө эргүүлж тойруулж харах зэргээр интерактив байдлаар суралцах боломжийг олгодог. Түүнчлэн онолын хичээлээс гадна лабораторид хийх боломжтой, боломжгүй бүх төрлийн туршилтыг энэ технологийн тусламжтайгаар хийх боломж олгодог нь бас нэгэн давуу тал юм.

Ийм учраас дэлхийн хөгжилтэй орнууд энэ төрлийн сургалтыг сургалтдаа түлхүү ашиглаж эхлээд байна. Үүнд АНУ-ын VictoryXR, Engage, University зэрэг

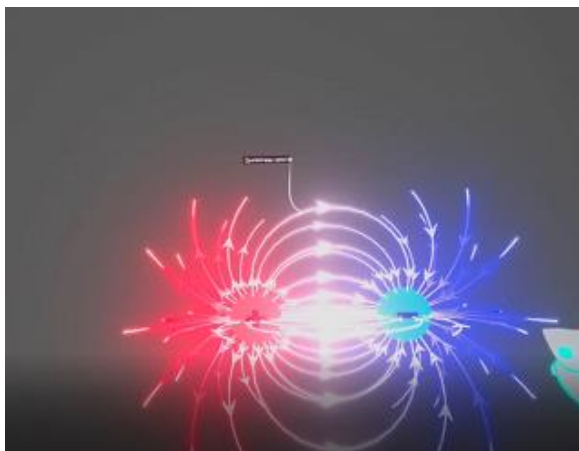
компаниудыг дурдаж болно. Тухайлбал, VictoryXR [6] компани олон жилийн турш VR болон AR технологид суурилсан төрөл бүрийн сургалтын контентуудыг дунд болон их, дээд сургуулийн оюутнуудад зориулан хөгжүүлж байна. Өнгөрсөн жилээс тус компани виртуал сургуулийн платформыг амжилттай хөгжүүлж эхлээд байна. Виртуал сургууль гэдэг нь харьцангуй шинэ ойлголт бөгөөд сургууль, хичээл заах анги танхим, туршилтын лаборатори гэх мэт сургалт явуулах орчин нөхцөлийг компьютерт хийсвэрээр байгуулсан байх бөгөөд сурагчид интернэтэд холбогдсон виртуал төхөөрөмжийн тусламжтайгаар хичээлдээ оролцож, виртуал орчинд суралцах боломжоор хангагдана гэсэн үг юм.

Манай судалгааны багийн хамт олон сүүлийн жилүүдэд байгалийн ухааны хичээл, тухайлбал, физик, хими, одон орон зэрэг хичээлүүдээр VR технологид суурилсан интерактив контентуудыг боловсруулж хөгжүүлсэн бөгөөд энэ өгүүлэлд эдгээр контентуудын заримаас танилцуулах болно. Бид контентуудыг технологи талаас нь бус сургалтад хэрхэн ашиглах боломжтой, түүний хэрэглээ, давуу болон сул тал нь юу болох талаар дараах бүлгүүдэд тайлбарлана.

II. БАЙГАЛИЙН УХААНЫ ХИЧЭЭЛИЙН КОНТЕНТУУД

A. Физикийн хичээлүүд

Бид физикийн хичээлээр атомын түүх, молекул физик, цахилгаан цэнэг, цахилгаан гүйдэл зэрэг хичээлүүдтэй холбоотой виртуал интерактив контентуудыг бэлтгэсэн. Бодит амьдрал дээр цахилгаан цэнэг ба гүйдэл, соронзон орон, атомын бүтэц зэргийг хүн нүдээр харж, гараар барих боломжгүй тул анхлан суралцагчдад нарийн учир зүй тогтлыг ойлгуулахад төвөгтэй байдаг. Иймд бид эдгээр ойлгоход төвөгтэй физикийн ухагдахуунуудыг виртуал орчинд ойлгомжтой байдлаар дүрсэлж тайлбарлан оруулахыг зорьсон. Жишээлбэл, Кулоны хуулийн цэнэгийн хэмжээ, хоорондох зайн хамаарлыг туршиж үзэх боломжтой байх, цахилгаан гүйдэл, индукц гэсэн ойлголтыг виртуал орчинд загварчлан харуулах, физик харилцан үйлчлэл, холбоо хамаарлыг нь дэлгэрэнгүй, ойлгомжтой байдлаар тайлбарлах, интерактиваар харилцан үйлчлэлцэх гэх мэт өргөн боломжуудыг бүрдүүлж өгсөн.



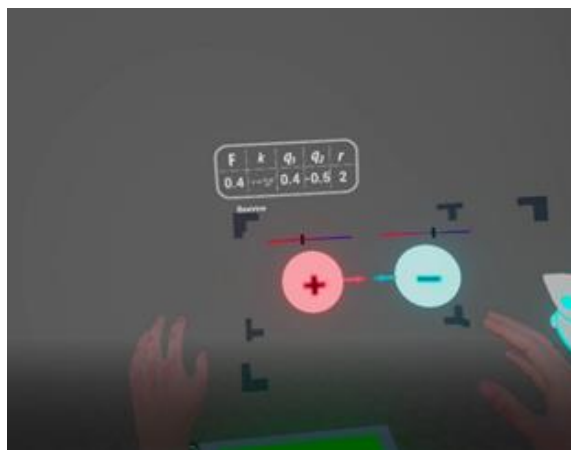
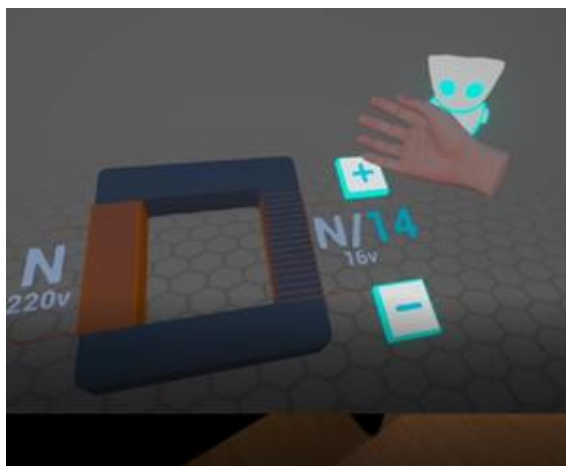
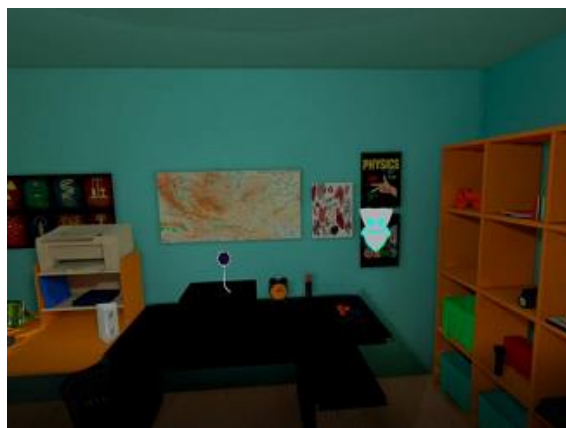
Зураг 2. Физикийн хичээлийн виртуал контент: Соронзон орон

Мөн эдгээр хичээлүүдээс авсан онолын мэдлэгээ бататгахын тулд эвдэрсэн роботыг засах даалгаврыг

биелүүлэх тоглоомыг тоглонгоо суралцах байдлаар хийж өгсөн нь хэрэглэгчдэд илүү сонирхолтой шийдэл болсон.

Физикийн хичээлүүдтэй холбоотой зарим туршилт явуулах боломжийг мөн эдгээр контентууд олгодог. Жишээлбэл, атомын бүтцийн тухай хичээлд анх хүн төрөлхтөн атомыг сонирхож эхэлсэн үеэс орчин цагийн квант физик хүртэлх судалгаа, туршилт, загварыг виртуал орчинд байгуулан эрдэмтдийн туршилтыг өөрийн гараар хийж учир шалтгааныг нь ойлгох боломжтой болгосон.

Түүнчлэн молекул физикийн хичээлээр бодисын бүтэц, шинж чанар, молекулын хөдөлгөөн, харилцан үйлчлэл бодисын агрегат төлөв, идеал төлөвийн ойлголтууд багтсан бөгөөд молекул кинетик онолыг гурван хэмжээстээр загварчлан харуулсан нь танхимын хичээлүүдээс илүү ойлгомжтой, сонирхолтой болсон.



Зураг 3. Онолын мэдлэгээ бататгах виртуал тоглоомын хэсгээс

В. Химийн хичээлүүд

Химийн хичээлүүд нь мөн онолын болон лабораторийн гэсэн хоёр төрлийн хичээлийн контентуудаас бүрдэнэ. Тухайлбал, онолын хичээлд химийн шинжлэх ухааны үндсэн ойлголт болох химийн элементүүдийг таниулахын тулд Менделеевийн үелэх системийн үелэн давтагдах зарчмын зүй тогтлыг график самбараар үзүүлсэн бөгөөд хими, физик шинж чанаруудыг харьцуулан харуулах 14 бүрдэл хэсэгтэй. Мөн химийн элемент бүрийн ерөнхий мэдээллийг өгөхийн сацуу Борын загвар, Квант загварыг 3 хэмжээст байдлаар дүрслэн харуулдаг байхаар оруулсан.



Зураг 4. Химийн хичээлийн виртуал контент



Зураг 5. Химийн виртуал лаборатори

Нөгөө талаас химийн туршилтыг заавал лабораторид хэрэглэгдэхүүн болон бодисуудын хязгаарлагдмал нөөцөөр хийх шаардлагагүй болсон. Виртуал лабораторид төрөл бүрийн химийн туршилтыг хүссэн үедээ хийх боломжтой болсон. Тухайлбал, бид устөрөгч ялган авах туршилтыг хийх боломжтой виртуал лабораторийг байгуулсан. Энэ туршилтаар усыг төрүүлэх замаар устөрөгчийг гарган авч, цэвэр устөрөгчийг шатаан шалгах боломжтой. Туршилтын төгсгөлд гаргаж авсан устөрөгчөөрөө дүүргэсэн агаарын бөмбөлгийг хөөргөж байгаагаар хөгжүүлсэн нь хэрэглэгчдэд илүү сонирхолтой болсон.

С. Байгалийн ухааны бусад хичээлүүд

Өмнөх хэсгүүдэд физик, химийн хичээлийг виртуал реалити технологи ашиглан хэрхэн заах боломжуудыг тайлбарласан. Зөвхөн физик, химийн хичээлээс гадна байгалийн ухааны бусад төрлийн хичээлүүдийг энэ технологийг ашиглан дэвшилтэт хэлбэрээр заах бүрэн боломжтой. Бид энэ хэсэгт өөрсдийн хөгжүүлсэн зарим сургалтын контентыг жишээ болгон виртуал контент бэлтгэх боломжуудын талаар тайлбарлая.

Одон орны хичээл нь дэлхий ертөнцийг танин мэдэхэд чухал ойлголтыг өгдөг. Энэ хичээлийг илүү сонирхолтой байдлаар хэрэглэгчдэд хүргэх шийдлийг бидний бэлтгэсэн контент олгоно. Хэрэглэгч өөрөө сансрын аялал хийж, нарны аймгийн системийг бүхэлд нь харж, хүссэн гаригаа сонгож, тэр ч бүү хэл очих боломжтой байна.

Хэрэв тухайн гариг хатуу төлөвт байдаг бол гаригийн гадаргуу дээр буух боломжтой байдлаар хөгжүүлсэн. Очсон газар бүрийн мэдээллийг аудио болон текст хэлбэрээр мөн авах боломжтой. Зураг 6-д хэрэглэгч нарны хажуухан талаас нарыг тойрон эргэх гаригуудын хөдөлгөөнийг харж байна.



Зураг 6. Нарны хажуухан талаас нарыг тойрон эргэдэх гаригс



Зураг 7. Гаригуудын тухай нэмэлт мэдээлэл авах



Зураг 8. Ангараг гариг дээр газардсаны дараах байдал

Харин Зураг 7-д Сугар гаригийг сонгож ойроос 3 хэмжээстээр харж, түүний тухай нэмэлт мэдээлэлтэй танилцаж байна. Харин Зураг 8-д Ангараг гариг дээр газардсаны дараа харагдаж буй орчинг үзүүлжээ.

Дараагийн сонирхолтой контентууд бол биологийн хичээлийн виртуал реалитид суурилсан интерактив контентууд юм.



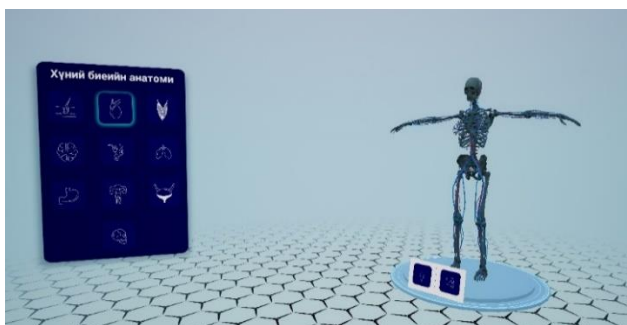
Зураг 9. Хуурай газрын хамгийн том амьтны тухай виртуал контент



Зураг 10. Далай тэнгисийн хамгийн том амьтны тухай виртуал контент

Энэ контент заан, анааш, имж, цагаан баавгай, тэмээн хяруул зэрэг дэлхийн хамгийн том амьтдаас хэрэглэгч аль нэг амьтныг сонгосноор тэр амьтныг бодит хэмжээгээр нь дэргэдээс нь харж, нэмэлт мэдээлэлтэй танилцах боломжтой. Түүнчлэн тухайн амьтандаа хүрэх, дуу хоолойг нь сонсох, хөдөлгөөнийг нь харах боломжтой байдлаар хийсэн. Зураг 9-т хуурай газрын хамгийн том амьтан болох заан, Зураг 10-т далай тэнгисийн хамгийн том амьтан болох цэнхэр халим хэрэглэгчдэд хэрхэн харагдахыг байдлыг үзүүлж байна.

Түүнчлэн бид хүний биеийн анатоми бүтцийн тухай хичээлийн контентуудыг хөгжүүлсэн бөгөөд энэ хичээлээр хүний биеийн үндсэн эрхтэн тогтолцоог 3 хэмжээст загварчлалаар дүрслэн харуулсан. Аль эрхтэн хаана байрладаг, ямар хэлбэртэй, ямар үүрэгтэй зэрэг зайлшгүй мэдэж байх ёстой үндсэн ойлголтуудыг оруулсан.



Зураг 11. Хүний биеийн анатоми бүтэц хийгээд эрхтэн тогтолцоог таниулах виртуал контент

Зураг 11-г харагдах самбараас хэрэглэгч сонголт хийхэд тухайн эрхтэн тогтолцооны мэдээлэл 3 хэмжээст хэлбэрээр харагдах бөгөөд бүх талаас нь ойртуулж, томруулан харах боломжтой.

III. ҮР ДҮН

Бид хөгжүүлсэн виртуал реалити технологид суурилсан байгалийн ухааны интерактив хичээлийн контентуудаа дунд сургуулийн 50 сурагчид, их дээд сургуулийн I, II түвшний 50 оюутанд туршуулж, Хүснэгт 1-д харуулсан үзүүлэлтүүдээр санал асуулга авсан. Санал асуулгаас харахад хэрэглэгчдийн дийлэнх хэсэг нь VR технологид суурилсан сургалтын контент ашиглаж үзээгүй байна. Харин манай сургалтын контенттой үзэж танилцсаны дараа хэрэглэгчдийн хувьд сургалтын зарим агуулгыг VR технологи ашиглан сурвал илүү сонирхолтой гэж хариулсан.

ХҮСНЭГТ I. САНАЛ АСУУЛГА

Асуулга	Дунд сургуулийн ахлах ангийн сурагчид	Их сургуулийн оюутнууд
Өмнө нь VR контент үзэж байсан	10%	14%
Сонирхолтой байсан	98%	98%
Мэддэггүй зүйлээ шинээр олж мэдсэн	70%	60%
Мэдлэгээ бататгасан	65%	75%
Сургалтад VR технологи ашиглах хүсэлтэй	90%	88%

Туршилтаас ажиглахад:

- Төсөөлөхөд төвөгтэй, комплекс ойлголтуудыг 3 хэмжээст байдлаар дүрслэн үзүүлэх нь богино хугацаанд шаардлагатай мэдлэг олгох боломжийг бүрдүүлж байсан.
- Зарим контентыг даалгавар биелүүлэх тоглоом байдлаар хөгжүүлбэл хэрэглэгчид сурах сэдлийг илүү төрүүлж байсан.
- Контентуудтай интерактив байдлаар харилцах нь хэрэглэгчдэд идэвхтэй сурах арга барилыг санал болгох тул давуу тал болж байв.

Гэвч виртуал реалити технологид суурилсан контентыг практикт нэвтрүүлэхэд дараах хүндрэлүүд гарч байна. Тухайлбал VR төхөөрөмжийн хүрэлцээ муу бөгөөд манай улсын зах зээлд өргөн дэлгэрээгүй байгаа. Нэг удаад нэг төхөөрөмжийг нэг л хэрэглэгч л ашиглах боломжтой байдаг. Түүнчлэн ийм төрлийн контентыг хөгжүүлэхэд цаг хугацаа, хүний нөөц их шаарддаг. Одоогоор ийм төрлийн контент хөгжүүлэх туршлагатай мэргэжилтнүүд зах зээлд цөөн байна.

ДҮГНЭЛТ

Виртуал реалити технологийг сургалтад ашиглах нь сургалтын нэг шинэ дэвшилтэт арга бөгөөд одоо хэрэглэгдэж буй танхимын болон цахим сургалтын аргуудаас олон талаараа давуу юм. Ийм учраас сүүлийн жилүүдэд дэлхийн хөгжингүй орны сургуулиуд энэ технологийг сургалтдаа ашиглаж эхлээд байна. Хэдийгээр виртуал реалити технологийг сургалтад ашиглахад танхимын сургалт болон амьд харилцааг 100 хувь орлож чадахгүй боловч сургалтын чанарыг дээшлүүлэх, сургалтыг илүү үр ашигтай болгох ач холбогдолтой юм. Түүнчлэн байгалийн ухааны лаборатори байхгүй тохиолдолд лабораторийн сургалт, туршилт сургалтыг виртуал орчинд явуулахад тодорхой хэмжээний ашиг тусыг өгөх боломжтой.

НОМ ЗҮЙ

- [1] Kamińska, D. Sapiński, T. Wiak, S. Tikk, T. Haamer, R.E. Avots, E. Helmi, A. Ozcinar, C. and Anbarjafari, G. "Virtual reality and its applications in education: Survey. Information," 10(10), p.318. 2019.
- [2] Ahir, K. Govani, K. Gajera, R. and Shah, M. "Application on virtual reality for enhanced education learning, military training and sports. Augmented Human Research," 5(1), pp.1-9. J. Clerk Maxwell, A Treatise on Electricity and Magnetism, 3rd ed., vol. 2. Oxford: Clarendon, 1892, pp.68-73. 2020.
- [3] Merchant, Z. Goetz, E.T. Cifuentes, L. Keeney-Kennicutt, W. and Davis, T.J. "Effectiveness of virtual reality-based instruction on

- students' learning outcomes in K-12 and higher education: A meta-analysis. *Computers & Education*,” 70, pp.29-40. K. Elissa, “Title of paper if known,” unpublished. 2014.
- [4] Hamilton, D. McKechnie, J. Edgerton, E. and Wilson, C. “Immersive virtual reality as a pedagogical tool in education: a systematic literature review of quantitative learning outcomes and experimental design. *Journal of Computers in Education*,” 8(1), pp.1-32. 2021.
- [5] Christou, C. “Virtual reality in education. In *Affective, interactive and cognitive methods for e-learning design: creating an optimal education experience* (pp. 228-243). 2010. IGI Global. “Young, The Technical Writer’s Handbook. Mill Valley,” CA: University Science, 1989.
- [6] <https://www.victoryxr.com/>

Нийгмийн ухааны хичээлүүдийг дэвшилтэт технологи ашиглан заах арга замууд

Б.Батзаяа

Мэдээлэл, компьютерийн ухааны
тэнхим

Хэрэглээний шинжлэх ухаан,
инженерчлэлийн сургууль
Улаанбаатар, Монгол

19m1num0206@stud.num.edu.mn

Х.Оюундолгор

Мэдээлэл, компьютерийн ухааны
тэнхим

Хэрэглээний шинжлэх ухаан,
инженерчлэлийн сургууль
Улаанбаатар, Монгол

oyundolgor@seas.num.edu.mn

А.Энхбаяр

Хэрэглээний математикийн
тэнхим

Хэрэглээний шинжлэх ухаан,
инженерчлэлийн сургууль
Улаанбаатар, Монгол

enkhbayar.a@seas.num.edu.mn

Хураангуй— Сүүлийн жилүүдэд дэлхийн улс орнууд боловсролын салбартаа орчин үеийн дэвшилтэт технологиудыг хэсэгчлэн нэвтрүүлэх, нутагшуулах оролдлогуудыг хийж эхлээд байна. Энэ үйл явц боловсролын салбар дахь сурган, заах арга зүйд ч шинэ шинэ сорилтуудыг бий болгож байна. Энэхүү өгүүлэлд бид орчин үеийн дэвшилтэт технологиудын нэг болох виртуал реалити технологийг боловсролд, тэр дундаа нийгмийн ухааны хичээлүүд, түүх, өв соёлтой холбоотой хичээлүүдэд хэрхэн баяжуулан ашиглах боломжийг өөрсдийн хөгжүүлсэн сургалтын контентуудын жишээгээр тайлбарлан харуулахыг зорив.

Keywords— сургалтын виртуал контент, виртуал реалити, нийгмийн ухааны хичээл, дижитал контент, түүх өв соёл

I. УДИРТГАЛ

Орчин үед олон шинэ дэвшилтэт технологиуд бий болж, аж үйлдвэр, хүмүүсийн амьдрал, нийгэмд томоохон өөрчлөлтүүдийг бий болгож байна. Эдгээр технологиуд боловсролын салбарт нэвтэрснээр хүмүүсийн сурах арга барил, мэдлэг олж авах арга зам ч дагаад өөрчлөгдөж байна. Дэвшилтэт технологиудын нэг болох виртуал реалити (VR)/аугментэд реалити (AR) технологиуд нь боловсролын контент хөгжүүлэлтэд шинэ шинэ шийдлүүдийг гаргаж тавихын зэрэгцээ хамгийн чухал нь багш, суралцагч, бусад оролцогч талуудын харилцан ажиллах шинэ хэлбэрийг тодорхойлж байна. Үүнтэй зэрэгцэн виртуал боловсролын (virtual education буюу VE) салбарт боловсролын зорилтуудаа шинээр томъёолох, VR/AR сургалтын орчныг хаана, хэрхэн ашиглахыг тодорхойлох гэх мэт бодит хэрэгцээ шаардлагууд ч үүсэн гарсаар байна.

Боловсрол дахь VR, AR технологиудын үндсэн давуу тал нь сурах, танин мэдэхүйн процессыг илүү сонирхолтой байдлаар, богино хугацаанд олгох боломжийг нээж өгч байгаа явдал юм. Бид энэхүү өгүүлэлд боловсролын контентыг дэвшилтэт технологи ашиглан хүргэх боломжийн талаар өөрсдийн хөгжүүлсэн контентууд дээр түшиглэн тайлбарлан харуулахыг зорино. Тиймээс юуны өмнө ашиглагдах технологийн талаар товч танилцуулах.

Суралцагсад сургалтын шинэ агуулгатай танилцахдаа хүний таван мэдрэхүйн хоёр гол мэдрэхүй “харах”, “сонсох” мэдрэхүйн оролцоотой мэдээллийг хүлээн авдаг. Тэгвэл бодит орчноос салж виртуал ертөнц рүү шилжих боломжийг олгох, харах, сонсох, хүрэлцэх мэдрэхүйн үйл ажиллагааг дэмжих, оршин буй бодит ертөнцийг хийсвэр орчинтой нэгтгэж тодорхой туршлагыг бий болгох зорилготой дэвшилтэт технологийг иммерсив технологи гэдэг. Иммерсив технологи нь дотроо хийсвэрлэсэн бодит байдал буюу

виртуал реалити (VR), баяжуулсан бодит байдал буюу аугментэд реалити (AR), холимог бодит байдал буюу mixed реалити (MR), холограм гэх мэт олон технологиудаас бүрддэг.

Виртуал реалити технологи нь дижитал технологиудын тусламжтай байгуулсан виртуал ертөнцөд тусгай зориулалтын төхөөрөмж ашиглан харах, хүрэх, сонсох гэсэн мэдрэхүйн дэмжлэгтэйгээр интерактив байдлаар харилцах боломжийг олгодог [1], [2] бол аугментэд реалити буюу баяжуулсан бодит байдал нь ухаалаг гар утас, таблет, ухаалаг нүдний шил зэрэг төхөөрөмжийн тусламжтайгаар бодит ертөнцийг нэмэлт мэдээллээр баяжуулах боломжийг олгоно [3]. Удаах технологи болох mixed реалити буюу холимог реалити технологи нь өмнөх 2 технологитой харьцуулахад харьцангуй шинэ технологи бөгөөд энэ технологийн тусламжтайгаар бодитоор оршин байгаа орчинг компьютер дээр үүсгэсэн виртуал 3D орчинтой холбох, бодит орчныг 3D-ээр баяжуулах тухай ойлголт юм [4].

Өгүүллийн дараагийн бүлгүүдэд бид нийгмийн ухааны хичээлүүдэд, тэр дундаа түүх, өв соёлын тухай агуулгыг дэвшилтэт технологи ашиглан хэрхэн хүргэх боломжтой талаар өөрсдийн хөгжүүлсэн контентуудад түшиглэн тайлбарлана. Түүнчлэн суралцахуйн үйл явцыг дэмжих, олон төрлийн шинэ туршлагыг бий болгохын тулд энэ төрлийн контентуудыг хэрхэн бэлтгэх, хийх талаар товч тайлбар, дүгнэлтийг танилцуулна.

II. ВИРТУАЛ КОНТЕНТУУД, ТҮҮНИЙ ХӨГЖҮҮЛЭЛТ

Виртуал боловсролд суралцах сэдлийг өдөөх агуулга/контент бэлтгэх нь хамгаас чухал үүрэгтэй. Түүх, өв соёлын холбогдолтой дижитал контентууд бэлтгэх хамгийн чухал алхам бол өгөгдсөн хичээлийн агуулга бүхий виртуал орчныг үүсгэх, байгуулах явдал юм. Ийм виртуал орчныг компьютерт байгуулах үндсэн хоёр арга байдаг. Үүнд:

- Амьдрал дээр бодитоор оршин байгаа “бодит орчин”-ыг зориулалтын төхөөрөмжийн тусламжтайгаар виртуал орчинд оруулах
- Компьютер графикийн тусламжтай виртуал орчин үүсгэх/байгуулах.

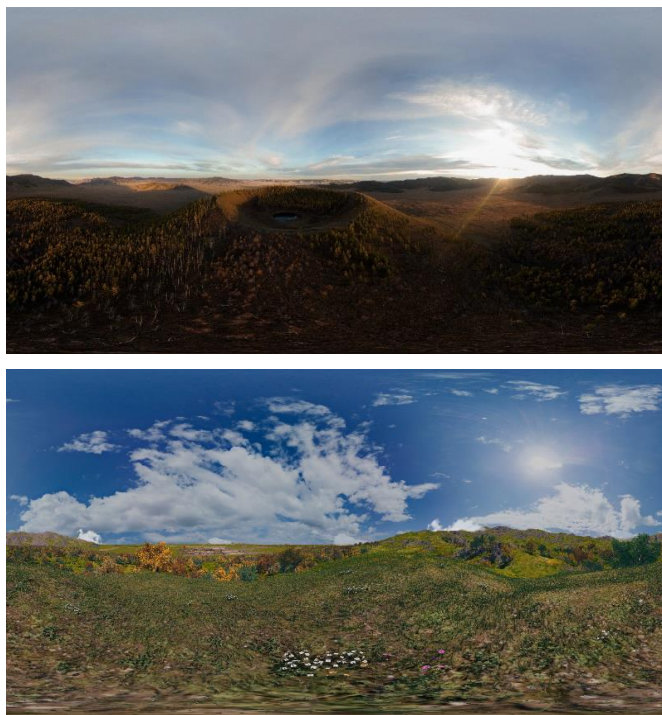
Виртуал контентын агуулга, зорилгоосоо хамаараад эдгээр хоёр аргыг дан дангаар нь ашиглаж болох ч зарим контентын хувьд эдгээр хоёр аргыг хослуулан ашиглах шаардлага тулгардаг. Эдгээр аргуудын тусламжтай виртуал орчинг компьютерт байгуулсны дараа холбогдох текст, дуу тайлбарыг оруулж, өмнө дурдсан виртуал реалити, аугментэд реалитигийн тусгай төхөөрөмжүүдийг ашиглан сургалт явуулах боломж бүрдэнэ.

Бодит орчныг дижитал хэлбэрт шилжүүлэхдээ 3D 360° зураг болон видео хэлбэрт оруулж болно. Ийм төрлийн олон төхөөрөмжүүд зах зээлд байдаг. Жишээ болгон Зураг 1(а)-д гурван хэмжээст 360° зураг болон видео авах зориулалт бүхий 8K дүрслэлийн үзүүлэлттэй Insta pro 2 камер; Зураг 1(б)-д 360° зураг авах зориулалтын хөлийг видео аппаратын хамт харуулав.



Зураг 1. (а) Insta pro 2 360° зургийн аппарат; (б) 360° зураг авах зориулалтын хөл, видео аппаратын хамт

Ийм төрлийн техникүүдийг ашиглан зураг авалт хийж дуусаад, графикийн зориулалтын программ хангамжуудыг ашиглан виртуал орчин үүсгэнэ. Ийнхүү үүсгэсэн виртуал орчныг виртуал реалити төхөөрөмж болон ухаалаг утас, компьютерын дэлгэц зэргээс үзэх боломжтой байна. Гэхдээ VR төхөөрөмжөөр үзэхэд хэрэглэгч бодит орчноос салж, өөрөө тэрхүү байгуулсан виртуал орчинд очсон мэт бодит мэдрэмж, бодит туршлагыг авдгаараа давуу талтай. Үүнийг мөн төрөл бүрийн мэдрэгч, тоглоомын санаатай хослуулан суралцахуйн үйл явцыг дэмжих, олон төрлийн шинэ туршлагыг бий болгох зорилгоор ашиглахад илүү үр дүнтэй болохыг сүүлийн үеийн судалгаанууд харуулж байна [5].



Зураг 2. Виртуал орчны 360° дэлгэмэл зураг (а) Одоогийн Булган аймгийн Уран тогоо уулын 360° виртуал орчин; (б) Компьютерээр байгуулсан виртуал орчин: Хархорум хотын холоос харагдах байдал:

Дээрх аргыг одоо амьдрал дээр бодитоор оршин байгаа зүйлсийг виртуал орчин руу оруулахад ашигладаг бол жинхэнэ амьдрал дээр огт байхгүй зөвхөн ном, сурах бичгээс л зураг тайлбарыг нь олж харж, уншиж болох эсвэл өнгөрсөн хугацаанд эвдэрч гэмтсэн, устаж алга болсон эсвэл огт оршин байдаггүй төсөөллийн ертөнцийг виртуал орчинд байгуулахдаа компьютер графикийн арга техникүүдийг ашигладаг. Тухайлбал, өнгөрсөн цаг үеийн түүх, өв соёлын чухал барилга байгууламж, хот суурин зэргийг виртуал орчинд оруулахын тулд компьютерт тухайн орчны 3D загваруудыг байгуулах, өнгө, гэрэл, материалыг тооцох гэх мэт шат дараалсан олон ажиллагааг гүйцэтгэдэг. Дараагийн шатанд зах зээлд түгээмэл хэрэглэгддэг Unreal engine, Unity гэх мэт тоглоомын хөдөлгүүрүүдийг ашиглан хүссэн 3D орчноо байгуулах ажлыг гүйцэтгэнэ.

Жишээ болгон Зураг 2-г бодит орчноос байгуулсан виртуал орчин, компьютер графикаар байгуулсан виртуал орчны 360° дэлгэмэл зургуудыг үзүүлэв. Зураг 2(а)-д Булган аймагт орших Уран тогоо уулын 360° виртуал орчин, орчны хэсгийг харуулсан бол Зураг 2(б)-д компьютер графикаар байгуулсан Хархорум хот орчмын байдал холоос харагдах байдлыг харьцуулан харуулав.

III. НИЙГМИЙН УХААНЫ ХИЧЭЭЛИЙН ВИРТУАЛ КОНТЕНТУУД

Энэхүү хэсэгт бид нийгмийн ухааны хичээлүүд, тэр дундаа түүх, соёлын өвийн виртуал сургалтын контентуудыг хэрхэн хөгжүүлэх боломжуудын талаар өөрсдийн хийсэн контентуудын жишээн дээр тайлбарлан хүргэнэ.

A. Монголын нууц товчоо зохиолын газар нутгийн виртуал аялал

Бидний сайн мэдэх Монголын нууц товчоо зохиол нь Монголын түүхийн хосгүй үнэт бичгийн дурсгал юм. Энэхүү зохиолын хэвлэмэл, зурган, цахим зэрэг олон хувилбар байдаг боловч бид виртуал реалити технологид суурилсан бусад уламжлалт хувилбаруудаас ялгаатай, суралцагчийн сонирхлыг өдөөх контент бэлтгэн сургалтад ашиглах зорилго дэвшүүлсэн.

Үүний тулд судалгааны багийн хамт олон “Монголын нууц товчооны газар нутгийн виртуал аялал”-ыг хөгжүүлж байна. Энэ төслийн хүрээнд Монголын нууц товчоо зохиолд гардаг газар орны тухай түүхэн мэдээллийг эрдэмтдийн судалгаа шинжилгээ дээр үндэслэн цуглуулж аяллын маршрутыг тодорхойлон гаргаж, тухайн газар нутгуудад очиж зураг авалтуудыг хийж гүйцэтгэсэн. Маршрутын дагуу авсан 360° зургуудаа боловсруулан виртуал орчинд оруулсан бөгөөд Монголын нууц товчоо зохиолд гарах үйл явдлуудтай танилцах агшиндаа тухайн үйл явдал болсон түүхэн газрын тухай, харагдах байдлыг 360° тойруулан үзэх, яг тухайн газарт очсон мэт мэдрэмжийг хэрэглэгчдэд хүргэхээр зорьж байна. Жишээлбэл, тус зохиолын эхний хэсэгт “Чингис хааны язгуур дээр тэнгэрээс заяат төрсөн Бөртэ чино, гэргий Гуа-маралын хамт тэнгис далайг гэтэлж ирээд Онон мөрний эх Бурхан халдун ууланд нутаглаж, Батцагаан хэмээх нэгэн хөвгүүнийг төрүүлжээ ...” хэмээн сонсож байх агшинд хэрэглэгч Онон мөрний эх Бурхан халдун уулын орчимд виртуалаар аялан явна. Түүнчлэн уг зохиолын хэсгээс сонсоод зогсохгүй тухайн газар орон хаана байдаг, хэрхэн

судлагдсан, ямар ач холбогдолтой зэрэг нэмэлт мэдээллийг авах боломжийг оруулж өгсөн.



Зураг 3. Виртуал орчинд ашиглах 360° дэлгэмэл зураг: (а) Бурхан халдун уул; (б) Хорхунаг жубур буюу Онон хурхын бэлчир

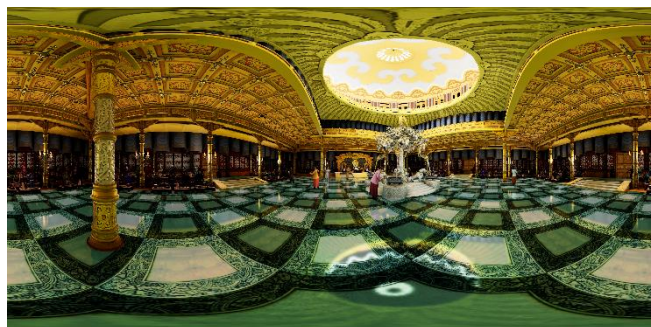
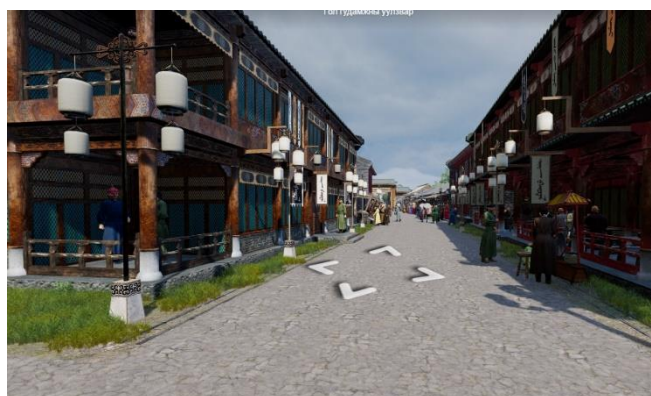
Бид одоогоор Монголын нууц товчоо зохиолын эхний гурван бүлгээр виртуал аялал хийгээд байгаа Зураг 3(а)-д виртуал аялалд гардаг Бурхан халдун уул, 3(б)-д тус зохиолд Хорхунаг жубур нэрээр гардаг Онон хурхын бэлчрийн виртуал орчны 360° дэлгэмэл зургийг харуулав.

Энэхүү виртуал аялал бүхий сургалтын контентыг бид өмнөх бүлэгт дурдсан бодит орчинг виртуал хэлбэрт оруулах арга техникийг ашиглан хийсэн. Бид 360 аялал виртуал орчинг үүсгэхдээ Зураг 1-г харуулсан төхөөрөмжүүд болон дрон ашиглаж олон зуун удаа зураг авалт хийж, видео дүрс бичиж боловсруулан 360° виртуал орчнуудыг үүсгэсэн. Түүнчлэн энэхүү контентыг хэрэглэгч өөрийн сонгосон газраа очиж үзэх, хүссэн мэдээллээ авах боломжтой байдлаар хийсэн. Энэхүү контент нь Монголын нууц товчоо зохиолыг хэрэглэгчдэд сонирхолтой хэлбэрээр өгөхийн сацуу Монгол орны байгалийн үзэсгэлэнт газруудыг хэрэглэгчдэд хүргэх нэг боломж юм.

В. Монголын эзэнт гүрний нийслэл Хархорум хотын виртуал танилцуулга

Монголын эзэнт гүрний нийслэл Хархорум хотыг цэвэр компьютер графикийн арга техник ашиглан байгуулж, виртуал орчинд оруулсан. Түүх өв соёлыг түгээн дэлгэрүүлэх зорилгын хүрээнд уг төслийн үр дүнг 2020 оны 12 сард Хархорум хот байгуулагдсаны 800 жилийн ойг тохиолдуулан олон нийтийн хүртээл болгосон [6]. Энэ контентын хувьд хөгжүүлэлтийг хийхэд бодит орчинг виртуал орчинд оруулах арга технологийг ашиглахад тохиромжгүй. Учир нь найман зууны тэртээ Хархорум хот одоо нэгэнт байхгүй тул үе үеийн эрдэмтэд, судлаачдын олж илрүүлсэн археологийн малтлага судалгаа, баримт сэлтэд үндэслэн компьютерт сэргээн байгуулахаас өөр арга зам байхгүй.

Бид энэхүү контентыг хэрэглэгчдэд хүргэхдээ зөвхөн тухайн үеийн Хархорум хотын бүтэц, зохион байгуулалт, барилга байгууламжийг үзүүлээд зогсохгүй тэр үеийн хүмүүсийн амьдрал ахуйг харуулахыг мөн зорьсон. Хэдийгээр Монголын эзэнт гүрний тухай мэдээ, мэдээллийг ном сурах бичиг, түүхийн сурвалжаас хангалттай олж мэдэх боломжтой хэдий ч энэ тухай мэдээллийг хэрэглэгч яг тухайн цаг үед очсон мэт, цаг хугацааны аялал хийж буй мэтээр орчин нөхцөлтэй танилцаж, хэрэгтэй мэдээллээ авах нь илүү сонирхолтой арга юм.



Зураг 4. Компьютерт сэргээн байгуулсан Хархорум хот (а) Хархорум хотын худалдааны дүүрэг, хоёр их гудамжны огтлолцол; (б) Хархорум хот дахь хааны орд өргөө

С. Монгол улсын орчин цагийн шинжлэх ухааны 100 жилийн түүх

Бидний хөгжүүлсэн дараагийн нэг өвөрмөц контент бол Монгол улсын орчин цагийн шинжлэх ухааны түүхийн 100 жилийг харуулсан виртуал контент юм [7]. Энэ контентыг хийхэд бид өмнө дурдсан хоёр аргыг хослуулан хэрэглэсэн. Учир нь зарим орчны хувьд тухайлбал, 100 жилийн өмнө байсан барилга байгууламжуудыг тухайн цаг үеийнх нь байдлаар компьютерт сэргээн байгуулах шаардлага тулгарсан. Тиймээс бид Судар бичгийн хүрээлэн, Шинжлэх ухааны хүрээлэн зэрэг байгууллагуудын түүхийг харуулсан хэсгүүдэд түүхийн гэрэл зураг, судалгааны материалуудыг түшиглэн гурван хэмжээст загваруудыг урьдчилан компьютерт сэргээн байгуулсны дараа виртуал орчинд оруулах ажлыг гүйцэтгэсэн.

Харин орчин цагийн шинжлэх ухааны үйл ажиллагааг харуулахдаа бодит орчныг виртуал орчинд оруулах аргыг ашигласан. Зураг 5-д 1921 онд байгуулагдсан Судар бичгийн хүрээлэнгийн барилга болон компьютер графикийн аргаар байгуулж үүсгэсэн виртуал орчныг харуулсан бол Зураг 6-д ШУА-ийн Одон орон, геофизикийн хүрээлэнгийн Нарны дуран авиан 360° аялал



Зураг 6. ШУА-ийн Одон орон, геофизикийн хүрээлэнгийн Нарны дуран авиан 360° аялал



Зураг 5. Судар бичгийн хүрээлэнгийн анхны байрны гэрэл зураг (1921 он); Компьютерт сэргээн байгуулсан 100 жилийн тэртээх Судар бичгийн хүрээлэн

IV. ҮР ДҮН

Нийгмийн ухааны хичээл тухайлбал түүх, өв соёлтой холбогдолтой хичээлүүдээр виртуал сургалтын контент байгуулахдаа бодит орчинг виртуал орчинд оруулах, компьютер графикийн аргаар виртуал орчин үүсэх эсвэл энэ хоёр аргыг хослуулан ашиглах аргуудыг ашигласан.

Эдгээр контентууд нь интерактив бөгөөд хэрэглэгч сонгосон газраа очиж үзэх, хүссэн мэдээллээ авах боломжтой. Дээрх аргуудаар бэлтгэсэн контентуудыг виртуал реалити, аугментэд реалити технологид нийцтэй төхөөрөмжүүдийг ашиглан сургалтад ашиглах бүрэн боломжтой.

Виртуал реалити төхөөрөмж ашиглаж буй тохиолдолд тухайн хэрэглэгч яг бодит орчинд очин тухайн үйл явдлыг хажуугаас нь харж буй мэт мэдрэмж авах давуу талтай. Гэвч ийм төрлийн төхөөрөмжүүд үнэ өртөг, нийлүүлэлт зэргээс хамааран зах зээлд хүрэлцээ багатай байна. Иймд энэ төрлийн контентуудыг олон нийтэд хүргэх, сургалтад өргөн ашиглах өөр нэг боломж бол вебд суурилсан 360° аялал юм. Ийм хэлбэрийн аяллыг интернэтэд холбогдсон ухаалаг гар утас, компьютерын тусламжтайгаар үзэж ашиглах боломжтой [8].

ДҮГНЭЛТ

Түүх, нийгмийн ухааны хичээлийн виртуал контент хэрхэн бэлдэх аргуудыг өөрсдийн хөгжүүлсэн контентуудын жишээн дээр товч танилцуулав. Бэлтгэсэн контентуудыг виртуал реалити, аугментэд реалити, 360° виртуал аялал хэлбэрээр сургалтад ашиглах боломжтой. Ийм төрлийн контент бэлтгэн сургалтад ашиглах нь суралцагчдад илүү сонирхолтой өгөөжтэй байхаас гадна нөгөө талаас залуу үедээ түүх, өв соёлоо түгээн дэлгэрүүлэх, таниулах нэг шинэ боломж юм.

НОМ ЗҮЙ

- [1] Hamilton, D. McKechnie, J. Edgerton, E. and Wilson, C. "Immersive virtual reality as a pedagogical tool in education: a systematic literature review of quantitative learning outcomes and experimental design. *Journal of Computers in Education*," 8(1), pp.1-32. 2021.
- [2] Kamińska, D. Sapiński, T. Wiak, S. Tikk, T. Haamer, R.E. Avots, E. Helmi, A., Ozcinar, C. and Anbarjafari, G. "Virtual reality and its applications in education: Survey. *Information*," 10(10), p.318. 2019.
- [3] Yuen, S.C.Y. Yaoyuneyong, G. and Johnson, E. "Augmented reality: An overview and five directions for AR in education. *Journal of Educational Technology Development and Exchange*," 4(1), p.11. 2011.
- [4] Hughes, C.E. Stapleton, C.B. Hughes, D.E. and Smith, E.M. "Mixed reality in education, entertainment, and training. *IEEE computer graphics and applications*," 25(6), pp.24-30. 2005.
- [5] Bekele, M. K. Pierdicca, R. Frontoni, E., Malinverni, E. S. & Gain, J. "A survey of augmented, virtual, and mixed reality for cultural heritage. *Journal on Computing and Cultural Heritage*," 11(2), 1-36. 2018.
- [6] <https://ds.ocurus.com/tour/NDQ3Mg>
- [7] <http://tuuhsoyol.com/>
- [8] Hookham, G. Nesbitt, K. Cooper, J. and Rasiah, R. "Developing a Virtual Tour of a Community Pharmacy for use in Education. *Information Technology in Industry*," 2(1). 2014.

A satisfaction and attitude the usage of Google's classroom in engineering education

Bulganmaa Togookhuu
School of Engineering and Technolog,
Mongolian University Life Science
Ulaanbaatar, Mongolia
bulganmaa@mul.s.edu.mn

Orgil Demberel
School of Engineering and Technolog,
Mongolian university Life Science
Ulaanbaatar, Mongolia
orgilid@mul.s.edu.mn

Abstract—This paper proposes a research model based on the Theory of Reasoned Action (TRA) when conducting the satisfaction survey teacher of School of Engineering and Technology (SET), MULS to the classroom. In order to determine the factors that affect the model, we studied a responses total of 103 people who attend the survey from different six departments of SET. They have used regular continuously Classroom during the 3-4 years. The reliability analysis shows that Pleasantness, Desire using and economic conditions are higher positive attitudes to Classroom training. The correlation analysis of the google classroom is used by the teachers to reveal that the risk index (0.231) and desire using and Pleasantness, Economic conditions were 0.302, and 0.308 are lower than other factors. Therefore, indicating that they need better online training systems and try to practice other platforms.

Keywords—Online training, Google's Classroom, usage of information technology

I. INTRODUCTION (HEADING 1)

Google classroom is a lot of facility that can be make announcements, discuss ideas or check easily tasks, upload materials, create many kinds of quizzes related to lessons by teacher [1]. This is useful in facilitating teaching and learning process. Students are able to use it with ease whenever the need arises. The teachers' most important task is to make students aware of the way of using the google apps [2]. Teacher-centered learning is no longer suitable for this generation so it needs to change to a more student-centered approach, especially for students who are very diverse in their abilities [3]. Accordingly, Google classroom can be effective for both the learners and faculty members due to its features. As for the students, it provides a stream line of communication and workflow for students. Being free of paper is a crucial factor in developing learning strategies [4,5]. This is to offer a platform of blended learning in schools in order to simplify creating assignments and getting the grade out to the students in a paperless way [6]. We decided to study model based on the Theory of Reasoned Action (TRA) following sections.

Desire using Classroom: individual good or bad characteristics at certain objects are his/her preliminary attitudes. In other words, desire using is the probability process of teachers teach for training. In order to define a real measure of frequency and it's time for new consumption,

accepted a model of technology is focused on real consumption [2,3]. Therefore, there should be studied how to the deepest relationship between desire using classroom and satisfaction.

A. Pleasure condition

Google Classroom is its product that is included with Gmail, drive, hangout, YouTube and e-calendar. This will make easier for teachers to carry out learning activities because students can do learning wherever and whenever to access by online. Hence, we should explore how to the highest relationship between using classroom and pleasantness.

B. Economic condition

Its benefits are to access Google classroom any devices that download and install quickly and then use it free. In other words, when we have devices with the internet teachers and students can run together teamwork at any time. Even though it seems to be lower cost than another platform, it is important to find out if classroom is stressful for some students

C. Negative factors

Its negative feelings or teach a variety of lessons through classroom lessons training may mainly affect the teacher's attitudes. Firstly, Teachers spend a lot of time on screen preparing e-learning materials, which may be negatively affecting their physical and mental health.

Second, negative reason is to spread teachers prepared materials to become worthless and the teacher's reputation may fall down.

Finally, Classroom frequently uses email notifications, it is easily vulnerable to a variety of attacks. Therefore, this needs to be explored relationship between classroom useful and negative factors.

II. HYPOTHESES AND MODEL OF THE SURVEY

We have formulated the structure of the model for this study based on theories and have written studies about attitudes at Google classroom. We have shown about its trends, their interrelation of real consumption, and factors influencing attitudes at Classroom in the model. It has been shown the following hypothesizes according to each interrelation.

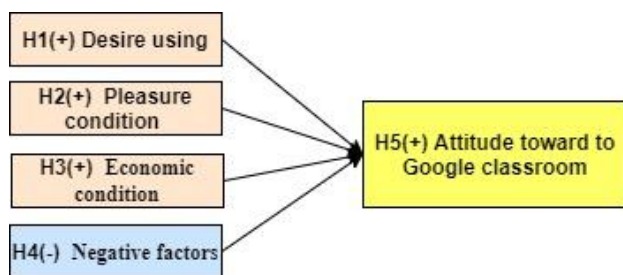


Figure .1 Proposed Hypotheses

Factors in the model: We have formulated following predictions in order to prove interrelation of the variables.

H1 (+): there is more desire using at Google Classroom, it will positively affect at teacher' attitude.

H2 (+): there is more information feature at Google Classroom, it will positively affect at teacher' attitude.

H3 (+): there is the more flexible condition of economics at Google Classroom, it will positively affect at teacher' attitude.

H4 (-): there is the more negative feature at Google Classroom, it will negatively affect at teachers and students' attitude.

H5 (+): the teacher's attitudes at Google Classroom are more positive, real consumption will be more increase

III. RESEARCH METHODOLOGY

Research proposes are using by the methods for data collect and data analyzing, the main methods such as quantitative study and descriptive analysis. The quantitative research is to quantify the data as well as find result to conclusion evidence. In other words, quantitative is numerical data in data complex technique and data analysis progress. In this paper, the instance of confirming for the quantitative investigation is to prove the hypothesis from the questionnaires. Proposes of this study is to emphasize how to affect engineering education of ETS and detecting the facing problems and factors or conditions for using successfully Google Classroom.

A. Questionnaire Design and Data Collection Method

In our survey, we sent survey by online more than 70 teachers who are only working in SET, MULS but only 43 questions had right or full answers, so we decided to use these answers in order to make the conclusion. We collected the answers by Google forum during three weeks in order to be more flexible than other methods and easy for analyzing data of study.

There are variables (questions) expressing their attitudes which are variable consists of answers of 2-5 questions at Google Classrooms. Moreover, each answer of the question has expressed by 1-5 Liker [7]. Including: 1- Strongly disagrees, 5- Strongly agree at the highest level.

B. Data analysis and results

We have made data analyzes using Statistical Package for Social Sciences (SPSS) program. In order to use this program, we have used following methods;

statistical(common methods), reliability analyzes, correlation analyzes and linear regression analyzes.

C. Averages of factors and reliability analysis

It used following methods which were statistical method (common methods), reliability analyzes, correlation analyzes and linear regression analyzes. There are total people who attend the survey from different six department of SET. 63.6% of the total participants in the survey are used regular continuously Classroom during the 3-4 years.

Table.1 Cronbach's (α) on the different factor

Factors	Mean	Std.D	Item	Cronbach's (α)
Desire using	3.41	2.73	4	0.63
Pleasantness	3.39	1.83	3	0.61
Economic condition	3.52	2.32	3	0.61
Negative conditions	3.52	2.45	3	0.52
	3.48	2.30	3	0.49

We showed averages of all variables, Standard Deviation, numbers of the item and Cronbach's Alpha. Cronbach [8] stated that a value higher than 0.50 was a satisfactory level of good internal consistency.

In this study, we showed the independent or the dependent variables using Cronbach's Alpha.

Therefore, the reliability analysis for all variables in this study (except=diff) are still acceptable. Because of more means than three of an average of all variables, its desire (De.u)=3.41, pleasantness(Ple)=3.39economic condition(Eco)=3.52, negative condition(Ne.C) =3.52 and 3.48 for the independent variables, recognizing questions of the survey will be examined further. However, Desire using, Pleasantness and Economic conditions are strong affect to classroom training, negative conditions are weak effectivity. Therefore, the analysis between the factors is shown below.

Table .2 Correlation coefficient matrixes

	De.U	Ple	Eco	Ne.C	Att
De.U	1				
Ple	.302**	1			
Eco	.308	.410**	1		
Neg.C	-.196**	-.249**	-.021	1	
Att	.398**	.474**	.671**	.231**	1

It can be showed matrix relationship of variables as an indication of table.2 Cronbach [8] established that a value higher than 0.5 was a requisite impartial of fit internal consistency.

- Hypothesis-1, De.U->Att: using desire is positive statistically significant at attitudes of Google Classroom.
- Hypothesis-2, Ple->Att: a pleasantness affects positive attitudes at Google Classroom according to the result of this study.
- Hypothesis-3, Eco->Att: economic condition is almost independent significant at Google Classroom.
- Hypothesis-4, Risk->Att: the facing risk is a bit lower positive significant to attitudes at Google Classroom; therefore, there should be prevented conditions of risk.

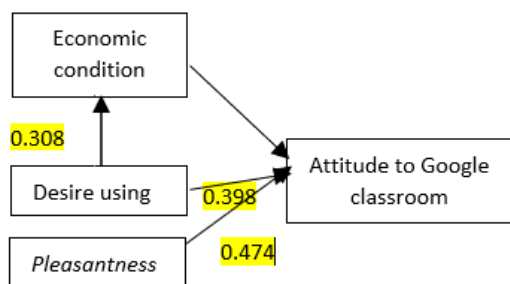
D. Line regression analysis

Analyzing after the calculation of the standard beta coefficient, which is one of the factors analyses used to confirm the raised hypotheses in survey’s model. Standard beta coefficient shows the irrelevance variables that influence to relevance variable with 0-1.

Table.3 The line regression analysis of factors

Hypotheses	Independent variable	Dependent variable	Std. Коэф β	P	Approved
H4 (I)	Negative condition	Attitude	0.231	.006	yes
H3 (-)	Desire using	Pleasantness	0.302	.001	yes
H5 (-)	Desire using	Economic condition	0.308	.000	yes
H7(-)	Pleasantness	Attitude	0.474	.000	yes
H6 (+)	Desire using	Attitude	0.398	.000	Yes

The linear regression analysis examined whether there was any linear relationship between the two factors. Looking from table, all of our raised hypothesizes basing on the



developed model could be confirmed.

Figure.2 Confirmed Hypotheses

The most relationships are of Pleasantness-Attitude (0.474), desire using- Attitude (0.398) and also desire using- Economic condition (0.308). The linear relevance of the negative condition and attitude were strongly irrelevant as 0.231. After than Desire using pleasantness (0.302). As written above there is the more negative feature at Google Classroom, it will negatively affect at teachers and students’ training process. It can be affected for teachers’ attitude on

Classroom training and decrease of the usage. The following model is based on the strongest correlation factors from the results in the table above.

CONCLUSIONS

There were a lot of risks that occurring the software errors, phishing and mail bomb attack, computer breakdown, device, and internet access are poor when students use Classroom.

In order to keep the positive attitudes of teachers, we should be used a Google Classroom extension module that has a price and needs to provide more practice surveys. One of the important things was the attitude and negative featured the worst attitudes and it should be mainly improved in this direction.

Another problem was a weaker correlation between desire using and pleasantness. In other words, there were some disadvantages that cannot upload to the huge size lesson material, impossible to write a mathematical formula, and the system is not evaluated student's task result itself, etc.

Therefore, we should pay attention to those issues in order to improve the quality of training and teacher job satisfaction and attitude.

REFERENCES

- [1] G. Eason, B. “Get more time to teach and inspire learners with Classroom,” <https://edu.google.com/products/classroom/>, 2020
- [2] Latif, “Learning Engagement in Virtual Environment”. vol. 148, no. 11, pp. 7–13, 2016
- [3] Viridine et al., "Teacher Research to Prepare Generation Z in Indonesia." SEAMEO QITEP in Science. Bandung: P4TK IPA. 1-2, 2017
- [4] Seuwou Patrice B., Ubakanma E., and George G., “User acceptance of information technology, A critical review of technology acceptance models and the decision to invest in information security, Communications in Computer and Information Science, International Conference on Global Security, Safety and Sustainability”, ICGS3 2017.
- [5] Davis F, “Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology”. MIS Quarterly, 13(3), 319-340, 1986.
- [6] Donald Yates, “Google Classroom Easiest Teacher's Guide to Master Google Classroom,” 2017.
- [7] Wuensch K., “What is a Likert Scale? and How Do You Pronounce 'Likert?',” East Carolina University.
- [8] Cronbach L., “Coefficient Alpha and the Internal Structure of Tests, Psychometrika,” 16, 297-334. <http://dx.doi.org/10.1007/BF02310555>.

Сүлжээний аюулгүй байдал хичээлд идэвхтэй сургалтын арга ашигласан жишээ, үр дүн

Н.Угтахбаяр

Хэрэглээний шинжлэх ухаан, инженерчлэлийн сургууль
Монгол Улсын Их Сургууль
Улаанбаатар, Монгол улс
44911.n@gmail.com

Б.Өсөхбаяр

Хэрэглээний шинжлэх ухаан, инженерчлэлийн сургууль
Монгол Улсын Их Сургууль
Улаанбаатар, Монгол улс
usukhbayar@seas.num.edu.mn

Хураангуй — Олон улсын цахилгаан холбооны байгууллагаас дэлхийн улс орнуудын цахим аюулгүй байдлыг үнэлж эрэмбэ тогтоодог бөгөөд Монгол улсын хувьд 2020 оны байдлаар уг үнэлгээнд хамрагдсан 194 улсаас 120-р байранд орсон байна. Энэхүү үнэлгээний тодорхой шалгуур нь МАБ-ын сургалт байдаг тул түүний нэг хэсэг болох сүлжээний аюулгүй байдлын сургалтын тогтолцоог бэхжүүлэх, ойлголтыг нэмэгдүүлэхэд сургалтын шинэ арга, хэрэгсэл ашиглах нь чухал бөгөөд оновчтой цахим тоглоом ашиглан сургалтын агуулгыг баяжуулах нь нэн чухал гэж үзлээ. Уг судалгааны ажлаар кибер аюулгүй байдлын нэг хэсэг болох сүлжээний аюулгүй байдлын сургалтыг сайжруулах боломжийг эрэлхийлэх, оюутан, төгсөгчдийн үр чадварыг сайжруулах боломжийг эрэлхийлэх зорилгоор МУИС-ийн “Компьютерын сүлжээний аюулгүй байдал” 3 багц цагийн хичээлийн лабораторийн сургалтад идэвхтэй сургалтын аргын нэг болох тоглоомын аргачлал ашигласан үр дүнг танилцуулна. Уг судалгааны үр дүнгээр тухайн хичээлд ашигласан хэрэгсэл нь хичээлийг сонгон суралцсан оюутнуудын сургалтын амжилтад шууд нөлөөлөхөөс гадна оюутнууд хичээлдээ илүү идэвхтэй оролцсон нь тухайн ангиас авсан сэтгэл ханамжийн судалгаа болон МУИС-ийн сургалтын системийн судалгааны үр дүнгээр баталгаажиж байна.

Түлхүүр үгс — сүлжээний аюулгүй байдал, кибер аюулгүй байдал, идэвхтэй сургалтын арга, cybercieve, кибер тоглоом

I. УДИРДТГАЛ

Дэлхийн улс орнууд мэдээллийн аюулгүй байдлын мэргэжилтнээ үндэсний хэмжээнд бэлдэх, дотоодын мэргэжилтнээр үндэсний болон онц чухал мэдээллийн дэд бүтэц бүхий байгууламжийн аюулгүй байдлыг хангуулах нь түгээмэл бөгөөд үндэсний аюулгүй байдлын хувьд чухал ач холбогдолтой гэж үзэж байна. Монгол улсын хувьд кибер аюулгүй байдлын олон улсын үнэлгээнд дунджаас доогуур байрт ордог бөгөөд үүнд кибер аюулгүй байдлын хууль эрх зүйн орчны зохицуулалтаас гадна кибер аюулгүй байдлын боловсролын тогтолцоо, ажиллах боловсон хүчний дутагдалтай байдал, кибер аюулгүй байдлын хүний нөөцийн тогтолцоо бүрдээгүй зэрэг олон асуудал хамаарч байна. Үүнээс гадна Монгол улсын засгийн газраас баталсан “Алсын хараа - 2050” урт хугацааны төлөвлөгөөнд цахим үндэстэн болох, цахим бичиг үсэг тайлагдах, кибер аюулгүй байдлыг сайжруулах зэрэг тодорхой зорилтууд орсон. Иймд кибер аюулгүй байдлын

сургалтыг шинэ түвшинд аваачих, энэ чиглэлийн мэдлэгийг нийт оюутан сурагчдад олгох, тухайн чиглэлээр ажиллах мэргэжилтнийг нэмэгдүүлэх, дур сонирхолтой оюутан залуусын тоог нэмэгдүүлэх зайлшгүй шаардлагатай байна. Мэдээллийн аюулгүй байдалд оюутан залуусыг дур сонирхолтой болгох, сонирхолтой аргаар сургалтыг удирдан явуулах нь дээрх зорилгыг биелүүлэхэд тодорхой үр нөлөө үзүүлнэ гэж үзэж байна. Цахим тоглоомыг сургалтад ашиглах нь сүүлийн жилүүдэд түгээмэл болсон нь нийгмийн өөрчлөлт болон интерактив орчинд суралцах нь хүмүүсийг илүү хялбар, хөгжилтэй аргаар сайн үр дүнд хүрэхэд чиглэж байна [1]. Үүнээс гадна мэдээллийн аюулгүй байдлын мэргэжилтнүүдэд асуудал шийдвэрлэх, хурдтай шийдвэр гаргах зэрэг үр чадвар шаардлагатай байдаг бөгөөд мэдээллийн аюулгүй байдлын тоног төхөөрөмжүүд нь асар үнэтэй тул энэхүү үр чадварыг бодит орчинд олгох нь манай улсын хувьд өнөөдрийн байдлаар боломжгүй байна. Иймд дээрх үр чадварыг симуляцийн орчинд, бодит жишээ ашиглан суралцах асуудал шийдвэрлэж буй үр дүнгээ статистик хэлбэрээр харж, хянах боломжийг тусгай зориулалтын тоглоомын программ олгож байна. Тусгай зориулалт бүхий тоглоомууд нь зөвхөн зугаа цэнгэлтэй холбоотой бус, бодит амьдрал дээр хэрэг болохуйц чадвар, хандлагыг тоглогчид олгохын тулд мэдлэгийг интерактив хэлбэрээр ашиглах, тоглогчийн мэдлэг, үр чадварыг сорьж, хөгжөөх, урамшуулах зорилготойгоор ашиглагддаг [2]. Мэдээллийн аюулгүй байдал, Кибер аюулгүй байдал, Сүлжээний аюулгүй байдал зэрэг чиглэлээр ашиглах боломжтой CyberCieve¹, CyberProtect², CyberAware [6], PhishGuru³, CyberNexs [7], InCTF⁴ зэрэг олон төрлийн тоглоомын программ хангамж байна. Уг тоглоомоос сонгохдоо Майкл болон бусад судлаачдын [3] судалгааны ажилд дурдсан сургалтын аргачлал нь боловсролын зорилготой уялдаж байх гэдэгтэй нийцүүлэн сонгосон. Эдгээрээс МУИС-ийн “Компьютерын сүлжээний аюулгүй байдал” хичээлд ашиглаж болох, сургалтын агуулгатай дөхөх, бодит амьдралд гарч буй асуудалтай дүйцэх нь CyberCieve байв. Уг тоглоом нь виртуал орчинд оюутнууд аюулгүй байдлын агуулгыг бататгахаас гадна аюулгүй байдлыг хангах шийдвэр гаргаж буйгаараа бусад программаас эрс ялгаатай юм. Уг судалгааны ажлаар зорилтот тоглоом нь суралцагчдын суралцах идэвх, оролцоог нэмэгдүүлж буй эсэхийг тогтоохоос гадна сэтгэл ханамжид нөлөөлж буй эсэхийг тогтооход оршино. Судалгааны ажил нь удиртгал, дүгнэлт бүхий нийт

¹ <https://nps.edu/web/c3o/cybercieve>

² <http://sgschallenge.com/cyber-protect/>

³

https://www.researchgate.net/publication/235177477_Phish

Guru_A_System_for_Educating_Users_about_Semantic_At_tacks

⁴ <https://indjst.org/articles/learning-cyber-security-through-gamification>

дөрвөн бүлэгтэй бөгөөд эхний хэсэгт тоглоомын танилцуулга, дараагийн хэсэгт судалгааны орчин, сүүлийн хэсэгт туршилтын үр дүнг танилцуулах юм.

II. ТОГЛООМЫН ТУХАЙ

2005 онд “Naval Post Graduate School”-ийн боловсруулсан аюулгүй байдлын мэдлэг олгох хэрэгсэл болох CyberCIEGE тоглоомыг АНУ-ын Тэнгисийн цэргийн сургалтын зориулалтаар зохион бүтээсэн бөгөөд өнөөдөр дэлхийн хэд хэдэн улсад их, дээд сургуулийн сургалтын зорилгоор ашиглаж байна. Энэхүү тоглоом нь мэдээллийн аюулгүй байдлын суурь ойлголт болох нууцлагдсан байдал, хүртээмжтэй байдал, бүрэн бүтэн байдал гэсэн үндсэн агуулгыг бүхэлд нь хамааруулдагаараа бусад тоглоомоос эрс ялгаатай юм. Уг тоглоомын интерфэйсийг Монголоор орчуулан ашиглах боломжгүй хэдий ч Scenario development tool (SDL)-ийн тусламжтайгаар Монгол хэл дээр багш, сургагч, инженерүүд өөрсдийн даалгаврыг зохион ашиглах боломжтой.

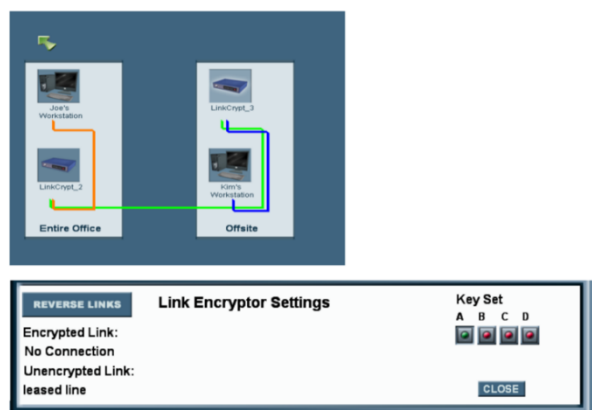
Программ нь 6 дэд хэсгээс бүрдэх бөгөөд Зураг 1-д программын ерөнхий интерфэйсийг харууллаа. Тухайн тоглоомыг тоглогч нь өгөгдсөн нөхцөл байдалд тааруулан шийдвэр гаргах бөгөөд тухайн шийдвэр нь хэрэглэгчийн сэтгэл ханамжийг өндөр байлгаж сүлжээний орчинд ажиллах боломжоор хангах, халдлага, довтолгооноос хамгаалах тохиргоо хийх болон худалдан авалт хийдгээрээ давуу талтай.



Зураг 1. CyberCiege тоглоомын ерөнхий интерфэйс

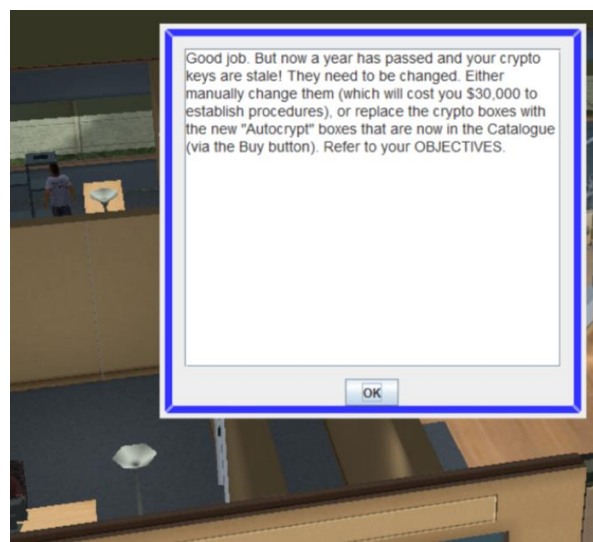
Программ нь сургалтын үеийг давснаар дараагийн шатанд ажиллах боломжтой болох бөгөөд нийт үндсэн 28 даалгавартайгаас гадна LabTrainers модулийн тусламжтайгаар тухайн хичээлийн агуулгад нийцүүлэн шинээр лабораторийн даалгавар үүсгэх боломжтой. Технологийн хувьд docker VM үүсгэн ашиглах боломжтой тул алсын зайнаас хандах боломжийг программын шинэ хувилбарт боловсруулсан байна⁵. CyberCiege тоглоом нь сүлжээний аюулгүй байдлын мэдлэг олгох сэдвүүдийг хамарсан сонирхолтой сургалтын хэрэгсэл бөгөөд байгууллагын түвшинд ашиглахад ч мөн тохиромжтой юм [4]. Уг тоглоомын тоглогч нь аюулгүй байдлын менежерийн дүрд тоглох бөгөөд хэрэглэгчид болон аюулгүй байдлын технологи,

тоног төхөөрөмжөөс ирж буй даалгаварт тулгуурлан зөв шийдвэр гаргахыг шаарддаг. Тухайн тоглоомын тоглогч нь хэдий зөв гүйцэтгэсэн ч түүнээс илүү сайн байж болох нөхцөлийг программын зүгээс өгдөг нь тоглогч шийдлээ улам бүр сайжруулах боломжийг олгодгоороо давуу талтай. Жишээ нь Зураг 2-д үзүүлсний дагуур Joe, Kim гэсэн ажилтнуудын дундын холболтыг энкрифтлэх бөгөөд хамгийн сайн шийдлийг хэрэглэх байсан. Тухайн тоглогч хэдий зөв гүйцэтгэсэн боловч илүү сайжруулах шаардлагатай ба сайжруулаагүй тохиолдолд ямар эрсдэл учирч болох талаар программын зүгээс өгч буй зөвлөгөөг Зураг 3-т харууллаа.



Зураг 2. Joe, Kim нарын холболтын мэдээлэл

Программын хувьд 3D дүрслэлтэй учир байгууллагын бодит орчинд ажиллаж буй мэт сэтгэгдэл төрүүлдэг давуу талтай. Сүлжээний аюулгүй байдлын суурь, чухал агуулга болох хэрэглэгчээ таних (user identity), хандах эрхийн зохицуулалт (access control), сүлжээний урсгалд задлан шинжилгээ хийх (traffic analysis) зэрэг агуулгыг хамарсан тул их дээд сургууль, сургалтын байгууллагаас гадна байгууллагууд шинэ ажилчдын үр чадварыг нэмэгдүүлэх зорилгоор ашиглахад үр дүнтэй байна гэж судлаачийн зүгээс үзэж байна.



Зураг 3. Программын зүгээс өгч буй зөвлөмж

Тоглоомын хувьд ISO 27001:2013 зэрэг олон улсын стандартад заасны дагуу байгууллагын хөрөнгийг хамгаалахад чиглэснээс гадна хөрөнгүүд ялгаатай бөгөөд

⁵ <https://nps.edu/web/c3o/labtainers>

зарим хөрөнгийн хувьд хүртээмжтэй байдлыг хангах нь чухал, зарим хөрөнгийн хувьд нууцлалтай байдлыг хангах нь чухал гэх зэргээр ангилж өгсөн нь бодит амьдралд илүү нийцтэй байна [5]. Тоглогч нь байгууллагын хөрөнгийг хамгийн боломжит хувилбараар хамгаалах шаардлагатай бөгөөд үүний тулд эрсдэлийн үнэлгээ болон нөхцөл байдлын шинжилгээ тодорхой түвшинд хийх шаардлагатайгаараа олон талын ур чадварыг нэмэгдүүлнэ гэж үзэж байна.

Программын хувьд даалгавар бүр нь онолын болон практик уялдаа холбоотойгоос гадна тодорхой асуултыг асууж мэдлэгийг баталгаажуулдаг.

A. Програмын жишээ даалгавар

Даалгавар: Sydney Chase бол засгийн газрын нууц ажилтан бөгөөд тэрээр шинэ компьютер худалдаж аваад, DSL сервис захиалсан. Тэр сүүлийн үед маш олон нууц ажиллагаанд оролцож байгаа бөгөөд тэрээр компьютерыг identity theft-с сэргийлэх техникийг сайн мэдэхгүй. Иймд түүний компьютерыг аюулгүй байдлаар тохируулж, онлайн орчинд ажиллахдаа хэрхэн хувийн мэдээллийн аюулгүй байдлаа хангахыг заах шаардлагатай.

Зорилт: Холбох – DSL-ийн үйлчилгээ үзүүлэгч компани DSL тохируулан түүнд рүүтэрийг нь өгсөн. Эхлээд түүний компьютерыг рүүтэртэй холбох хэрэгтэй.

Аюулгүй байдлыг хангах – Sydney-ийн компьютерт аюулгүй байдлын ямар хяналт хэрэгтэйг тодорхойлж, тохируулах. Зөвхөн шаардлагатай зүйлсийг л тохируулах шаардлагатай.



Зураг 4 Sydne-ийн компьютерт хийсэн тохиргоо

Гүйцэтгэл: Зураг 4-т үзүүлсэн 3 тохиргоог хийж гүйцэтгэсэн бөгөөд нийт өртөг нь 200\$ болсон байна.

Дээрх тохиргоог хийж гүйцэтгэхэд шаардлагагүй тохиргоо хийвэл төсвөөс хэтрэх бөгөөд дутуу тохиргоо хийвэл аюулгүй байдалд сөргөөр нөлөөлөх юм. Иймд уг тоглоомын тоглогч нь олон төрлийн мэдлэг, ур чадварт тулгуурлан хамгийн оновчтой шийдвэр гаргах шаардлагатай болж байна.

III. СУДАЛГААНЫ ОРЧИН, АРГАЧЛАЛ

Энэхүү тоглоомыг МУИС-ийн “Компьютерын сүлжээний аюулгүй байдал” хичээлийг 2017-2018 оны намрын улиралд сонгон судалсан 12 оюутны сургалтын агуулгатай давхцаж буй лаборатори болон давхцаагүй агуулгыг нэмэлт даалгавар хэлбэрээр сургалтад ашигласан. Энэхүү тоглоомыг хичээлийн 4 дэх долоо хоногоос 14 дэх долоо хоног хүртэл 11 удаагийн оролт болон нэмэлт даалгаварт ашигласан. Уг хичээлийг 3 болон 4-р түвшний оюутнууд сонгон суралцдаг бөгөөд мэргэжлийн ном сурах бичиг нь Англи хэл дээр

бичигдсэн байдаг тул ихэвчлэн мэргэжлийн нэр томьёо агуулгыг тодорхой түвшинд уншиж ойлгодог болсон байдаг. Үүнээс гадна Монгол улсын хувьд мэдээллийн аюулгүй байдлын нэр томьёоны тайлбар байхгүйгээс үүдэн эх хэл дээр мэргэжлийн нэр томьёоллыг ашиглахад төвөгтэй байдал үүсдэг тул уг хичээлд ашиглаж буй үндсэн сурах бичиг нь Англи хэл дээр байдаг ба нэр томьёог ашиглахдаа NIST⁶ болон бусад эх сурвалжийн⁷ тодорхойлолтыг ашигладаг.

Сургалтад уг тоглоомыг ашиглахдаа агуулга давхцаж буй онолын мэдлэгийг лекцийн хичээлийн хүрээнд өгч лабораторийн хичээл эхлэхээс өмнө тодорхой асуултаар онолын мэдлэгийг баталгаажуулсны үндсэн дээр тоглоомыг тоглуулсан. МУИС нь “Компьютерын сүлжээ” хөтөлбөрөө магадлан итгэмжлүүлсэн ба ижил төстэй гаднын сургуулийн харьцуулалтад Georgia Institute of Technology, Purdue University зэрэг сургуулийн сургалтын хөтөлбөрийг ашигласан. Уг тоглоомын агуулга нь МУИС-ийн тухайн хичээлээс гадна тухайн сургуулиудын агуулгатай нийцэж байсан нь онолын мэдлэгийг баталгаажуулах, практик симуляцийн түвшинд гүйцэтгэхэд тухайн тоглоом нь бүрэн нийцэж байна гэж дүгнэсэн. Тоглоомыг тоглох явцад гарч буй шинэ нэр томьёог тайлбарлуулах, буруу шийдвэр гаргасан бол яагаад тухайн шийдвэрийг гаргасан талаар анги дотор харицан ярилцах, программын асуултад хэрхэн хариулсан талаар анги дотор ярилцах гэсэн дарааллаар ажилласан бөгөөд агуулга давхцахгүй сэдвийг бие даалт хэлбэрээр багш нэмэлт цагаар зөвлөгөө өгөх байдлаар гүйцэтгүүлсэн. Үүнээс гадна программын статистик тулгуурлан ижил ажлыг хамгийн богино хугацаанд гүйцэтгэсэн оюутны гүйцэтгэсэн үр дүнг бусад оюутнуудад илтгэл хэлбэрээр яриулах замаар оюутны илтгэх ур чадварыг нэмэгдүүлэхийг зорьсон. Программ хангамжийг зөвхөн сургалтын зориулалтаар, олон нийтэд түгээхгүй нөхцөлтэйгөөр ашиглаж буй тул оюутнууд зөвхөн лабораторийн компьютер дээр ашиглах боломжтой байсан нь энэхүү программыг сургалтад ашиглахад гарч байсан хүндрэл болон дутагдалтай тал байсан.

Уг хичээлийн энэхүү тоглоомтой холбоотой ажлын хүрээнд нийт 14 тайлан, 21 илтгэл, 40 гаруй жижиг хэмжээний хэлэлцүүлэг зохион байгуулагдсан байна.

Оюутнуудын хувьд эхний хэсгүүдэд даалгавар болон мэдлэг шалгах тестийг ойлгоогүйн улмаас буруу гүйцэтгэж байсан бол тодорхой хугацааны дараа даалгаврыг бүрэн ойлгодог болсон нь мэргэжлийн ном, сурах бичиг, өгөгдсөн даалгаврыг Англи хэл дээр ойлгох чадвар олгосон давуу талтай гэж үзэж байна.

Багшийн хувьд “Campaign analyzer” модулийн тусламжтай оюутнууд тухайн даалгаврыг хэзээ эхлээд хэзээ дууссан болон хэдий хэмжээний зардал ашиглан гүйцэтгэсэн талаар харах боломжтой бол “Event log analyzer” модулийн тусламжтайгаар тухайн оюутан хэрхэн ажилласан болохыг алхам бүрээр нь харах боломжтой.

IV. ҮР ДҮН

Судалгаанд МУИС-ийн “Сүлжээний аюулгүй байдал” хичээлийг 2017-2018 оны намрын улиралд уг тоглоомыг

⁶ https://csrc.nist.gov/glossary/term/information_security

⁷ <https://www.bsigroup.com/en-GB/Cyber-Security/Glossary-of-cyber-security-terms/>

ашиглан судалсан 12 оюутан болон 2018-2019 оны намрын улиралд тоглоом ашиглалгүй суралцсан 18 оюутны хувьд харьцуулсан үр дүнг ашиглалаа.

Программын “Summary report” ашиглан оюутнуудын оролцоог харуулсан байдлыг *Зураг 5-д* харуулав.

	Lab 1	Lab 2	Lab 3
Student001	WON (10/2)	WON (15/3)	WON (16/2)
Student002	NOT PLAYED	LOST(15/6)	WON(12/5)
Student003	LOST(19/6)	NOT PLAYED	WON(8/5)
Student004	LOST(10/4)	NOT PLAYED	WON(33/3)
Student005	NOT PLAYED	LOST(50/5)	NOT PLAYED
Student006	WON(27/4)	WON(72/6)	WON(34/4)
Student007	NOT PLAYED	NOT PLAYED	LOST(15/3)
Student008	NOT PLAYED	WON(53/4)	WON(15/2)
Student009	LOST(17/2)	WON (15/3)	WON(42/7)
Student010	LOST(19/4)	WON(72/6)	NOT PLAYED
Student011	WON (8/2)	WON (15/3)	LOST(15/3)
Student012	WON (10/2)	WON(15/6)	WON(57/3)

Зураг 5 Оюутнуудын ерөнхий оролцоо

Дээрх хүснэгтээс харахад оюутнуудын оролцоо улам бүр нэмэгдэж ялахын тулд тоглох тоглолтын тоо мөн адил өсөж буй нь харагдаж байна. Энэхүү ерөнхий статистикаас гадна программын хувьд тухайн оюутан хэдий хугацаа зарцуулсан, хэддүгээр үе хүртэл тоглосон болон тоглосон огноог харах боломжтой тул оюутнуудыг биесээсээ хуулах, хялбар аргаар даалгаврыг гүйцэтгэхээс сэргийлэх давуу талтай. *График 1-д* харуулснаар оюутнууд эхэн үедээ даалгаврыг гүйцэтгэх хугацаа нь их ба даалгаврыг амжилтгүй гүйцэтгэж буй оролдлогын тоо их байсан бол даалгаврыг гүйцэтгэх тусам зарцуулах хугацаа буурч байна. Үүнээс гадна ихэнх суралцагчдын хувьд эхний даалгаврыг гүйцэтгэх оролцоо муу байсан бол 2 дахь даалгавраас эхлэн оролцоо болон зарцуулах цаг нэмэгдсэн үр дүн харагдаж байна.

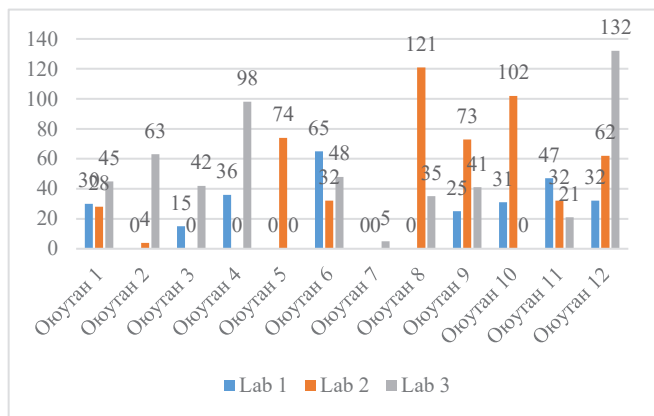


График 1 Оюутны зарцуулсан хугацаа /минутаар/

МУИС-ийн сургалт хариуцсан нэгж нь судалгаа өгч буй оюутны мэдээллийг нууцлан Багш, Хичээл, Сургалтын орчин гэсэн гурван агуулгаар санал асуулга явуулдаг бөгөөд *График 2-т* оюутнуудын Багш болон Хичээлд өгсөн санал асуулгын үр дүнг харьцуулан харууллаа.

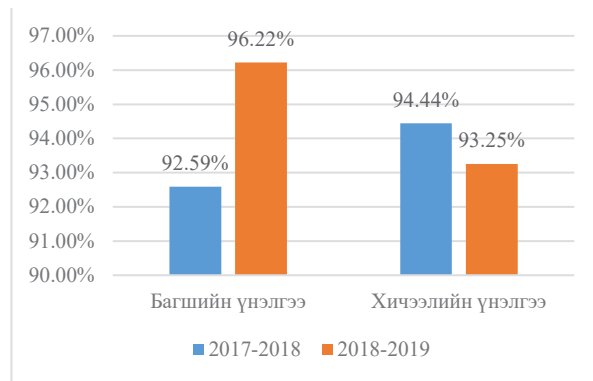


График 2 СиСи системээр авсан үнэлгээ

Оюутнуудад нийт 10 асуулт бүхий сэтгэл ханамжийн судалгааг нэр нууцлан онлайн хэлбэрээр авсан бөгөөд дараах ерөнхий үр дүнг үзүүлэв.

ХҮСНЭГТ 1 САНАЛ АСУУЛГЫН ЕРӨНХИЙ ҮР ДҮН

№	Асуулга		
	Асуулт	Хариулсан оюутан	Эерэг хариулт өгсөн оюутан
1	Уг хичээлд ашигласан тоглоом “сүлжээний аюулгүй байдал”-ын мэдлэг бататгахад эерэгээр нөлөөлсөн эсэх?	8	6
2	Онолын ойлгоогүй зарим мэдлэгийг бататгахад тус болсон эсэх?	12	11
3	Лабораторын зарим даалгаврыг зөвхөн тоглоомоор гүйцэтгүүлж байсан нь зөв санагдсан эсэх?	7	5
4	Тоглоомын асуултууд нь ойлгомжтой, мэдлэг бататгаж байсан эсэх?	12	10
5	Даалгаврыг гүйцэтгэх явцад зарцуулж буй цаг нь тухайн мэдлэгийг онлайн орчноос уншиж бататгахад богино бөгөөд үр дүнтэй байсан гэж бодож байна уу?	12	12
6	Хичээлийн энэхүү хэлбэр нь аюулгүй байдлын чиглэлийн мэдлэг олгох сонирхолтой, үр дүнтэй хэлбэр гэдэгтэй санал нийлэх үү?	10	9

ХҮСНЭГТ 1-д үзүүлсэн асуултууд нь сургалттай шууд холбоотой асуултууд бөгөөд бусад асуултууд нь хичээлийн хэлбэр болон сайжруулах талаар санал асуулга байсан тул уг ажилд оруулаагүй. Мөн оюутнуудын хувьд мэргэжлийн Англи хэлний мэдлэг дутагдалтай байгаа талаар санал хэлж байсан.

ДҮГНЭЛТ

“Компьютерын сүлжээний аюулгүй байдал” хичээлд тоглоомын арга ашиглах нь оюутнуудын идэвх оролцоог нэмэгдүүлэхээс гадна сонирхолтой байсан талаар оюутны санал асуулгын үр дүнгээс харж болох юм. Сургалтын үйл явцтай холбоотой асуултуудад 86.9%-ийн эерэг хариулт өгсөн байна. Иймд уг программ хангамжийн лабораторийн ажил зохиох модулийг ашиглан сургууль бүр өөрийн оюутнуудын ур чадвар, мэдлэг, хичээлийн төлөвлөгөөтэй уялдуулан мэдээллийн аюулгүй байдлын чиглэлийн хичээл тэр дундаа кибер аюулгүй байдал чиглэлийн хичээлд ашиглах нь үр дүнтэй гэж дүгнэж

байна. Цаашид энэхүү программыг илүү олон оюутнуудын дунд ашиглуулах замаар оюутан бүрээр үр дүнг тооцож сайжруулах шаардлагатай.

НОМ ЗҮЙ

- [1] R. Savi, V.R. Ulbricht, "Educational digital games: benefits and challenges. Jogos digitais educacionais: benefícios e desafios. Revista Novas tecnologias na Educação. Renote." vol. 6, no. 1, 2008.
- [2] P. Almeida, L.P. M. Moita, R. Magalhaes, A. Santos, L. Moreira, "Serious games as an onboarding organizational tool for new employees." In. Information Systems and Technologies (CISTI), 2011 6th Iberian Conference on, IEEE, 2011.
- [3] D. R. Michael, S. Chen, "Serious games: games that educate, train and inform." Thomson Course Technology. pp. 287, 2006.
- [4] J. Jones, Y. Xiaohong, E. Carr, Y. Huiming, "A comparative study of CyberCIEGE game and department of defense information assurance awareness video." Computer Science Department. North Carolina A&T State University, Greensboro, North Carolina, USA. IEEE, 2010.
- [5] B. Cone, C. E. Irvine, M. F. Thompson, T. Nguyen, "A video game for cyber security training and awareness. Computer Science Department for Studies and Research on Information Systems Security." Naval Postgraduate School, Monterey, CA, USA. Science Direct, 2006.
- [6] F. Giannakas, G. Kambourakis and S. Gritzalis, "CyberAware: A mobile game-based app for cybersecurity education and awareness," *2015 International Conference on Interactive Mobile Communication Technologies and Learning (IMCL)*, 2015, pp. 54-58, doi: 10.1109/IMCTL.2015.7359553.
- [7] A. Nagarajan, J. M. Allbeck, A. Sood and T. L. Janssen, "Exploring game design for cybersecurity training," *2012 IEEE International Conference on Cyber Technology in Automation, Control, and Intelligent Systems (CYBER)*, 2012, pp. 256-262, doi: 10.1109/CYBER.2012.6392562.

Хувийн орон зайд халдахгүйгээр бага нягтаршилтай инфра мэдрэгч ашиглан өдөр тутмын үйлдэл таних нь

А.Отгонбаяр
Электроникийн тэнхим.
МХТС
ШУТИС
Улаанбаатар, Монгол
otgonbayaraltankhuyag@gmail.com

Б.Луубаатар
Электроникийн тэнхим.
МХТС
ШУТИС
Улаанбаатар, Монгол
luubaatar@must.edu.mn

Б.Зориг
Электроник, холбооны
инженерчлэлийн тэнхим.
ХШУИС
МУИС
Улаанбаатар, Монгол
zorig@seas.num.edu.mn

Г.Мөнхжаргал
Электроникийн тэнхим.
МХТС
ШУТИС
Улаанбаатар, Монгол
mgochoo@uaeu.ac.ae

Хураангуй— Сүүлийн жилүүдэд хүн төрөлхтний дундаж нас өсөхийн сацуу бусдын хараа хяналтгүйгээр бие даан амьдрах өндөр настнуудын тоо эрс нэмэгдэж байна. Тэдэнд ахуйн осол, эрүүл мэндийн хүндрэлтэй байдал үүсэх мэтээр гэнэтийн нөхцөлд тусламж амжиж хүрэх бололцоо бага байдаг. Дээрх асуудлыг шийдэх зорилгоор судлаачид хүний өдөр тутмын амьдралыг хянах олон төрлийн шийдлүүдийг гаргасаар ирсэн. Өнгөт камер ашигласан систем нь хүний хувийн амьдралд хэт халдах сул талтай бол биед зүүдэг төхөөрөмжтэй шийдлүүд нь тогтмол батарей цэнэглэх, зүүж явахад ачаа болох, зүүхээ мартаж гэх мэт асуудлууд тулгардаг. Мөн хоёртын мэдрэгч ашиглах нь хэтэрхий сул мэдээллийг агуулдаг тул үйлдлүүдийг хооронд нь ангилах боломжгүй. Дээрх аргууд хэдий үр дүн сайтай ч өөрсдийн гэсэн том сул талуудтай. Эдгээр асуудлуудыг цогцоор нь шийдэх нэгэн шийдэл бол бага нягтаршилтай инфра мэдрэгчүүд юм. Өдөр тутмын амьдралд хийгдэх үйлдлүүд (ӨТАХУ)-ийг бид 8x8 хэмжээтэй инфра мэдрэгчүүд ашиглан 74 ялгаатай хүнээс 17 төрлийн үйлдлийг цуглуулж өгөгдлөө бэлдсэн. ӨАУ-г ангилаж таних зорилгоор бид хэд хэдэн гүн сургалтын загваруудыг өөрсдийн шийдлүүдтэй хослуулж өрсөлдөхүйц үр дүнг гаргаж чадсан. Бид энэхүү өгөгдлийг хувийн нууц хадгалан ӨТАХУ-г таних судалгааны ажлуудад том үр нөлөө үзүүлнэ гэдэгт итгэлтэй байна.

Түлхүүр үг— ахмад настан, гүнзгий сургалт, өгөгдлийн сан, цонх гүйлгэх

I. УДИРТГАЛ

Хүн төрөлхтөн бидний дундаж наслалт жилээс жилд өссөөр 2018 онд түүхэнд анх удаа 65-аас дээш настай хүний тоо 5-аас бага насны хүүхдүүдийн тооноос илүү гарсан [1] ба 2050 он гэхэд ахмадуудын тоо 15-24 настнуудаас илүү гарна гэсэн судалгаа [2] байгаа билээ. Энэхүү өсөлтөд эрүүл мэндийн үйлчилгээний чанартай байдал, зөв амьдралын хэв маяг гэх мэт зүйлс багагүй нөлөө үзүүлж байна [3], [4]. Хөгжлийн түвшнээс үл хамаарч дээрх өсөлт дэлхийн өнцөг булан бүрд явагдаж, ахмад настнууд бие даан амьдрах нь ихэссэн [6]. 2016 онд АНУ-д байгаа ахмад настнуудын 36%, БНСАУ-д 28.8% нь бие даан суурьшиж байна гэсэн судалгаа гарсан бөгөөд үүний гол шалтгаан нь хувийн орон зай юм. Гэвч тэдэнд ахуйн осол, эрүүл мэндийн ноцтой нөхцөл байдал үүссэн үед цаг тухайд нь шаардлагатай тусламж хүрэхгүй

байх өндөр эрсдэлтэй. Иймд дээрх зүйлсийг урьдчилан таамагласнаар ослоос сэргийлэх боломжтой [10].

Орчин үеийн технологид эрчийг авч буй IoT (Internet of Things) болон AI (Хиймэл Оюун Ухаан)-ын салбарууд бидэнд хүний өдөр тутмын амьдралыг хянах, гэнэтийн ослыг урьдчилан сэргийлэх боломжийг бий болгож чадна [11][12].

Ахмад настны өдөр тутмын үйлдлийг хянах зорилгоор өргөн хэрэглэгддэг нэгэн арга нь биед зүүдэг төхөөрөмж ашиглах юм [13]-[16]. Хэдий эдгээр төхөөрөмжүүд нь хүний хийж буй үйлдлийн талаар оновчтой мэдээллийг өгдөг ч биедээ зүүж явах нь тухайн хүнд төвөгтэйгөөр зогсохгүй батарей цэнэглэх гэх мэт олон асуудлууд тулгардаг ба хамгийн илүүтэйгээр хүмүүс төхөөрөмжийг хэсэг хугацаанд зүүсний дараа сонирхол буурч мартаж тохиолдол олон байдаг [17][18].

Үйлдэл танихад өргөн ашиглагддаг өөр нэгэн арга бол камер ашиглан хянах систем юм [19][20]. Энэхүү систем нь биед зүүдэг төхөөрөмжийн тав тухгүй байдлыг шийдсэн ч хүний хувийн орон зайд хэт халдсан арга гэж үздэг [21][22]. Ахмад настнууд ч камерт бичигдэж байгаагаа мэдэн өөрийнхөөрөө байж чадахгүй байх тохиолдлууд байдаг [21]. Энэ асуудлыг шийдэх зорилгоор гүний камер (depth camera) ашигласан [23][24] ч өдөр нягтаршилтай учраас хүний хийж буй үйлдлийг хэт нарийвчлалтай тодорхойлж байсан [25].

PIR гэх мэт хоёртын мэдрэгч (binary sensor) ашиглах нь хувийн орон зайд халдахгүйгээр хүнд ажиглалт хийх нэгэн арга юм [26]. Үйлдэл таних чиглэлээр судалгааны ажлуудын үр дүн жилээс жилд дээшилсээр байгаа [26][27][28]. Хоёртын мэдрэгч ашигласан ажлууд хүнийг өрөөнд байгаа, эсвэл хөдөлж буйг илэрхийлж чадах ч хийж буй үйлдлийн талаар нарийн мэдээлэл гаргаж чадаагүй [26][27].

PIR-ийн сул мэдээлэл болон камерын хувийн орон зайд халдсан мэдээлэл аль алийг нь шийдсэн нэгэн шийдэл бол бага нягтаршилтай инфра мэдрэгч юм[12][29][30]. Бага нягтаршилтай зургийн өгөгдөл нь хувийн мэдээлэлд хэт халдахгүй ч хоёртын мэдрэгчтэй харьцуулбал хүний хөдөлгөөний талаар нарийн мэдээлэл агуулж чадна.

Дээрх мэдрэгчүүдийг өгөгдлийг өдөр тутмын амьдралд хийгдэх үйлдлүүд (ӨТАХУ) таних гол арга нь гүнзгий сургалт(deep learning)-ын аргууд бөгөөд маш сайн үр дүнтэй[22][31][32].

Бид энэхүү судалгааны ажлаар бага нягтаршилтай 8x8 инфра мэдрэгчийн системээр цуглуулсан ӨТАХУ-ийг агуулсан өгөгдөл болон тэдгээрийг ангилах өөрсдийн загварыг санал болгож байна.

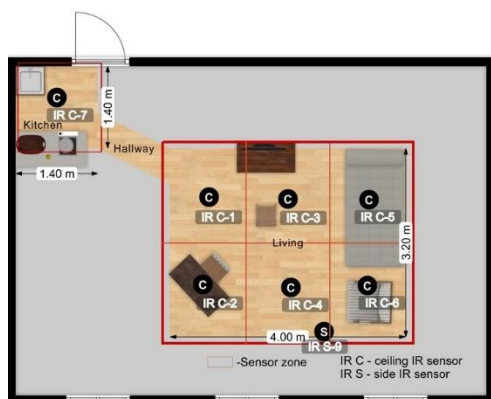
Өгүүлийн үлдсэн хэсэг дараах бүтцээр бичигдсэн болно. II хэсэгт өгөгдөл цуглуулах болон боловсруулах процесс орсон. Харин III хэсэгт гүнзгий сургалтын загварууд болон бусад аргуудыг ашиглан туршсан ажлууд багтсан. IV хэсэгт бидний санал болгох загвар, түүнийг бодит цагийн туршилтаар туршсан хэсэг багтаж нийт ажлыг V хэсэгт дүгнэн бичсэн болно.

II. Өгөгдөл

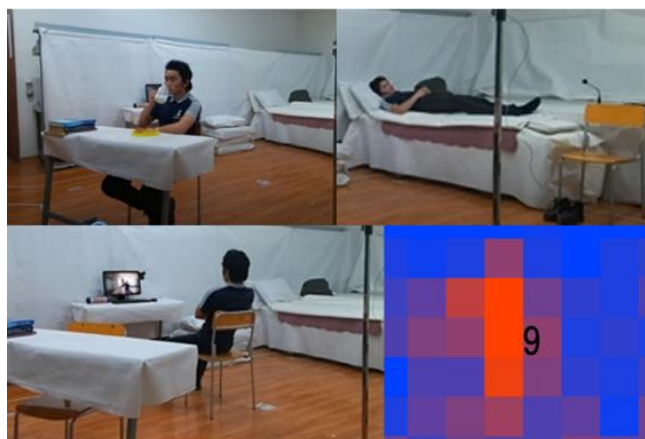
A. Өгөгдөл цуглуулах

Бид 9 ширхэг бага нягтаршилтай 8x8 инфра мэдрэгчийг зохиомол орчинд байршуулсан. Зохиомол орчинд хооллох зориулалттай зочны өрөө, компьютер бүхий ажлын хэсэг, ор, сандал байх ба угаалтуур, зуух, ширээ бүхий гал тогооны хэсэг буланд байрлана(Зураг 1).

Panasonic-ийн AMG8831 8x8 инфра мэдрэгч нь өрөөнд буй объектуудын дулааны температурыг мэдрэх зориулалттай. Мэдрэгчүүд Rocom's Wipy 3.0 Wi-Fi module-д холбогдож хосттой холбогдоно. Инфра өгөгдлийг мэдрэгчүүдээс 7-10fps давтамжтайгаар авсан ба 16-61 насны, 45кг-120кг жинтэй, 152см-184см өндөртэй нийт 74 сайн дурын хүнээс өгөгдөл цуглуулсан болно. Бид цөөн секундний унах, алхах гэх мэт үйлдлүүд ба урт хугацаанд үргэлжлэх хоол бэлдэх, компьютер дээр ажиллах гэх мэт нийт 17 төрлийн өдөр тутмын үйлдлийг багтаасан. 2-р зурагт унтах, идэх болон телевиз үзэж байгаа үйлдлүүдээс гадна инфра



Зураг 1. Өгөгдөл цуглуулсан орчин



Зураг 2. Ялгаатай үйлдлийг гүйцэтгэж байгаа байдал болон инфра мэдрэгчийн утга

мэдрэгчийн жишээ өгөгдлийг харуулсан болно.

B. Өгөгдөл боловсруулалт

Есөн мэдрэгчийн өгөгдөл синхрон бус учир тус тусын өгөгдлөөс цагийн мэдээлэл нь давхцаж буй өгөгдлүүдийг нэгтгэх замаар нийлмэл өгөгдлийг үүсгэсэн. Мэдрэгчээс хост руу өгөгдөл шидэх үед зарим өгөгдөл тасалдсан байсан ба есөн мэдрэгчээс олонход нь бүртгэгдээгүй үед гэсэн болно.

Бодитоор үйлдэл ялгах даалгаварт өргөн ашиглагддаг нэгэн арга бол гүйдэг цонх(sliding window) ба цонх нь өөрийн гэсэн урттай, алхах алхмын хэмжээтэй байна. Энэхүү аргад тулгарах гол асуудал нь оновчтойгоор цонхны урт болон алхмын хэмжээг тааруулах байдаг.

Бидний цуглуулсан үйлдлүүдийн үргэлжлэх хугацаа харилцан ялгаатай (Хүснэгт 1) тул алхмын хэмжээг тогтмол сонгох нь өгөгдлийн багц(dataset)-ийг тэнцвэргүй(unbalanced) болгоно. Өөрөөр хэлбэл, утсаар ярих болон хоол бэлтгэх үйлдлүүдээр цонхыг тогтмол алхамтайгаар гүйлгэвэл 1:8 харьцаатайгаар тус тусын өгөгдлийн багц үүсэх ба энэ нь машин сургалтын загварыг сургахад сөрөг нөлөөтэй. Энэ асуудлыг бид (1)-ийн дагуу алхмын хэмжээг хувьсдаг байхаар тохируулж шийдсэн. Нэмж хэлэхэд, энэ нь зөвхөн машин сургалтын загварыг сургах зорилгоор зохиосон томъёо ба бодитоор таамаглал гаргахад алхмын хэмжээ тогтмол байна.

$$step = \frac{activity\ length - window\ length}{N - 1} \quad (1)$$

Үүнд:

$step$ – цонхыг гүйлгэх алхмын хэмжээ

$activity\ length$ – үйлдлийн үргэлжлэх хугацаа

$window\ length$ – цонхны урт

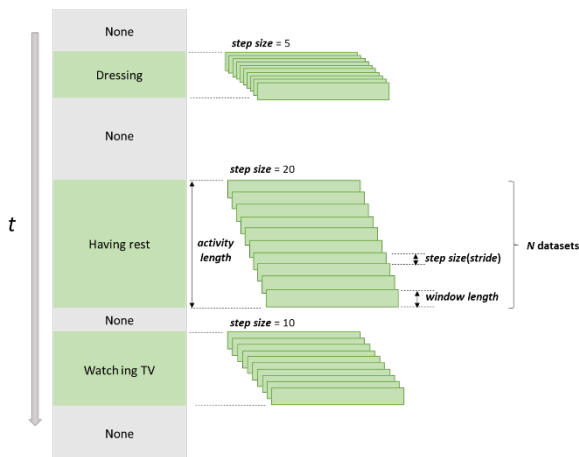
N – үйлдлээс гаргаж авах өгөгдлийн багцын тоо

Сургалтын багц(training dataset)-ийг бэлтгэхдээ цонхыг зөвхөн үйлдлүүд хооронд гүйлгэж, үлдсэн хэсгүүдийг орхисон болно(Зураг 3).

Өгөгдлийн нэг мөр 0.1 секундний мэдээллийг агуулж байгаа буюу 100 мөр ойролцоогоор 10 секундний мэдээллийг агуулна. Цонхны уртыг тохируулахад бид хэд хэдэн утгыг туршиж үзсэн.

ХҮСНЭГТ 1. ҮЙЛДЛҮҮДИЙН ДУНДАЖ ҮРГЭЛЖЛЭХ ХУГАЦАА (ДҮХ)

#	Үйлдлийн нэр	ДҮХ	#	Үйлдлийн нэр	ДҮХ
1	Унтах	3 mins	10	Аяга угаах	1 min
2	Амрах	3 mins	11	Идэх	4 mins
3	Телевиз үзэх	3 mins	12	Өрөө цэвэрлэх	2.5 mins
4	Унших	3 mins	13	Meal preparation	8 mins
5	Утсаар ярих	1 min	14	Dressing	1 min
6	Компьютер дээр суух	3 mins	15	Falling	1 min
7	Зогсох	30 secs	16	Enter room	30 secs
8	Дасгал хийх	3 mins	17	Respiration	20 secs
9	Өрөөгөөр алхах	1 min			



Зураг 3. Өгөгдлийн сан бэлтгэх жишээ

2-р хүснэгтэд харуулснаар 100-аас илүү урттай үед өгөгдлийн багц тэнцвэргүй байна. Харин 100-аас доош урт сонгоход үйлдлүүдийг хооронд нь ялгахад хэт богино гэж тооцоолсноор хамгийн оновчтой цонхны уртыг 100-аар сонгосон болно. Ингэснээр бид 100-н урттай цонхыг $N = 20$ үед хувьсах алхамтайгаар гүйлгэж, нийт 8.5GB багтаамжтай 21029 ширхэг өгөгдлийг багц үүсгэсэн болно.

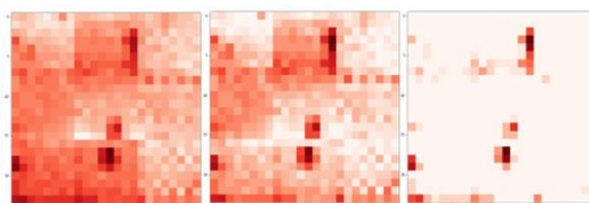
III. АЖИЛ БА ТУРШИЛТУУД

A. Нормальчлал

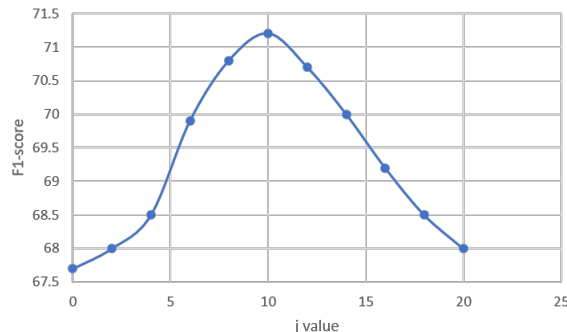
Нэгт бид өгөгдлүүдийг [33]-г ашигласан J-filter-ээр нормальчилсан (Зураг 4). J-filter-ийг ашигласнаар температурын утгууд багасаж энэ нь машин сургалтын загварыг өгөгдлийн шинж чанарыг ялгах чадварыг нэмэгдүүлдэг[33]. J-filter-ийн нөлөөг 5-р зурагт харуулав.

ХҮСНЭГТ 2. ӨГӨГДЛИЙН САНГИЙН ТООНЫ ХЭМЖЭЭ БА ЦОНХНЫ УРТЫН ХАМААРАЛ

Цонхны урт	Өгөгдлийн сангийн тоо		
	Хувцаслах	Телевиз үзэх	Амрах
80	1120	1240	1240
100	1078	1240	1240
120	288	1240	1026
140	125	1240	874



Зураг 4. J-filter-ээр оруулсан жишээ



Зураг 5. J-ийн өөр утгууд дахь BERT загварын үр дүнгүүд

B. Машин сургалтын загварууд

Нормальчлалын дараа бид convolutional болон RNN суурьтай, Attention суурьтай гүн сургалт(deep learning)-ын загварууд сургасан. Өгөгдлийг 2D CNN, 3D CNN-д харгалзан 100x576, 100x24x24 хэлбэрээр өгсөн. RNN суурьтай загваруудаас RNN, GRU, LSTM, Bi-LSTM сургасан бол Attention механизмтай загвараар BERT-г сонгосон. Дараалсан утгын загварууд(sequential models)-ын оролтод цувааны урт(sequence length) 100, болон оролтын хэмжээ 576 байхаар өгөгдлийг бэлдсэн. Сургалтад ашигласан загвар болгоны нуугдмал давхарга(hidden layer)-ын тоо, тэдэнд байх нейрон(cell)-ы хэмжээг олон янзаар туршиж хамгийн сайн үр дүнг 3-р хүснэгтэд үзүүлсэн болно.

C. Фурьегийн хувиргалт(Fast Fourier Transform)

Бидний цуглуулсан өгөгдлийн давтамжийн мэдээлэл хүчтэй байх магадлалтай. Жишээлбэл дасгал хөдөлгөөн хийх нь нэг үйлдлээ олон давтдаг тул давтамжийн мэдээллийг хүчтэй агуулна. Харин үйлдэл болгон бусдаасаа ялгарах тодорхой давтамжийн мэдээлэл агуулж байгаа эсэхийг мэдэхээр бид үндсэн өгөгдлийн багцуудад хугацааны дагуу Фурьегийн хувиргалт хийж, хувиргасан өгөгдлийг машин сургалтаар ангилж туршихад F1-score = 0.53 үр дүн гарсан.

ХҮСНЭГТ 3. ГҮНЗГИЙ СУРГАЛТЫН ЗАГВАРУУД

Загвар	Num layers	Hidden size	Precision	Recall	F1-score
2D CNN	1	512	0.5911	0.5908	0.5911
3D CNN	1	512	0.6112	0.6088	0.6102
RNN	1	512	0.5911	0.5908	0.5911
GRU	1	512	0.6112	0.6088	0.6102
LSTM	3	512	0.6259	0.6269	0.6260
Bi-LSTM	3	512	0.6433	0.6367	0.6397
BERT	3	1024	0.7220	0.7233	0.7225

D. Principal Component Analysis(PCA)

2-р хүснэгтэд байгаа хамгийн сайн загвар муугүй үр дүн үзүүлсэн ч 7.1 сая параметртэй учраас нэг таамаглалыг гүйцэтгэхэд хагас секунд зарцуулж байгаа. Иймд бид загварын хэмжээг багасгахын тулд оролтын хэмжээг багасгах шаардлагатай болсон. Хугацааны 100 агшинд буюу 10 секундэд 576 пикселийн ихэнх хэсэг нь тогтуун байгаа, иймд оролтын хэмжээг багасгах боломжтой гэж үзсэн.

РСА нь өгөгдлийн суурийг өөрчлөх зорилгоор үндсэн бүрэлдэхүүн хэсгүүдийг тооцоолдог процесс ба өгөгдлийн анализ(data analysis) болон таамаглах загвар(predictive model)-т хэрэглэгддэг[34]. РСА-ийг ихэвчлэн өндөр хэмжээтэй өгөгдлийн хэмжээсийг бууруулахад ашигладаг[34] нь бидний зорилготой нийцсэн.

Хэмжээсийг бууруулахад хэдэн бүрэлдэхүүн хэсгийг сонгох нь эргэлзээтэй байсан тул бид РСА-ийн вариаци (variance)[34]-ийг ашиглаж сонгосон. Өгөгдлийн хэмжээг багасгахад вариаци буурч үндсэн өгөгдлөөс илүү их мэдээлэл алдана. Өөрөөр хэлбэл хэмжээс нь буурсан өгөгдөл болон анхны өгөгдлийн зөрүүг вариаци илэрхийлнэ. Вариацийг их байлгахын тулд квадрат хазайлтыг хамгийн бага байлгана(2).

$$minimize (err = ||TW^T - T_L W_L^T||_2^2) \quad (2)$$

Бид вариацийг өөрчлөхдөө тухайн вариацийг хангах хамгийн бага хэмжээсийг сонгож, тэрхүү хэмжээсээр хувирсан өгөгдлийг KNN буюу хяналтгүй сургалтаар сургаж, үйлдлүүд хэрхэн ялгарч байгааг ажигласан(Хүснэгт 4). Мөн эдгээр өгөгдлүүдийг өмнөх туршилтаар хамгийн сайн үр дүн үзүүлсэн BERT загварыг туршсан(Хүснэгт 4). Ингэснээр бид вариацийг 0.999 байхаар сонгож анхны 57600 хэмжээсийг 3938 болгож бууруулсан.

IV. Дүгнэлт

Өдөр тутмын амьдралд хийгдэх үйлдлийг таних ажлуудад тулгардаг хувийн мэдээлэлд хэт халдах, биедээ төхөөрөмж зүүж явах гэх мэт асуудлыг хоёртын мэдрэгч шийдсэн боловч үйлдлийг ангилахуйц үр дүнд хүрч чадаагүй. Харин бидний бага нягтаршилтай инфра мэдрэгч ашиглан цуглуулсан өгөгдөл эдгээр асуудлыг бүхэлд нь шийдэж чадсан гэдэгт итгэлтэй байна.

ХҮСНЭГТ 4. ВАРИАЦААС ХАМААРЧ БУУРСАН ХЭМЖЭЭС БА БУУРУУЛСАН ӨГӨГДЛӨӨР СУРГАЛТ ХИЙСЭН ҮР ДҮН

Варианц	Анхны хэмжээс	РСА-ээр бууруулсан хэмжээс	KNN	BERT
0.95	57600	1289	0.6111	0.6830
0.975	57600	1986	0.6300	0.7150
0.99	57600	2834	0.6533	0.7560
0.999	57600	3938	0.7102	0.8011
F1-score				

Боловсруулсан өгөгдлөө үнэлэхээр хэд хэдэн гүн сургалтын загваруудыг туршсанаас BERT загвар муугүй үр дүн гаргасан ч олон параметртэй байсан учраас РСА ашиглан өгөгдлийн хэмжээг олон дахин багасгаснаар цөөн параметртэй загвар ашиглах боломжийг бий болгосон. Үр дүнг нэмэгдүүлэх хэд хэдэн туршилтууд хийснээр бидний гаргасан үндсэн загвар **F1-score = 0.84**,

бодит цагийн туршилтад **F1-score=0.77** оновчлол үзүүлсэн нь 74 өөр хүний 17 төрлийн үйлдэлд сайн үзүүлэлт юм. Бодит цагийн туршилт нь сургаагүй өгөгдөл дээр тогтмол алхмаар хийгдсэн тул практикт хэрэглэгдэх боломжтой. Нэмж дурдахад, бидний өгөгдлийн давтамжийн мэдээлэл үйлдлүүдийг ангилах бололцоотой биш гэдгийг судалгаа туршилтаар нотолсон.

Бидний санал болгож буй үндсэн загвар нь үр дүн сайтай, хөнгөн(хурдан) загвар боловч хэд хэдэн сул талтай. Зөвхөн гүн сургалтын загварыг сургахаас гадна РСА-ийг “сургах” шаардлагатай буюу eigenvector-ийг тооцоолохын тулд бүх өгөгдлийн сангийн матрицыг ашиглана. Иймд РСА-ийг “сургах” процессын хугацаа өгөгдлийн сангийн хэмжээнээс хамаарна. Мөн РСА-ийн вариацийг статикаар буюу гараас өгч тохируулна. Түүнээс гадна бидний үйлдлийн эхлэл, төгсгөлийг таних ажил сайн үр дүнд хүрээгүй. Дээрх асуудлуудыг шийдэх шийдлүүд дараа дараагийн ажлуудад орно гэж найдаж байна.

ТАЛАРХАЛ

Судалгааны ажлын өгөгдлийг бүрдүүлэхэд томоохон туслалцаа үзүүлсэн доктор Г.Мөнхжаргал, мэдрэгчийн систем, зохиомол орчинг үүсгэж өгөгдөл цуглуулсан Г.Гантулга, А.Саруулбуян болон өгөгдөл цуглуулахад оролцсон сайн дурын 74 хүмүүст талархал илэрхийлье.

НОМ ЗҮЙ

- [1] UN DESA, World population prospects 2019, дуг. 141. 2019.
- [2] E. M. Grundy and M. Murphy, “Population ageing in Europe,” in Oxford Textbook of Geriatric Medicine, 2017, хууд. 11.
- [3] C. D. Mathers, G. A. Stevens, T. Boerma, R. A. White, and M. I. Tobias, “Causes of international increases in older age life expectancy,” Lancet, vol. 385, дуг. 9967, хууд. 540–548, 2015.
- [4] D. Cutler, A. Deaton, and A. Lleras-Muney, “The determinants of mortality,” J. Econ. Perspect., vol. 20, душ. 3, хууд. 97–120, 2006.
- [5] S. Peltzman, “Mortality inequality,” J. Econ. Perspect., vol. 23, дуг. 4, хууд. 175–190, 2009.
- [6] G. Johnstone et al., “Interventions to improve the health and wellbeing of older people living alone: A mixed-methods systematic review of effectiveness and accessibility,” Ageing Soc., хууд. 1–50, 2019.
- [7] R. Stepler, “Smaller share of women ages 65 and older are living alone: More are living with spouse or children,” Pew Research Center, 2016.
- [8] H. J. Kwon, J. U. Jeong, and M. Choi, “Social relationships and suicidal ideation among the elderly who live alone in Republic of Korea: A logistic model,” Inq. J. Heal. Care Organ. Provision, Financ., vol. 55, 2018.
- [9] M. Zali, A. Farhadi, M. Soleimanifar, H. Allameh, and L. Janani, “Loneliness, fear of falling, and quality of life in community-dwelling older women who live alone and live with others,” Educ. Gerontol., vol. 43, дуг. 11, хууд. 582–588, 2017.
- [10] B. Jokanovic, M. Amin, and F. Ahmad, “Radar fall motion detection using deep learning,” 2016 IEEE Radar Conf. RadarConf, хууд. 1–6, 2016.
- [11] S. Ansari, T. Aslam, J. Poncela, P. Otero, and A. Ansari, “Internet of Things-Based Healthcare Applications,” 2019, хууд. 1–28.
- [12] M. Gochoo et al., “Novel IoT-Based Privacy-Preserving Yoga Posture Recognition System Using Low-Resolution Infrared Sensors and Deep Learning,” IEEE Internet Things J., vol. 6, дуг. 4, хууд. 7192–7200, 2019.
- [13] M. M. Baig, S. Afifi, H. GholamHosseini, and F. Mirza, “A Systematic Review of Wearable Sensors and IoT-Based Monitoring Applications for Older Adults – a Focus on Ageing Population and Independent Living,” J. Med. Syst., vol. 43, дуг. 8, хууд. 233, 2019.
- [14] I. Rodríguez, G. Cajamarca, V. Herskovic, C. Fuentes, and M. Campos, “Helping Elderly Users Report Pain Levels: A Study of User Experience with Mobile and Wearable Interfaces,” Mob. Inf. Syst. 2017, 2017.

- [15] A. Jalal, M. A. K. Quaid, and A. S. Hasan, "Wearable sensor-based human behavior understanding and recognition in daily life for smart environments," in Proceedings - 2018 International Conference on Frontiers of Information Technology, FIT 2018, 2019, хууд. 105–110.
- [16] V. Bianchi, M. Bassoli, G. Lombardo, P. Fornacciari, M. Mordonini, and I. De Munari, "IoT Wearable Sensor and Deep Learning: An Integrated Approach for Personalized Human Activity Recognition in a Smart Home Environment," IEEE Internet Things J., vol. 6, дуг. 5, хууд. 8553–8562, 2019.
- [17] S. Kekade et al., "The usefulness and actual use of wearable devices among the elderly population," Comput. Methods Programs Biomed., vol. 153, хууд. 137–159, 2018.
- [18] A. Kononova et al., "The use of wearable activity trackers among older adults: Focus group study of tracker perceptions, motivators, and barriers in the maintenance stage of behavior change," J. Med. Internet Res., vol. 21, дуг. 4, 2019.
- [19] S. Poularakis, K. Avgerinakis, A. Briassouli, and I. Kompatsiaris, "Efficient motion estimation methods for fast recognition of activities of daily living," Signal Process. Image Commun., vol. 53, дуг. November 2016, хууд. 1–12, 2017, [Online]. Available: <http://dx.doi.org/10.1016/j.image.2017.01.005>.
- [20] M. Gabrielli, P. Leo, F. Renzi, and S. Bergamaschi, "Action recognition to estimate Activities of Daily Living (ADL) of elderly people," 2019 IEEE 23rd Int. Symp. Consum. Technol. ISCT 2019, хууд. 261–264, 2019.
- [21] K. Caine, S. Šabanović, and M. Carter, "The effect of monitoring by cameras and robots on the privacy enhancing behaviors of older adults," in HRI'12 - Proceedings of the 7th Annual ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction, 2012, хууд. 343–350.
- [22] M. Gochoo, T.-H. Tan, V. Velusamy, S.-H. Liu, D. Bayanduuren, and S.-C. Huang, "Device-Free Non-Privacy Invasive Classification of Elderly Travel Patterns in A Smart House Using PIR Sensors and DCNN," IEEE Sens. J., vol. 18, дуг. 1, хууд. 1–1, 2018.
- [23] A. Jalal, S. Kamal, and C. A. Azurdia-Meza, "Depth Maps-Based Human Segmentation and Action Recognition Using Full-Body Plus Body Color Cues Via Recognizer Engine," J. Electr. Eng. Technol., vol. 14, дуг. 1, хууд. 455–461, 2019, [Online]. Available: <https://doi.org/10.1007/s42835-018-00012-w>.
- [24] K. Kim, A. Jalal, and M. Mahmood, "Vision-Based Human Activity Recognition System Using Depth Silhouettes: A Smart Home System for Monitoring the Residents," J. Electr. Eng. Technol., vol. 14, дуг. 6, хууд. 2567–2573, 2019, [Online]. Available: <https://doi.org/10.1007/s42835-019-00278-8>.
- [25] M. Eldib, F. Deboeverie, W. Philips, and H. Aghajan, "Behavior analysis for elderly care using a network of low-resolution visual sensors," J. Electron. Imaging, vol. 25, дуг. 4, хууд. 041003, 2016.
- [26] M. Gochoo, T. H. Tan, S. H. Liu, F. R. Jean, F. S. Alnajjar, and S. C. Huang, "Unobtrusive Activity Recognition of Elderly People Living Alone Using Anonymous Binary Sensors and DCNN," IEEE J. Biomed. Heal. Informatics, vol. 23, дуг. 2, хууд. 693–702, 2018.
- [27] F. Al MacHot, S. Ranasinghe, J. Plattner, and N. Jnoub, "Human Activity Recognition based on Real Life Scenarios," in 2018 IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications Workshops, (PerCom Workshops), 2018, хууд. 3–8.
- [28] H. Y. Yatbaz, S. Eraslan, Y. Yesilada, and E. Ever, "Activity recognition using binary sensors for elderly people living alone: Scanpath trend analysis approach," IEEE Sens. J., vol. 19, дуг. 17, хууд. 7575–7582, 2019.
- [29] M. Gochoo, T. H. Tan, T. Batjargal, O. Seredin, and S. C. Huang, "Device-Free Non-Privacy Invasive Indoor Human Posture Recognition Using Low-Resolution Infrared Sensor-Based Wireless Sensor Networks and DCNN," in Proceedings - 2018 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics, SMC 2018, 2019, хууд. 2311–2316.
- [30] Y. Karayaneva, S. Baker, B. Tan, and Y. Jing, "Use of Low-Resolution Infrared Pixel Array for Passive Human Motion Movement and Recognition," хууд. 1–5, 2018.
- [31] H. F. Nweke, Y. W. Teh, M. A. Al-garadi, and U. R. Alo, "Deep learning algorithms for human activity recognition using mobile and wearable sensor networks: State of the art and research challenges," Expert Syst. Appl., vol. 105, хууд. 233–261, 2018, [Online]. Available: <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2018.03.056>.
- [32] N. Lu, Y. Wu, L. Feng, and J. Song, "Deep learning for fall detection: Three-dimensional CNN Combined with LSTM on video kinematic data," IEEE J. Biomed. Heal. Informatics, vol. 23, дуг. 1, хууд. 314–323, 2018.
- [33] Cunyi Yin, Jing Chen, Xiren Miao, Hao Jiang and Deying Chen "Device-Free Human Activity Recognition with Low-Resolution Infrared Array Sensor Using Long Short-Term Memory Neural Network", Sensors 2021, 21(10), 3551; Available: <https://doi.org/10.3390/s21103551>
- [34] From Wikipedia, the free encyclopedia "Principal component analysis". https://en.wikipedia.org/wiki/Principal_component_analysis

Их сургуулийн онтологийн чанарыг бичиглэл, бүтцээр харьцуулах нь

VIVO болон МУИС-ийн онтологи

Г.Мөнхбат
Машин оюуны лаборатори
Мэдээлэл, компьютерийн ухааны тэнхим
ХШУИС, МУИС
muugii.yii@gmail.com

Г.Амарсанаа
Машин оюуны лаборатори
Мэдээлэл, компьютерийн ухааны тэнхим
ХШУИС, МУИС
amarsanaag@num.edu.mn

Хураангуй—Семантик технологи, онтологийг хэрэглэнд нэвтрүүлэхэд онтологийн чанарын асуудал чухал тавигддаг. Энэ ажлаар их сургуулийн онтологийн чанарыг бичиглэл, бүтцийн хувьд үнэлэх зорилготой. Бид OOPS үнэлгээний аргаар VIVO болон МУИС-ийн онтологийг харьцуулан судалж зайлшгүй засах шаардлагатай болон шаардлагагүй, ноцтой үл тохирлыг олж илрүүлсэн юм. Эдгээрээс зарим үл тохирлыг шинжилж засварлаж сайжруулах санал боловсруулсан болно.

Тулхуур үг—онтологи, онтологийн чанар, онтологийн үнэлгээ

[1] I. УДИРТАЛ

Онтологийг хөгжүүлж өгөгдлийн чанартай бүтцийг нэгж-объектын өгөгдлийн шинжилгээ, граф хиймэл оюун болон бусад орчин үеийн хэрэглэнд нэвтрүүлэх чармайлт нэмэгдэж байна. Эдгээр шинэ боломж өгөгдлийн чанартай бүтцэд түшиглэн бий болох бөгөөд чанартай бүтцийг хэрхэн үүсгэх нь онтологийн зохиомж, чанараас шууд хамаардаг. Иймд онтологийн илэрхийлж буй мэдлэгийн логик холбоо хамаарал нь үнэн зөв, хоорондоо зохицолтой байх хэрэгтэй бөгөөд онтологийн чанарыг үнэлэх нь домэйн мэдлэг, онтологи инженерчлэлийн үр чадвар шаардсан ажил болдог.

Онтологи нь домэйн, зориулалт, хэрэглээнээсээ хамаарч мэдлэгийг илэрхийлэх зохиомж харилцан адилгүй байж болдог. Онтологийн хөгжүүлэлтийг зайлшгүй тухайн салбарын дадлага туршлагатай мэргэжилтний оролцоотойгоор хийх бөгөөд тус салбарын үйл ажиллагаа, бүтэц зэрэг онцлогуудаас хамааран өөрийн онцгой нэг онтологийг бий болгодог. Үүнээс шалтгаалан ижил төстэй салбарын онтологуудыг харьцуулан шууд эцсийн баталгаатай үнэлгээ, дүгнэлт өгөх нь төвөгтэй асуудал юм. Гэхдээ онтологийн бичиглэл, бүтцийн хувьд үнэлж дүгнэх боломж бий. Онтологи ямар нэг хэлээр бичигдэх бөгөөд тухайн мэдлэгийг илэрхийлэхдээ онтологид тавигдах нийлгэл шаардлагуудыг хэрхэн хангаж байгааг онтологийн бичиглэлээс харах боломжтой.

Энэ ажлаар их сургуулийн онтологийг харьцуулан үнэлгээ хийж, дүгнэлт гаргах зорилготой. Ингэхдээ МУИС-ийн онтологи (DNUM) болон VIVO [1] онтологийг сонгон авч үнэллээ. Бид онтологуудыг бичиглэл болон бүтцийн талаас харьцуулалт хийсэн ба үүнийг онтологид дүн шинжилгээ хийдэг нээлттэй, онлайн системийг ашиглан гүйцэтгэсэн юм. DNUM онтологийг их сургуулийн бусад онтологитой харьцуулан судлах, үнэлж дүгнэх нь энэ онтологийг хувьд засаж сайжруулах чухал ажлын эхлэл болно.

Судалгааны үр дүнд DNUM, VIVO онтологийн бүтцийн болон бичиглэлийн харьцуулсан дүгнэлт гарч, цаашид МУИС онтологид оруулах нэмэлт өөрчлөлтийн саналууд гарсан.

Энэ өгүүллийн II бүлэгт их сургуулийн онтологи болон түүний үнэлгээний талаар, III бүлэгт онтологийн үнэлгээний аргын талаар танилцуулах бол хоёр онтологийг бичиглэлийн болон бүтцийн үнэлгээний дүнг IV бүлэгт, энэ дүнд түшиглэсэн ажиглалт, сайжруулах саналын тухай хэлэлцүүлгийг V бүлэгт тайлбарлана.

[2] II. ХОЛБООТОЙ АЖИЛ

Дэлхий даяар маш олон салбарт өөрийн онтологийг хөгжүүлж байгаа бөгөөд эдгээрийн дунд их дээд сургуулийн онтологи хөгжүүлэх судалгаа болон хөгжүүлсэн онтологи олон бий. Жишээ нь, Палестины их сургууль боловсролын мэдлэгийн жишээ судалгаанд онтологийг бий болгох [2], их сургуулийн онтологийн бүтээх [3], их сургуулийн онтологийг Protege програмыг ашиглан хөгжүүлэх нь [4], их сургуулийн мэдлэгээс онтологийг ашиглан семантик мэдээлэл авах [5] зэрэг олон судалгаа, ажлууд хийгдсэн байна. Харин онтологийн чанарын үнэлгээ болон ижил төстэй онтологийг харьцуулсан судалгааны ажил ховор байна. Одоогоор онтологийн чанарыг үнэлэх тогтсон, нийтэд зөвшөөрөгдсөн, автомат арга, аргачлал байхгүй байна. Харин онтологийн бүтцийг зөв тодорхойлох талаар хийгдсэн алтан стандарт загвар [6], автоматаар онтологийг тохируулах орчин үеийн арга [7] зэрэг судалгааны ажлуудад онтологийн чанарын үнэлгээний зарим аргыг санал болгосон. Эдгээр аргууд нь онтологи хөгжүүлэлтийн эхэн үед хийгдэх өгөгдлийн загварыг тодорхойлох асуудлын талаар хийгдсэн байна. Их сургууль, эрдэм шинжилгээний байгууллагын хувьд VIVO онтологийг өргөнөөр ашиглаж байна. Vivo нь Lygasis байгууллагаас хөгжүүлдэг онтологи бөгөөд их сургуулиудын хооронд мэдээлэл солилцох үйл ажиллагааг өгөгдлийн нэгдсэн ижил загварыг ашиглан гүйцэтгэх өгөгдлийн загварыг семантикаар боловсруулж санал болгож байгаа юм. OLOUD [8] Унгар улсын их дээд сургуулиудын сургалтын үйл ажиллагааны загвар дээр тулгуурлан хөгжүүлсэн нээлттэй онтологи ба энэ нь олон эх сурвалжаас авсан мэдээллийг нэгтгэн багш, суралцагчдад мэдээллийг илүү ухаалагаар гарган өгөх зорилготой хөгжүүлэгдсэн. DNUM нь Италийн Трэнтогийн их сургуулиас хөгжүүлсэн дижитал их сургуулийн онтологи [9] дээр тулгуурлан МУИС-ийн нээлттэй өгөгдлийн¹ хүрээнд мэдлэгийн граф үүсгэж хадгалах, өгөгдлийн суурь

¹ <https://data.num.edu.mn>

бүтцийг тодорхойлох зорилгоор хөгжүүлсэн онтологи юм.

Дээрх онтологиудаас VIVO онтологи нь их сургуулийн онтологийн ерөнхий загвар бөгөөд хөгжүүлэлтийн цар хүрээ өргөн байгаагаас шалтгаалан сонгон авч МУИС онтологитой харьцуулан судлахад тохиромжтой гэж үзсэн юм. МУИС-д онтологи хөгжүүлж өгөгдлийн суурь бүтэц үүсгэн нэвтрүүлж байгаа. Хэдий хэрэглээнд нэвтэрч байгаа болов ч DNUM онтологийн чанар хэр зэрэг байгаа нь анхаарал татаж байна.

[3] III. Онтологийн үнэлгээ

Онтологийн үнэлгээ нь онтологи хөгжүүлэлтийн дараа зайлшгүй хийгдэх асуудлуудыг нэг бөгөөд цаашдын хөгжүүлэлт, өргөтгөл, мэдээлэл хадгалах, мэдлэг гаргаж авах, мэдлэгт суурилсан систем хөгжүүлэхэд чухал нөлөөтэй. Онтологид тухайн салбарын нарийн үйл ажиллагаа, мэдээллийн онцлог, байгууллагын бүтэц зэрэг чанарууд шингэсэн байдаг тул бусадтай харьцуулан үнэлгээ хийх нь амаргүй сорилт юм. “Онтологийн үнэлгээний аргуудын талаархи судалгаа” өгүүлэлд [10] алтан стандартад суурилсан, корпус дээр суурилсан, даалгавар дээр суурилсан, шалгуурт суурилсан аргуудыг санал болгосон байна. Дээрх арга тус бүр өөрийн онцлог чанаруудтай бөгөөд үнэлгээ хийх ажилд салбарын болон онтологийн олон мэргэжилтнийг хамруулснаар үр дүнг илүү бодитой, чанартай болгодог байна. Хэдийгээр онтологийн бүтэц, бичиглэл, өгөгдлийн нийцэл зэргээр үнэлгээ хийх аргуудын талаар судалгаанууд хийгдсэн болов ч эцсийн дүгнэлтэд мэргэжилтний өгөх чанарын үнэлгээ хамгийн чухалд тооцогдож байна.

OquaRE

Онтологид үнэлгээ хийх OquaRE [11] арга нь онтологийн чанарын шаардлага ба үнэлгээний арга, хэмжигдэхүүнүүд боловсруулж, судалгаа туршилт хийсэн. OquaRE арга нь бүтэц, найдвартай байдал, үйл ажиллагаанд нийцтэй байдал, засвар өөрчлөлт оруулах боломж, нийцтэй байдал, мэдлэг дамжуулах боломж болон функцийн хүртээмж зэрэг шинж чанаруудаар үнэлдэг байна. Эдгээр шинж тус бүр нарийвчилсан дэд бүлгүүдтэй байх бөгөөд үр дүнг тус бүр 1-5 хооронд оноо өгөх зарчмаар хийгдэнэ. Тоон үнэлгээ өгөхөд аль болох олон тооны онтологи хөгжүүлэлтийн талаар мэдлэг, туршлагатай хүмүүсийг оролцуулан хийлгэх шаардлагатай ба ингэснээр илүү бодит үр дүнд ойртно гэж үзсэн байна. Энэ аргаар үнэлэхэд хэд хэдэн онтологийн мэргэжилтэн онтологиудыг судалсны үндсэн дээр асуумжид суурилсан аргаар тоон утгатай оноо өгөх зарчмаар ажилласан байна. Энэ арга нь бидний судалгааны орчин нөхцөлд тохирохгүй байсан тул өөр арга хэрэглэх шаардлагатай болсон юм.

OOPS

OOPS [12] арга нь RDF өгөгдлийг ашиглан онтологийг бичиглэл болон бүтэц талаас нь анализ хийж үл тохирлын мэдээллийг 3 түвшинд ангилан гаргадаг.

Үүнд:

- Зайлшгүй засварлах шаардлагагүй (Minor)
- Засварлах шаардлагатай (Important)

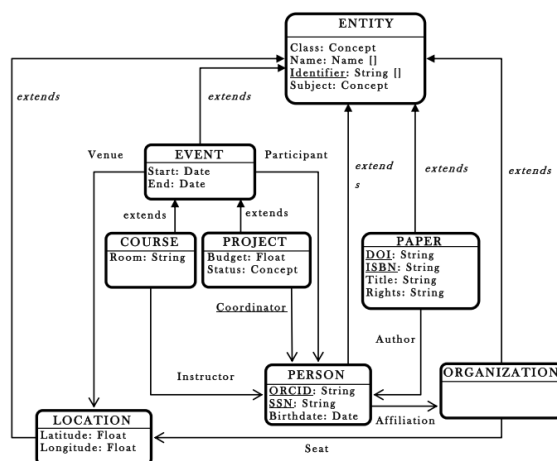
- Ноцтой үл тохирол тул зайлшгүй засварлах шаардлагатай (Critical)

Энэ судалгааны ажлаар OOPS системийг² ашиглан DNUM болон VIVO онтологид харьцуулалт хийсэн. Тус систем нь одоогоор өргөн хэрэглэгддэг шалгарсан үнэлгээний систем бөгөөд үл тохирлыг онтологийг бүрэлдүүлэгч нэгж тус бүрээр нарийвчлан гаргахаас гадна онтологийн бичилтэд сайжруулалт хийх боломжийг санал болгодог тул сонгон авч судалгаанд ашигласан болно.

[4] IV. Бичиглэл болон бүтцийн харьцуулалт

Онтологийг бичих хэлэнд тавигддаг бичлэгийн сайн дүрэмтэй байх, формаль семантик байх, мэдлэгийг хангалттай илэрхийлэх боломж, илэрхийллийн олон хувилбар, учир шалтгааныг гаргах (reasoning) боломж зэрэг нийтлэг шаардлагууд байдаг. Түгээмэл хэрэглэгддэг OWL хэл эдгээр шаардлагыг бүрэн хангасан байдаг бөгөөд энэ хэлээр бичигдсэн аливаа онтологийг чанарыг хэрхэн бичигдсэн байдлаас нь үнэлэх боломжтой. Харин бүтэц агуулга, зохиомжийг домэйн мэргэжилтэн үнэлнэ.

DNUM онтологийн хамрах хүрээ нь багш ажилтны үйл ажиллагаа, тухайлбал, тэдний заадаг хичээл, хэвлүүлсэн бүтээл, удирдсан/ажилласан төсөл зэргийн хамардаг тул суралцагчидтай холбоотой мэдээлэл байхгүй. Зураг 1-ээс онтологийн үндсэн бүтцийг харж болно.



Зураг 1. DNUM онтологийн үндсэн классууд

VIVO нь бүхэлдээ мэдлэг болон туршлагыг бүтээх үйл явцыг семантик байдлаар тодорхойлох гэсэн өргөн хүрээний онтологи юм. DNUM онтологийн цар хүрээндээ гадна суралцагчийн суралцахуйн процесс, түүнд хэрэглэх олон тооны классыг агуулдаг.

Хүснэгт I. Онтологийн үзүүлэлт

Онтологи	DNUM	VIVO
Классын тоо	38	275
Объект шинж чанарын тоо	57	199
Объект бус өгөгдөл шинж чанарын тоо	76	219
Тэмдэглэгээн утга бүхий шинж чанарын тоо	10	36
Нийт өгөгдөл	181	729

² <http://oops.linkeddata.es>

Хүснэгт I-дэх харуулсан үзүүлэлтээс үзэхэд VIVO нь бүтцийн хувьд харьцангуй том бөгөөд класс, шинж чанаруудын (properties) тоогоор илүү байна. Үүнийг судалж үзэхэд класс шинж чанаруудын тоо олон байгаа нь VIVO онтологийн зохиомжийн онцлогоос хамаарч байсан. Жишээ нь, бичиг баримттай холбоотой мэдээлэл агуулах (Document) классаас удамшсан классын тоо 68, системд оролцогчдын үүргийг заасан (Role) классаас удамшсан классын тоо 49 байна.

Энэ судалгаагаар DNUM болон VIVO онтологийг бичиглэл, бүтцийн талаас нь OOPS аргаар харьцууллаа.

OOPS аргын үнэлгээ

Хүснэгт II. OOPS СИСТЕМЭЭР ГАРГАСАН ҮЛ ТОХИРОЛ

	VIVO		DNUM	
	Төрөл	Тохиолдол	Төрөл	Тохиолдол
Зайлшгүй засварлах шаардлагагүй	8	107	4	203
Засварлах шаардлагатай	6	362	4	10
Ноцтой үл тохирол	1	2	1	24
Нийт	15	471	9	237

Хүснэгт II-оос үзэхэд VIVO нь үл тохирлын төрөл, тохиолдлоор DNUM-с их байгаа боловч нэгжид оногдох алдааны тоогоор бага байгаж харж болно. Үүнээс үзэхэд VIVO нь бичиглэлийн чанарын үнэлгээгээр DNUM-с илүү гэж үзэж болохоор байна

Шалгалтын үр дүнгээс чухал нөлөөтэй үл тохирлуудыг онтологи тус бүр дээр авч үзье. (Дэлгэрэнгүй үр дүнг https://github.com/muugiivii/DNUM_vs_VIVO_in_OOPS холбоосоор үзэх боломжтой)

DNUM

Ноцтой үл тохирол:

1. Объектын шинж чанаруудын авах утгын олонлог болон авах утгын хязгаарыг олон утгатай тодорхойлсон (24 тохиолдол)

Засварлах шаардлагатай:

1. Авах утга эсвэл авах утгын хязгаарыг тодорхойлж өгөөгүй (6 тохиолдол)

Зайлшгүй засварлах шаардлагагүй:

1. Бусад өгөгдөлтэй холбогдоогүй элемент байна (1 тохиолдол)
2. Тэмдэглэлийн мэдээлэл дутуу (145 тохиолдол)
3. Шинж чанаруудын урвуу холбоосыг тодорхойлж өгөөгүй (56 тохиолдол)
4. Онтологийн нэгжүүдийн нэршлийн загварчлалыг ялгаатай байдлаар тодорхойлох.

VIVO

Ноцтой үл тохирол:

1. Шинж чанаруудын урвуу холбоосыг буруу тодорхойлсон (2 тохиолдол)

Засварлах шаардлагатай:

2. Авах утга эсвэл авах утгын хязгаарыг тодорхойлж өгөөгүй (289 тохиолдол)
3. Ижил утгатай шинж чанаруудыг тодорхойлж өгөөгүй (1 тохиолдол)
4. Ижил утгатай классуудыг тодорхойлж өгөөгүй (9 тохиолдол)

Зайлшгүй засварлах шаардлагагүй:

1. Бусад өгөгдөлтэй холбогдоогүй элемент байна (2 тохиолдол)
2. Тэмдэглэлийн мэдээлэл дутуу (8 тохиолдол)
3. Классуудын тайлбар утга ижил байна. (7 тохиолдол)
4. Шинж чанаруудын эсрэг холбоосыг тодорхойлж өгөөгүй (79 тохиолдол)
5. Онтологийн нэгжүүдийн нэршлийн загварчлалыг ялгаатай байдлаар тодорхойлох.

Дээрх үр дүнг ажиглаж дараах санал боловсруулсныг V бүлэгт үзүүлэв.

[5] V. ХЭЛЭЛЦҮҮЛЭГ

Харьцуулж буй онтологиуд нь хоёул мэдлэг олж авах үйл ажиллагаа болон түүнтэй хамааралтай нэгжүүдийн холбоо хамаарлыг семантикаар боловсруулах зорилготой боловч тус бүрдээ ялгаатай архитектураар шийдэл гаргасан байна.

DNUM онтологийг OOPS аргаар шинжилгээ хийхэд гарсан үл тохирлуудыг арилгах нь зүйтэй бөгөөд энэ нь цаашдын системийн хөгжүүлтэд эерэг нөлөө үзүүлэхээр байна.

Үл тохирлуудыг арилгаснаар дараах үр дүнгүүд гарна.

- Объектын шинж чанаруудын авах утгын олонлог болон авах утгын хязгаарыг олон утгатай тодорхойлсноор граф өгөгдлөөс мэдлэг гаргах явцад тодорхой байдал үүсэх бөгөөд үүнийг дараах байдлаар шийдвэрлэх боломжтой байна.

Жишээ болгож “has_status” объектын шинж чанарыг үзвэл:

has_status-Domains: Person, Project, Creative_work
has_status-Range: Concept

RDFS бичиглэлийг Код 1-д үзүүлэв.

```
<owl:ObjectProperty
rdf:about="http://num.edu.mn/ontology#has_status">
  <rdfs:domain
rdf:resource="http://num.edu.mn/ontology#Creative_work"/>
  <rdfs:domain
rdf:resource="http://num.edu.mn/ontology#Person"/>
  <rdfs:domain
rdf:resource="http://num.edu.mn/ontology#Project"/>
  <rdfs:range
rdf:resource="http://num.edu.mn/ontology#Concept"/>
</owl:ObjectProperty>
```

Код 1. has_status шинж чанарын домэйн

Код 1 дээр rdf:parseType="Collection" атрибутыг нэмж олон утгатай тодорхойлсон үл тохирлыг арилгаж болохыг Код 2-г харуулав.

```

<owl:ObjectProperty
rdf:about="http://num.edu.mn/ontology#has_status">
<rdfs:domain>
<owl:Class>
<owl:unionOf rdf:parseType="Collection">
<rdf:Description
rdf:about="http://num.edu.mn/ontology#Creative_work"/>
<rdf:Description
rdf:about="http://num.edu.mn/ontology#Person"/>
<rdf:Description
rdf:about="http://num.edu.mn/ontology#Project"/>
</owl:unionOf>
</owl:Class>
</rdfs:domain>
<rdfs:range
rdf:resource="http://num.edu.mn/ontology#Concept"/>

```

Код 2. has_status domain properties-н өөрчилсөн байдал

- Program болон Curriculum классууд нь ялгаатай боловч тухайн онтологийг бусад газар авч ашиглах болон бусад системтэй холбох үед агуулгын талаас андуурах эрсдэлтэй байна. Онтологийн хөгжүүлэхдээ аливаа нэршил нь хоёрдмол утгагүй, бусад класс, өгөгдлүүдтэй андуурч ойлгогдохооргүй байх нь зүйтэй байна.
- Тэмдэглэл буюу хүнд зориулсан тайлбар мэдээлэл дутуу байгааг засах шаардлагатай бөгөөд ингэснээр онтологи хөгжүүлэгчид болон түүнийг ашиглах систем хөгжүүлэгчдэд тухайн өгөгдлийн талаар мэдээллийг хялбар авах боломжийг бүрдүүлнэ.
- Объектын шинж чанаруудыг тодорхойлоход класс бүрийн хууд нарийвчлан тодорхойлох нь зүйтэй бөгөөд ингэснээр өгөгдлөөс нарийвчилсан бодит мэдлэг гарган авах нөхцлийг бүрдүүлнэ.

DNUM онтологийн хууд эх класс дээр олон шинж чанаруудыг тодорхойлж өгсөн тохиолдол олон байгаа ба тэдгээр нь түүнээс удамшсан бүх класст хамааралтай болж байна.

DNUM онтологийн нэг чухал давуу тал нь онтологийн өгөгдөл тус бүр ConceptID шинж чанартай бөгөөд үүгээр дамжуулан тухайн өгөгдлийг формаль хэлний бодит мэдлэгтэй холбож өгсөн. Ингэснээр тухайн онтологийг олон хэл (multilingual) дээр ашиглагдах боломжийг олгож байна.

[6] VI. ДҮГНЭЛТ

DNUM болон VIVO онтологийг бичиглэл болон өгөгдлийн бүтцийн талаас OOPS системээр анализ хийн харьцуулалт хийв. Харьцуулалтын үр дүнд VIVO онтологи нь нарийвчилсан өгөгдлийн бүтэцтэй, үндсэн бүтэц нь оюутны сургалтын үйл ажиллагаатай холбогдсон, бичиглэлийн хувьд DNUM онтологиос илүү тооны үл тохирол илэрч байна. МУИС-ийн нээлттэй өгөгдлийг ашиглан хөгжүүлэлт хийхэд VIVO онтологи нь DNUM онтологиос давуу байдал гарахгүй гэж дүгнэж байна.

Энэ удаагийн судалгаа нь DNUM онтологийг бусад онтологитой харьцуулж судалсан анхны ажил болсон бөгөөд гарсан үр дүнг ашиглан хөгжүүлэлтийн дараагийн хувилбарыг гаргах боломж нээгдэж байна. OOPS системээр анализ хийхэд гарсан үл тохирлуудыг

онтологийн үндсэн загвар шийдэлд өөрчлөлт оруулахгүйгээр OWL бичилтэд өөрчлөлт оруулах замаар арилгах бүрэн боломжтой байна.

OQuaRE үнэлгээний аргыг хэрэгжүүлэхэд олон тооны онтологийн мэдлэгтэй хүмүүс байх шаардлагатай бөгөөд бидний хувьд тийм хүмүүсийг энэ судалгааны ажилд оролцуулах боломжгүй байсан тул энэ аргаар үнэлгээг хийгээгүй болно. Цаашид олон онтологи хөгжүүлэгчдийн оролцоотойгоор энэ аргаар үнэлгээ хийх боломжтой.

[7] ТАЛАРХАЛ

Энэ судалгааг Монгол улсын их сургуулийн P2022-4222 дугаартай Дижитал МУИС төслөөр санхүүжүүлсэн болно.

[8] ЗҮҮЛТ

- [1] K. Borner, M. Conlon, J. Corson-Rikert, and Y. Ding, "VIVO: A Semantic Approach to Scholarly Networking and Discovery," *Synthesis Lectures on The Semantic Web: Theory and Technology*, vol. 7, pp. 1–178, Oct. 2012, doi: 10.2200/S00428ED1V01Y201207WBE002.
- [2] S. Abu-Naser, R. Atallah, and S. Hamo, "Building an Ontology in Educational Domain Case Study for the University of Palestine," *International Journal of Research in Engineering and Science*, vol. 3, pp. 15–21, Feb. 2015.
- [3] A. Ameen, K. Khan, and B. Rani, "Construction of university ontology," Oct. 2012, pp. 39–44. doi: 10.1109/WICT.2012.6409047.
- [4] N. Malviya, N. Mishra, and S. Sahu, "Developing University Ontology using protégé OWL Tool: Process and Reasoning." 2011.
- [5] S. Rajasurya, T. Muralidharan, S. Devi, and S. Swamynathan, "Semantic Information Retrieval Using Ontology In University Domain," *International Journal of Web & Semantic Technology*, vol. 3, Jul. 2012.
- [6] A. Chauhan, V. Vijayakumar, and L. Sliman, "Ontology Matching Techniques: A Gold Standard Model," *ArXiv*, vol. abs/1811.10191, 2018.
- [7] L. Feiyu, "State of the Art: Automatic Ontology Matching," 2007.
- [8] R. Fleiner, B. Szász, and A. Micsik, "OLOUD - an ontology for linked open university data," *Acta Polytechnica Hungarica*, vol. 14, pp. 63–82, Jan. 2017, doi: 10.12700/APH.14.4.2017.4.4.
- [9] V. Maltese and F. Giunchiglia, "Foundations of Digital Universities," *Cataloging & Classification Quarterly*, vol. 55, pp. 26–50, 2017.
- [10] J. Raad and C. Cruz, "A Survey on Ontology Evaluation Methods," Nov. 2015. doi: 10.5220/0005591001790186.
- [11] A. Duque-Ramos, M. Boeker, L. Jansen, S. Schulz, M. Iniesta, and J. T. Fernández-breis, "Evaluating the Good Ontology Design Guideline (GoodOD) with the Ontology Quality Requirements and Evaluation Method and Metrics (OQuaRE)," *PLoS ONE*, vol. 9, 2014.
- [12] M. Poveda-Villalón, A. Gómez-Pérez, and M. C. Suárez-Figueroa, "OOPS! (OntOlogy Pitfall Scanner!): An On-line Tool for Ontology Evaluation," *Int. J. Semantic Web Inf. Syst.*, vol. 10, pp. 7–34, 2014.

Гүн сургалтыг хуулийн технологид хэрэглэх нь

Б. Мөнхцэцэг

Мэдээлэл, холбооны технологийн сургууль
Шинжлэх Ухаан Технологийн Их сургууль
Улаанбаатар, Монгол улс
munkhtsetsegba@audit.gov.mn

Т. Энхтогтох

Мэдээлэл, холбооны технологийн сургууль
Шинжлэх Ухаан Технологийн Их сургууль
Улаанбаатар, Монгол улс
enkhtogtokh.java@gmail.com

Хураангуй - Орчин үеийн хиймэл оюун ухаан, гүн сургалтыг сүүлийн үеийн трансформер архитектур ашиглан хуулийн технологид хэрэгжүүллээ. Трансформер архитектур нь гүн сургалтын загвар бөгөөд энэ нь үндсэндээ эх хэлний боловсруулалт (NLP)-д ашиглагддаг. Гүн сургалт нь нэлээд эдрээтэй өгөгдлүүдийг боловсруулахын тулд олон давхаргын мэдрэлийн сүлжээг ашиглан машин сургалтыг ажиллуулах арга юм. Хуулийн технологи гэдэг нь хууль зүйн үйлчилгээ үзүүлэх, хууль эрх зүйн салбарыг дэмжих технологи, программ хангамжийг ашиглахыг хэлнэ. Энэхүү судалгааны ажлын зорилго нь “Хиймэл оюун ухаан, гүн сургалтыг хуулийн технологид хэрэглэх” аргачлалыг судалж, үр дүнг баталгаажуулахад оршино. Уг судалгаанд хууль эрх зүйн баримт бичгийн голлох үүрэгтэй орж байгаа онцлох түлхүүр үгсийг ялган авч, үг бүрээр нь нарийвчлан шинжилж, хамаарах нэрийн бүлэгт нь автоматаар ангилах ажлыг тусгасан болно. Судалгааны ажлын явцад нийт 124,297 төрлийн нэхэмжлэл, өргөдөл, гомдол, хууль эрх зүйн баримт бичгүүдээс бүрдсэн өгөгдлийг цуглуулж, хэл боловсруулалтын сан, нөөцүүдийг хэрэглэн үе шаттайгаар өгөгдлийг боловсруулсан. Өгөгдлийг нарийвчлан боловсруулснаар үгсийн сангийн хэмжээг багасгаж, үр дүнг нэмэгдүүлж чадсан бөгөөд үнэлгээний үр дүн 99,2% байна.

Түлхүүр үг- хиймэл оюун ухаан, гүн сургалт, эх хэл боловсруулах, трансформер архитектур, хуулийн технологи

I. УДИРТГАЛ

Сүүлийн жилүүдэд дэлхий дахинд хиймэл оюун ухааны (Artificial Intelligence) салбар хурдацтай хөгжиж эхэлсэн. Орчин үеийн хиймэл оюун ухаан буюу гүн сургалтын талаарх судалгаа манай орны хувьд өргөн хүрээнд биш ч тодорхой хүрээнд амжилттай хэрэгжиж байгаа бөгөөд хууль эрх зүйн салбарт ч яригдах болсон.

Хууль эрх зүйн салбарт хиймэл оюун ухааны технологийг ашиглах талаарх судалгаа нь хүмүүс (хуульчид) болон хиймэл оюун ухааны машинууд (роботууд) хоорондын зөв хоршил, түүнчлэн зөвхөн хиймэл оюун ухаантай машин-хуульч ажиллах, өмгөөлөгчдийн ажлыг шилжүүлэх зэрэг дээр төвлөрч байна. Энэхүү судалгааны ажил нь орчин үеийн хиймэл оюун ухааныг хуулийн технологид хэрхэн оновчтой ашиглаж болох, бодит амьдрал дээр хэрхэн хэрэглэх талаар тодорхой шийдэл гаргах зорилготой юм. Орчин үеийн хиймэл оюун ухааны алгоритмууд нь хүний оюуны олон чадварыг хиймлээр бий болгох, тооцооллын болон оновчлолын хувьд хүний бодит оюун ухаанаас илүү өндөр түвшинд хүрч эхэлж байна.

Хуулийн технологи гэдэг нь хуулийн фирмүүд эсвэл хуулийн багуудын үйл ажиллагааг хөнгөвчлөх, үр ашгийг дээшлүүлэх зорилгоор ашигладаг программ хангамж болон цогц технологийн нийлбэр юм. Энэхүү

технологийн зорилго нь их хэмжээний өгөгдөлтэй ажиллах үед хүний үйл ажиллагааг хялбарчлах, одоогийн ажлын урсгалыг оновчтой болгох, хуулийн фирмүүд эсвэл аж ахуйн нэгжүүдийн мэдлэг, мэдээллийн ерөнхий менежментийг сайжруулахад оршино.

Хууль эрх зүйн салбарын баримт бичгүүд нь шүүхийн баримт бичиг, гэрээ, эрх зүйн дүгнэлт, өргөдөл, гомдол, нэхэмжлэл зэрэг дандаа текст хэлбэрийн их хэмжээний өгөгдлийг агуулдаг. Иймээс LegalAI-ийн ихэнх ажлууд нь эх хэлний боловсруулалтын (NLP) технологид суурилдаг. Энэхүү судалгааны ажлаараа NLP-ийн орчин үеийн хэлний загвар BERT санг ашиглан шүүхийн баримт бичиг, гэрээ, өргөдөл, гомдол, эрх зүйн дүгнэлт гэх мэт баримт бичгүүдээс бүрдсэн өгөгдлийг цуглуулж, боловсруулан, тухайн өгөгдлийг өгүүлбэр зүйн хувьд үг тус бүрээр нь хамаарах ангилалд ялган оруулж, үгийн утга санааг ангилан, шинжлэх зорилго тавьсан.

II. СУДЛАГДСАН БАЙДАЛ

Эх хэлний боловсруулалт, хиймэл оюун ухааныг хууль эрх зүйн салбарт ашиглаж байгаа талаарх судалгааны ажил нь олон улсын түвшинд шинээр хийгдэж байгаа ажил биш юм. Хууль эрх зүйн салбарын цахим системүүд анх 1960-аас 1970-аад онд гарч ирсэн бөгөөд 1970-аас 1980-аад оны үед эрх зүйн шинжээчдийн систем анх бий болж энэ салбарын судлаачдын хэлэлцүүлгийн гол сэдэв болж байсан. Үүнээс шалтгаалан хууль эрх зүйн тодорхой хэрэглээний хүрээнд гүн сургалтын арга техникийг ашиглахыг шаардаж буй бизнес эрхлэгчдийн тоо улам бүр нэмэгдэх болсон.

Америкийн доктор, судлаач Robert Dale нь “Law and Word Order: NLP in Legal Tech” гэсэн судалгааны ажлыг гүйцэтгэсэн бөгөөд тэрээр “Хууль зүрх сэтгэлдээ хэлтэй байдаг тул эх хэлний боловсруулалт дээр ажилладаг программ хангамж нь хууль эрх зүйн зарим салбарт удаан хугацаанд үүрэг гүйцэтгэсээр ирсэн нь гайхмаар зүйл биш юм” гэж хэлсэн байна. Мөн сүүлийн жилүүдэд орчин үеийн техник технологийг илүү өргөн цар хүрээтэй асуудалд ашиглах сонирхол нэмэгдсэн тул эх хэлний боловсруулалтыг хууль эрх зүйн салбарт хэрхэн ашиглаж болох талаар судалсан байна. Тэрээр “Эх хэлний боловсруулалт улам бүр хөгжиж байгаа бөгөөд хууль эрх зүйн үйл ажиллагааны таван чиглэл байдаг” гэж тодорхойлсон байна. Тухайлбал,

- Хууль эрх зүйн судалгаа: Хууль ёсны шийдвэртэй холбоотой мэдээлэл олох;
- Цахим нээлт: Баримт бичигтэй холбоотой мэдээллийн хүсэлтийг тодорхойлох;

- Гэрээг хянах: Гэрээ бүрэн хийгдсэн эсэх;
 - Баримт бичгийн автоматжуулалт: Хууль эрх зүйн баримт бичгийг бүрдүүлэх;
 - Хууль зүйн зөвлөгөө: Асуулт, хариултын харилцан яриаг ашиглан тохирсон зөвлөгөө өгөх;
- гэсэн дээрх 5 чиглэлийн талаар нарийвчлан авч, онолын судалгааг хийсэн байдаг.[2]

III.СУДАЛГААНЫ АРГА ЗҮЙ

A. Гүн сургалт

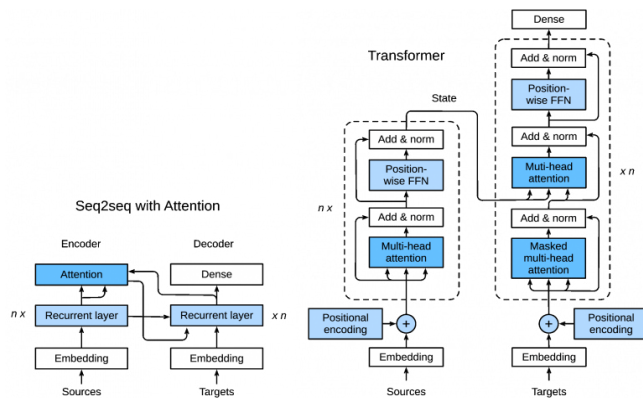
Гүн сургалт нь хүний тархины ажлыг дуурайж өгөгдөл боловсруулах, шийдвэр гаргахад ашиглах хэв маягийг бий болгох хиймэл оюун ухааны (AI) функц бөгөөд хиймэл оюун ухаан дахь бүтэц зохион байгуулалтгүй, тэмдэглэгээгүй өгөгдлөөс хараа хяналтгүйгээр суралцах чадвартай сүлжээ бүхий машины сургалтын дэд хэсэг юм. Хиймэл мэдрэлийн сүлжээнүүд нь хүний тархи шиг бүтээгдсэн бөгөөд нейрон зангилаагаар сүлжсэн сүлжээ шиг холбодог. Уламжлалт програмууд нь өгөгдлийг ашиглан шугаман аргаар анализ хийдэг бол гүн сургалтын системийн шаталсан функц нь машинуудад өгөгдлийг шугаман бус аргаар боловсруулах боломжийг олгодог. [5]

B. Эх хэлний боловсруулалт

Эх хэлний боловсруулалт буюу Natural Language Processing (NLP) нь компьютер ба хүний хэлний харилцан үйлчлэлтэй холбоотой хэл шинжлэл, компьютерын шинжлэх ухаан, хиймэл оюун ухааны дэд салбар бөгөөд ялангуяа эх хэлний их хэмжээний өгөгдлийг боловсруулах, дүн шинжилгээ хийхэд компьютерыг хэрхэн програмчлах тухай ойлголт юм. Үүний үр дүнд баримт бичгийн агуулга болон үүнд байгаа хэлний агуулгын нарийн ялгааг багтаасан түүнийг ойлгох чадвартай компьютер гарч ирсэн байна. Дараагийн шатанд баримт бичигт агуулагдсан мэдээлэл, ойлголтыг үнэн зөв гаргаж авахаас гадна баримтуудыг өөрсдөө ангилж цэгцлэх боломжтой болсон. NLP нь компьютерт текст унших, үг хэлэх, тайлбарлах, мэдрэмжийг хэмжих, аль хэсэг нь илүү чухал болохыг тодорхойлох боломжийг олгодог. Өнөөгийн машинууд хүнээс илүү, хэл дээр суурилсан өгөгдлийг зөвхөн нэг талын баримтлалгүйгээр шинжлэх боломжтой болсон. Эмнэлгийн бүртгэлийн өгөгдлөөс эхлээд олон нийтийн мэдээллийн хэрэгслээр гарч буй мэдээлэл зэрэг өдөр бүр бий болдог бүтэцлэгдээгүй өгөгдлийн автоматжуулалт нь текст, ярианы өгөгдлийг бүрэн үр дүнтэй шинжлэхэд маш чухал үүрэг гүйцэтгэнэ.[6]

C. Трансформер архитектур

Трансформер архитектур нь гүн сургалтын загвар бөгөөд энэ нь үндсэндээ эх хэлний боловсруулалт (NLP)-д ашиглагддаг. Трансформер архитектур нь дэс дараалалтай харьцах хамгийн сүүлийн үеийн загвар юм. Магадгүй эдгээр загваруудын хамгийн тод хэрэглээ нь текст боловсруулах даалгаварт байдаг бөгөөд эдгээрээс хамгийн гол нь машины орчуулга юм. [7]

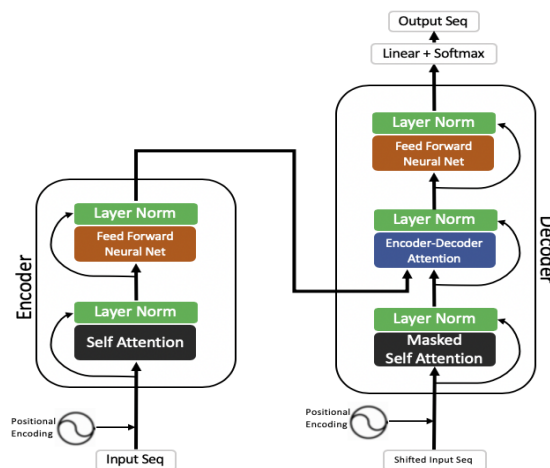


Зураг 2. Трансформер архитектур

Трансформер архитектурын анхаарлын механизм нь вектор бөгөөд ихэвчлэн softmax функцийг ашигладаг нягт давхаргын гаралт юм.

Анхаарал хандуулах механизм нь эх хэлний боловсруулалт (NLP) дахь кодлогч декодлогч дээр суурилсан мэдрэлийн машин орчуулгын системийг сайжруулснаар бий болсон. Хожим нь энэ механизм буюу түүний хувилбаруудыг компьютерын хараа, яриа боловсруулах гэх мэт бусад хэрэглээнд ашигласан.

Анхаарлын механизмын машин хэлний орчуулга нь өгүүлбэрийг бүтэн уншиж, бүх мэдээллийг тогтмол урттай вектор болгон шахахад тулгуурладаг бөгөөд таны төсөөлж байгаачлан, хэд хэдэн үгээр илэрхийлэгдсэн олон үгтэй өгүүлбэр нь мэдээлэл алдагдах, орчуулга хангалтгүй гэх мэт шалтгаан болдог. Гэсэн хэдий ч анхаарал нь энэ асуудлыг хэсэгчлэн засдаг.



Зураг 2. Анхаарлын механизмын архитектур

IV.СУДАЛЖ, БОЛОВСРУУЛСАН АРГА

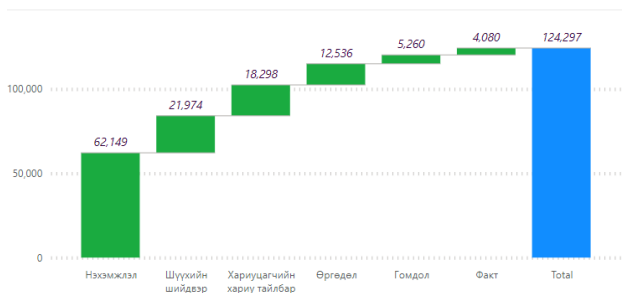
Энэхүү судалгааны ажилд хэрэглэсэн өгөгдөлд Монгол улсын хууль эрх зүйн баримт бичиг, нэхэмжлэл, өргөдөл, гомдол зэрэг баримт бичгүүдийг ашигласан. PDF файл хэлбэрээр шүүхийн шийдвэр, баримт бичгүүдийг цуглуулж, түүнээсээ боловсруулалт хийж өгөгдлөө сургахад бэлэн болгосон.

Text	label
Нотариатын гухай хуулийн 43.2.1, Иргэний хуулийн 531 дүг	ТОДОРХОЙЛОХ хэсэг - Нэхэмжлэлийн шаардлага - Хууль зүйн үндэслэл
Нэхэмжлэгч [нэхэмжлэгч] шүүхэд гаргасан нэхэмжлэлийг	ТОДОРХОЙЛОХ хэсэг - Нэхэмжлэлийн шаардлага - Факт, үйл баримт
Ийн байдал талийгаачийн өөийг залгамжлах эрх бүхий этг	ТОДОРХОЙЛОХ хэсэг - Нэхэмжлэлийн шаардлага - Нэхэмжлэлийн шаардлагын агуулга
Иргэний хуулийн 528 дугаар зүйлийн 528.2, Иргэний хуулийн	ТОДОРХОЙЛОХ хэсэг - Хариуцагчийн хариу тайлбар - Хууль зүйн үндэслэл
Хариуцагч [хоёр дахь хариуцагч] нь шүүхэд гаргасан хариу	ТОДОРХОЙЛОХ хэсэг - Хариуцагчийн хариу тайлбар - Факт, үйл баримт
Иймд хуульд заасан хугацаанд өвлөх хууль эргэлт гаргаагүй нь	ТОДОРХОЙЛОХ хэсэг - Хариуцагчийн хариу тайлбар - Хариуцагчийн үзэлт
Иргэний хуулийн 56 дугаар зүйлийн 56.1.1, Иргэний хуулийн 56 дүг	ТОДОРХОЙЛОХ хэсэг - Нэхэмжлэлийн шаардлага - Хууль зүйн үндэслэл
[хариуцагч]ийг төвлөөн эд өөрөөгөө худалдан авалт авалт гэрээ	ТОДОРХОЙЛОХ хэсэг - Нэхэмжлэлийн шаардлага - Факт, үйл баримт
Удвалд эд өөрөөгөө худалдан авалт авалт гэрээг хүчин төгөвлөсөн	ТОДОРХОЙЛОХ хэсэг - Нэхэмжлэлийн шаардлага - Нэхэмжлэлийн шаардлагын агуулга
Иргэний хуулийн 189 дүгээр зүйлийн 189.1, Иргэний хуулийн 56 дүг	ТОДОРХОЙЛОХ хэсэг - Хариуцагчийн хариу тайлбар - Хууль зүйн үндэслэл
Хариуцагч шүүхэд болон шүүх зуралдаанд гаргасан тайлбаргаа	ТОДОРХОЙЛОХ хэсэг - Хариуцагчийн хариу тайлбар - Факт, үйл баримт
Иймд Үд төвлөөн эд өөрөөгөө худалдан авалт гэрээг Иргэний хуу	ТОДОРХОЙЛОХ хэсэг - Хариуцагчийн хариу тайлбар - Хариуцагчийн үзэлт
Иргэний хуулийн 453 дугаар зүйлийн 453.1, Иргэний хуулийн 171 дүг	ТОДОРХОЙЛОХ хэсэг - Нэхэмжлэлийн шаардлага - Хууль зүйн үндэслэл
Нэхэмжлэлийн итгэмжлэлийн төлөөлөгч шүүхэд гаргасан мөмөөг	ТОДОРХОЙЛОХ хэсэг - Нэхэмжлэлийн шаардлага - Факт, үйл баримт
гэрээний 2.2.5-д "Эхэмжлэгч нь эхэмжлэлийн гэрээгээр үндэслэн	ТОДОРХОЙЛОХ хэсэг - Нэхэмжлэлийн шаардлага - Нэхэмжлэлийн шаардлагын агуулга
Хариуцагч шүүхэд оруулсан тайлбаргаа. [нэхэмжлэгч]-ийг [өгөөг]	ТОДОРХОЙЛОХ хэсэг - Хариуцагчийн хариу тайлбар - Факт, үйл баримт
Иймд нэхэмжлэлийн бүтэц нь зөвхөн шүүхэд өгөгөөгөө үү"	ТОДОРХОЙЛОХ хэсэг - Хариуцагчийн хариу тайлбар - Хариуцагчийн үзэлт
Нэхэмжлэгч нь шүүхэд гаргасан нэхэмжлэлийн болон шүүх зуралд	ТОДОРХОЙЛОХ хэсэг - Нэхэмжлэлийн шаардлага - Факт, үйл баримт
Иймд [хариуцагч] гэж этгээийн хүчээр ийгээсэн мө итгэмжлэлийн	ТОДОРХОЙЛОХ хэсэг - Нэхэмжлэлийн шаардлага - Нэхэмжлэлийн шаардлагын агуулга
Хариуцагч нь шүүхэд болон шүүх зуралдаанд гаргасан тайлбаргаа	ТОДОРХОЙЛОХ хэсэг - Хариуцагчийн хариу тайлбар - Факт, үйл баримт
[иргэ]-ийн нөлөө болон [нэхэмжлэгч]-ээс авалтаг гэж [иргэ]-ийн	ТОДОРХОЙЛОХ хэсэг - Хариуцагчийн хариу тайлбар - Хариуцагчийн үзэлт
Баяг эрх бүхий хуулийн этгээийн мөнгөн хадгалалж, төйг	ТОДОРХОЙЛОХ хэсэг - Нэхэмжлэлийн шаардлага - Хууль зүйн үндэслэл

Зураг 3. Боловсруулсан өгөгдөл

Нийт цуглуулсан өгөгдлийг цэвэрлэж, дараах байдлаар ангилсан.

- Хариуцагчийн хариу тайлбар,
- Нэхэмжлэлийн шаардлага
- Гуравдагч этгээдийн хүсэлт
- Факт, үйл баримт
- Өргөдөл
- Гомдол
- Сөрөг нэхэмжлэл



Зураг 4. Эрх зүйн баримт бичгийн төрлүүд

Боловсруулсан өгөгдлийн 50 хувь нь нэхэмжлэлийн төрөлд хамаарч байгаа бөгөөд энэхүү судалгаанд нийт 124,297 мөр ялгаатай өгөгдлийг цуглуулсан болно.

Өгөгдлүүд дотор шаардлагагүй тэмдэгтүүд их байсан учир эхний сургалтын үр дүнг тестэлж үзэхэд бага нарийвчлалтай гарсан. Тиймээс өгөгдлийг дахин цэвэрлэж, боловсруулсан. Текст Noise Removal буюу шаардлагагүй тэмдэгтүүдийг хассан. Жишээ нь. ‘!’, ‘?’, ‘—’, ‘*’,... гэх мэт. Мөн үгсийн сангаар шүүж буруу бичигдсэн ямар ч утга үзүүлэхгүй байгаа үгсийг хассан. Өгөгдлийг цэвэрлэж дууссаны дараа бүгдийг индексжүүлсэн. Үүний дараа хамгийн чухал хэсэг болох өгөгдлөөс утга гаргаж авах хэсэгт Word Embedding аргачлалыг ашигласан. Ингэснээр судалгааны нарийвчлал өссөн үр дүнг үзүүлсэн болно.

Нийт өгөгдлөө хоёр хэсэгт хуваан авч үзсэн. 80 хувийн өгөгдлөөр сургалт, 20 хувийн өгөгдлөөр үнэлгээ хийсэн.

‘sentence_id’ талбарт байгаа ижил дугаарууд нь нэг өгүүлбэрийг илэрхийлэх бол ‘labels’ талбарт буй дугаарууд нь ангиллын утгыг илтгэнэ.

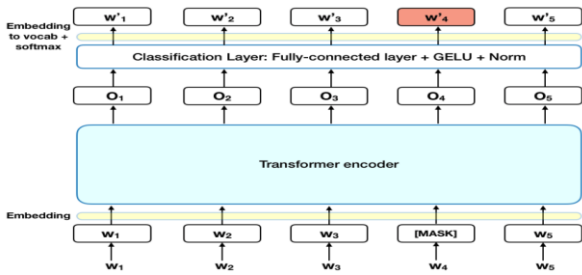
sentence_id	words	labels
3	2011 оны 07 сарын 01	5
3		1553
3	Баянзүрх дүүргийн шүүхийн	2
3	Ц.Батхүү	1
3	Сонгинохайрхан	3
3		25
3	Одонтын 15	3
3		11
3	Дархан	1
3	Ойдовын	1
3	Түвд	1
3	УС51051617	6
3	Баянзүрх	3
3		20
3	Баяндөхмөийн 24-111	3
3	Ончууд	1
3	Лун-Лхаагийн	1
3	Доржгарав	1
3	ЖА54011675	6
3	Чингэлтэй	3
3		12
3	Булгийн 13	3
3		603
3	Харчу-Хэнгэрэг	1
3	Донровын	1
3	Цэнд-Аюуш	1
3	НИ58090117	6
3	2009 оны 1 сарын 6-ны өдрийн	5
3	2008 оны 9 сарын 25-ны өдрийн	5

Зураг 5. Сургалтын өгөгдөл

Загварыг сургахдаа NLP-ийн орчин үеийн хэлний загвар болох трансформер архитектур анхаарлын механизмыг хэрэгжүүлдэг Bidirectional Encoder Representations from Transformers (BERT) загварыг ашигласан. BERT-ийн гол техникийн шинэчлэл бол хүмүүсийн анхаарлын төвд байдаг трансформер архитектурын хоёр чиглэлтэй сургалтыг хэлний загварчлалд ашиглах явдал юм. Энэ нь текстийн дарааллыг зүүнээс баруун тийш эсвэл баруунаас зүүн тийш гэсэн хосолсон сургалтаар ажилладаг нь өмнөх аргачлалуудаас ялгаатай юм. Энэхүү баримт бичгийн үр дүнгээс харахад хоёр чиглэлтэй бэлтгэгдсэн загвар нь нэг чиглэлтэй хэлний загвараас илүүтэйгээр хэлний контекст, урсгалын талаар илүү гүн гүнзгий ойлголттой болохыг харуулж байна. BERT нь текст дэх үгс (эсвэл дэд үгс) хоорондын контекст хамаарлыг судлах анхаарлын механизм болох трансформер архитектурыг ашигладаг. BERT-ийн зорилго нь хэлний загварыг бий болгох явдал тул зөвхөн кодлогч механизм шаардлагатай. Хэлний загваруудыг сургахдаа урьдчилан таамаглах зорилгыг тодорхойлоход бэрхшээлтэй байдаг.[9] Олон загварууд дараагийн үгийг дарааллаар нь урьдчилан таамагладаг (жишээ нь: "Хүүхэд ___-аас гэртээ ирлээ" гэх мэт).

BERT-д үгийн дарааллыг оруулахын өмнө дараалал тус бүрийн үгсийн 15%-ийг [MASK] токеноор сольсон. Үүний дараа загвар нь далдлагдсан бус бусад үгсийн өгсөн контекст дээр үндэслэн далдлагдсан үгсийн анхны утгыг таамаглахыг оролддог байгаа. Техникийн хувьд гаралтын үгсийн таамаглал нь дараах зүйлийг шаарддаг.

- Гаралтын векторуудыг оруулах матрицаар үржүүлж, үгсийн сангийн хэмжээст төрөл болгон хувиргах.
- Баримт бичгийн үг бүрийн магадлалыг softmax функц ашиглан тооцоолох.



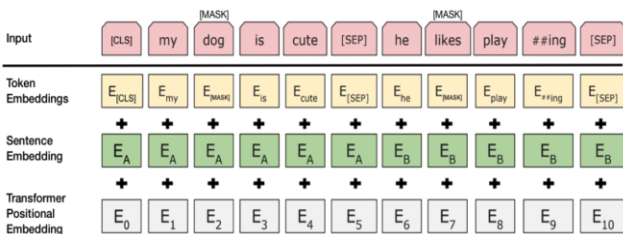
Зураг 6. BERT архитектур

BERT нь зөвхөн далдлагдсан утгуудын таамаглалыг харгалзан үздэг бөгөөд далдлагдсан бус үгсийн таамаглалыг авч үздэггүй.

Тиймээс BERT сургалтын явцад загвар хос өгүүлбэрийг оролт болгон хүлээн авч, хосын хоёр дахь өгүүлбэр нь эх баримт бичгийн дараагийн өгүүлбэр мөн эсэхийг таамаглаж сурдаг. Сургалтын явцад орцын 50% нь хоёр дахь өгүүлбэрийн эх баримт бичгийн дараагийн өгүүлбэр байх хос байдаг бол үлдсэн 50% нь корпусаас санамсаргүй өгүүлбэрийг хоёр дахь өгүүлбэр болгон сонгосон байна. Энэ нь санамсаргүй өгүүлбэр эхний өгүүлбэрээс салгагдана гэсэн таамаглал юм.

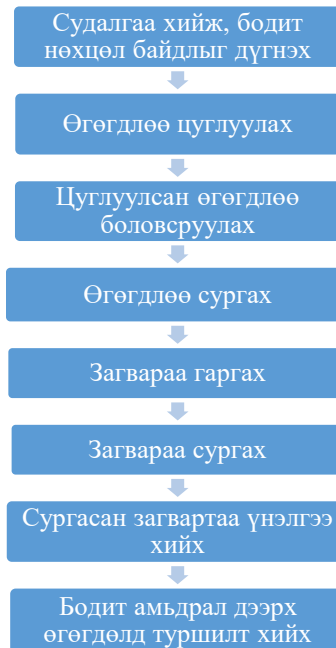
Загвар сургалтад байгаа хоёр өгүүлбэрийг ялгахад туслахын тулд загварт орохын өмнө оролтыг дараах байдлаар боловсруулсан.

1. Эхний өгүүлбэрийн эхэнд [CLS] токен, өгүүлбэр бүрийн төгсгөлд [SEP] токен оруулсан.
2. Өгүүлбэр бүр дээр А эсвэл Б өгүүлбэрийг харуулсан үгийг оруулсан.
3. Токен тус бүрийн дараалал дахь байрлалыг харуулахын тулд байрлалын дугаарыг нэмсэн.



Зураг 7. Трансформер архитектур /BERT/

Монгол хэлнээс бүрдсэн өгөгдлийг сургах гэж байгаа тул “bert-base-multilingual-cased” санг ашигласан. Энэхүү сан нь нийт 100 хэлний загварыг өөртөө багтаасан байдаг.



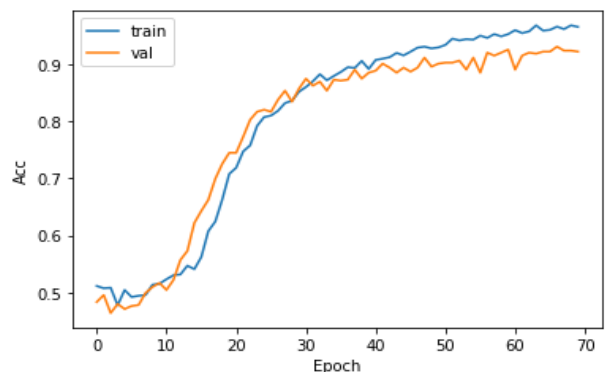
Диаграмм 1. Ажлын урсгалын диаграмм

V. ТУРШИЛТЫН ҮР ДҮН

Ажлын үр дүнг тооцоолохдоо арван удаагийн туршилтын үр дүнг (10-fold cross validation) дундажлаж хэмжилт хийсэн.



Зураг 8. Модел сургах үйл явц



Зураг 9. Моделийн таамаглал

Одоогийн үр дүнгээр нарийвчлал нь 99.26 хувьтай ба алдаа нь 0.001 байсан нь хангалттай сайн чанартай туршилт болсон гэж үзэж байгаа бөгөөд алдааны таамаглалаас үзэхэд 1000-д нэг удаа алдах төлөвтэй байна.

ХҮСНЭГТ 1. ҮР ДҮНГИЙН ҮЗҮҮЛЭЛТ

Accuracy	Recall	Precision	F1-score
99.26 %	99.8%	99.5%	99%

Үр дүнгээ баталгаажуулах үүднээс тодорхой нэг жишээ өгөгдөл дээр модель хэрхэн таамаглаж байгааг туршиж үзсэн. Оролтын өгөгдөлд дараах нэхэмжлэлийг ашигласан.

“Нэхэмжлэгч: Сонгинохайрхан дүүрэг, 25 дугаар хороо, Одонтын 15 дугаар гудамж 11 тоотод оршин суух, Дархан овгийн Ойдовын Түвд (РД:УС51051617) нэхэмжлэлтэй.”

- гэж өгөгдөхөд тухайн өгөгдлийн үг бүрээр нь салган Сонгинохайрхан - Дүүрэг, УС51051617 – регистрийн дугаар гэх мэтчилэн үр дүнг гарган харуулсан нь 99% зөв гэж таамагласан.

```
warnings.warn("{} seems not to be NE tag.".format(chunk))
eval result: {'eval_loss': 0.0019513090344844386, 'precision': 99.5, 'recall': 99.8, 'f1_score': 99.0}
eval model outputs: [[[-1.304, -0.568, -1.187, -0.3994, 9.516, -1.138, -0.423, -1.592, 1.073, -0.3992, -1.1
100% ██████████ 1/1 [00:00<00:00, 1.59/s]

Running Prediction: 100% ██████████ 1/1 [00:00<00:00, 4.93/s]
[[{'Нэхэмжлэгч': '2'}, {'Сонгинохайрхан': '3'}, {'Дүүрэг': '3'}, {'25': '5'}, {'Дугаар': '5'}, {'Хороо': '5'}
```

Зураг 10. Туршилтын үр дүн

Өгүүлбэрт нэрийн бүлгийн үүргийг тодорхой оруулж өгөх нь тэмдэглэсэн санг цаашид ашиглах эх хэл боловсруулалтын нэрлэсэн нэгжийн таниур (Named entity recognition), мэдээлэл гарган авах (Information extraction) ажилд чухал үүрэг гүйцэтгэнэ. 15 төрлийн ангилалыг гаргаж авсан.

```
{
  "id": 1,
  "text": "PER",
  "prefixKey": null,
  "suffixKey": null,
  "backgroundColor": "#F32121",
  "textColor": "#ffffff"
},
{
  "id": 2,
  "text": "ORG",
  "prefixKey": null,
  "suffixKey": null,
  "backgroundColor": "#EBF21C",
  "textColor": "#ffffff"
},
}
```

Зураг 11. Үгсийн ангилалын төрөл

Туршилтын үнэлгээг хийхэд ангилал болгонд тухайн үгийн хамаарах магадлалын таамаглалыг мөн гаргаж харуулсан гаргасан.

```
Сонгинохайрхан 3 1.0 [0.0001987, 0.0002217, 1.0, 4.137e-05, 0.0001687, 6.205e-06
дүүрэг, 3 1.0 [0.0001622, 0.0002183, 1.0, 4.834e-05, 0.0001465, 0.00010073, 7.5
25 5 0.8755 [0.0003054, 0.001184, 0.1062, 0.000441, 0.8755, 0.000694, 0.002356,
дугаар 5 0.7007 [0.001772, 0.00893, 0.7007, 0.000747, 0.264, 0.0009747, 0.00420
хороо, 3 0.969 [0.004368, 0.003145, 0.969, 0.0004046, 0.00489, 0.0005865, 0.000
Одонтын 3 0.969 [0.02036, 0.00476, 0.969, 0.0003078, 0.00099, 0.0005054, 0.000
15 5 0.9 [0.0003102, 0.00118, 0.0829, 0.0004063, 0.9, 0.0004842, 0.001984, 0.00
дугаар 5 0.6636 [0.001908, 0.01335, 0.6636, 0.000937, 0.2944, 0.00113, 0.00545
гудамж 3 0.9 [0.003183, 0.03061, 0.9, 0.001332, 0.03745, 0.002394, 0.004723, 0.
11 3 0.609 [0.0006266, 0.001953, 0.609, 0.0004768, 0.3767, 0.0004208, 0.001368
тоотод 3 0.973 [0.00169, 0.00378, 0.973, 0.0005136, 0.008224, 0.000549, 0.0011
оршин 3 0.813 [0.01388, 0.1142, 0.813, 0.002338, 0.01915, 0.00282, 0.00638, 0.0
суух, 3 0.6113 [0.0113, 0.1153, 0.195, 0.003677, 0.007458, 0.01239, 0.0055, 0.0
Дархан 1 1.0 [1.0, 8.55e-05, 0.0002217, 4.47e-05, 2.956e-05, 7.254e-05, 5.144e
овгийн 1 1.0 [1.0, 7.486e-05, 0.0001768, 5.186e-05, 3.976e-05, 0.094e-05, 7.48e
```

Зураг 12. Named entity recognition

ДҮГНЭЛТ

Эх хэлний боловсруулалт болон хяналттай машин сургалтын даалгаврын нэг төрөл бол текстийг ялган таних, ангилах байдаг бөгөөд энэ ажил нь хууль эрх зүйн салбарт шаардлагатай байна.

Өндөр үр дүн гаргахын тулд асуудлаа зөв тодорхойлох, өгөгдлөө зөв бэлдэн зөв боловсруулалт хийх, зөв сургалтын загвар хэрэглэх, боломжтой бол их өгөгдөл ашиглах шаардлагатай болдог.

Энэхүү судалгааны ажлаараа хуулийн байгууллагад ирсэн бодит нэхэмжлэлийн хэсгээс авч загвар сургаж, туршилт явуулсан бөгөөд судалгааны үр дүнд хууль эрх зүйн салбарт ирсэн баримт бичгээс онцлох түлхүүр үгүүдийг ялган авч, үг бүрийг салган, ямар төрлийн үг болохыг амжилттай ялган харуулсан болно. Шүүхийн баримт бичиг, гэрээ, өргөдөл, эрх мөдөл, эрх зүйн дүгнэлт гэх мэт хууль эрх зүйтэй холбоотой баримт бичгүүдээс бүрдсэн их хэмжээний өгөгдлийг цэвэрлэж боловсруулан 124,297 мөр өгөгдлийг ялган авсан. Эх хэлний боловсруулалтын орчин үеийн загвар болон трансформер архитектурын анхаарлын механкмын арга болох BERT санг ашиглаж загвараа амжилттай сургалаа. Мөн Named Entity Recognition (NER) тогтсон нэрүүдийг илрүүлэх, “POS tagging (Part-Of Speech tagging)” буюу үгсийг өгүүлбэрт орсон үүргээр нь хаяглах аргуудын монгол хэл дээрх загварыг үүсгэж ашиглан, үр дүнг илүү сайжруулах, баримт бичгүүдийн ангиллыг автоматжуулсан болно.

Өгөгдлөөс шаардлагагүй үг, тэмдэгтийг боловсруулалт хийж багасгаснаар үгсийн сангийн хэмжээ багасаж сургалтын хугацаа 20 хувиар хурдассан нь их өгөгдлөөр сургахад давуу талтай болсон.

Хамгийн энгийн параметртэй туршилтын үр дүн 99.26 хувь байгаа нь боломжийн үр дүн гэж үзэж байгаа бөгөөд тэмдэглэгээт сангийн хэмжээг ихэсгэх, мөн өгөгдлийг илүү нарийн боловсруулснаар судалгааны үр дүнг илүү өсгөх боломжтой гэж таамаглаж байна.

Цаашид энэхүү судалгааны ажлыг өргөжүүлж илүү нарийн сонирхолтой үр дүн гаргахын тулд трансформер архитектурын дараагийн сайжруулсан хувилбаруудад өгөгдлөө сургахаар бэлтгэж байна.

НОМ ЗҮЙ

- [1] Koulu, Riikka, and Laura Emilia Kontiainen. "How Will AI Shape the Future of Law?." (2019).
- [2] Dale, Robert. "Law and word order: NLP in legal tech." *Natural Language Engineering* 25.1 (2019): 211-217.
- [3] Brown, Tom B., et al. "Language models are few-shot learners." *arXiv preprint arXiv:2005.14165* (2020).
- [4] Vaswani, Ashish, et al. "Attention is all you need." *arXiv preprint arXiv:1706.03762* (2017).
- [5] Sanh, Victor, et al. "DistilBERT, a distilled version of BERT: smaller, faster, cheaper and lighter." *arXiv preprint arXiv:1910.01108* (2019).
- [6] Togootgotkh, Enkhtogtokh, and Amartya Amartya. "Deep learning approach for very similar objects recognition application on chihuahua and muffin problem." *arXiv preprint arXiv:1801.09573* (2018).
- [7] Devlin, Jacob, et al. "Bert: Pre-training of deep bidirectional transformers for language understanding." *arXiv preprint arXiv:1810.04805* (2018).
- [8] Zekos, Georgios I. "Legalizing Artificial Intelligence." *Economics and Law of Artificial Intelligence*. Springer, Cham, 2021. 361-400.

- [9] Engstrom, David Freeman, and Jonah B. Gelbach. "Legal Tech, Civil Procedure, and the Future of Adversarialism." *University of Pennsylvania Law Review*, Forthcoming (2020).
- [10] Vardhan, Harsh, Nitish Surana, and B. K. Tripathy. "Named-Entity Recognition for Legal Documents." *International Conference on Advanced Machine Learning Technologies and Applications*. Springer, Singapore, 2020.

Их сургуулийн өгөгдлийн нэгтгэлд онтологи хөгжүүлж ашиглах нь

Б.Наранчимэг
Машины оюуны лаборатори
Мэдээлэл, компьютерийн ухааны тэнхим
ХШУИС, МУИС
naranchimeg@seas.num.edu.mn

Г.Амарсанаа
Машины оюуны лаборатори
Мэдээлэл, компьютерийн ухааны тэнхим
ХШУИС, МУИС
amarsanaag@num.edu.mn

Хураангуй—Семантик технологид түшиглэн өгөгдлийг нэгтгэж мэдлэгийн граф үүсгэх замаар өгөгдлийн суурь бүтцийг байгуулах асуудал чухал болж байна. Их сургуулийн хувьд профессор, судлаачид, хичээл, өгүүлэл, төсөл зэргийн өгөгдөл нь олон янзын мэдээллийн системд тархаж байрлах тохиолдол элбэг байдаг. Энэ судалгааны ажлын зорилго нь их сургуулийн мэдлэгийг илэрхийлэх онтологи хөгжүүлж үүнийг өгөгдлийн семантик нэгтгэлд ашиглах илүү үр дүнтэй, үр ашигтай өгөгдлийн суурь бүтцийн шийдлийг боловсруулах юм. Бид боловсруулсан шийдлийн дагуу орчин үеийн шинэ технологи, дижитал үйлчилгээнд ашиглах боломжтой 322 мянган гурвал бүхий мэдлэгийн граф үүсгэсэн болно.

Түлхүүр үгс—онтологи, өгөгдлийн нэгтгэл, мэдлэгийн граф, өгөгдлийн суурь бүтэц

I. УДИРТГАЛ

Онтологи, семантик технологийг өгөгдлийн нэгтгэлд ашиглах, мэдлэгийн граф үүсгэж ашиглах нь түгээмэл нэвтэрсэн уламжлалт холбоост өгөгдлийн загвараас илүү ашигтай байдаг [1-2]. Тухайлбал, хүний хэлийг ойлгодог хиймэл оюунт дижитал туслах (чатбот), граф хиймэл оюунд түшиглэсэн өгөгдлийн шинжилгээ, машин сургалтын загваруудыг их сургуулийн үйл ажиллагаанд нэвтрүүлэх боломжтой байна. Хэдий ийм боломж байгаа ч их сургуулийн эрдэм шинжилгээний бүтээл, хичээл, багш судлаачид, тэдний мэргэшсэн сэдэв, удирддаг судалгааны төсөл гэх зэрэг олон төрлийн мэдээллийн нөөцүүд тус бүртээ тодорхой босоо хэрэглээнд үйлчлэх зорилго бүхий мэдээллийн системүүдэд хадгалагддаг. Тухайлбал, ном, өгүүллийн мэдээллийг номын сан эсвэл дижитал агуулахын системд хадгалж байхад, тэдний зохиогчдын тухай үнэн мэдээллийг хүний нөөцийн удирдлагын өөр системд хадгална. Цаашилбал, нэг ижил өгөгдлийг олон ялгаатай байдлаар хадгалсан байдаг. Энэ нь өгөгдлийн хуваагдал, өгөгдлийн ялгаатай байдлыг бий болгож тодорхой нөөцийг оновчтой удирдах, холбож ашиглах, цаашлаад ахисан түвшинд өгөгдлийг шинжилж шийдвэр гаргах, эдгээр өгөгдлийн дунд ажиллах шинэ бүтээгдэхүүн, үйлчилгээг хөгжүүлэхэд хүндрэлтэй байдлыг болгодог.

Өгөгдөлд түшиглэн хамтарч ажиллах боломжийн талаас авч үзвэл Монгол улсын, цаашилбал дэлхийн их сургуулиуд, тэдгээрийн тэнхимүүд хооронд өгөгдлөө дундаа хуваалцах, нэгтгэж холбох, эсвэл засгийн газартай холбох асуудлыг холбогдсон өгөгдөл, мэдлэгийн граф ашиглан шийдвэрлэх боломжтой байна. Үүний үр дүнд дижитал их сургуулиуд [3] мэдлэг туршлагаа цахим ертөнцөд харилцан солилцох, ашиглах боломжтой болно. Энэ асуудлыг шийдвэрлэхэд их сургуулийн онтологи зайлшгүй шаардлагатай юм.

Онтологи [4] нь тухайн домэйн (domain) хэрэглэдэг нэр томьёо, ойлголт, тэдгээрийн логик холбоо хамаарал, шинж чанараар мэдлэгийг тодорхойлж илэрхийлэх боломжийг олгодог [5]. Онтологийн дагуу бодит, баримтат өгөгдлөөр мэдлэгийн граф үүсгэж ашигладаг.

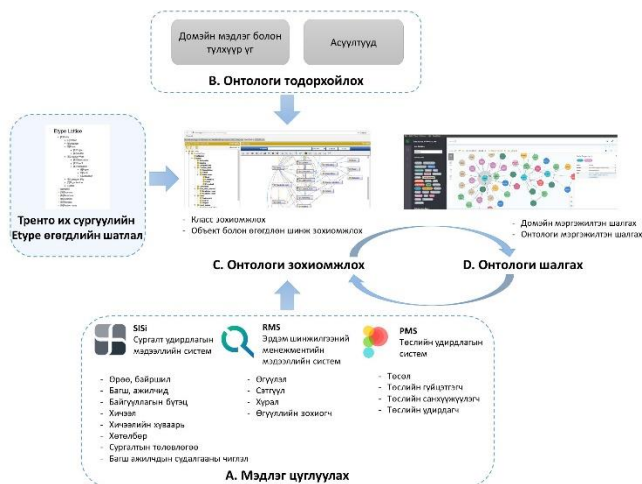
Энэ ажлаар их сургуулийн онтологи хөгжүүлэх, уг онтологийг өгөгдлийн семантик нэгтгэлд ашиглах, шийдэл боловсруулах, хэрэглээнд туршиж үзэх зорилготой. Ингэхдээ өгөгдлийн нөөцөөс өгөгдлийг гаргаж хувиргаад оруулах (ETL—Extract Transform Load) хэрэгслийг онтологид түшиглэсэн семантик өгөгдөл нэгтгэлийн загвараар хөгжүүлэх юм. Үр дүнд нь олон янзын өгөгдлийн нөөцөд тархсан, хоорондоо холбогдоогүй, зөрүүтэй хадгалагдсан өгөгдлийг нэгтгэж Монгол улсын их сургуулийн (МУИС) мэдлэгийн граф үүсэх бөгөөд энэ графыг шууд хэрэглэх дижитал үйлчилгээг бий болгосон жишээг харуулахыг зорив.

Их сургуулийн онтологи хөгжүүлэх үйл явцыг өгөгдөл цуглуулахаас эхлээд онтологийг шалгаж зүгшрүүлэх хүртэлх үе шатууд, туршлагын талаар энэ өгүүллэд тайлагнах болно. Ингэхдээ бид эхлээд их сургуулийн онтологи хөгжүүлсэн ижил төстэй ажлуудын талаар II бүлэгт, их сургуулийн онтологи хөгжүүлэх үйл явцын талаар III бүлэгт, их сургуулийн онтологийг цаашид хэрхэн хэрэглээнд нэвтрүүлж болох боломжийн талаар IV бүлэгт тайлагнана. Энэ өгүүллээр бид онтологийг хэрхэн хөгжүүлж нэвтрүүлсэн талаас нь голлон тайлбарлах болно. Эцэст нь судалгааны ажлын дүгнэлтийг танилцуулна.

II. Холбоотой ажил

Мэдлэгийг илэрхийлэх аргын хувьд онтологи нь боловсролд маш амжилттай хэрэглэгдэж буйг сүүлийн үеийн бүтээлийн тоймоос [6] харж болно. Ялангуяа их сургуулийг түшиглэн бий болгосон боловсролын онтологиуд дийлэнх жинг эзэлнэ.

Их сургуулийн онтологийг бий болгох ажлууд [7-10] хийсэн байх ба тус бүр өөрийн зорилготой, онцлогтой, ялгаатай байна. Жишээлбэл, зөвхөн их сургуулийн хичээл, хичээлийн агуулга, сургалтын үйл явцыг илэрхийлсэн [7] онтологи хөгжүүлэх ажил байхад зөвхөн багш ажилчид, суралцагчид, номын сан, хичээл тэдгээрийн хоорондын хамаарлыг илэрхийлэх [9] ажил байна. Энд профессорын туршлага, аль багш ямар судалгаа хийдэг, ямар төсөл хэрэгжүүлдэг гэх мэт чухал ойлголтууд дугуу байна.



Зураг 1. Онтологи хөгжүүлэх үйл явцын дараалал

Харин их дээд сургууль, эрдэм шинжилгээний байгууллагад тохирох VIVO онтологи¹ нь оюуны ажил болон мэдлэгийг бүтээх, хадгалах, дамжуулахад оролцогч хүмүүсийн туршлагыг илэрхийлдэг, хэрэглээнд VIVO² төслөөр дамжиж өргөн нэвтэрсэн байна. Энэ нь маш олон тооны класстай, 15 өөр онтологийг авч ашигласан, байгууллагын дотоод болон гадаад зохицолдоог (interoperability) хангах боломжтой боловч хэрэглээ, өргөтгөл, олон хэлний боломж нь хязгаарлагдмал юм.

Бид энэ ажлаар Италийн Трентогийн их сургуульд нэвтрүүлсэн, өгөгдлийн нэгдсэн нэгтгэлийн фрэймвөрк дээр суурилсан Бул ба сэнс (Hub & Spoke) архитектуртай дижитал их сургууль [3] шийдэл дээр түшиглэн өөрсдийн онтологийг хөгжүүлсэн болно. Энэ нь VIVO онтологиос өөрсдийн хэрэгцээнд нэгж-объектын загвар болон эх хэлний хувьд тохируулан загварчлах боломжтой байдлаараа ялгаатай болно.

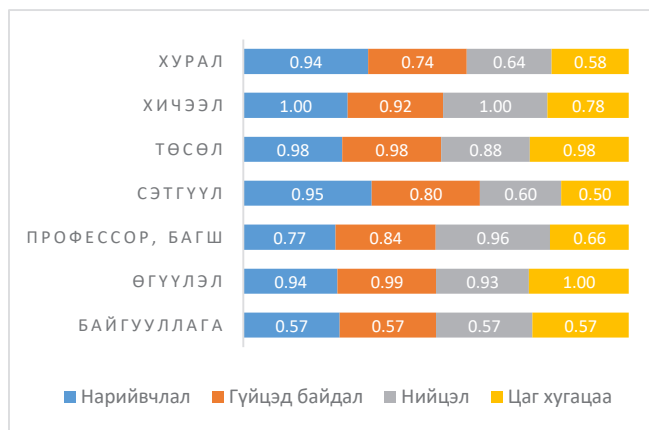
III. ОНТОЛОГИ ХӨГЖҮҮЛЭЛТ

Онтологи хөгжүүлэхэд хэрэглэгддэг түгээмэл хоёр хандлага, Methontology [11] ба NeOn [12] байдаг ба бид METHONTOLOGY буюу онтологийг эхнээс нь бий болгоход анхаарлаа төвлөрүүлж, бусад онтологийг хэсэгчлэн дахин ашигладаг аргыг илүү тохиромжтой гэж үзэн ашиглав.

Methontology [11] арга нь онтологи тодорхойлох (specification), мэдлэг цуглуулах (knowledge acquisition), зохиомжлох (conceptualization), томъёолох (formalization or integration), хэрэгжүүлэх (implementation) гэсэн үндсэн таван үе шаттай ба бидний онтологи хөгжүүлэх үйл явц нь мэдлэг цуглуулах, онтологи тодорхойлох, онтологи хөгжүүлэх, онтологи шалгах үндсэн 4 үе шатаас бүрдэнэ. Онтологи хөгжүүлэх үйл явцыг Зураг 1-т үзүүлэв.

A. Мэдлэг цуглуулах

Мэдлэг цуглуулах үе шатанд МУИС-д ашиглагдаж буй мэдээллийн системүүдээс өгөгдлийг цуглуулах, өгөгдлийн чанарын үнэлгээг хийв. Учир нь хэрэглэгчдийн сонирхож буй өгөгдлийн чанартай байгаа эсэхийг үнэлж, мэдлэгийн графаа үүсгэх нь хэрэглэгчийг дутуу, буруу



Зураг 2. Нэгж-объектын чанарын үнэлгээ (харьцуулсан хувиар)

мэдээлэл авахаас зайлсхийж, энэхүү мэдлэгийн графд суурилсан аливаа дижитал үйлчилгээний хэрэглээг нэмэгдүүлэх юм.

Компьютерын ухааны салбарт өгөгдлийг үнэлэх олон төрлийн хэмжүүрүүд байдаг [13] ба үүнээс зайлшгүй шаардлагатай 4 үндсэн хэмжүүр байна. Эдгээр нь нарийвчлал, гүйцэд байдал, цаг хугацаандаа байх байдал, нийцэл зэрэг юм.

Энэхүү ажилдаа МУИС-д нэвтрээд тодорхой хугацаа өнгөрсөн системүүд болох сургалт удирдлагын мэдээллийн систем (SISi)³, Эрдэм шинжилгээний менежментийн мэдээллийн систем (RMS)⁴, Төслийн удирдлагын систем (PMS)⁵ -үүдийн өгөгдлийг ашиглав.

Хүснэгт 1. Онтологийн Үзүүлэлт

Үзүүлэлт	Тоо ширхэг
Аксиом	665
Логик аксиомын тоо	356
Тодорхойлогдсон аксиомын тоо	174
Ерөнхий үзүүлэлт	38
Объект шинж чанарын тоо	57
Өгөгдлөн шинж чанарын тоо	76
Тэмдэглэгээн утга бүхий шинж чанарын тоо	2
Классын аксиом	36
SubClassOf	36
Объект шинж чанарын аксиом	22
SubObjectPropertyOf	22
ObjectPropertyDomain	70
ObjectPropertyRange	57
Өгөгдлөн шинж чанарын аксиом	4
SubDataPropertyOf	4
DataPropertyDomain	94
DataPropertyRange	73
Тэмдэглээн утга бүхий аксиом	135
AnnotationAssertion	135

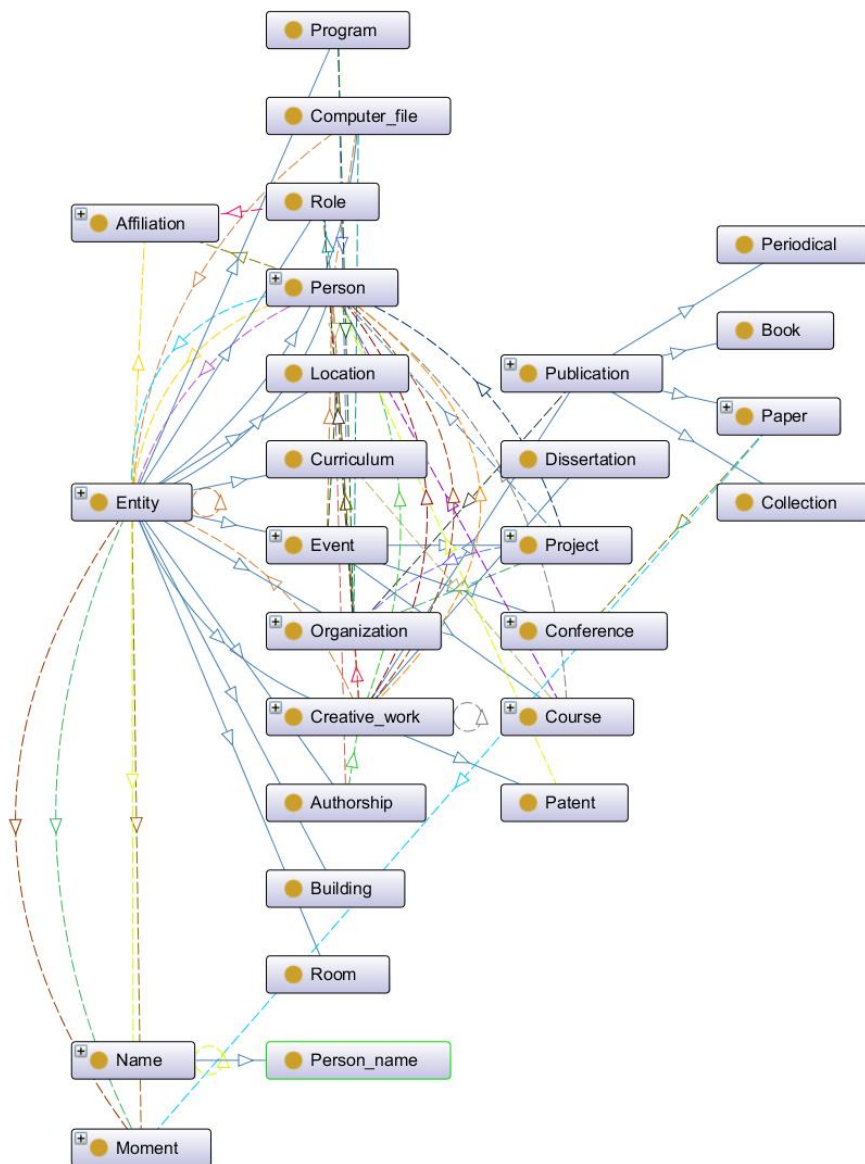
¹ <https://wiki.lyrasis.org/display/VIVODOC112x/VIVO+Ontology+Domain+Definition>

² <https://vivo.lyrasis.org/>

³ <https://sisi.num.edu.mn>

⁴ <https://research.num.edu.mn>

⁵ <https://project.num.edu.mn>



Зураг 3. Их сургуулийн онтологийн классын тойм

Бид нийт үндсэн нэгж/объектод харгалзах нийт 54 шинж/талбаруудаар (attribute) өгөгдлийн чанарыг үнэлсэн ба эдгээр нэгж-объектуудын чанарын үнэлгээг Зураг 2-т харуулав.

Үр дүнд нь профессор, багшийн үйл ажиллагааны талаарх мэдээллийг хадгалдаг үндсэн гурван системийн хувьд дунджаар 0.86, харин нэгж-объектын төрлийн хувьд дунджаар 0.81 гэсэн үнэлгээтэй байгааг тогтоож онтологийн зохиомжид ашиглах боломжтой өгөгдлүүдийг тодорхойлов.

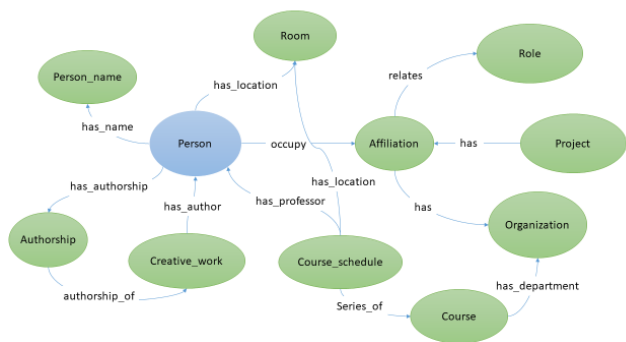
В. Онтологи тодорхойлох

Бид онтологи тодорхойлох үе шатанд онтологийн зорилго, зорилт, цар хүрээ, түүний хэрэглээ, хэрэглэгчид зэргийг тодорхойлохыг зорьсон. Ингэхдээ их сургуулийн онцлог шинжүүдийг тодруулж, түлхүүр үгнүүдийг тодорхойлохтой зэрэгцэн онтологид суурилсан мэдлэгийн графаас хариулах боломжтой асуултын жагсаалтыг боловсруулав.

Бид зорилтот 3 төрлийн хэрэглэгчид болох а) профессор, багш нар болон ажилчид б) олон түвшний

оюутан, суралцагчид в) бусад гаднын хэрэглэгчид (цаашид бусад хэрэглэгч, жишээ нь, эцэг эх, компани, төрийн байгууллагын ажилчид) асууж болох нийт 46 жишиг асуулт боловсруулсан ба эдгээрээс заримыг нь жагсаав. Үүнд:

- *А сэдвийн талаар хэнээс асуух вэ?*
- *В хичээлийг заадаг профессор, багш хэн бэ?*
- *Х багшийн хичээлгүй сул цагийн хуваарь?*
- *Х багшийн заадаг хичээлийг өөр ямар багш заадаг вэ?*
- *Х багш ямар бүтээл хэвлүүлсэн бэ?*
- *Ү хичээлийн тухай*
- *Z төсөл дээр ямар гишүүд ажилладаг вэ?*
- *R өрөө одоо сул байна уу?*
- *W хөтөлбөрт үзэх хичээлүүд?*



Зураг 4. Хүн классын холбоо хамаарал

Эдгээр асуулт нь онтологийн мэдлэгийн хүрээг илэрхийлэх бөгөөд домэйн тодорхойлолтыг боловсруулахад хэрэгтэй.

C. Онтологи зохиомжлох

Онтологи зохиомжлох үе шатанд А. Мэдлэг цуглуулах III-A болон В. Онтологи тодорхойлох III-B үе шатаас боловсруулагдан гарч ирсэн өгөгдөл болон Тренто их сургуулийн онтологийг ашиглан МУИС-д нийцсэн онтологи хөгжүүлсэн юм.

Бид эхлээд класс болон тэдгээрийн шатлалыг илэрхийлэх дэд классуудыг тодорхойлж, үргэлжлүүлэн классууд хоорондын харилцаануудыг тодорхойлов. Ингэхдээ Тренто их сургуулийн онтологийг OWL хэлээр боловсруулж ашигласан. Энэхүү онтологийг өмнөх үе шатаас боловсруулагдан гарч ирсэн өгөгдөл дээр тулгуурлан өөрсдийн хэрэгцээ шаардлагад нийцүүлэн өргөтгөж, Protégé 5.5 ашиглан онтологийн загварыг боловсруулсан.

Зураг 3-т бидний загварчилсан их сургуулийн онтологийн тоймын бүдүүвчийг үзүүлэв.

Хүснэгт 1-г бидний хөгжүүлсэн онтологийн үзүүлэлтийг харуулав. Эндээс аксиом, класс, объект болон өгөгдлийн шинж чанаруудын нэгтгэсэн тоог харах боломжтой.

МУИС-д профессор, багш (Person)-ийн ерөнхий мэдээлэл хүний нөөцийн удирдлагын системд, хэвлүүлсэн бүтээлийн талаарх мэдээлэл эрдэм шинжилгээний менежментийн мэдээллийн системд, оролцож буй төслийн мэдээлэл төслийн удирдлагын системд, сургалттай холбоотой мэдээлэл сургалт удирдлагын мэдээллийн систем зэрэгт хадгална. Багштай холбоотой эдгээр мэдээллийг нэгтгэж багшид суурилсан өгөгдлийн суурь бүтэц бий болгож буй онтологийн ерөнхий зохиомжийг Зураг 4-т харуулав. Энд багш нь өөр нэгжид (Эрдэм шинжилгээний хэлтэс, тэнхим) өөр албан тушаал (дарга, дэд профессор)-д ажиллах боломжтой ба энэхүү логикийг гурвалсан холбоосыг дэмжих Affiliation классыг тодорхойлж хэрэгжүүлсэн юм.

D. Онтологи шалгах

Онтологи шалгах үе шатанд онтологи зохиомжлох үе шатанд III-D бий болсон онтологийг домэйн тодорхойлолтын хүрээнд боловсруулсан асуултаар эцсийн (end-to-end) сорил тавьж шалгасан. Өөрөөр хэлбэл, мэдлэгийн хүрээндээ байх мэдлэгийг гаргаж авч

чадаж байгаа эсэхийг асуулга бичиж шалгасан болно. Энэ шатанд гарсан зарим логик зөрчил, өөрөөр зохиомжлох боломжийг илрүүлж нэмэлт засвар өөрчлөлтийг хийсэн юм.

Мөн дотоод болон гадаад зохицолдоо, олон хэлний боломжийг хадгалахын тулд онтологийн класс, түүний шинж, холбоос нэг бүрийн хувьд UKC-ийн [14-15] ойлголтыг хадаж өгсөн болно.

IV. ХЭРЭГЛЭЭ

Бид энэхүү онтологийг олон төрлийн мэдээллийн системд тархан байрласан МУИС-ийн өгөгдлийг нэгтгэж улмаар онтологид суурилсан мэдлэгийн граф үүсгэх, жишиг бүтээгдэхүүн - чатбот хөгжүүлэхэд ашиглаж байна. Энэхүү системийн ерөнхий архитектурыг Зураг 6-т үзүүлэв. Ингэснээр бид дараах чухал асуудлуудыг шийдвэрлэнэ. Үүнд:

- Өөр өөр өгөгдлийн санд давхардаж орсон эсвэл тарж байрласан нэгж-объектыг (жишээ нь, нэг профессор) тодорхойлох, түүний мэдээллийг нэгтгэх, холбоо хамаарлыг (түүний заадаг хичээл, удирдсан төсөл, бичсэн өгүүллүүд, оролцсон үйл явдлууд, хамтрагчид) тогтоох;
- Аливаа нэгж-объектын мэдээлэл хугацааны хувьд хоорондоо харшлах (жишээ нь, профессор төгсөгчдийн мэдээллийн санд оюутан мэтээр хадгалагдах) тохиолдлуудыг удирдах;
- Нэг өгөгдлийн санд байгаа мэдээлэл хоёр хэл дээр давхардан хадгалагдаж байдаг. Үүнийг нэг мэдээлэлд олон хэлээр хандах.

Зураг [6]-т дүрсэлсэн өгөгдөл нэгтгэх загварыг Мэдлэг цуглуулах бүлэг III-A-т тодорхойлсон өгөгдөлд нийцүүлэн боловсруулсан. Энэ нь өгөгдлийн аль эх үүсвэрээс ямар өгөгдөл нь бидний тодорхойлсон онтологийн аль ойлголт эсвэл шинж чанар болохыг тодорхойлсон R2RML загвар байна. Энэхүү өгөгдөл нэгтгэлийн загварын дагуу өгөгдлийг нэгтгэх Карма⁶ програмыг ажиллуулж нэгтгэсэн өгөгдөл бүрдүүлнэ. Нэгтгэсэн өгөгдлүүд нь RDF гурвалсан нөөц байх ба тэдгээрийг нэгдсэн нэг системд буюу мэдлэгийн графт хадгална. Энэхүү мэдлэгийн графт хандаж ажиллах олон дижитал үйлчилгээнүүд байх боломжтой.

Чатбот нь хэрэглэгчийн Монгол кирилл үсгээр дураараа бичсэн асуултын зорилго, түүнд орсон нэгж-объектыг таньж мэдлэгийн графаас асуултад хариулдаг. Асуулт нь онтологи тодорхойлох дэд бүлэгт харуулсан



Зураг 5. Мэдлэгийн графын хэсэг

⁶ <https://usc-isi-i2.github.io/karma/>



Зураг 6. Өгөгдлийг нэгтгэж, онтологид суурилсан мэдлэгийн граф үүсгэх, түүнд суурилсан жишиг бүтээгдэхүүн хөгжүүлэх системийн архитектурын ерөнхий бүдүүвч

жишиг асуулт шиг байж болно. Хэрэглэгчид нэг асуултыг олон янзаар асууж болох бөгөөд нэг утга, зорилготой, урьдчилж тодорхойлсон бүлэг асуултад нэг л хариулт байхаар зохиомжилсон юм. Мөн чатбот нь хэрэглэгчтэй харилцан яриа өрнүүлэх бус нэг удаагийн асуулт-хариулт зарчмаар ажилладаг мэдээллийн дижитал туслах болно. Мэдлэгийн графыг ашиглан чатботыг хөгжүүлэх нь өргөн мэдлэгтэй, өргөтгөхөд хялбар, зардал багатай, цаашид нэгдсэн, нэг сувгаас үйлчлэх боломжтой платформ болох бүрэн боломжтой юм.

V. Дүгнэлт

Энэхүү ажлаар их сургуулийн онтологийг өөрсдийн хэрэгцээ шаардлагад нийцүүлэн хөгжүүлж онтологи ашигласан өгөгдлийн семантик нэгтгэлийн шийдлийг боловсрууллаа. Энэ шийдлээр тус бүрдээ тодорхой зорилго, зорилготой хэрэглэгчтэй их сургуулийн мэдээллийн системд тархсан, хоорондоо холбогдоогүй, зөрүүтэй өгөгдлийг нэгтгэж өгөгдлийн суурь бүтэц, 322 мянган гурвалтай мэдлэгийн графыг үүсгэсэн болно. Энэ граф нь мэдлэгийн төв болох бөгөөд үүнийг орчин үеийн граф хиймэл оюун, дижитал туслахын технологид ашиглах боломжтойг жишээгээр харуулж чадлаа. Мөн бидний боловсруулсан онтологи нь байгууллагын дотоод болон гадаад зохицолдоог хангах, онтологи болон мэдлэгийн графд гадаад хэлээр хандах боломжтой гэдгээрээ онцлогтой.

Бидний хөгжүүлсэн онтологи нь тодорхой тооны ойлголт, холбоо хамаарал, шинж чанартай бөгөөд их сургуулийн домэйний мэдлэгийг бүрэн илэрхийлэхгүй. Цаашид уг онтологийн илэрхийлэх мэдлэгийг тэлэх, сайжруулах, зүгшрүүлэх ажил хийгдэх нь гарцаагүй. Мөн мэдлэгийн графыг аль болох их мэдлэгээр баяжуулах

хэрэгтэй. Хэрэглээний хувьд мэдлэгийн графт суурилсан шинэ дижитал үйлчилгээнүүд гаргаж өгөгдлийн суурь бүтцийн давуу чанарыг ашиглах нь зүйтэй байна.

ТАЛАРХАЛ

Энэхүү судалгааны ажлыг Монгол улсын их сургуулийн P2022-4222 дугаартай Дижитал МУИС төслөөр санхүүжүүлсэн болно.

ЗҮҮЛТ

- [1] Martinez-Cruz, Carmen, Ignacio J. Blanco, and M. Amparo Vila. "Ontologies versus relational databases: are they so different? A comparison." *Artificial Intelligence Review* 38.4 (2012): 271-290.
- [2] Li, Man, Xiao-Yong Du, and Shan Wang. "Learning ontology from relational database." 2005 International conference on machine learning and cybernetics. Vol. 6. IEEE, 2005.
- [3] Maltese, Vincenzo, and Fausto Giunchiglia. "Foundations of Digital Universities." *Cataloging & Classification Quarterly* 55.1 (2017): 26-50.
- [4] Uschold, Mike, and Michael Gruninger. "Ontologies: Principles, methods and applications." *The knowledge engineering review* 11.2 (1996): 93-136.
- [5] Chantrapornchai, Chantana, and Chidchanok Choksuchat. "Ontology construction and application in practice case study of health tourism in Thailand." *SpringerPlus* 5.1 (2016): 1-31.
- [6] Stancin, Kristian, Patrizia Poscic, and Danijela Jaksic. "Ontologies in education—state of the art." *Education and Information Technologies* 25.6 (2020): 5301-5320.
- [7] Zeng, Ling, Tonglin Zhu, and Xin Ding. "Study on construction of university course ontology: content, method and process." 2009 International Conference on Computational Intelligence and Software Engineering. IEEE, 2009.
- [8] Malviya, Naveen, Nishchol Mishra, and Santosh Sahu. "Developing university ontology using protégé owl tool: Process and reasoning." *International Journal of Scientific & Engineering Research* 2.9 (2011): 1-8.
- [9] Hadjar, Karim. "University ontology: a case study at Ahlia University." *Semantic Web*. Springer, Cham, 2016. 173-183.
- [10] Ameen, Ayesha, KhaleelUr Rahman Khan, and B. Padmaia Rani. "Construction of university ontology." 2012 World Congress on Information and Communication Technologies. IEEE, 2012.
- [11] Fernández-López, Mariano, Asunción Gómez-Pérez, and Natalia Juristo. "Methontology: from ontological art towards ontological engineering." (1997).
- [12] Gómez-Pérez, Asunción, and Mari Carmen Suárez-Figueroa. "NeOn methodology for building ontology networks: a scenario-based methodology." (2009).
- [13] Batini, Carlo, et al. "Methodologies for data quality assessment and improvement." *ACM computing surveys (CSUR)* 41.3 (2009): 1-52.
- [14] Giunchiglia, Fausto, Khuyagbaatar Batsuren, and Abed Alhakim Freihat. "One world—seven thousand languages." *Proceedings 19th International Conference on Computational Linguistics and Intelligent Text Processing*. 2018.
- [15] Giunchiglia, Fausto, Khuyagbaatar Batsuren, and Gabor Bella. "Understanding and Exploiting Language Diversity." *IJCAI*. 2017.

Дотоодын болон импортын ногоог ялгах объект таних модель

Б.Зориг
Электроник, Холбооны
инженерчлэлийн тэнхим
ХШИУС, МУИС
Улаанбаатар, Монгол
zorig@seas.num.edu.mn

Ч.Галдан
Электроник, Холбооны
инженерчлэлийн тэнхим
ХШИУС, МУИС
Улаанбаатар, Монгол
galdanchinbat@gmail.com

Р.Амартүвшин
Электроник, Холбооны
инженерчлэлийн тэнхим
ХШИУС, МУИС
Улаанбаатар, Монгол
amartuvshin@seas.num.edu.mn

Хураангуй—Энэхүү судалгааны ажлаар дотооддоо тариалж буй хүнсний ногоог импортоор орж ирсэн хүнсний ногооноос ялгах зорилготой машин сургалтын модель хөгжүүлэхийг зорив. Хүнсний ногоо дундаа байцаа болон өргөст хэмхийг онцлон сонгосон шалтгаан нь санал асуулгын дүн ба өгөгдөл цуглуулах боломжтой байсан тул сонгосон. Хөгжүүлэлтийг CNN болон Mask-RCNN[1] гэсэн хоёр модель ашиглан сургасан. Mask-RCNN модель танилт илүү өндөртэй нэмэлт үйлдэл буюу хүрээлэх нь орчин үеийн үр дүнд[2] хүрсэн.

Тулхуур үгс— модель, CNN, Mask-RCNN, real time object detection

I. УДИРТГАЛ

Хятад улсын импортын хүнсний барааны эрүүл ахуйн байдалд нь олон иргэд баталгаанд нь эргэлздэг[3]. Хятад улс нь хэт их үйлдвэржсэн нь хүнсний бүтэгдэхүүнийг бохирдуулж байгаа судалгаа их байдаг[4]. Мөн дотоодын ногоо сонгон хэрэглэх нь улсын эдийн засгийг шууд бус байдлаар дэмжинэ. Гэсэн хэдийн ч дотоодын ногоо сонгон хэрэглэж байгааг тодорхой мэдэх аргагүй, мөн өвлийн улиралд сонголтгүй импортын ногоо хэрэглэх болдог.

Дотоодын төмснөөс бусад ногооны тариалалт нь Монгол улсын нийт хэрэглээний 40%-г хангаж байгаа гэж Хүнс Хөдөө Аж Ахуй, Хөнгөн Үйлдвэрийн Яамны (ХХААХҮЯ) 2019 оны статистикт дурджээ.

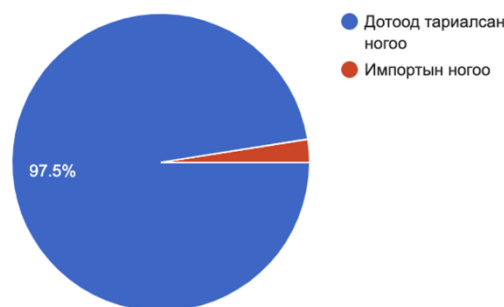
Иймд бид аман судалгааны үндсэн дээр байцаа болон өргөст хэмхийг дотоодын эсвэл импортын болохыг таних машин сургалтын модель хөгжүүлэхийг зорилоо. Үүнийг хэрэгжүүлэхийн тулд бид дараах 3 алхмаар хийх ёстой. Нэгдүгээрт, импортын ба дотоодын ногооны өгөгдлийн санг бүрдүүлэх шаардлагатай. Хоёрдугаарт, бэлдсэн өгөгдлөө CNN модель ашиглан сургана. Гуравдугаарт, сургасан моделийг туршин үзэж сайжруулах юм.

II. СУДАЛГАА

Бид дараах хоёр асуулгатайгаар нийт 81 хүнээс судалгаа авсан нь зураг 1 ба 2-г графикаар дүрслэгдсэн болно.

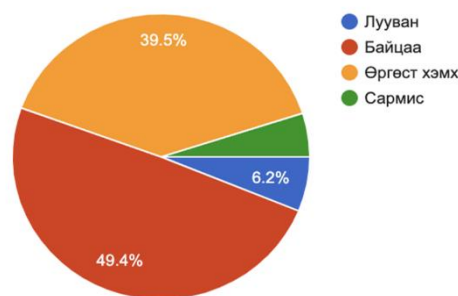
- Та ямар төрлийн хүнсний ногоог илүүд үзэж сонгох вэ? (Дотоодын, импортын)
- Та ямар төрлийн хүнсний ногоог худалдан авахдаа дотоодод тариалсан, импортын эсэхэд хамгийн их эргэлздэг вэ?

80 Хариулт



Зураг 1. Судалгааны асуулт “Та ямар төрлийн хүнсний ногоог илүү хэрэглэх вэ?”-ын хариулт.

81 Хариулт



Зураг 2. Судалгааны асуулт “Та ямар төрлийн хүнсний ногоог худалдан авахдаа Дотоодод тариалсан, Импортын эсэхэд хамгийн их эргэлздэг вэ?”-ын хариулт.

Хоёрдугаар асуулт нь бидний ямар ногоо сонгох үндсэн суурь болсон. Үүнд өргөст хэмх, улаан лооль, сармис, төмс, байцаа, лууван багтана. Хараад хялбар ялгах боломжтой байх үүднээс байцаа болон өргөст хэмхийг сонгосон. Үүнийг тодруулбал: Нэгдүгээрт дээр дурдсан төмс, лууван, сармис зэрэг ногоонууд нь хөрсөн дор буюу далд ургах тул хурааж авах үед наалдсан шороо нь бидний туршилтад ногоог таньж ялгах үед сөргөөр нөлөөлнө гэж үзсэн. Мөн лууван болон сармис нь гаднаас нь харахад нөхцөл байдлаар хамаарч хальстай, хальс багатай, шороотой ба шороогүй гэх мэт байдлаар зарагддаг тул өгөгдөл цуглуулах явц нь хүн цаг их шаардах тул хасагдсан.

III. ӨГӨГДЛИЙН САН

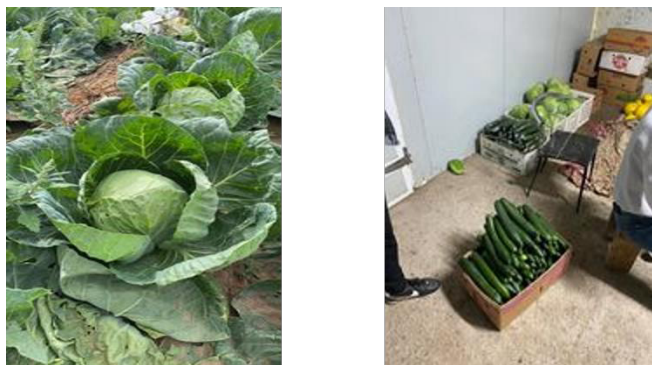
A. Өгөгдлөө цуглуулсан алхам

Дотоодод ургуулсан хүнсний ногоогоо Зүүн Хараа, Шувуун Фабрикаас цуглуулав. Зураг 3-д талбай дээр нь очиж зураг авахын өмнөх байдал дүрслэгдсэн байна.

Химийн хольцтой бордоо ашигладаггүй гэсэн үндсэн шалгуур тавьж дээрх хоёр газрыг сонгосон. Импортоор орж ирсэн хүнсний ногооны өгөгдлөө барс хүнсний захын хоёр өөр лангуунаас худалдагчаас нь асууж зөвшөөрөл авч байгаад цуглуулав.

Өгөгдлийн санг бэлдэхдээ нийт 2550 зураг цуглуулсан. Үүнээс байцаа 1050, өргөст хэмх 1000 болсон. Ногоо таних модель нь бусад өөр объектуудыг андуурч таних ёсгүй учраас нэмэлтээр 500 ширхэг өөр олон төрлийн зургуудыг интернэтээс цуглуулсан.

Сургалтад зориулан дотоодын байцаа(1), өргөст хэмх(3), импортын байцаа(2), өргөст хэмх(4) болон бусад(5) гэсэн ангилалтыг үүсгэсэн.



Зураг 3. Талбай дээр очиж өгөгдлийн сангаа бүрдүүлж буй үйл явц.

В. Өгөгдлийн санг цэвэрлэх алхам

Авсан зургууд нь янз бүрийн нөхцөл байдалд авч байсан учраас зарим тохиолдолд ашиглах боломжгүй гэж үзэж хассан болно.

Байцайнаас 62, өргөст хэмхээс 12 зураг тус тус хассан. Хассан зургийн жишээг зураг 4-өөс харна уу. Энэ зураг нь нэг талдаа сүүдэртэй байсан тул өгөгдлийн сангаас хассан. Нэг ангиллын зургийн тоо тэнцүү байх үүднээс өгөгдлийн санг хүснэгт 1-г үзүүлснээр машин сургалтад зориулан хуваасан.

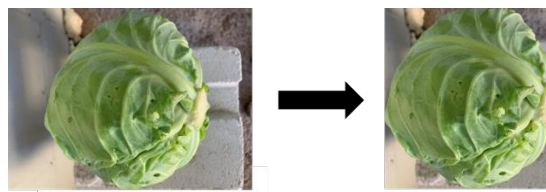
ХҮСНЭГТ I.

Ангилал	Сургалт	Сургалтын Хяналт	Шалгалт
Ангилал	396	49	49



Зураг 4. Цуглуулсан өгөгдлийн сангийн дээж зураг.

Модель танихад хялбар болгох үүднээс ялгаж таних 4 нь ангиллын зураг тус бүрээс ногоотой хэсгийг хүрээлэн авч шинэ өгөгдлийн үүсгэсэн. Энэхүү үйлдэл нь зураг 5-д дүрслэгдсэн.



Зураг 5. Сургалтад зориулан цуглуулсан сангаа объект байгаа хэсгийг хүрээлэн авсан үйл явц.

С. Хүрээлсэн мэдээлэл бүхий өгөгдлийн сан бэлтгэх алхам

Эхний моделийг сургасны дараа бид дахин Mask-RCNN дээр сургасан. Хоёрдугаар модельд өгч байгаа өгөгдлөө ногооны ирмэгийн дагуу хүрээлж (annotation) нэмэлт файл үүсгэсэн. Үүнийг makesense.io вэбсайтаар хийсэн бөгөөд зураг 6-д үзүүлэв.



Зураг 6. Сургалтад зориулан дөрвөн ангилал тус бүрд 494 зургыг ирмэгийн дагуу хүрээлсэн.

Зураг 7-д ирмэгийн мэдээллийн агуулсан файлаас зургийн арын фоноос ялгах давхаргыг гаргасан. Энэхүү мэдээллээр хоёрдугаар моделийг сургах болно.



Зураг 7. Сургалтад бэлдсэн зураг болон annotation хийсэн файлыг уншин маск үүсгэж буй үйл явц.

IV. ХЭРЭГЖҮҮЛЭЛТ

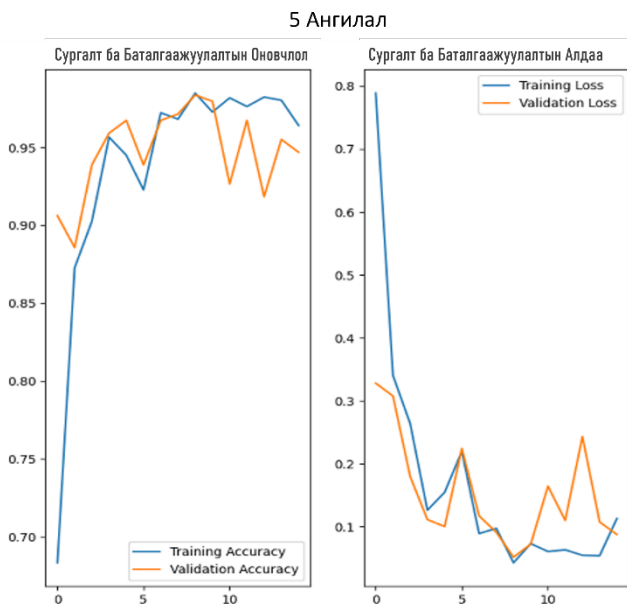
А. CNN моделийг сургах алхам

Саадгүй хурдан ажилладаг байх үүднээс бид эхний сургалтын моделийг нүсэр том байлгахыг хүсээгүй. Иймд ангиллын үр дүнд 0-100%-аар үнэлж гаргадаг энгийн CNN модель угсарсан. Модель нь нийт 1,431,365 параметртэй. Хүснэгт 2-оос үзнэ үү.

ХҮСНЭГТ II. CNN МОДЕЛИЙН БҮЦЭТ

Давахрга (төрөл)	Гаралт	Параметрийн тоо
Conv2D	(None, 224, 224, 16)	448
MaxPooling2	(None, 110, 110, 16)	0
Conv2D	(None, 108, 108, 32)	4640
MaxPooling2	(None, 23, 23, 32)	0
Conv2D	(None, 50, 50, 32)	9248
MaxPooling2	(None, 23, 23, 32)	0
Conv2D	(None, 21, 21, 16)	4624
Flatten	(None, 7056)	7056
Dropout	(None, 7056)	0
Dense	(None, 200)	1411400
Dense	(None, 5)	1005
Total params: 1,431,365		
Trainable params: 1,431,365		
Non-trainable params: 0		

Зураг 8-д CNN моделийн сургалтын үр дүнг үзүүлсэн байна. Харин сургалтын дараа 49 огт сургалтад ашиглагдаагүй өгөгдлөөр шалгаж үзэхэд үр дүн нь хүснэгт 3-т үзүүлсэн 0,9632 гарсан.



Зураг 8. CNN модел дээр 5 ангилалаа 15 удаа сургасан үр дүн.

ХҮСНЭГТ III. CNN МОДЕЛИЙН ҮР ДҮН

	Epoch эрэн	Evaluation loss	Evaluation accuracy
Бүгд	15	0.1458	0.9632

B. CNN моделийг практикт ашиглах алхам

Бодит амьдрал дээр гар утасны программ болгон оруулаад туршиж үзэхэд дараах нөхцөл өөрчлөгдөхөд зөв таньсан байсан ногоог буруу таньж эхэлсэн.

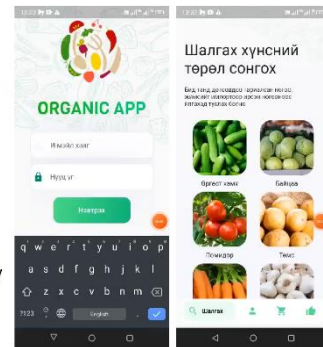
- Гэрэлийн тусгал өөрчлөгдөхөд
- Арын дэвсгэр өөрчлөгдөхөд

Иймд дараах нөхцөлөөр дахин өөр модель сургахаар судалсан. Өгөгдлийн олшруулах, зөвхөн тухайн ногоог сегментчлэн таних аргуудыг хэрэглэж дээр гарсан алдааг шийдвэрлэх боломжтой гэж үзсэн.

Зураг 9-д гар утасны моделио суурилуулан шалгаж үзсэн программыг дүрслэн үзүүлсэн байна.

Апп

- Өргөст хэмх
- Байцаа
- Помидор
- Төмс
- Лууван
- Сармис
- Бүгд /Өргөст хэмх, Байцаа/



Зураг 9. Бэлэн болсон гар утасны програм

C. Объект сегментчилэн таньдаг моделийн судалгааны алхам

Объект таньдаг моделиудыг судалж бодит агшин (real time) объект таньдаг Mask RCNN моделийг дараах 4 нь төрлийн моделиудаас сонгосон[5].

Үүнд хүснэгт 4-7-ын хооронд 4 төрлийн аргаас хамгийн тохиромжтой нь 2-р арга бөгөөд энэ нь Mask RCNN байсан.

ХҮСНЭГТ IV. АНГИЛАЛЫН ХҮРЭЭГ САНАЛ БОЛГОХ

Давуу тал	Сул тал
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Бусадтайгаа харьцуулахад хэрэгжүүлэхэд хялбар ✓ Сегментчлэлийн нарийвчлал сайн 	<ul style="list-style-type: none"> • Сургахад хугацаа их орох бөгөөд оновчтой сургахад төвөгтэй. • Шалгаж үйл явц удаан. • Бодит цагийн(real time) хэрэглээнд тохиромжгүй

ХҮСНЭГТ V. ОБЪЕКТИЙГ ИЛРҮҮЛЖ, ДАРАА НЬ СЕГМЕНТЧИЛЭЛ ХИЙХ(MASK R-CNN МОДЕЛ БАГТАНА.):

Давуу тал	Сул тал
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Бусад гуравтайгаа харьцуулахад сургахад хялбар мөн хурдан. ✓ Сегментчлэлийн нарийвчлал сайн 	<ul style="list-style-type: none"> • Хэр хэмжээний төвөгтэй нүсэр объект сургахаас хамаарч сургахад хүндрэл үүснэ.

ХҮСНЭГТ VI. ПИКСЕЛҮҮДИЙГ ТЭМДЭГЛЭЖ, ДАРАА НЬ БҮЛЭГЛЭХ

Давуу тал	Сул тал
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Сүүлийн үеийн судлагдсан зарим арга техникийг ашигладаг ✓ Бусадтайгаа харьцуулахад хэрэгжүүлэхэд хялбар 	<ul style="list-style-type: none"> • Сегментчлэлийн нарийвчлал тааруу • Тооцооллын өндөр хүчин чадал шаарддаг. • Бодит цагийн(real time) хэрэглээнд тохиромжгүй

ХҮСНЭГТ VII. Нягт гүйдэг цонхны аргууд:

Давуу тал	Сул тал
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Бусадтайгаа харьцуулахад судлагдаагүй шинэ. ✓ Сегментчлэлийн нарийвчлал сайн 	<ul style="list-style-type: none"> • Нарийн төвөгтэй алгоритмуудыг ашигладаг. • Сургалтыг оновчтой болгоход хэцүү • Бодит цагийн(real time) хэрэглээнд тохиромжгүй

D. Mask RCNN моделийг сургасан алхам

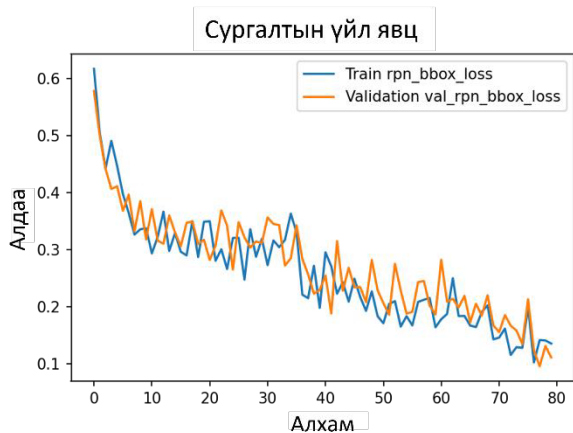
Бидний сонгосон Mask RCNN модель нь нийт 542 ширхэг ResNet давхрагтай. Үүнд resnet58 resnet4, resnet3 архитектур орсон байдаг. Төгсгөлийн шат нь 44 давхаргатай MRCNN-ын хүрээлэх давхаргын архитектуртай.

Mask RCNN модель нь эхлээд объект байж болох газруудыг санал болгосон хүрээлэх хайрцгийг санал болгодог. Түүнийг “Region Proposal Networks” гэж нэрлээд “rpn” гэж товчилдог. Дараа нь MRCNN-ын ангилал дахин хийгддэг бөгөөд үүний дараа хүрээлэх буюу “Mask”-аар бүрхдэг. Сургалтын явц нь эдгээр параметруудийг үнэлэхээс дээрх бүх параметруудийн нэмээд нэг ерөнхий “loss”-оор ерөнхийд нь үнэлдэг.

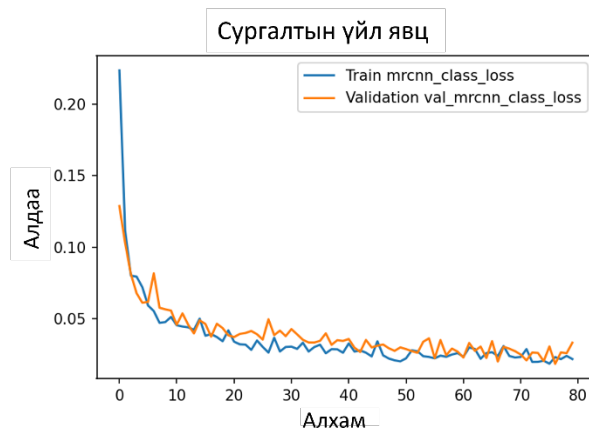
Бидний хувьд “MRCNN loss”- параметр нь эхний CNN модельтой харьцуулах параметр хэмээн авсан.

Моделийг сургахдаа компьютерын хүчин чадлаас хамаар 3 тасалж сургасан. Эхлээд MRCNN давхаргыг 35 удаа сургасан. Дараа нь Resnet5-тай давхаргуудыг 35 удаа сургасан, эцэст нь resnet4 ба resnet3-тай давхаргуудыг 10 удаа сургасан. Нийт 80 удаа сургасан.

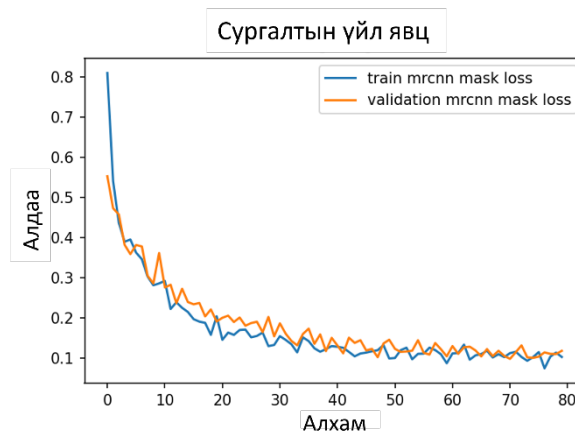
Зураг 9-12-т “rpn_bbx_loss” санал болгосон хайрцгийн алдаа, “mrcnn_class_loss” буюу хүрээлэх давхаргын ангиллын алдаа, “mrcnn_mask_loss” буюу хүрээлэх алдаа, “loss” буюу нийт алдааг тус тусад нь харуулсан байна.



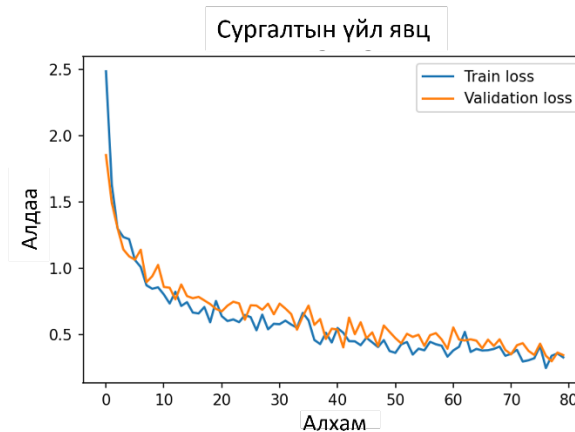
Зураг 10. Mask-RCNN модел дээр сургасан үр дүн.



Зураг 11. Mask-RCNN модел дээр сургасан үр дүн.



Зураг 12. Mask-RCNN модел дээр сургасан үр дүн.



Зураг 13. Mask-RCNN модел дээр сургасан үр дүн.

Шалгалтын явц нь 5 ангиллын тус тус 49 огт сургагдаагүй өгөгдлөөр шалгаж үзсэн. “mask Average Percition” буюу mPA параметр нь манай сургалтын үр дүнд 0,44 гарсан нь Mask RCNN архитектурын хувьд “state-of -art” түвшинд дөхөж очсон байна. Хүснэгт 8-г үзнэ үү.

ХҮСНЭГТ VIII. MASK RCNN МОДЕЛИЙГ БУСАД МОДЕЛИУДИЙН MAP ПАРАМЕТРИЙН ХАРЬЦАА

Моделцуд	mAP	Date
SwinV2-G(HTC++)	53,7%	2022
Mask RCNN(SpineNet-190)	46.1%	2020
Mask RCNN(Манай модел)	44%	2022

Зураг 14-т шалгалтын явцад моделийн оролт, гаралтын хүрээлсэн буюу маскласан үр дүнг харуулжээ.



Зураг 14. Mask RCNN моделийг шалгасан үр дүн. Зүүр гарталд нь оролтонд өгсөн зураг. Бураан гар талд нь сурсан моделийн үр дүн.

Mask RCNN модель нь

ХҮСНЭГТ IX. CNN БА MASK RCNN МОДЕЛИЙН ҮР ДҮНГҮҮД

	Epoch эрин	Evaluation loss	Evaluation accuracy	Mean Average Precision
CNN	15	0.1458	0.9632	-
Mask RCNN	80	0.25	-	0.44

Хүснэгт 9-өөс харахад тэгш өнцөгтөөр хүрээлэн объект таних CNN моделийн танилт нь 96,32%-тай байна. Харин эгшний сегментчлэх аргыг ашиглаж объектыг хүрээлдэг Mask RCNN модель нь шалгасан нийт объектуудын гадаргуун 44%-ыг хүрээлж чадсан байна.

V. ДҮГНЭЛТ

Байцай болон өргөст хэмхийг импортоор орж ирж буй болон дотооддоо тариалсан эсэхийг ялгах зорилготой машин сургалтын модель хөгжүүлсэн. Судалгааны ажлын эх шатанд ялган, таних гэж буй хүнсний ногоог агуулсан зурган өгөгдлийн сан бүрдүүлсэн. Дараа нь моделио сонгон өгөгдлөө сургасан. CNN ба Mask-RCNN гэх хоёр моделийг дараалан сургасан.

CNN модель ашиглан өгөгдлөө сургахад үр дүн нь цуглуулсан өгөгдлийн сангийн хувьд хангалттай сайн таньж байсан боловч практикт ашиглахад гэрэлтүүлэг (сүүдэрлэсэн, сүүдэрлээгүй), өөр өөр арын орчноос шалтгаалж танилт нь буурсан. Гаднын шуугианд мэдрэмтгий байсан тул уг асуудлыг шийдэх шаардлага гарсан.

Үүний хүрээнд эгшний сегментчлэл аргын Mask-RCNN моделийг ашиглахаар сонгосон. Эгшний сегментчлэл нь тодорхой нэг илрүүлэхийг зорьсон объектоо илрүүлэн дараагаар нь дан ганц тухайн объектыг бүрхсэн маск үүсгэн арын фоноос нь салгадаг тул манай зорилгод нийцсэн юм. Mask-RCNN моделийг ашиглан бэлдсэн өгөгдлөө сургасан үр дүн, шалгалтын

үнэлгээ (Evaluation loss) нь CNN моделийн үр дүнгээс нь 0.15 их гарсан.

Цааш хэрэглээний түвшинд ашиглах боломжтой гар утасны программ зориулан моделио жижгэрүүлэхээр ажиллаж байна.

АШИГЛАСАН МАТЕРИАЛ

- [1] Kaiming He, Georgia Gkioxari, Piotr Dollar and Ross Girshick, "Mask R-CNN", 28th March 2017, [Facebook AI Research (FAIR)].
- [2] Waleed Abdulla, "Splash of Color: Instance Segmentation with Mask R-CNN and TensorFlow", 20th March 2018, [Matterport Engineering Techblog]
- [3] Qianhui Li, Kunyang Zhu, Lei Liu and Xinyi Sun, "Pollution-Induced Food Safety Problem in China: Trends and Policies", 11th November 2021 [Front Nutr. 2021; 8: 703832.].
- [4] Jindřich Petrlik, "Persistent Organic Pollutants (POPs) in Chicken Eggs from Hot Spots in China", updated version, June 2016, [Arnika – Toxics and Waste Programme (Czech Republic)].
- [5] Abdul Mueed Hafiz1, Ghulam Mohiuddin Bhat, "A Survey on Instance Segmentation: State of the art", 2002.

Гүн сургалтын аргаар барилга, байгууламжийн гадаргуугийн сэвийг илрүүлэх нь

Бямбасүрэнгийн Сономдаш
Мэдээлэл, компьютерын ухааны
тэнхим, ХШУИС, МУИС
sonko.sonomdash@gmail.com

Довдонгийн Энхзол
Мэдээлэл, компьютерын ухааны
тэнхим, ХШУИС, МУИС
enkhzol@seas.num.edu.mn

Батсуурийн Сувдаа
Мэдээлэл, компьютерын ухааны
тэнхим, ХШУИС, МУИС
suvdaa@seas.num.edu.mn

Хураангуй—Барилга, байгууламжийн хана, тааз, шал, хаалга зэргийн гадаргуу дээрх сэв, хагарал зэргийг автоматаар олж илрүүлэх нь компьютер харааны шинэлэг судалгааны нэг юм. Бид гадаргуугийн сэв, согогийг илрүүлэх зорилгоор дүрс боловсруулалтын болон гүн сургалтын Deep CNN аргуудыг хослуулан туршилтууд хийлээ. Уг туршилтын үр дүн зарим төрлийн гадаргуугийн сэвийг 85-аас 95 хувь хүртэл оновчтой илрүүлсэн.

Түлхүүр үг—гистограмм тэгшитгэл, морфологи, усны хагалбарын алгоритм, зургийн сегментчлэл, дүрс боловсруулалт, гүн сургалт

I. Удиртгал

Аливаа үйлдвэрлэлийн процессын эцсийн бүтээгдэхүүний зохих чанарыг баталгаажуулах нь хамгийн чухал шаардлагуудын нэг юм. Гадаргуугийн чанарын хяналтыг гар аргаар хийх нь цаг хугацаа их шаарддаг бөгөөд зарим тохиолдолд сэвийг илрүүлэхгүй байх тохиолдол гардаг. Тиймээс техник технологи эрчимтэй хөгжиж буй өнөө үед дүрс боловсруулалт болон машин сургалт ба гүн сургалтын аргууд ашиглан тухайн гадаргуу дээрх сэв, ан цавыг олж илрүүлэх боломж бүрдээд байна. Бидний хувьд барилга, байгууламжийн гадаргуугийн сэв, согогийг илрүүлэх систем бүтээснээр хэрэглэгч тухайн хугацаанд үр дүн, үнэлгээг харах боломж бүрдэнэ гэж үзэн загварыг хөгжүүлж байна. Ингэснээр барилга орон сууц, автомашин зэргийн засварын үнэлгээг хэрэглэгч гар утасны программ зэргийг ашиглан хялбараар тооцоолуулан мэдэх боломж бүрдэнэ. Мөн судалгааг үргэлжлүүлэн дүрс танилтын олон төрлийн судалгаанд ашиглах боломжтой. Гэвч тухайн гадаргуу дээрх гэрэлтүүлэг, гэрлийн тусгал, ар талын илүүц хэсэг, гадаргуугийн материал зэрэг онцлог болон хүрээлэн буй орчны нөлөөлөл нь сэвийг олоход бэрхшээл үүсгэдэг. Энэхүү судалгаанд барилга, байгууламжийн гадаргуу дээрх сэв, халцрал буюу хэвийн бус гадаргуугийн хэсгийг автоматаар илрүүлэхэд дүрс боловсруулалтын аргуудыг агуулсан opencv, scikit-image, matplotlib-pyplot программын сангууд, python программчлалын хэл дээр боловсруулсан дүрмүүд, Deep CNN (Convolutional Neural Network) аргуудыг хэрэглэн илрүүлсэн туршилтын үр дүнгээс танилцуулж байна.

II. Ижил төстэй судалгаа

Уг судалгаанд барилга байгууламж дээр үүсэж болох нийтлэг сэвийг илрүүлэх зорилго тавьсан ба тухайн олох сэвний гадаргуугийн бүтцээс хамаарч олон янзын арга алгоритмыг судлан туршсан ба бидний судалгааны ажилтай холбогдох хэд хэдэн судалгааны ажлууд нь орчны нөлөөлөл болон илрүүлэх сэвний хувьд тодорхой нөхцөл дор хийгдсэн байна.

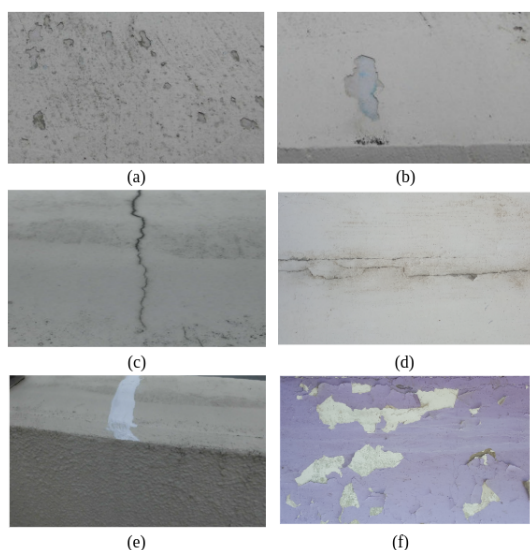
Лв Х Дуан [1] нар металл хавтангийн сэвийг илрүүлэхдээ Convolution neural network (CNN) ба Long short-term memory (LSTM)-ийг ашигласан. Согогийн дүрсний онцлог шинж чанаруудыг конволюшн мэдрэлийн сүлжээгээр дамжуулан, дараа нь дамжуулсан функцийн векторуудыг LSTM сүлжээг хэрэглэн согогийг танина. Ашигласан загварын хувьд, CNN -ийн өгөгдлийн давхарга, онцлог шинжтэй сургалтын сүлжээ, ангиллын сүлжээ гэсэн гурван үндсэн хэсгээс бүрдэнэ [1].

Лю, Шү [2] нарын боловсруулсан энэхүү загвар нь Shot MultiBOX Detector аргад суурилан явагдсан бөгөөд металл гадаргуугийн согогийг илрүүлэх ангилах зорилготой юм. Систем нь үндсэн компьютер, үйлдвэрлэлийн шугам, сервер, илрүүлэлтийн үр дүн гэсэн дараалсан дөрвөн үндсэн үе шатаас бүрдэнэ. Хост компьютер нь системийн ажиллагааг хянах системийн цөм юм. Үйлдвэрлэлийн шугам нь согогтой дүрс цуглуулдаг. Чанарын үнэлгээ хийх зорилгоор илрүүлэх загвараа сервер дээр байрлуулдаг. Оруулсан анхны дүрсийг хэд хэдэн аргаар хувиргадаг. Эдгээр зургуудыг сургалтын зорилгоор илрүүлэх сүлжээнд оруулдаг бөгөөд загвар нь согогийг илрүүлж, ангилдаг. Энэ илрүүлэлтийн загвар нь олон талт функционал дүрсүүдийг байршил бүрд өөр өөр хамааралтай тэгш өнцөгтүүдийн багцыг тооцоолох боломжийг олгодог. Давхарга бүрд хоорондоо хэр зөрүү байгааг урьдчилан таамаглана. Илрүүлэх загвар нь VGG16 ба илрүүлэлтийн эцсийн үр дүнг гаргах хамгийн дээд процедур гэсэн хоёр том модулиас бүрдэх нейроны сүлжээ юм [2].

III. Өгөгдлийн багц

Бид нийт 2000 ширхэг сэвтэй гадаргуун зургийг цуглуулсан бөгөөд тухайн дүрсүүдийг ханын

500 дүрс, таазны 500 дүрс, шалны 500 дүрс, бусад өөр төрлийн 500 дүрс гэсэн байдлаар гар аргаар ангилан шошголож бэлтгэсэн. Бидний боловсруулсан аргын хувьд гадаргуу болон согогийн төрөл харгалзахгүйгээр сэвийг илрүүлэх зорилготой байсан нь ч доорх гадаргуу дээрх төрлийн (Зураг 1 харуулсан) сэвүүдийг илүү үр дүнтэй таньж байсан. Учир нь зарим гадаргуугийн сэв нь олон гэрэл сүүдэр орчны нөлөө болон тухайн дүрс орсон объектуудаас хамаарч илрүүлэлт ихээхэн зөрүүтэй байв.



Зураг 1. Гадаргуу дээр үүсэж болох зарим сэвийн жишээнүүд. (a, b) Ховхорсон (c, d) Хагарал (e, f) Хууларсан

IV. Боловсруулсан арга зүй, загвар

Барилгын гадаргуу нь нэгэн төрлийн биш үргэлж шинэчлэгдэн өөрчлөгдөж байдаг тул тухайн гадаргуу дээр үүсэх сэв мөн адил олон төрлийн байдаг. Тухайн гадаргуугаас шалтгаалж сэв нь бидний нүдэнд үл мэдэгдэх ч байх тохиолдол байдаг. Тухайн гадаргуугийн сэвний хэсэгт гэрэл, сүүдрийн тусгалаас шалтгаалан сэвийг илрүүлэх хувь буурдаг. Иймд бид гэрэл сүүдэр зохицуулах болон олон төрлийн объект орсон сэвтэй гадаргуу байх үед хэрхэн ангилах, ангилсан сэвээ хэрхэн яаж бодит хэмжээгээр олж дүрслэн харуулах гэсэн асуудлуудыг шийдвэрлэхийн тулд олон төрлийн дүрс боловсруулах уламжлалт алгоритмуудыг судлан туршилт хийсний үр дүнд Зураг 2-д үзүүлсэн аргачлалыг боловсруулав.



Зураг 2. Боловсруулсан арга зүйн алхмууд

A. Саарал зураг

Тоон дүрс нь улаан, ногоон, цэнхэр гэсэн гурван өнгөний хоршлоос бүрддэг ба эдгээр сувгуудыг

давхарлан байрлуулж өнгөт дүрсийг бий болгодог. Иймд дүрсийн пиксел бүрд гурван өөр төрлийн утга авдаг учир цааш алхам хийхэд хүндрэлтэй болж, ажиллагаа их шаарддаг тул тухайн дүрсийг саарал өнгийн дүрс болгосноор пиксел бүрд гурван сувгаас хувирсан нэг саарал өнгийн ойролцоо утгыг авна [3], [4]. Нэг пикселийн 3 сувгийн дүрсийн ханалтын (Saturation) хэмжээг дараах байдлаар тооцдог бөгөөд [0, 1] мужид байна. Үүнд:

$$Saturation[I] = \frac{\max(R, G, B) - \min(R, G, B)}{\max(R, G, B)} \quad (1)$$

B. Гауссын шүлтүүр

Гауссын шүлтүүр [3], [5] нь дүрсийг бүдгэрүүлж, шуугианыг багасгах зорилгоор ашиглагддаг. Пиксел бүрийн шинэ утгыг тухайн пикселийн ойр орчмын 3x3 цонх гэх мэт жинлэсэн дунджаар үржүүлэн нэмж, гарсан утгыг гаралтын дүрсийн харгалзах байршилд утга олгоно. Анхны оролтын дүрсийн пикселийн утга нь хамгийн их жинтэй (хамгийн их Гауссын утгатай) бөгөөд хөрш пикселүүд нь анхны пикселээс холдох тусам жин багатай болдог. Гауссын гөлгөр болгох нь M x N цонх ашигладаг бөгөөд энд M ба N хоёулаа сондгой бүхэл тоо байна. Пикселүүдийг төв пикселээс хэр хол байгаагаар нь жинлэж байгаа тул цөмийг бүтээх тэгшитгэл хэрэгтэй. Нэг чиглэлийн Гауссын функцийг тэгшитгэл нь:

$$G(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} e^{-\frac{x^2}{2\sigma^2}} \quad (2)$$

σ бол тархалтын стандарт хазайлт юм. Хоёр хэмжээст Гауссын функцийг тэгшитгэл нь.

$$G(x, y) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} e^{-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}} \quad (3)$$

Уг туршилтандаа $cv2.GaussianBlur(gray_i, image, (5, 5), 0)$ орсон сангийн хоёр хэмжээст Гауссын функцийг ашигласан.

C. Гистограмм тэгшитгэл

Гистограмм бол дүрсийн эрчмийн тархалтын график дүрслэл юм [6], [7]. Энэ нь эрчмийн утга бүрийн пикселийн тоог тодорхойлдог. Харин гистограмм тэгшитгэл бол дүрсийн эрчмийг сунгахын тулд дүрсийн гэрэлтүүлэг тэнцвэржүүлэх арга юм. Гистограмм тусламжтай дүрсийн эрчимтэй мужийг олж гистограмм тэгшитгэлээр эрчмийн мужийг тэнцвэржүүлнэ. Тэнцвэржүүлэх гэдэг нь нэг тархалтыг (өгөгдсөн гистограмм) өөр тархалттай (эрчмийн утгуудын илүү өргөн, жигд тархалт) зураглахыг хэлдэг тул эрчмийн утгууд нь бүх мужид тархдаг.

$$s_k = T(r_k) = (L - 1) \sum_{j=0}^k p_r(r_j) = \frac{L - 1}{MN} \sum_{j=0}^k n_j \quad (4)$$

s_k -Гаралтын дүрсийн цэг $L - 1$ нь 8 битийн дүрсэд 255 байна, n_j -j утгатай цэгийн тоо, $p_r(r_j)$ -j утгатай цэгийн тооны хувь хэмжээ.

D. Гамма хувиргалт

Гамма нь пикселийн тоон утга ба түүний гэрэлтүүлгийн хоорондын хамаарлыг тодорхойлдог. Гамма байхгүй бол дижитал камераар авсан сүүдэр нь бидний нүдэнд өөрөөр харагдах юм. Дүрсийн пикселийн эрчмийг $[0, 255]$ - аас $[0, 1.0]$ хүртэл масштаблах ёстой [6], [8]. Эндээс дараах тэгшитгэлийг ашиглан гаралтын гамма дүрсийг үүсгэнэ.

$$O = \left(\frac{I}{255}\right)^\gamma * 255 \quad (5)$$

I - Оролтын дүрсийн утга O - Гаралтын дүрсийн утга Гамма утга $\gamma < 1$ бол дүрсийг илүү бараан өнгө руу шилжүүлэх бол гамма утга $\gamma > 1$ бол дүрсийг илүү цайвар харагдуулна. $\gamma=1$ гамма утга нь оролтын зурагт нөлөөлөхгүй.

$$s = cr^{-\gamma} \quad (6)$$

s-гаралтын дүрсийн цэг, c-тогтмол тоо, r- оролтын дүрсийн цэг, γ - гамма нь дэвшүүлэх зэрэг.

E. Дүрс ангилах загвар

Дүрсэн дээрх зураг боловсруулалтын алхмуудыг хийсний дараагаар сэв болон гадаргуу дээрх бусад объектыг ангилан ялгахад гүн сургалтын арван далдлагдсан давхаргатай Деер-CNN загварыг байгуулж ашигласан. Зураг 3 дүрслэн харуулав. Үүнийг кодлогч-декодерын зам гэж хувааж үзэж болно. Кодлогч (зүүн тал) нь 3x3 хэмжээтэй хоёр эргэлтийг дахин ашиглана. Хувиргах бүрд ReLU болон багцын нормчлолыг ашигладаг (Batch normalization). Дараа нь хэмжээсийг багасгахын тулд 2x2 max-pooling үйлдлийг хэрэглэнэ. Декодерын зам (баруун тал) өргөтгөсөн замын алхам бүр нь онцлогийн зургийн хэсгийг авч, дараа нь онцлог сувгийн тоог хоёр дахин багасгах 2x2 шилжүүлгийг хийдэг. Сүүлчийн түвшинд 1x1 эргэлтийг хүссэн ангиудын тоогоор сувгуудын дүрслэлд ашигладаг.

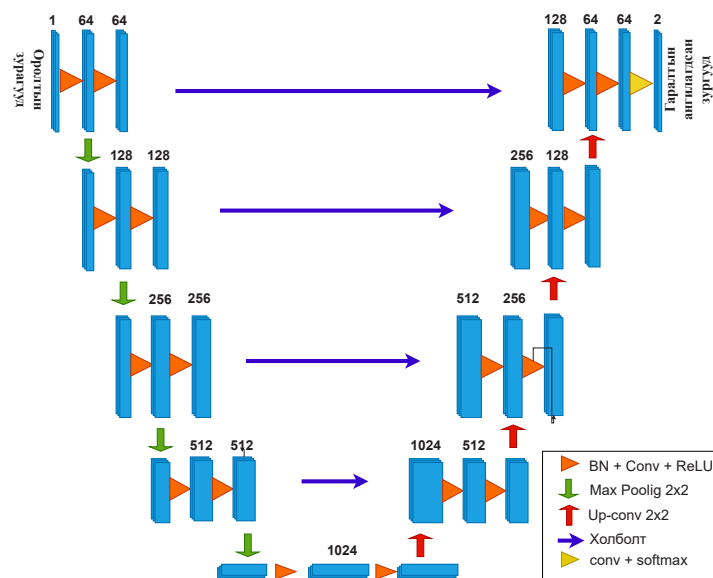
F. Морфологийн зураг боловсруулалт

Морфологийн үйлдлүүд нь тоон утгаас хамаардаггүй тул хоёртын дүрсийг боловсруулахад илүү тохиромжтой байдаг. Морфологийн аргууд нь бүтцийн элемент гэж нэрлэгддэг жижиг цонхыг ашиглан дүрсийг хувиргадаг. Бүтцийн элемент нь дүрс дээрх бүх боломжит байршилд байгаа харгалзах цэгүүдтэй ихэвчлэн логик AND, OR хийгдэнэ. Ингэснээр нарийн шугамыг өргөн болгох эсвэл өргөн шугамыг нарийн болгох, битүү хүрээг нээх, эсрэгээрээ задгайг битүүлэх зэрэг үүрэгтэй [11], [12].

G. Усны хагалбарын арга

Усны хагалбарын арга (Watershed) нь аливаа саарал өнгийн дүрсийг топографийн гадаргуу мэт үзэж болно, өндөр эрчим нь оргил ба толгодыг, бага эрчим нь хөндийг илэрхийлдэг. Тусгаарлагдсан хөндий бүрийг өөр өөр өнгийн усаар дүүргэж эхэлнэ. Ус дээшлэх тусам ойролцоох оргилуудаас (градиент)

хамаарч ялгаатай хөндийн ус нийлж эхэлнэ. Үүнээс зайлсхийхийн тулд ус нийлдэг газруудад хаалт барьдаг. Бүх оргилуудыг усан дор ортол усаар дүүргэх, хаалт барих ажлыг үргэлжлүүлнэ. Дараа нь үүсгэсэн энэ хаалт нь сегментчилсэн үр дүнг өгдөг [12], [13].



Зураг 3. Deep CNN сүлжээний архитектур

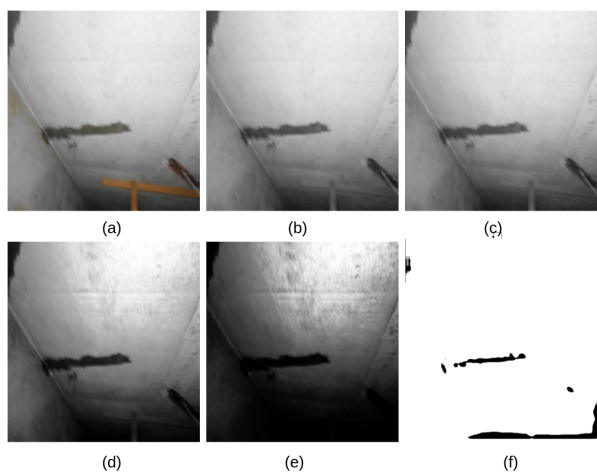
H. Сэв хүрээлэх процесс

Дээр дурдсан алгоритм Зураг 3 хийсний үр дүнд оролтын зураг нь хар, цагаан зургаар илэрхийлэгдэх ба сэв хэсэг нь цагаан, арын хэсэг ба хар байдлаар ангилагдана. Үүний дараагаар тухайн сэвийн бодит хэмжээг олж зурах хэрэгтэй болох бөгөөд OpenCV санг хэрэглэв [14]. Контур нь ижил өнгөтэй, эрчимтэй бүх тасралтгүй цэгүүдийг холбосон муруй гэж энгийнээр тайлбарлаж болно. Контур нь дүрсийг шинжлэх, объектыг илрүүлэх, танихад хэрэгтэй хэрэгсэл юм. Илүү нарийвчлалтай болгохын тулд хоёртын дүрсийг ашиглаж контурыг олохоосоо өмнө босго эсвэл ирмэгийг илрүүлэх аргыг хэрэглэнэ. Контурын алгоритм нь цагаан өнгөтэй байгаа хэсгийг объект гэж үзэж цагаан өнгийн объектуудын хилийн эргэн тойрон дахь контурын цэгүүдийг олно. Хар өнгөтэй хэсгийг орхино. Объект бүрийн периметрийн эргэн тойронд байгаа цагаан пикселүүдийг ижил эрчимтэй пиксел болгон авч алгоритм нь ижил төстэй байдлын хэмжүүр дээр үндэслэн тэдгээрийг нэгтгэн тойм үүсгэдэг ба хилийн цэгүүдтэй бол ямар ч дүрс зурахад ашиглах боломжтой. Эхний аргумент нь эх зураг, хоёр дахь аргумент нь Python жагсаалтаар дамжуулагдах контурууд, гурав дахь аргумент нь контурын индекс тус тусад нь контур зурахад хэрэглэгдэнэ. Тиймээс бүх цэгүүдийг авахын тулд 'CHAIN-APPROX-NONE' ашигладаг. Хэрэв шугамын хоёр төгсгөл хэрэгтэй бол 'CHAIN-APPROX-SIMPLE' ашигладаг. Энэ нь бүх илүүдэл цэгүүдийг арилгаж, контурыг шахаж, улмаар санах ойг хэмнэдэг.

Үр дүн ба хэлэлцүүлэг

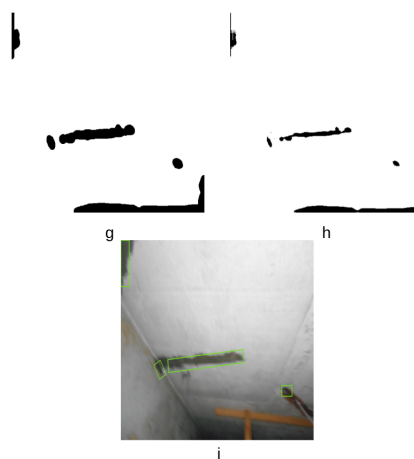
Боловсруулсан арга зүйд тулгуурлан (Зураг 2-д үзүүлсэн) OpenCV сангийн функцүүдийг ашиглаж зургийг боловсруулахад бэлдэх ба RGB дүрсийг саарал өнгийн дүрс болгоно. Ингэснээр тухайн дүрсийн пиксел бүр гурвалсан утга авахгүй ба 0-255 хооронд нэг утга авах цаашид бид 3 сувгийн утга биш 1 сувгийн утга дээр туршилт хийнэ. Саарал дүрс болгосны дараагаар дүрсийн шуугианыг бууруулах зорилгоор гауссын 2 хэмжээст тэгшитгэлийг ашиглана.

Дүрсийн өнгийн хэт эрчимтэй хэсгийн гэрэлтүүлэг их эсвэл харанхуйг багасгах зорилгоор гистограмм тэгшитгэл ашиглаж дүрсийн өнгийг тэнцвэржүүлж гэрэлтүүлэг хоорондын хамаарлыг тодорхойлох замаар зураг дээрх дүрс дээр гамма хувиргалтыг хийнэ. Гамма өгөгдлөөс хамаарч зураг гэрэлтүүлэг хар цагаан өнгө тодорч эсвэл бүдгэрнэ. Тодорч ялгарсан дүрс дээр урьдчилан боловсруулсан сургалтын загварыг ажиллуулж дүрсийг хар цагаан болгон ангилна. Дүрсийг тодруулсны дараагаар Deep CNN аргаар ангиллыг гүйцэтгэснээр Морфологийн үйлдлийг хийж, дахин хаах үйлдэл (closing) ашиглаж, хар цэгүүдийг арилгаж, өргөтгөл (dilation) хийн дахин хаах үйлдэл (opening → closing → dilation → closing) хийнэ. Үүний дараагаар бид усны хагалбарын аргаар дахин дүрсийг сайжруулан сэв болон арын хэсгийг илүү тодоор ялгаж авч, сэвийг хүрээлэн харуулж байгаа. Үр дүнгийн хэсгийг Зураг 4, Зураг 5-аас харна уу. Зургийг Samsung Galaxy S6 edge (Техник хангамж : 1.5GHz octa-core, Android 5.0.2 (Lollipop), 16 MP, f/1.9, 28mm (wide), 1/2.6", 1.12µm, AF, OIS үзүүлэлттэй гар утасны камераар авсан. Тухайн гадаргуугийн дүрсийг дарах үед олон



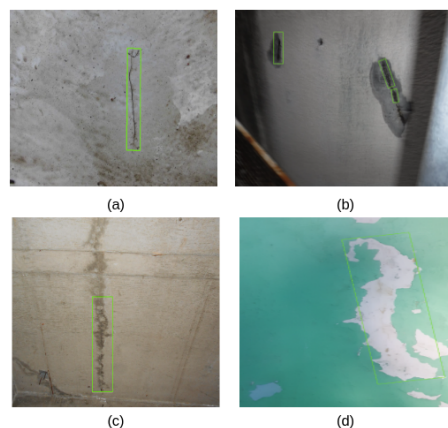
Зураг 4. Туршилтын үр дүнгүүд (a) Эх зураг , (b) Саарал зураг (c) Гаусс аргын үр дүн, (d) Гистограмм аргын үр дүн, (e) Гамма хувиргалтын үр дүн, (f) Дүрсийг ялгасан үр дүн

объект зурагт байхгүй, мөн гэрэл сүүдрийн тусгал сэв дээр тусах нь бага эсвэл сэв үүсэлт нь гадаргуу дээр тод харагдахаар үүссэн мөн олон төрлийн үүсэж болох өгөгдлийг цуглуулж гүн сургалтын аргаа илүү сайн суралцуулбал сэв ололтын үр дүн сайн байгаа



Зураг 5. Туршилтын үр дүнгүүд (g) Морфологийн арга үр дүн, (h)Усны хагалбарын аргын үр дүн, (i) Сэвийг илрүүлсэн үр дүн

дараах Зураг 6-аас харж болно. Учир нь жижиг шуугианыг Гауссын мөлийлгөх аргаар багасгах гэрэл сүүдрийн нөлөөг гистограмм тэгшитгэх болон гамма засалтын аргаар багасгасны нөлөө юм.



Зураг 6. Өөр гадаргуу дээр туршсан үр дүнгүүд а) , (b) Хана дээрх сэв, (c) Таазан дээрх сэв, (d) Хана гадаргуу дээрх сэв

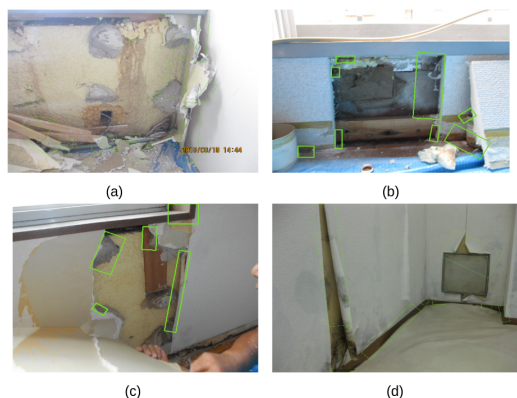
Зураг 7 - д гадаргуугаас хамаарч сэв илрүүлэлтийн үр дүн муу ажилласан туршилтуудыг харуулав. Зураг 7a , 7b-ийн гадаргууд олон төрлийн объект байгаа учир сэв илрүүлэлт муу ажилласан. Зураг 7c, 7d, хувьд сургасан загварт тохируулсан тод хар сэвийг олсон хэдий ч үндсэн том бүтэн сэвийг олоогүй нь сургалтын өгөгдөл дутуу болон гэрэл сүүдрийн шалтгаалж дүрсэнд хувирал орж сэв илрүүлэлт үр дүн муу ажилласан.

Дүгнэлт

Судалгаанд түгээмэл гадаргуунуудыг сонгон авч, түүн дээр үүссэн сэвийг дүрс боловсруулалтын аргууд болон гүн сургалтын аргуудыг хослуулан ашиглаж илрүүлсэн. Ирмэг илрүүлэх, шуугиан багасгах, шүүлтүүрийн болон бусад процессуудыг хамардаг бөгөөд зураг дээрх дүрс бүрийг морфологид суурилсан зураг нээх, хаах болон сэргээх үйл

ажиллагаагаар хэрэгжүүлсэн. Үүний дараагаар гүн сургалтын арга ашиглан урьдчилан бэлтгэсэн загвараар дэвсгэр хэсэг болон сэв гэсэн хэлбэрээр дүрсийг хар цагаан дүрс болгоно. Дараа нь усны хагалбарын алгоритм нь хамгийн сайн дүрслэлийн сегментлэлийг олж авч, эцэст нь зураг дээрх сэвийг тооцоолдог. Одоогоор цуглуулсан 500 хана, 500 тааз, 500 шал зэрэг нийт 1500 орчим дүрсэн дээр ховхорсон, хагарал, хууларсан сэвийг 85 -аас 95 хувь орчим зөв илрүүлсэн ба сэв нь тухайн гадаргуугаасаа ялгарч харагдсан өнгөтэй бол сэв илрүүлэлтийн хувь өндөр байна. Хугацааны үзүүлэлтийн хувьд энгийн компьютер (CPU I5 - 7, RAM – 8GB) дээр нэг дүрсээс сэвийг илрүүлэхэд 0.5 - 6 секунд зарцуулна.

Барилгын сэвний төрөл нь өргөн цар хүрээг хамарч байгаа учир дүрс болгоноос хамаарч үр дүн ялгаатай гарав. Голдуу хана, тааз, шал, хаалга дээрх сэвийг сайн илрүүлсэн. Мөн сэв нь тухайн гадаргуугаасаа ялгарч харагдсан өнгөтэй бол сэв ололтын хувь өндөр байна. Зарим тулгарсан асуудлаас тодорхой хэсгийг нь шийдэн хөгжүүлсэн ч, шийдэгдээгүй үлдсэн асуудлууд байна. Энэхүү судалгааг цааш үргэлжлүүлэн технологи болон алгоритмыг сайжруулж зөвхөн дээрх төрлийн гадаргуу бус, төрөл бүрийн гадаргуунуудын сэвийг илрүүлэх боломжийг эрэлхийлнэ.



Зураг 7. Сэв илрүүлэлтийн хувь бага гадаргуунууд (а) Сэв илрүүлэх хүндрэлтэй гадаргуу (b) Сэв илрүүлэлт саад болох олон объекттой гадаргуу (c) Олон төрлийн сэв холилдсон гадаргуу (d) Сэв нь арын хэсэгтэй адил буюу хэтэрхий уусалттай гадаргуу (Хар толбонууд нь сэв)

- [1] Liu, Y., Xu, K. and Xu, J., Periodic surface defect detection in steel plates based on deep learning. *Applied Sciences*, 9(15), p.3127. 2019.
- [2] Lv, X., Duan, F., Jiang, J.J., Fu, X. and Gan, L., Deep metallic surface defect detection: The new benchmark and detection network. *Sensors*, 20(6), p.1562. 2020.
- [3] García, G.B., Suarez, O.D., Aranda, J.L.E., Tercero, J.S., Gracia, I.S. and Enano, N.V., 2015. *Learning image processing with OpenCV*. Birmingham: Packt Publishing.
- [4] Kumar, T. and Verma, K., 2010. A Theory Based on Conversion of RGB image to Gray image. *International Journal of Computer Applications*, 7(2), pp.7-10.
- [5] Chandel, R. and Gupta, G., 2013. Image filtering algorithms and techniques: A review. *International Journal of Advanced Research in Computer Science and Software Engineering*, 3(10).
- [6] Gonzalez, R.C. and Woods, R.E., 2002. *Digital image processing second edition*. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 455.
- [7] *Digital Image Processing 3rd ed.* R. Gonzalez, R. Woods
- [8] Rahman, S., Rahman, M.M., Abdullah-Al-Wadud, M., Al-Quaderi, G.D. and Shoyaib, M., An adaptive gamma correction for image enhancement. *EURASIP Journal on Image and Video Processing*, 2016(1), pp.1-13. 2016.
- [9] Vincent, O.R. and Folorunso, O., 2009, June. A descriptive algorithm for sobel image edge detection. In *Proceedings of informing science & IT education conference (InSITE)* (Vol. 40, pp. 97-107).
- [10] Bangare, S.L., Dubal, A., Bangare, P.S. and Patil, S.T., Reviewing otsu's method for image thresholding. *International Journal of Applied Engineering Research*, 10(9), pp.21777-21783. 2015.
- [11] *Digital Image Processing 3rd ed.* R. Gonzalez, R. Woods
- [12] Parvati, K., Rao, P. and Mariya Das, M., Image segmentation using gray-scale morphology and marker-controlled watershed transformation. *Discrete Dynamics in Nature and Society*, 2008.
- [13] Bieniek, A. and Moga, A., An efficient watershed algorithm based on connected components. *Pattern recognition*, 33(6), pp.907-916. 2000.
- [14] Xie, G. and Lu, W., 2013. Image edge detection based on opencv. *International Journal of Electronics and Electrical Engineering*, 1(2), pp.104-106.

Монгол дохионы хэлний цагаан толгойн үсэг таних хиймэл оюун ухааны загвар

Г.Мөнх-Эрдэнэ
Электроникийн салбар
МХТС, ШУТИС
Монгол улс, Улаанбаатар
monkhoo049@gmail.mn

Т.Амартүвшин
Электроникийн салбар
МХТС, ШУТИС
Монгол улс, Улаанбаатар
amartuvshin.t2019@gmail.mn

Б.Зориг
Электроник, холбооны
инженерчлэлийн тэнхим
Монгол Улсын Их Сургууль
Монгол улс, Улаанбаатар
zorig@seas.num.edu.mn

Б.Луубаатар
Электроник, холбооны
инженерчлэлийн тэнхим
Монгол Улсын Их Сургууль
Монгол улс, Улаанбаатар
Luubaatar@must.edu.mn

Хураангуй—Дохионы хэл нь сонсгол болон хэл ярианы бэрхшээлтэй иргэдэд хоорондоо харилцахад зориулагдсан аман бус нүүр, биеийн илэрхийлэл, дохио зангаагаар дамжуулан харилцдаг албан ёсны хэл юм. Мөн дохионы олон улсад стандартчилагдсан хэл байдаггүй бөгөөд хамгийн өргөн хэрэглэгддэг хэл нь Америкийн дохионы хэл юм. Монгол дохионы хэлний хувьд цагаан толгойн үсэг, тоо мөн 3000 орчим үгсийн сантай бөгөөд монгол улсад 20000 орчим иргэд хэрэглэдэг. Эдгээр иргэд нь энгийн иргэдтэй харилцахад маш хүндрэлтэй байдаг нь нийгэмд эрх тэгш оролцох, санал бодлоо чөлөөтэй илэрхийлэх эрхийг хязгаарлаж байна. Энэ чиглэлээр Монголд судалгааны ажлууд маш бага байдаг нь энэхүү судалгааны ажлыг эхлүүлэх шалтгаан болж байна. Бидний судалгааны ажил нь монгол дохионы хэлний үсгээр бүтсэн үгсийн өгөгдлийг машин сургалтын арга ашиглан бичвэрт хөрвүүлэх бөгөөд хэрэглээ нь үйлчилгээний газрууд, дохионы хэлний сургууль болон сургалтуудад ашиглах зорилготой. Бидний санал болгож буй загвар нь оролтын өгөгдлийг таних буюу ангилах, ангиллын гаралтаас шаардалгүй өгөгдлийг шүүх монгол өгүүлбэрийн бүтцийг сурах эх хэлний боловсруулалт гэсэн хоёр хиймэл оюун ухааны загвар ашигласан ерөнхий бүтэцтэй. Ангиллын загварын хувьд Transformer(Encoder) загвар ашиглан 51 ангилалтай үед F1 score нь 0.8678 оновчлолтой гарсан. Ангиллын гаралтаас хэрэггүй өгөгдлийг шүүж үг бүтээх NLP загварын хувьд хангалттай сайн үр дүнд хүрч чадаагүй ч цаашид хөгжүүлэх боломжтой.

Түлхүүр үг—машин сургалт, дохио хэлний орчуулагч, дүрс боловсруулалт, эх хэлний боловсруулалт

I. УДИРТГАЛ

Монгол улсад сонсголын бэрхшээлтэй 8300 гаруй иргэн, хэл ярианы бэрхшээлтэй 12671 иргэн байдаг [1]. Харин албан ёсны хэлмэрч монгол улсын хэмжээнд 20 хүрэхгүй байдаг ба эбнэ тоо баримт нь сонсголын бэрхшээлтэй иргэдэд мэргэжлийн хэлмэрчээр дамжуулж бусадтай харилцах боломж тун хомс байгааг илэрхийлнэ. Эдгээр нь хөгжлийн бэрхшээлтэй иргэдийг санал бодлоо чөлөөтэй илэрхийлэх, нийгмийн харилцаанд эрх тэгш оролцох, цаашлаад тэдний хөдөлмөр эрхлэх боломжийг багасгахад багагүй нөлөө үзүүлж байна.

Дохионы хэлэнд тооцоолоход төвөгтэй олон хүчин зүйлсүүд байдаг нь дан ганц дүрс боловсруулалт, уламжлалт аргуудыг ашиглан хангалттай сайн үр дүнд үзүүлж чаддаггүй байсан ч сүүлийн жилүүдэд дохионы хэлийг орчуулах судалгааны ажлууд эрчимтэй явагдаж сайн үр дүнд хүрч байгаа [2] нь хиймэл оюун ухааны салбар эрчимтэй хөгжиж байгаагаар холбоотой юм. Гэсэн

хэдий ч Монгол улсад энэ агуулгаар сайн үр дүнд гаргасан ажлууд байдаггүй нь энэхүү судалгааны ажлыг эхлүүлэх нэг том үндэс болж өгсөн.

Монгол дохионы хэл нь 3000 орчим үгтэй [3] баялаг хэл. Эдгээр үгсийг хиймэл оюун ухааны загвараар сургана гэдэг нь маш том өгөгдлийн сан шаардаж байна. Мөн сонсгол болон хэл ярианы бэрхшээлтэй иргэд нь дохионы хэлний зарим стандартчилагдаагүй үгс эсвэл хэрэглээний явцад өөрчлөгдсөн үгсийг үсгээр дохин илэрхийлэх тохиолдлууд цөөнгүй байдаг зэрэг шалтгаануудаас үндэслэн бид дохионы хэлний цагаан толгой болон тоог бичвэрт хөрвүүлэх шийдэлд хүрсэн. Хэрэглээ нь үйлчилгээ болон худалдааны байгууллагуудад урт харилцан яриа явдаггүй учир үсгээр дохин ойлголцох мөн дохионы хэлний сургалтад ашиглах боломжтой гэж үзэж байна. Бид хөгжлийн бэрхшээлтэй хүний хөгжлийн ерөнхий газар ТББ, Deaf ТББ-тай хамтран хэл ярианы болон сонсголын бэрхшээлтэй 100 хүнээс цуглуулсан өгөгдлийн сан дээр ажилласан судалгааны ажлын үр дүнд танилцуулж байна.

II. Төсөөтэй судалгааны ажил

Судалгааны ажилд чиг баримжаа, санаа авах зорилгоор төсөөтэй судалгааны ажлуудыг судалсан. Дохионы хэлийг хөрвүүлэх нэгэн арга нь тусгай мэдрэгчтэй бээлий ашиглах арга юм [4]. Энэ нь хэрэглэгч бусадтай харилцахдаа тусгай мэдрэгчтэй бээлий өмсөх шаардлагатай болж байгаа нь хэт төхөөрөмжөөс хамааралтай болгож байна. Мөн дохионы хэл нь зөвхөн гарын хөдөлгөөн бус нүүрний хэлэмж, биеийн байршлаас хамаадаг. Эдгээр асуудлуудын улмаас камерын өгөгдөл ашиглан таних судалгааны ажлууд [4-10] элбэг байдаг. Судалгааны явцад нийтлэг ажиглагдсан нь уламжлалт аргууд болон гүний сургалтын арга ашиглан өгөгдлөөс онцлог цэг[5-13] ялган авч байна. Онцлог цэг ялгах нийтлэг ажиглагддаг алгоритм нь SIFT, SURF, ORB, SVM [7-8][11] харин гүний сургалтын хувьд CNN дээр суурилсан [5][6][12-14] загваруудыг ашиглаж байна. Мөн цаашлаад Sequence to sequence загварууд ашиглан хөрвүүлэлт хийсэн судалгааны ажлууд [13][14] хэрэглээнд дөхсөн маш сайн үр дүнтэй



1-р зураг. Өгөгдлийн сангийн жишээ зураг

байгаа нь өгөгдлийн сан маш том байгаатай холбоотой юм. Ихэвчлэн мэдээний сувгууд дээрх орчуулагчийн өгөгдлийг ашигласан байдаг.

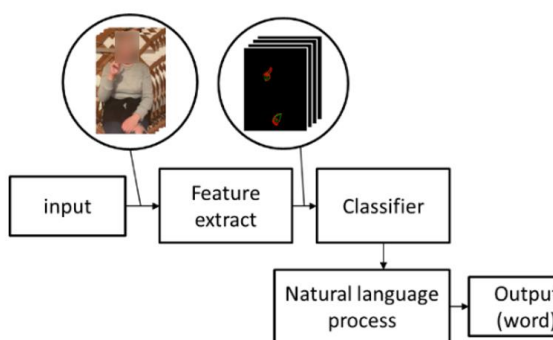
III. СУРГАЛТЫН ӨГӨГДЛИЙН САН

A. Өгөгдөл цуглуулах, бэлтгэх:

Дээрх төсөөтэй системийн судалгааны үр дүнгээс бид камер ашиглан дохионы хэлний үсгийг таних шийдвэрт хүрсэн. Сургалтад ашиглах өгөгдлийн санг Хөгжлийн бэрхшээлтэй хүний ерөнхий газар төрийн байгууллага, Deaf төрийн бус байгууллагуудын тусламжтайгаар хэл ярианы бэрхшээлтэй болон сонсголын бэрхшээлтэй иргэд мөн орчуулагч хэлмэрч зэрэг нийт 100 хүнээс цагаан толгойн үсэг, 1-100 хүртэлх тоо болон өргөн хэрэглээний 10 үгсийн өгөгдлийг дүрс бичлэг хэлбэрээр арын дэвсгэр хамааралгүй цуглуулсан. Эдгээр өгөгдлөөс бид цагаан толгойн үсэг 1-10 тоон өгөгдлийг сургалтад ашигласан. (Зураг 1)

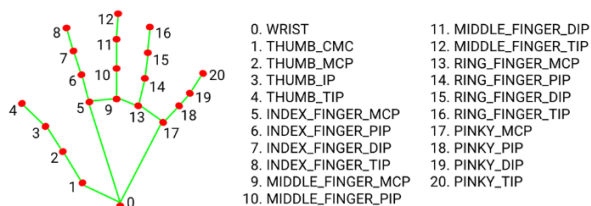
IV. ҮГ ТАНИХ АРГАЧЛАЛ БОЛОН ТУРШИЛТЫН ҮР ДҮН

Бидний санал болгож буй загварын онцлог нь бага хэмжээний өгөгдлийн сан ашиглан үсэг таних оновчлолтой байдлыг сайжруулахаас гадна үсгүүдийг угсран үг бүтээх хэсэгт голчлон анхаарч ажилласан. Ерөнхий загварын бүтцийг 3-р зургаас харж болно.



3-р зураг. Монгол дохионы таних ерөнхий загвар

Онцлог цэг илрүүлэх (Feature extraction):



4-р зураг. MediaPipe Hand загварын гаралтын 21 онцлог цэг

Дохионы хэл нь голчлон гарын хөдөлгөөнөөр тодорхойлогддог. Тиймээс үсэг таних зорилготой үед гарын хөдөлгөөнөөс бусад өгөгдлүүд шаардлагагүй учраас MediaPipe Hand [15] объект илрүүлэх урьдчилан сургагдсан загвар ашигласан. Энэ загвар нь Convolution Neural Network суурилсан бөгөөд оролтод дүрс бичлэгийн өгөгдлийг авч гарын байршлыг илрүүлж 4-р зурагт харуулсан 21 онцлог цэгийн өгөгдлийг гаралтад гаргадаг загвар бөгөөд дараах хоёр хэсгээс бүрдэнэ.

Handpalm: Зурган дахь гарын байрлалыг хязгаарлах

хайрцаг (bounding box) ашиглан тодорхойлж өгөх загварын эхний хэсэг.

Landmark: Тодорхойлж өгсөн хайрцаг дахь гараас 4-р



5-р зураг. Хөдөлгөөнт үсэгийн үргэлжлэх дундаж хугацаа

зурагт харуулснаар 21 онцлог цэгийн x,y,z

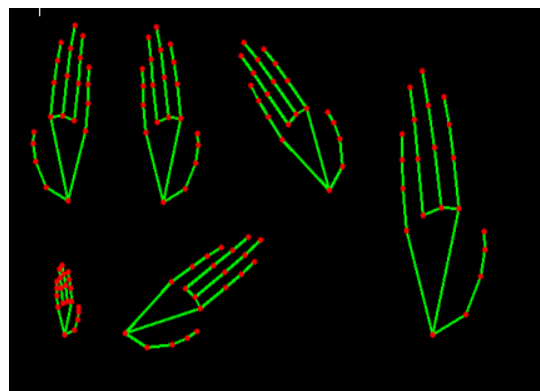
A. Ангилал загвар(Classifier):

Ангиллын загварын хийх зүйл нь цагаан толгойн үсэг, хос эгшиг, тоо зэрэг нийт 51 ялгаатай өгөгдлийг ангилах шаардлагатай. Бичлэгэн өгөгдлөөс гарын онцлог цэгийн мэдээллийг гарган авсны дараа ангиллын загвараар хөнгөн, хурдан тооцоолол хийхээр жижиг загвар сонгон авах боломжтой болсон. Мөн монгол дохионы хэл нь д, з, й, к, ө, ц, щ, ь, ь, хос эгшгүүд зэрэг нийт 51 ялгаатай өгөгдлөөс 16 нь хөдөлгөөнт үсэг тул бид үйлдэл таних шаардлагатай болж байна. Энэ тохиолдолд Window slide арга нь хамгийн зохимжтой байдаг. 5-р зурагт харуулснаар өгөгдлийн сан дахь хөдөлгөөнт үсгийн дундаж хугацаанаас window ын хамгийн тохиромжтой утгыг тодорхойлон гаргасан.

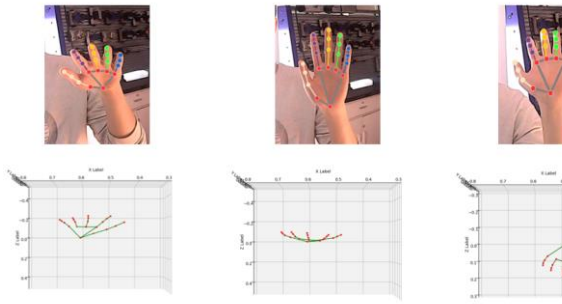
Ангиллын загварын үнэлгээний аргачлал: Бид үнэлгээний аргачлалаар F1 score нь машин сургалтын ангиллын загвар дээр ашиглагддаг оновчлолыг тодорхойлох аргачлал юм. Энэ аргачлал нь туршилтын өгөгдлийн сан дээр бодогддог. Нэгдүгээр тэгшитгэлд F1 score бодох томъёог харуулав.

$$F_1 = 2 * \frac{\text{precision} * \text{recall}}{\text{precision} + \text{recall}} = \frac{tp}{tp + \frac{1}{2}(fp + fn)} \quad (1)$$

- TP(Fruе Positive) : Эерэг үеийн зөв таамаглал
- TN(Fruе Negative) : Эерэг үеийн худал таамаглал
- FP(False Positive) : Сөрөг үеийн зөв таамаглал
- FN(False Negative) : Сөрөг үеийн худал таамаглал



6-р зураг. Өгөгдөл баяжуулалт



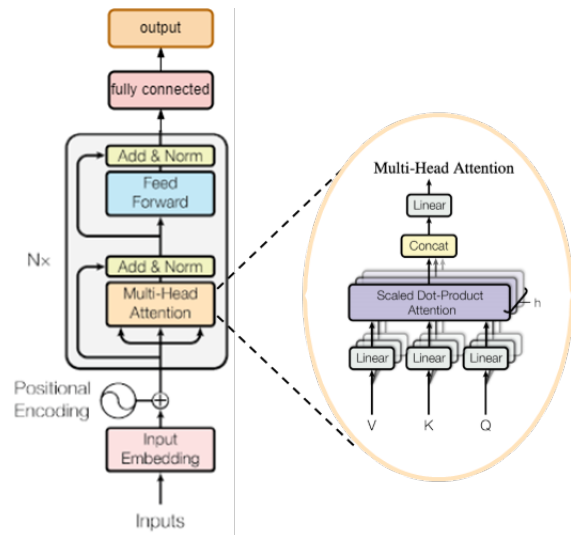
7-р зураг. MediaPipe Hand загварын Z тэнхлэгийн туршилт

Өгөгдөл баяжуулалт:

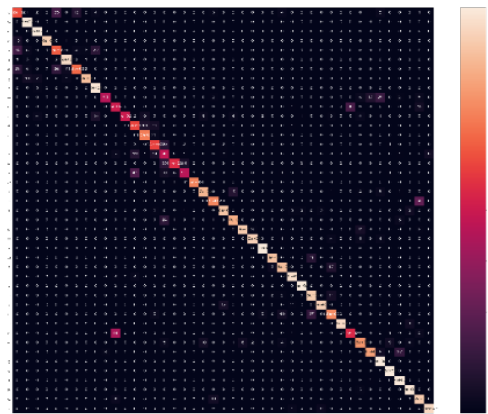
Зуун хүнээс цуглуулсан өгөгдөл гүнзгий сургалтын хувьд хангалттай их хэмжээний өгөгдөл байж чадахгүй. Энэ тохиолдолд сургалтын үр дүнг сайжруулах энгийн бөгөөд үр дүнтэй аргуудын нэг нь өгөгдөл баяжуулах юм. Бид 100 хүний бичлэгэн өгөгдлийг feature extract ашиглан гарын онцлог цэгийг ялган авсан. Эдгээр өгөгдлөөс X, Y координатын өгөгдлийн 6-р Зурагт харуулснаар эргүүлэх, ойртуулах, холдуулах, толин тусгал гаргах зэрэг үйлдлүүдийг гүйцэтгэж өгөгдлийг баяжуулсан. Дараагаар бид онцлог цэгийн гүний буюу Z координатын өгөгдлийг ашиглаж болохуйц найдвартай өгөгдөл эсэхийг шалгахар гурван хэмжээсээр дүрслэн харсан. 7-р Зурагт хуруулснаар гарын эгц урдаас авсан дүрс бичлэгэн өгөгдлийг эгц дээрээс нь дүрслэн харуулж байна. Энэ нь хангалттай найдвартай өгөгдөл болохыг харуулж байгаа учир бид өгөгдөл баяжуулалтад Z координатыг давхар ашигласан. RNN загвар дээр гарсан үр дүнг 1-р хүснэгтэд харуулав.

ХҮСНЭГТ 1. ӨГӨГДӨЛ БАЯЖУУЛАЛТЫН ҮР ДҮН

Models	F1-score
RNN(without augmentation)	0.5436
RNN(augmented by X,Y coordinate)	0.7785
RNN(augmented by X,Y,Z coordinate)	0.7942



8-р зураг. Трансформэр (encoder) загварын архитектур



9-р зураг. Трансформэр (encoder) загварын confusion matrix-ын үр дүн

Ангиллын загварын үр дүн:

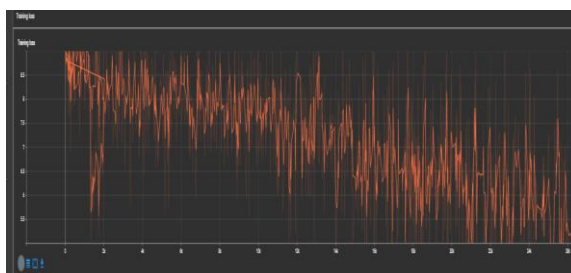
Хэд хэдэн ангиллын загварууд дээр туршилт хийсэн үр дүнг 2-р хүснэгтэд харуулав эдгээрээс attention механизм (2) дээр суурилсан transformer encoder загвар нь 51 ангилал дээр хамгийн сайн үр дүн үзүүлсэн.

$$Attention(Q, K, V) = softmax \left(\frac{QK^T}{\sqrt{d_k}} \right) v \quad (2)$$

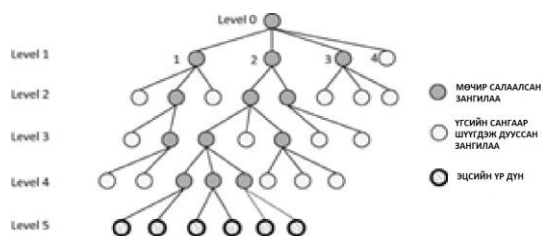
Энэ загвар нь 8-р зурагт харуулснаар transformer-ын үндсэн архитектураас encoder хэсгийг ашиглан гаралтад dense давхарга нэмэн идэвхжүүлэх функцээр SoftMax ашигласан. Confusion matrix-ын үр дүнг 9-р зурагт харуулав.

ХҮСНЭГТ 2. АНГИЛЛЫН ЗАГВАРУУДЫН ҮР ДҮН

Models	Precision	Recall	F1-score
RNN	0.8025	0.7995	0.7942
LSTM	0.8278	0.8154	0.8127
Transformer (encoder)	0.8805	0.8709	0.8678



10-р зураг. Эх хэлний боловсруулалтын алдагдлын график



11-р зураг. Beam хайлтын алгоритм

В. Эх хэлний боловсруулалтын загвар болон beam хайлтын алгоритм:

Эх хэлний боловсруулалтаар character level embedding буюу монгол хэлний үсэг хоорондын хамаарлыг олох олон оролт нэг гаралт бүтэцтэй LSTM загвар сонгон ашигласан. Өгөгдлийн сангийн хувьд нийтлэг хэрэглэгддэг 50000 орчим монгол үгсийн сантай өгөгдлөөр сургалт хийгдсэн. Алдагдлын үр дүнг 10-р зурагт харуулав. Энэ загвар нь ангиллын гаралтаас үүсэж болох хамгийн өндөр магадлалтай үгийг гаралтад гаргахад beam хайлтын алгоритмын хамт ашиглагдана. Beam хайлтын алгоритм нь 11-р зурагт харуулснаар мөчир салаалуулан онооны системчлэлээр мөчрийг тастах болон салаалах шийдвэрүүд гарган хайлтын үр дүнд хүрдэг. Мөн мөчир салаалах дээд тоог(Beam width) тодорхойлж өгдөг. Бидний тохиолдолд Beam width-ыг туршилт хийн тооцоолол хөнгөн байхаар хоёроор сонгон авсан. Онооны системийн хувьд ангиллын гаралтын магадлал болон эх хэлний боловсруулалтын магадлалаар тодорхойлогдоно. Өөрсдийн загварыг үнэлэх зорилгоор нийтлэг ашиглагддаг 40 үсгээр дохисон үгний өгөгдлийг 3 хүнээс цуглуулсан. Үр дүнг 12-р зурагт харуулав.

С. Төсөөтэй судалгааны ажилуудын үр дүнгийн харьцуулалт

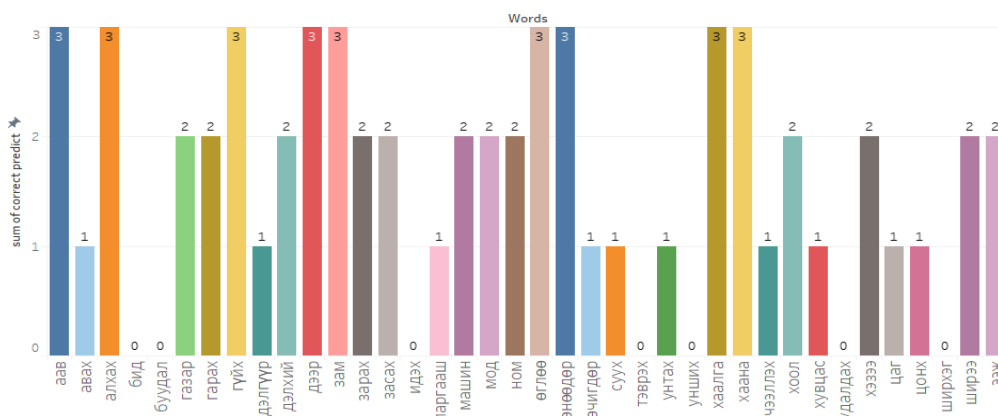
Монгол дохионы хэл орчуулах агуулгатай тодорхой үр дүнд хүрсэн судалгааны ажлууд олдоогүй тул бид бусад дохионы хэл дээр хийгдсэн судалгааны ажлуудтай өөрсдийн ангиллын хэсгийн үр дүнг харьцуулалт хийсэн. American Sign Language Alphabet Recognition Using Microsoft Kinect [9]: Энэ судалгааны ажил нь RF-JA(Random Forest and Joint Angles) аргыг Constraints аргатай хослуулан ашиглан америкийн дохионы хэлний (ASL) 26 үсгийг таних зорилготой ажил юм. ASL нь 26 үсгээс J болон Z нь хөдөлгөөнтэй үсэг хэдий ч энэ судалгааны ажилд хөдөлгөөнгүй үсгээр тооцон авсан үр дүн нь 90% оновчлолтой гарсан.

Sing Language Alphabet Recognition Using Convolution Neural Network [10]: Энэ судалгааны ажил нь мөн ASL дээр CNN (Convolution Neural Network) ашиглан хийгдсэн бөгөөд 26 үсгээс J, Z үсгийг оролцуулалгүй 24 ялгаатай өгөгдлийн таньсан үр дүн нь 99.63% оновчлолтой гарсан.

ХҮСНЭГТ 3. ТӨСӨӨТЭЙ СУДАЛГААНЫ АЖИЛЛУУДАЙ ХАРЬЦУУЛСАН ҮР ДҮН

Судалгаан ажилууд	Ангиллын тоо	Accuracy
American Sign Language Alphabet Recognition Using Microsoft Kinect	26	0.90
Sing Language Alphabet Recognition Using Convolution Neural Network	24	0.9963
Монгол дохионы хэлний цагаан толгойн үсэг таних хиймэл оюун ухааны загвар	51	0.8678

3-р хүснэгтэд харуулснаар бидний ангиллын загварын үр дүн нь эдгээр судалгааны ажиллуудаас оновчлолын үр дүн бага гарсан хэдий ч бидний ангиллын тоо 51 буюу дээрх судалгааны ажиллуудаас хоёр дахин их байна. Мөн дээрх загварууд нь зөвхөн зургийн өгөгдлийг ялгах зориулалтай тул үйлдэл буюу хөдөлгөөнт үсэг таних боломжгүй юм. Эдгээр хүчин зүйлсээс харахад бидний загвар нь маш үр дүнтэй байна.



12-р зураг. Эх хэлний боловсруулалтын алдагдлын график

V. ДҮГНЭЛТ

Хиймэл оюун ухаан, computer vision зэрэг бусад холбогдох салбарууд тасралтгүй хөгжсөнөөр дохионы хэл таних, орчуулах судалгааны ажлууд маш ихээр хийгдэж байна. Эдгээр ажлуудаас бидний ялгарах онцлог нь бага хэмжээний өгөгдлийн сангаар хэрэглээнд нэвтрэхүйц хэмжээний үр дүнд хүрэх гэж оролдсон явдал юм. Энэ нь үсэг таних ангиллын загвар болон монгол хэлний бүтцийг суралцаж буй эх хэлний боловсруулалтын загваруудыг хослуулан ажиллуулснаар боломжтой болж байна. Гэсэн хэдий ч бидний санал болгож буй загварыг илүү төвөгтэй бүтэцтэй болгож байна. Үр дүнгийн хувьд 12-р зурагт харуулснаар 40 үгнээс 7 үгийг огт таниагүй хэдий ч тодорхой хэмжээнд зорилгодоо хүрч чадсан. Бидний загвар нь одоо ч хөгжүүлэлтийн шатанд явж байгаа бөгөөд цаашид beam search algorithm болон NLP загварууд хоорондын онооны системчлэлийг илүү уян хатан томъёочилж чадвал үр дүнг сайжруулж чадна гэж харж байна.

ТАЛАРХАЛ

Хөгжлийн бэрхшээлтэй хүний хөгжлийн газар, Deaf төрийн бус байгууллага болон өгөгдөл цуглуулахад оролцсон бүх хүмүүст талархал илэрхийлье.

НОМ ЗҮЙ

- [1] “Сонсголын болон хэл ярианы бэрхшээлтэй 20,000 орчим иргэнтэй манай улс 20 хүрэхгүй дохионы хэлний хэлмэртэй”, Ikon.mn, 2021 оны 9 сар.
- [2] “Deep Learning for Sign Language Recognition: Current Techniques, Benchmarks, and Open Issues”, IEEE vol. 9, pp. 126917-126951, 2021 он 9 сар.
- [3] Wikipedia “Монгол дохионы хэл” 2022 оны 1-р сар.
- [4] Zhihao Zhou, Kyle Chen, Xiaoshi Li, Songlin Zhang, Yufen Wu, “Sign-to-speech translation using machine-learning-assisted stretchable sensor arrays” Nature electronics, pp. 571–578, 2020 он.
- [5] Siming He, “Research of a Sign Language Translation System Based on Deep Learning”, International Conference on Artificial Intelligence and Advanced Manufacturing (AIAM), pp. 16-18, 2019 он.
- [6] Ketan Gomase, Akshata Dhanawade, Prasad Gurav, Sandesh Lokare, “Sign Language Recognition using Mediapipe” International Research Journal of Engineering and Technology, vol. 9, 2022 он 1 сар.
- [7] Omkar Vedak, Prasad Zavre, Abhijeet Todkar, Manoj Patil, “Indian sign language interpreter using image processing and machine learning”, IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, vol. 6, 2020 он.
- [8] Rahmatullah Arrizal Pranatadesta, Iping Supriana Suwardi, “Indonesian Sign Language (BISINDO) Translation System with ORB for Bilingual Language”, 2019 International Conference of Artificial Intelligence and Information Technology (ICAIT), INSPEC Accession Number: 18976217, 2019 он.
- [9] Rakesh Savant, Jitendra Nasriwala, Preeti Bhatt, “Static Gesture Recognition for Indian Sign Language Alphabets and Numbers using SVM with ORB Keypoints and Image Pixel As Feature”, International journal of engineering research and technology(IJERT), vol. 11, ISSN: 2278-0181, 2022 он.
- [10] Mayand Kumar, Piyush Gupta, Rahul Kumar Jha, Aman Bhatia, Khushshi Jha, Bickey Kuman Shah, “Sing Language Alphabet Recognition Using Convelution Neural Networ”, IEEE Conference 2021
- [11] Cao Dong, Ming C, Lue, Zhaozheng, “American Sign Language Alphabet Recognition Using Microsoft Kinect”, Conference: 2015 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshops (CVPRW)
- [12] Harini R, Janani R, Keerthana S, Madhubala S, “sign language translator”, International Conference on Advanced Computing & Communication System, 2020 он.
- [13] Nikolaos Arvanitis, Constantinos Constantinopoulos, Dimitrios Kosmopoulos, “Translation of Sign Language Glosses to Text Using Sequence-to-Sequence Attention Models”, 2019 15th International Conference on Signal-Image Technology & Internet-Based Systems (SITIS), INSPEC Accession Number: 19534031.
- [14] Necati Cihan Camgoz, Oscar Koller, Simon Hadfield, Richard Bowden “Sign Language Transformers: Joint End-to-end Sign Language Recognition and Translation”, 2020 IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR).
- [15] Fan Zhang, Valentin Bazarevsky, Andrey Vakunov, Andrei Tkachenka, George Sung, Chuo-Ling Chang, Matthias Grundmann, “On-device Real-time Hand Tracking”, 2020 он.

Орчны цаг агаарын мэдээллийг шифрлэн дамжуулах нь

А.Одгэрэл
Электроникийн салбар
ШУТИС, Мэдээлэл Холбооны Технологийн Сургууль
Улаанбаатар, Монгол Улс
odgerel55@must.edu.mn

А.Сундий
Электроникийн салбар
ШУТИС, Мэдээлэл Холбооны Технологийн Сургууль
Улаанбаатар, Монгол Улс
sunduiawna@gmail.com

Хураангуй—Өнөө үед мэдээллийн аюулгүй байдал, өгөгдлийн нууцлал, хамгаалалт бүх салбарын чухал асуудал болж байна. Дэлхийн том гүрнүүд сөргөлдөгч улсуудад шууд дайн зарлахаасаа илүү тухайн улсынхаа засгийн газар, банк, санхүү, холбоо, тээвэр, ложистик гэх зэрэг онцгой салбарууд руу кибер халдлага (кибер дайн) хийх бодлого барьж байна. Уг судалгааны ажлаар цаг агаарын мэдээллийг мэдрэгчүүдээс авч микроконтроллёр ашиглан боловсруулан XOR, AES-128 стандарт аргуудыг ашиглан шифрлэсэн (encrypt) мэдээллийг сервер рүү дамжуулна. Сервер нь шифрлэсэн мэдээллийг хүлээн авч тайлан (decrypt) веб дээр харуулах системийн загварыг гарган туршсан. Мэдрэгчүүд холбосон ESP32 микроконтроллёр нь клиент горимд ажиллана. Клиентээс дамжуулсан өгөгдлийг боловсруулан веб дээр харуулах ESP32 микроконтроллёр нь веб сервер горимд ажиллана. Хөгжүүлсэн клиент эмбэдэд төхөөрөмжүүдийг тодорхой газруудад байршуулж тухайн орчны цаг агаарын мэдээллийг сервер рүү илгээж бодитоор хянах боломжтой. Мөн харьцуулах үүднээс цаг агаарын мэдээллийг хоёр аргаар шифрлэсэн нь уг ажлын онцлог юм.

Түлхүүр үг - ESP32, BMP180, DHT11, LDR, борооны мэдрүүр, веб сервер, клиент, сервер

I. УДИРТГАЛ




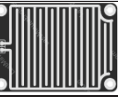
Манай улс нь цаг агаарын урьдчилсан мэдээллийг аймаг, хотуудаар хиймэл дагуулын мэдээллийг ашиглан цаг уур, орчны шинжилгээний газраас гаргадаг [1]. Цаг агаарын мэдээллийг ерөнхийд нь бүсчилсэн нутаг, аймаг, хотуудаар мэдээлдэг.

Гэвч зарим тохиолдолд яг тухайн 10-20м радиустай газрын доторх цаг агаарын мэдээллийг мэдэх шаардлага гардаг. Уг судалгааны ажлаар нарийвчилсан тодорхой бүс дэх орчны цаг агаарын мэдээллийг бодит хугацаанд хянах системийн загварыг гаргахыг зорьсон.

Цаг агаарын мэдээллийг гаднын халдлагаас хамгаалах зорилгоор орчин үеийн шифрлэлтийн аргуудыг ашиглан нууцалж дамжуулсан нь уг ажлын онцлог юм.

Энэхүү судалгааны ажилд орчны цаг агаарын мэдээллийг нууцлахын тулд хамгийн энгийн XOR шифрлэх арга болон орчин үед хамгийн өргөн ашиглаж буй AES-128 аргуудыг ашигласан. Дараах хүснэгтэд үзүүлсэн 4 төрлийн цаг агаарын мэдээлэл авах мэдрэгчүүдийг ашигласан. Мэдрэгчүүдээс микроконтроллёроор дамжуулан боловсруулж авсан цаг агаарын тоон утгуудыг дээрх 2 аргыг ашиглан шифрлэсэн.

ХҮСНЭГТ 1. Цаг Агаарын Мэдээлэл Авах Мэдрэгч

Гадаад бүтэц			
			
BMP180	DHT11	LDR	Rain sensor
Интерфейс			
I2C	One wire	ADC	ADC
Хэмжих параметр			
Температур Агаарын даралт Өндөр	Температур Чийгшил	Гэрлийн эрчим	Бороотой / бороогүй

BMP18 мэдрэгч нь агаарын даралт, агаарын температур, далайн түвшнээс дээш өндрийг хэмждэг, I2C тоон интерфейсээр өгөгдөл дамжуулдаг. DHT11 мэдрэгч нь орчны температур, чийгшлийн утгыг хэмжих ба нэг утас (one wire) протоколоор өгөгдөл дамжуулдаг. LDR (Light dependent resistor) гэрлийн эрчмээс хамааран гаралт нь өөрчлөгддөг эсэргүүцэл юм. LDR-г эсэргүүцлээр дамжуулан микроконтроллёрын аналог тоон хувиргуурт (ADC) холбон утгыг нь уншдаг. Борооны мэдрэгч нь мөн аналог болон тоон гаралттай. Тоон гаралт нь бороотой/бороогүй гэсэн хоёр утгыг илэрхийлнэ. Аналог гаралтаар илүү олон түвшний нарийвчлалтай утга уншиж болдог. Эдгээр мэдрэгчүүдийн утгыг XOR болон AES128 аргуудыг ашиглан шифрлэж үзсэн.

XOR арга нь хамгийн энгийн шифрлэлтийн арга бөгөөд мэдээллийг тодорхой түлхүүр үг эсвэл тоотой XOR үйлдэл хийдэг. Тайлахдаа шифрлэсэн мэдээллийг буцаагаад тухайн түлхүүр үгтэйгээ XOR хийдэг. AES128 мэдээллийг 128 бит буюу 16 байт түлхүүр үгээр шифрлэлт хийдэг бөгөөд орчин үед өргөн ашиглаж байгаа өндөр нууцлалтай нууцлалын алгоритм юм.

AES128, AES192, AES256, TDES шифрлэлтийн аргуудыг ашиглан эмбэдэд төхөөрөмжөөс компьютер руу мэдээлэл дамжуулан хугацааг нь тооцсон судалгааны ажлыг [2]-д хийсэн. AES128 шифрлэлтийн арга нь хамгийн бага хугацаа зарцуулсан, эмбэдэд системүүдэд тохиромжтой гэсэн дүгнэлт хийсэн байна. [3]-д ARM Cortex A9 эмбэдэд төхөөрөмжид USB портоор холбосон камерын дүрсийг AES128-р шифрлэн Xbee утасгүй өгөгдөл дамжуулах модулиар дамжуулан шифрийг тайлсан судалгааны ажил хийсэн. Уг ажил нь бодит

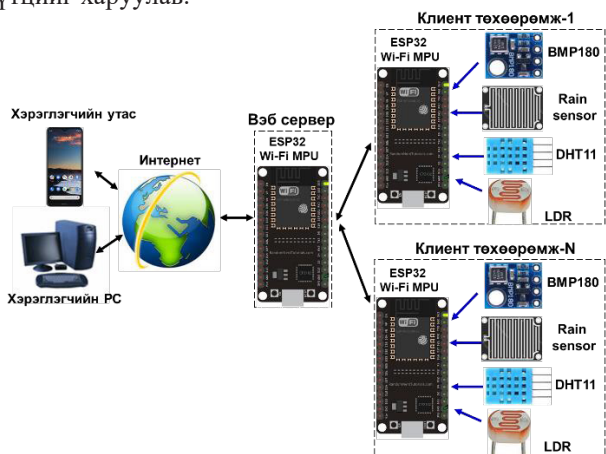
хугацаанд хугацааны хоцролгүй дүрсийг дамжуулахад AES128 алгоритм сайн ажилласан гэсэн үр дүн гарсан.

II. СИСТЕМИЙН ДИЗАЙН БА ШИЙДЭЛ

A. Системийн бүтэц

Систем нь клиент-сервер зарчмаар ажиллана. Клиент эмбэддэд төхөөрөмжүүдэд доорх зурагт үзүүлсэн шиг 4ш цаг агаарын мэдээлэл авах мэдрэгчүүдийг холбоно. Клиентүүд мэдрэгчүүдийн утгыг шифрлэн серверт илгээх ба сервер шифрийг тайлж веб дээр харуулна.

Зураг 1-д цаг агаарын мэдээллийн системийн ерөнхий бүтцийг харуулав.



Зураг. 1. Системийн ерөнхий бүтэц

Сервер эмбэддэд төхөөрөмжийг өөрийг нь веб сервер болгон программчилсан. Клиент, сервер эмбэддэд төхөөрөмжүүдэд ашигласан ESP32 микроконтроллёр нь өөртөө Wi-Fi модуль агуулсан байдаг бөгөөд тухайн орчныхоо утасгүй интернэтийн сүлжээнд холбогдож мэдээллээ дамжуулдаг. Сервер эмбэддэд төхөөрөмжийг веб сервер болгон тохируулж программчилсан учир хаягаар нь дурын газраас хандан клиент төхөөрөмжүүдийн байрлаж байгаа орчны цаг агаарын мэдээллийг авах боломжтой юм.

BMP180 мэдрэгч нь агаарын температур болон даралт, далайн түвшнээс дээш өндрийг хэмжих бол DHT11 мэдрэгч нь орчны температур болон чийгшлийг хэмжинэ. Борооны мэдрэгчийн талбай дээр ус дусах үед микроконтроллёр мэдрэч бороотой, бороогүй мөн хувиар харуулна.

LDR (Light dependent resistor) нь гэрэлд мэдрэмтгий фото эсэргүүцэл бөгөөд микроконтроллёрын ADC-р утгыг нь уншдаг. Уг уншсан хүчдэлийн утгыг дараах томъёогоор гэрлийн нэгж люкст шилжүүлнэ. Үүнд:

- ✓ V_{cc} – микроконтроллёрын тэжээлийн хүчдэл
- ✓ LDR_{ADC} – LDR-н тухайн үеийн хүчдэлийн утга
- ✓ R_{in} – LDR-н хуваагч эсэргүүцэл (10KOhm)
- ✓ R_{LDR} – тухайн үеийн эсэргүүцэл

$$V_{out} = LDR_{ADC} * \left(\frac{V_{cc}}{1023}\right) \quad (2.1)$$

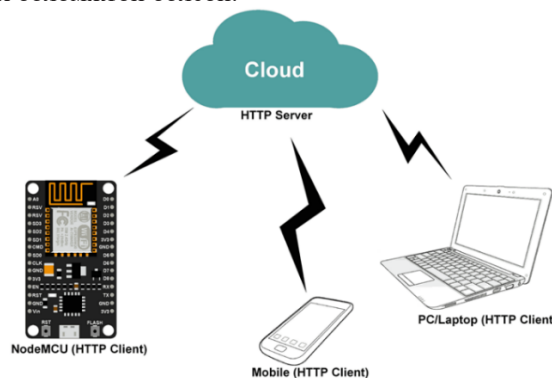
$$R_{LDR} = \frac{R_{in}(V_{cc}-V_{out})}{V_{out}} \quad (2.2)$$

$$LDR(Lux) = \frac{500000}{R_{LDR}} \quad (2.3)$$

B. ESP32 микроконтроллёр

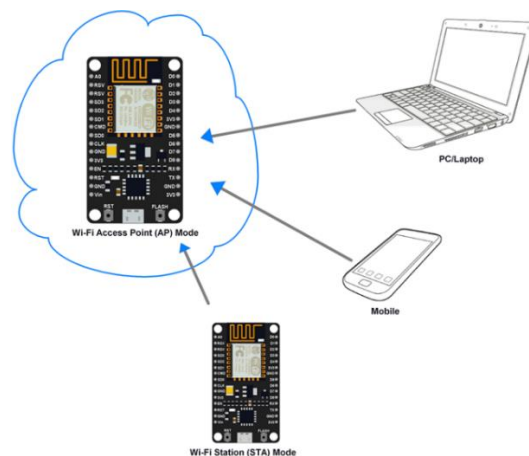
ESP32 нь өөртөө Wi-Fi болон Bluetooth модулиуд агуулсан хос цөмт (dual core) 32 битийн микроконтроллёр юм. 240MHz хүртэлх хурд, 512KB RAM, 4MB-16MB flash санах ой, ADC, DAC, I2C, UART, CAN 2.0, SPI, I2C зэрэг интерфейсүүдийг агуулсан. ESP32-г Espressif Systems компани 40 нм технологи ашиглан хөгжүүлсэн бага чадлын микроконтроллёр (MCU) юм. Мөн Arduino IDE, Espressif IDF (IoT Development Framework), Micropython, JavaScript зэрэг олон программчлалын орчныг дэмжиж ажилладаг давуу талтай. Уг микроконтроллёр нь өөрийн орчны бие даасан утасгүй сүлжээ үүсгэх (Access point-AP mode) болон өөрт ойрхон утасгүй сүлжээнд клиент болж оролцох гэсэн 2 горимд ажилладаг.

Дараах зурагт ажлын горим 1-ийг харуулав. ESP32 микроконтроллёр нь өөрт ойрхон утасгүй сүлжээнд клиент болж холбогдоно. Уг судалгааны ажилд горим-1 ашигласан бөгөөд төхөөрөмж орчны сүлжээнээс өөрийн IP хаягийг авна. Веб серверээр программчилсан төхөөрөмжийг IP хаягаар нь дамжуулан хандаж мэдээлэл авах боломжтой болсон.



Зураг. 2. ESP32 микроконтроллёрын ажлын горим-1

Дараах зурагт ажлын горим 2-ыг харуулав. Өөрөө AP (Access point) болж бие даасан өөрийн орчны сүлжээг үүсгэдэг. Хамгийн ихдээ 5 хүртэлх төхөөрөмжийг нэг зэрэг холбож өгөгдөл дамжуулах боломжтой.

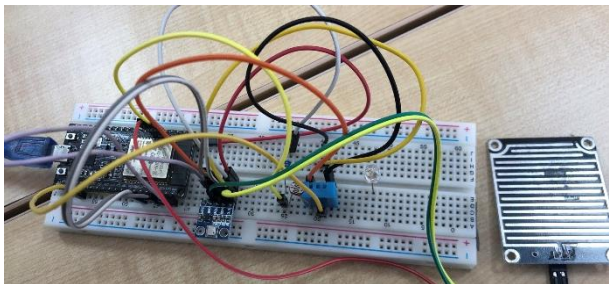


Зураг. 3. ESP32 микроконтроллёрын ажлын горим-2

C. Орчны цаг агаарын мэдээллийн клиент эмбэддэд төхөөрөмж

Клиент эмбэддэд төхөөрөмж нь дөрвөн мэдрэгчээс авсан өгөгдлүүдийг боловсруулан XOR болон AES128

аргуудын ашиглан шифрлэн сервер рүү илгээж веб дээр харуулах зарчмаар ажиллана. Клиент төхөөрөмж нь өөрөө тухайн орчны утасгүй сүлжээнд холбогдож мэдээллээ сервер рүү дамжуулдаг. Зураг 5-д туршилтын клиент эмбэддэд төхөөмжийг харуулав.



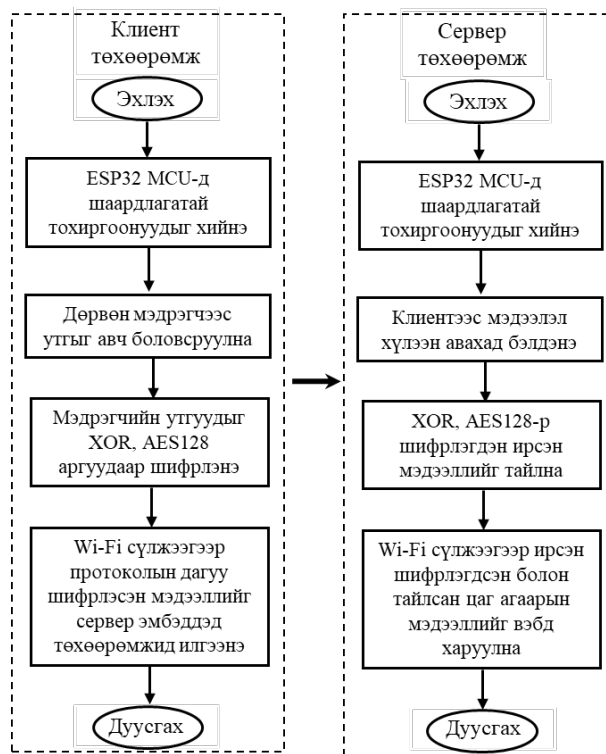
Зураг. 4. Клиент эмбэддэд төхөөрөмж

Клиент эмбэддэд төхөөрөмж нь ESP32 микроконтроллер, агаарын даралт болон далайн түвшнээс дээш өндөр хэмжих BMP180, агаарын температур, чийгшил хэмжих DHT11, гэрлийн эрчим хэмжих LDR, борооны мэдрэгч гэсэн хэсгүүдээс бүрдэнэ. Хүснэгт 2-г үзүүлсэн протоколын дагуу клиентээс сервер рүү шифрлэсэн мэдээллийг илгээнэ.

ХҮСНЭГТ 2. ӨГӨГДӨЛ ДАМЖУУЛАХ ПРОТОКОЛ

№	Дамжуулах параметр
1	Клиент төхөөрөмжийн дугаар
2	BMP180-н температурын XOR, AES-р шифрлэсэн утга
3	Агаарын даралтын XOR, AES-р шифрлэсэн утга
4	Далайн түвшнээс дээш өндрийн XOR, AES-р шифрлэсэн утга
5	Чийгшлийн XOR, AES-р шифрлэсэн утга
6	DHT11-н температурын XOR, AES-р шифрлэсэн утга
7	Гэрлийн эрчмийн XOR, AES-р шифрлэсэн утга
8	Борооны мэдрэгчийн утга
9	Огноо

Клиент болон сервер эмбэддэд төхөөрөмжүүд нь дараах зурагт үзүүлсэн алгоритмын дагуу ажиллана.



Зураг. 5. Системийн ажиллах алгоритм

D. XOR шифрлэлтийн арга

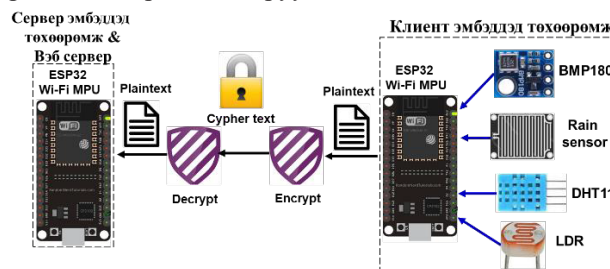
Энэ судалгааны ажилд хоёр шифрлэлтийн аргыг ашигласан. Нэгд хамгийн энгийн шифрлэлтийн арга болох XOR, хоёрт орчин нууцлалын системүүдэд өргөнөөр ашиглаж байгаа өндөр нууцлал бүхий AES128. [4]-р ажилд усны тоолуураас авсан мэдээллийг XOR аргаар шифрлэн дамжуулсан үр дүнг харуулсан. Дүрсийг нууцлахад XOR шифрлэлтийн аргыг [5, 6]-р судалгааны ажлуудад ашигласан.

Клиент эмбэддэд төхөөрөмж нь цаг агаарын 4 мэдрэгчээс өгөгдлийг авч XOR-р хийж шифрлэнэ.

$$Z(n) = X(n) \oplus K(n) \tag{2.4}$$

- Z(n): Шифрлэсэн мэдээлэл
- X(n): Дамжуулах үндсэн мэдээлэл
- K(n): Нууц код (шифр)
- \oplus : XOR үйлдэл
- n: Мэдээллийн битийн дугаар

Зураг 6-д тоолуурын өгөгдлийг шифрлэж, тайлах бүтцийн диаграммыг харуулав.



Зураг. 6. Орчны цаг агаарын мэдээллийг шифрлэх бүтцийн диаграмм

Клиентээс шифрлэгдэж ирсэн мэдээллийг сервер хүлээн авч, тайлж хадгалаад веб дээр үзүүлэх зарчмаар ажиллана. Шифрлэсэн мэдээллийг (2.5)-р томьёогоор сервер дээр тайлна.

$$X(n)=Z(n) \oplus K(n) \quad (2.5)$$

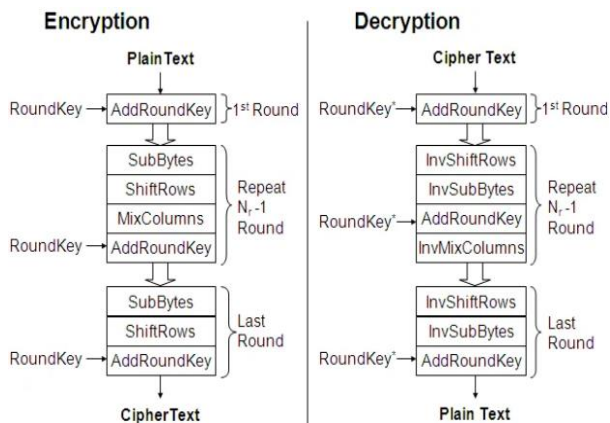
Доорх зурагт BMP180 мэдрүүрийн температурын утгыг $K(n)=526$ гэсэн утгаар XOR шифрлэлт хийж, тайлсан үр дүнг харуулсан.

```
Temperature = 23.70 *C
Temperature_XOR_ENC = 537
Temperature_XOR_DEC = 23 *C
```

Зураг. 7. XOR аргаар BMP180 мэдрэгчийн температурын утгыг шифрлэж, тайлж үзүүлсэн нь

Е. AES-128 шифрлэлтийн арга

Орчин үеийн мэдээлэл дамжуулалтын нууцлалд хамгийн өргөн ашиглаж байгаа шифрлэлтийн арга нь AES-128 юм. Уг арга нь мэдээллийг 128 бит буюу 16 байт түлхүүрээр (key) мэдээллийг шифрлэдэг.



Зураг. 8. AES128 шифрлэх арга

AES128 арга нь 10 блокоос бүрдэх бөгөөд блок бүр 4 аргаар шифрлэнэ. SubBytes-с гарсан утгыг AddRoundKey-тай XOR хийнэ. 10 блокийг шифрлэж нууцалсан үг 40 хувирсны эцэст тэмдэгт үсэг болон гарна. Гаралтын утгыг нууц үгтэй нь XOR хийн нууцлалыг тайлна (decryption) [7]. [8]-д VPN сүлжээгээр мэдээлэл дамжуулахад AES128, 256 алгоритмуудыг ашигласан.

Клиент, сервер эмбэддэд төхөөрөмжүүдэд ашигласан ESP32 микроконтроллэрын орчинд ARM компанийн эмбэддэд системүүдэд зориулж хөгжүүлсэн mbedtls/aes.h түүлийн дараах 2 функцийг (encrypt, decrypt) ашигласан.

```
void encrypt(char *plainText, char *key, unsigned char *outputBuffer)
void decrypt(unsigned char *cipherText, char *key, unsigned char *outputBuffer)
```

Зураг 9-д DHT11 мэдрэгчийн температурын утгыг AES128 аргаар key = "9abc5def9abc5def" түлхүүр үгээр шифрлэж, тайлсан үр дүнг харуулав.

```
Original plain text:
26

Ciphered text:
f844042945fa8c2b4316d1a1450d256c

Deciphered text:
26
```

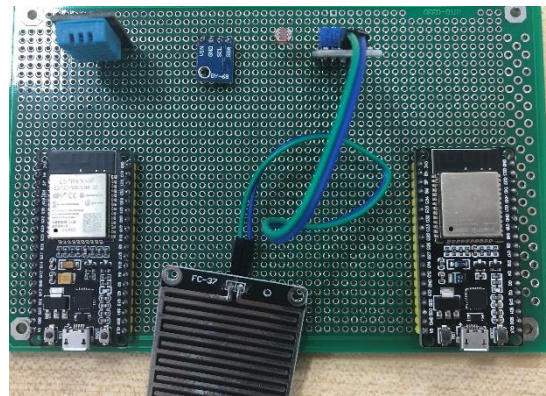
Зураг. 9. AES128 аргаар DHT11 мэдрэгчийн температурын утгыг шифрлэж, тайлж үзүүлсэн нь

AES128 аргын үр дүнд 16 байтын (16т-ын тооллын системд харуулсан) шифрлэсэн утга гарч байгааг дээрх зургаас харж болно.

III. ТУРШИЛТ, ҮР ДҮН

А. Туршилтын загвар

Туршилт хийхийн тулд зураг 10-д үзүүлсэн загварыг угсарсан. Цаг агаарын мэдээллийг авах дөрвөн төрлийн BMP18, DHT22, LDR болон борооны мэдрэгчүүдийг клиент ESP32 микроконтроллэрт холбогдох порт болон интерфейсээр холбосон. Сервер ESP32 бүхий эмбэддэд төхөөрөмжийг веб сервер болгон тохиргоо хийж программчилсан.



Зураг. 10. Туршилтын загвар

Wi-Fi модуль өөртөө агуулсан ESP32 микроконтроллёр бүхий клиент, сервер эмбэддэд төхөөрөмжүүд нь тухайн орчныхоо утасгүй интернэтийн сүлжээнд холбогдож IP хаяг авна. Сервер эмбэддэд төхөөрөмжид энэ IP хаягаар дамжуулан веб рүү хандана. Мэдрэгчүүдийн анхны утга, XOR болон AES128-р аргуудаар шифрлэсэн утгуудыг хамтад нь веб дээр харуулна.

В. Туршилтын үр дүн

Сервер эмбэддэд төхөөрөмжийг өөрийг нь мэдээллийн веб сервер болгон ашигласан. Веб серверийг HTML хэлээр программчилсан. Клиентээс мэдрэгчүүдийн утгыг боловсруулан серверт илгээсэн цаг агаарын мэдээллийн анхны утга, шифрлэсэн болон тайлсан утгуудыг вебд үзүүлснийг дараах зурагт харуулав.



IoT-д суурилсан цаг агаарын мэдээллийн вэб

Хэмжээний параметр	Мэдрэгчийн утга	Encrypted by XOR	Decrypted by XOR	Encrypted by AES-128	Decrypted by AES
Temp(BMP180)	24.60 °C	8751	24 °C	3F6CD159773B931B1635673F9F58DE38	24 °C
Air Pressure	861.09 hPa	8554	861 hPa	106C7E48099A80FC28170BCAED2339A8	861 hPa
Approx. Altitude	1351.47 m	10096	1351 m	9767769992B86C5318B094C2449E130	1351 m
Humidity(DHT11)	38.00 %	8721	38 %	C568218CAFAD51CC369D4913C27811	38 %
Temp(DHT11)	24.00 °C	8751	24 °C	F6F4CDF649B9A68B148297949530C1D	24 °C
Light Intensity	15 Lux	8760	15 Lux	9C704512ADC68DBA25A9B02F778395E9	15 Lux
Rain	Rainy				

Цаг агаарын мэдээллийг BMP180, DHT11, LDR мэдрэгчүүдээс авч XOR, AES-128 аргуудыг ашиглан шифрлэж, тайлж вэб дээр харуулав. ШУТМС-ИХТЭС, Электронийн салбар © 2022

Зураг. 11. Орчны цаг агаарын мэдээллийг харуулах веб

Мэдрэгчүүдээс цаг агаарын 7 параметрийг хэмжиж анхны утгыг 2-р баганад харуулсан. 3-р баганад эдгээр 7 утгыг нэг түлхүүр тоогоор XOR шифрлэснийг харуулсан. 4-р баганад XOR шифрийг тайлж анхны утга гарч байгааг харуулсан. Шифрлэхдээ бүхэл утгаар хийсэн тул тайлахад бүхэл тоон утга гарч байна.

5-р баганад 7 мэдрэгчийн утгыг 128 битийн түлхүүр үг бүхий AES128 аргаар шифрлэсэн утгуудыг харуулсан. 6-р баганад AES128 шифрлэлтийг тайлж анхны утга гарч байгааг харуулсан.

IV. ДҮГНЭЛТ

Судалгааны ажлаар тухайн орчны цаг агаарын мэдээллийг XOR болон AES128 аргуудаар шифрлэн дамжуулах туршилтыг хийсэн. Клиент эмбэддэд төхөөрөмжид цаг агаарын мэдрэгчүүдийг холбон утгыг микроконтроллер дээр боловсруулан шифрлэж нууцалсан. Шифрлэсэн мэдээллийг сервер эмбэддэд төхөөрөмж рүү илгээж нууцлалыг тайлж веб сервер дээр харуулах системийн загварыг гаргасан. Серверт ашигласан мэдээллийг боловсруулж буй ESP32 төрлийн Wi-Fi модуль агуулсан микроконтроллерыг өөрийг нь веб сервер болгон тохируулж программчилсан. Веб серверийн програмыг HTML хэл ашиглан бичсэн.

Туршилтад ашигласан цаг агаарын мэдээлэл авах мэдрэгчүүд нь өндөр үнэтэй биш, ашиглахад хялбар байсан.

Туршилтаас AES128 шифрлэх арга нь XOR аргаасаа илүү нууцлал сайтай бөгөөд уг аргыг ашигласан үед гаднын халдлагад мэдээлэл өртөх магадлал хамгийн бага байх нь харагдсан.

Мэдээллийг нь зайлшгүй нууцлах шаардлагатай эмбэддэд системүүдэд уг судалгааны ажил нь чухал ач холбогдолтой. Ялангуяа банк, санхүү, цэрэг дайны болон улсын нууцын зэрэглэлд хамааралтай мэдээлэл дамжуулахад шифрлэлт, нууцлалын асуудал байнга яригддаг.

Энэ судалгааны ажлын үр дүнд бий болсон их хэмжээний өгөгдлийг мэдээллийн технологи, тухайн салбарын багш, эрдэмтэд, оюутнууд, компаниуд өөрсдийн судалгааны ажилдаа ашиглах боломжтой.

НОМ ЗҮЙ

- [1] Цаг уур, орчны шинжилгээний газар, <https://www.namem.gov.mn/>
- [2] Ricardo Martínez Santa, Fernando Martínez Santa and Holman Montiel Ariza "Secure Information Transmission Device Implemented on an Embedded System using 3DES and AES Algorithms," International Journal of Engineering Research and Technology. ISSN 0974-3154, Vol 12, Number 11, 2019.
- [3] Rupam Mondal, Hau Ngo, James Shey, Ryan Rakvic, Owens Walker, Dane Brown "Efficient Architecture Design for the AES-128 Algorithm on Embedded Systems," United States Naval Academy, Electrical and Computer Engineering Department, Annapolis, United States of America, CF '20, May 11–13, 2020, Catania, Italy.
- [4] А. Одгэрэл, Н. Мягмаржав, "Усны электрон тоолуурын мэдээллийг шифрлэн дамжуулах нь," InfoNet&Sec-2020, ЭИХ, ШУТИС, Номын сан, хх 45-48, 2020.01.17
- [5] S. Arul Thileeban, "Encryption of images using XOR Cipher," IEEE International Conference on Computational Intelligence and Computing Research, 15-17 Dec 2016, Chennai, India.
- [6] P. Sharma, R. Shrivastava, V. K. Sarthi and P. Bhatpatri, "Security Analysis of XOR Based Ciphertext Image," Asian Journal of Computer Science and Technology Vol.7 No.1, 2018, pp.55-60

[7] William Stallings, "Cryptography and Network Security Principles and Practice," Fifth edition, Prentice Hall, 2011.

[8] Б. Түвшинбат "TLS-д суурилсан хялбар VPN хөгжүүлэх судалгаа," Бакалаврын дипломын ажил, 2021.

Квантын санамсаргүй түлхүүр дамжуулалтын B92 ба SARG04 протоколуудыг симуляцийн орчинд харьцуулах

Б.Моломжамц
Электроник Холбооны
Инженерчлэлийн Тэнхим
МУИС, ХШУИС
Монгол улс, Улаанбаатар хот
molomjamts.b@seas.num.edu.mn

Б.Өсөхбаяр
Электроник Холбооны
Инженерчлэлийн Тэнхим
Инженерчлэлийн Тэнхим
МУИС, ХШУИС
Монгол улс, Улаанбаатар хот
usukhbayar@num.edu.mn

Н.Угтахбаяр
Электроник Холбооны
Инженерчлэлийн Тэнхим
Инженерчлэлийн Тэнхим
МУИС, ХШУИС
Монгол улс, Улаанбаатар хот
ugtakhbayar@num.edu.mn

Хураангуй—Класик болон квант компьютерүүдийн аюулгүй байдлыг сайжруулах зорилгоор квант дамжуулалт гэсвэртэй алгоритмуудыг бэлтгэхэд чиглэсэн арга барилыг пост квант криптографитай холбон авч үздэг. Пост квант криптографийн хамгийн дэвшилтэт сэдэв бол квантын санамсаргүй түлхүүр дамжуулалт (КСТД) бөгөөд нууц түлхүүр үүсгэх, түүний аюулгүй байдлыг хангахын тулд квант механикийн үндсэн зарчмуудыг ашигладаг. Энэ өгүүлэлд B92 ба SARG04 гэсэн хоёр квантын санамсаргүй түлхүүр дамжуулалтын протоколуудыг симуляцийн орчинд харьцуулж, санамсаргүй түлхүүр дамжуулалтын алдааны хурдыг үнэлсэн болно. Харьцуулалтад фотоны тоог хуваах халдлага, цацраг хуваах халдлага, мэдээллийг дундаас нь өөрчлөх халдлага, төлөвийн тоо, төлөв бүрийн магадлал, туйлшрах байдал, хуурмаг мужууд, нийтийн сувгууд, Белийн тэгш бус байдал болон санамсаргүй түлхүүр дамжуулалтын алдааны хурд зэрэг шалгууруудыг хамруулсан.

Туршилтын үр дүнгээс харахад SARG04 протокол нь халдлагуудын эсрэг B92 протоколоос илүү найдвартай байгаа нь тодорхой байгаа боловч уг протоколын кубитийн алдааны хурд B92 протоколын кубитийн алдааны хурднаас их байна.

Түлхүүр үгс—квантын санамсаргүй түлхүүр дамжуулалт, квант криптографи, алдаа засах, нууцлалыг нэмэгдүүлэх

I. ОРШИЛ

Квантын санамсаргүй түлхүүр дамжуулалтын өмнөх судалгаанууд ихэвчлэн бүхэл тоог үржүүлэлтийн асуудал гэх мэт нотлогдоогүй тооцооллын таамаглал дээр суурилдаг [1]. Эдгээр таамаглалыг квант компьютер, алгоритм болон техник хангамжийн ирээдүйн урьдчилан таамаглаагүй дэвшилтүүд эвдэж магадгүй юм. Квантын санамсаргүй түлхүүр дамжуулалтын асуудлыг шийдэх шийдэл бүр квантын санамсаргүй түлхүүр дамжуулалтыг (КСТД) санал болгодог [2]. КСТД нь квант физикийн хуулиуд дээр суурилдаг. Бүр тодруулбал квант харилцааг халдагч дундаас нь таслан зогсоохыг оролдохдоо заавал ул мөр үлдээдэг бөгөөд үүнийг илрүүлж болохуйц байдаг. Энэ тохиолдолд КСТД протоколууд халдагчийн санамсаргүй түлхүүр үүсгэх үйл ажиллагааг таслан зогсооно. Квантын санамсаргүй түлхүүр дамжуулалт нь аюулгүй квант суваг болон баталгаажсан нийтийн суваг (жишээ нь, интернет) ашиглан хоёр талын хооронд хуваалцсан хувийн түлхүүр үүсгэдэг. Хувийн түлхүүрийг дараа нь нууцлалтай ердийн интернет сүлжээгээр

дамжуулж мессежийг шифрлэхэд ашиглаж болдог. Хамгийн алдартай КСТД протоколууд нь бэлтгэх, хэмжихэд суурилсан Bennett-Brassard-84 (BB84), Bennett-92 (B92) болон SARG04 протоколууд юм [3]. Протокол тус бүрийн хувьд мэдээллийг нэгтгэх, нууцлалыг нэмэгдүүлэх янз бүрийн арга техникийг ашигласнаар тодорхой хувийн түлхүүрийн түвшинд хүрч болохыг нотлох хэд хэдэн аюулгүй байдлын нотолгоонууд байдаг.

Квантын санамсаргүй түлхүүр дамжуулалтын талаарх судалгааг анх 1989 онд Беннетт болон бусад эрдэмтэд хийсэн. Түүнээс хойш уг судалгаатай холбоотой олон судалгаа хийгдсээр байна. Өнөө үед хэд хэдэн судалгааны бүлгүүд бодит орчинд квантын санамсаргүй түлхүүр дамжуулалт хийх боломжтой гэдгийг тэдний зарим судалгааны үр дүн харуулж байна. Жишээлбэл, BBN Technologies, Бостоны Их Сургууль болон Харвардын Их Сургуулийн баг саяхан DARPA-ийн ивээн тэтгэгчийн дэмжлэгтэйгээр КСТД сүлжээг байгуулж, ажиллуулж эхэлсэн. DARPA Квантын сүлжээ нь дэлхийн хамгийн анхны квант криптографийн сүлжээ бөгөөд тухайн нийслэлийн хэмжээнд тасралтгүй үйл ажиллагаа явуулдаг анхны КСТД систем юм [4].

II. КВАНТЫН ТООЦООЛЛЫН ЗАРЧИМ

Квант компьютерын үндсэн нэгдмэл мэдээлэл нь кубит бөгөөд $|0\rangle$ эсвэл $|1\rangle$ гэсэн хоёр төлөвтэй байна. Ердийн битүүдээс ялгаатай кубитүүд нь хоёр төлөвийн боломжит геометр байрлалд байх бөгөөд үүнийг ихэвчлэн төлөвүүдийн шугаман хослол хэлбэрээр илэрхийлдэг [5]: $|\psi\rangle = \alpha|0\rangle + \beta|1\rangle$, зарим α ба β -ийн хувьд дараах байдалтай байна: $|\alpha|^2 + |\beta|^2 = 1$, (1)

Төлөвүүдийг Гильбертийн зайд вектор хэлбэрээр дүрсэлж болох ба n кубит (регистр), төлөвүүдийн тензор (\otimes) үржвэр хэлбэртэй байна. Квант механикийн хоёр дахь постулат нь хаалттай системийн хувьслыг Шредингерийн тэгшитгэлээр дүрсэлсэн байдаг.

$$i\hbar \frac{\partial}{\partial t} |\psi\rangle = H|\psi\rangle, \quad (2)$$

Энд H нь Гамильтоны оператор, \hbar нь Планкийн тогтмол юм. Квантын физикт $\hbar = 1$ хэмжилтийн системийг ашиглах нь түгээмэл байдаг тул Шредингерийн тэгшитгэлийн дискрет хугацааны шийдэл нь:

$$|\psi\rangle = U|\psi_0\rangle, \quad (3)$$

Энд U нь нэгдмэл матриц юм. Ерөнхий 2 хэмжээт нийлмэл U матрицыг дараах байдлаар бичиж болно:

$$U = e^{itH}, \quad (4)$$

Регистр дээрх нийтлэг нэг кубийн нэгдмэл үйлдлүүд эсвэл хаалганууд нь кубит агуулдаг [6]:

Паулийн хаалга:

$$X = \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{pmatrix}, Y = \begin{pmatrix} 0 & -i \\ i & 0 \end{pmatrix}, Z = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{pmatrix}, \quad (5)$$

Хадамард хаалга:

$$H = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 1 & -1 \end{pmatrix}, \quad (6)$$

Фазын болон $\pi/8$ -хаалга:

$$S = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & i \end{pmatrix}, T = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & e^{i\pi/4} \end{pmatrix}, \quad (7)$$

Өмнөх хаалгануудын нэгдмэл үйлдлийг тензорын (\otimes) үржвэрийг n удаа хэрэглэх замаар n кубит агуулсан региструудийг ерөнхийд нь нэгтгэж болно. Нэг кубит үйлдлүүдийг цацраг задлагч болон радио давтамжийн импульс ашиглан хийж болно. Ялгаатай кубитүүдийн давхцал нь тэдгээрийг тодорхой магадлалтай мужуудын аль нэгэнд уналтад хүрдэг. Кубитийн боломжит геометр төлөвүүд нь $|x\rangle$ төлөвт унах магадлалтай:

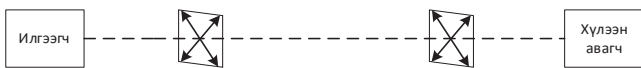
$$p(x) = \langle \psi | M_x^t M_x | \psi \rangle, \quad (8)$$

Энд M_x -ийг дараах байдлаар илэрхийлж болно:

$$M_x = |x\rangle\langle x|, \quad (9)$$

III. Туршилт

Бид B92 болон SARG04 квантын санамсаргүй түлхүүр дамжуулах протоколуудын квант дамжуулалтын хэрэгжилтийг пайтон хэл ашиглан загварчилж, симуляцийн орчинд туршсан. Туршилтад ашигласан симуляцийн орчны топологийг Зураг 1-д харуулав. Туршилтад B92 болон SARG04 протоколуудын квантын санамсаргүй түлхүүрийг аюулгүй сувгаар илгээгчээс хүлээн авагч руу дамжуулсан.



Зураг 1. Симуляцийн топологи

Манай программ нь нэг компьютер дээр ажиллаж байгаа протоколын дизайнаас бүрдэнэ. Энэхүү протоколын дизайн нь 2 объектыг агуулдаг. Үүнд: Илгээгч, Хүлээн авагч. Бид B92 болон SARG04 протоколуудыг санамсаргүй түлхүүр дамжуулалтын алдааны хурд болон нийт илгээсэн кубитийн тоогоор харьцуулсан. Ингэхдээ протокол тус бүрийн санамсаргүй түлхүүр дамжуулалтын алдааны хурдыг дараах томъёогоор тооцоолсон:

$$Q_s = \sum_{i=1}^n x_1 + x_2 + \dots + x_n, \quad (10)$$

$$Q_{er} = \frac{Q_s}{Q_b} \times 100\%, \quad (11)$$

Нийт алдаатай кубитүүдийн тоог Q_s , нийт кубитийн тоог Q_n , санамсаргүй түлхүүр дамжуулалтын алдааны хурдыг Q_{er} -аар тус тус гэмдэглэв. Хэмжилт хийхдээ протокол тус бүрийн хувьд нийт кубитийн тоо Q_n -ийг 10, 100, 500 гэх

мэт өссөн байдлаар сонгосон. Протокол тус бүрийн симуляцийн үр дүнг Хүснэгт 2-д харуулав.

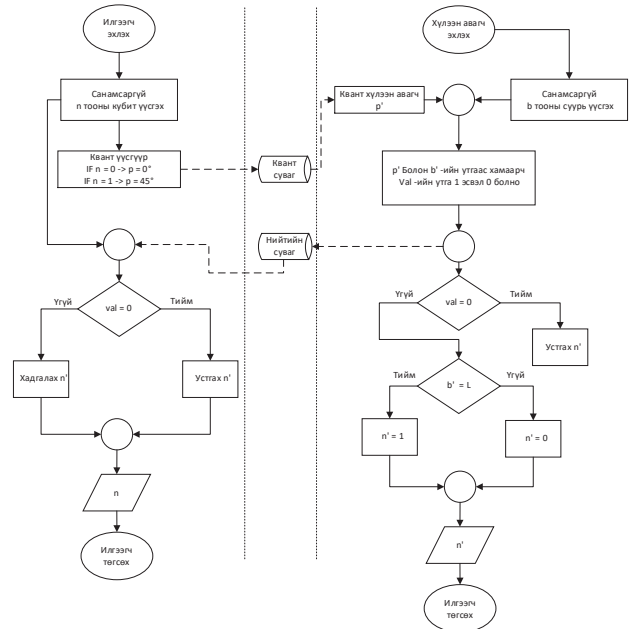
A. B92 протокол

1992 онд B92 протоколыг С. Н. Bennett болон бусад судлаачид санал болгосон. B92 протокол нь BB84 протоколын хялбаршуулсан хувилбар бөгөөд квантын дөрвөн төлөв биш хоёр ортогонал бус төлөвийг ашигладаг. B92 протокол нь мөн Heisenberg-ийн тодорхойгүй байдлын зарчим дээр суурилдаг [7]. B92 протоколын алгоритмын диаграммыг Зураг 2-д үзүүлэв:

- Илгээгч хоёр суурь ($\times, +$) болон хоёр ортогонал бус төлөвөөр ($|0\rangle, |1\rangle$) дамжуулан санамсаргүй n кубитийг үүсгэдэг.

$$|-\rangle = \frac{(|0\rangle - |1\rangle)}{\sqrt{2}}, |+\rangle = \frac{(|0\rangle + |1\rangle)}{\sqrt{2}}, \quad (12)$$

- Илгээгч тусгай төхөөрөмж ашиглан туйлширсан фотонуудын p дарааллыг үүсгэдэг.
- Илгээгч нь квантын сувгаар кубитийн дараалал болох p -ийг хүлээн авагч руу илгээдэг.
- Хүлээн авагч илгээгчээс хүлээн авсан кубитүүдийг хэмжихдээ туйлшралын суурийг (шугаман, диагональ) санамсаргүй байдлаар сонгодог.
- Хүлээн авагч илгээгчтэй нийтийн суваг ашиглан харилцдаг.
- '0' гэж илэрсэн кубит бүрийн хувьд илгээгчийг зарлаж, n' -ээс хасна.
- Хүлээн авагч '0'-г илрүүлсэн харгалзах битийг илгээгч n -ээс хасна.



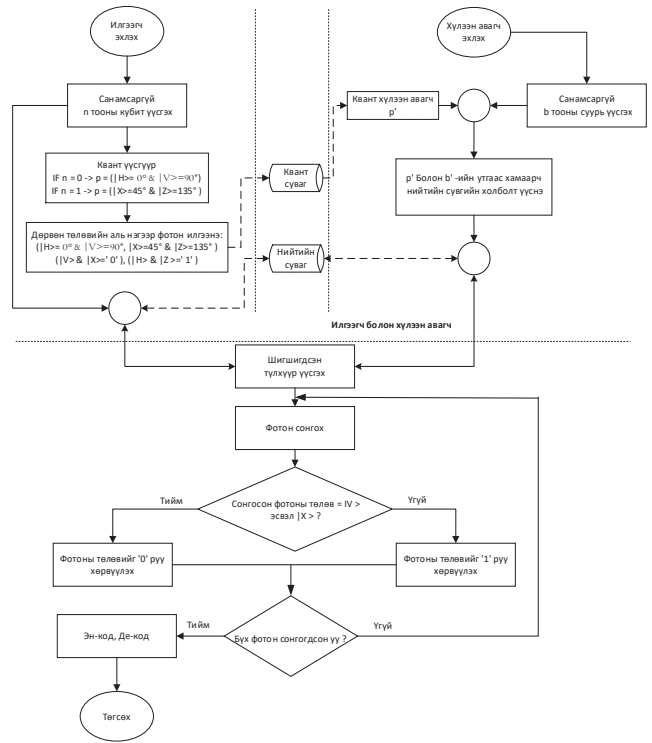
Зураг 2. B92 протоколын алгоритмын диаграмм

B92 протокол нь мужуудын туйлшралд суурилсан BB84 схемийн ихэнх алхмуудыг ашигладаг боловч хүлээн авагч хоёр төлөв гаргахын тулд илгээгчийн кубитийг хоёр баазаар хэмжихэд чухал арга хэмжээ авдаг.

B. SARG04 протокол

Скарани, Ацин болон бусад судлаачид 2004 онд SARG04 протоколын санааг анх дэвшүүлсэн бөгөөд энэ нь BB84 протоколын сайжруулсан хувилбар юм [8]. Лазерын сул импульс нь заримдаа нэгээс илүү фотон агуулдаг. Тиймээс халдагч олон фотоны импульсийн давуу талыг ашиглаж, зарим фотоныг дамжуулж байгаа хүмүүст алдаа гаргахгүйгээр хадгалж болно. Ийм төрлийн халдлагыг фотон-гоо хуваах (ПТХ) халдлага гэж нэрлэдэг. SARG04 протокол квантын санамсаргүй түлхүүр дамжуулалтын ПТХ халдлагын эсрэг найдвартай функцүүд агуулдаг. SARG04 протокол нь BB84-ийнхтэй адил дөрвөн төлөвийг ашиглах ба BB84 протоколоос сонгодог мэдээллийн кодчилол, декодчилолийн боломжоороо ялгаатай байдаг. Энэхүү протоколд илгээгч $\{|\psi 1\rangle, |\psi 3\rangle\}$, $\{|\psi 2\rangle, |\psi 3\rangle\}$, $\{|\psi 1\rangle, |\psi 4\rangle\}$ эсвэл $\{|\psi 2\rangle, |\psi 4\rangle\}$ дөрвөн мужуудын аль нэгийг нийтэд зарласан байна [9]. SARG04 протоколын алгоритмын диаграммыг Зураг 3-д үзүүлэв:

- Илгээгч санамсаргүй байдлаар n кубит илгээхээр бэлтгэх бөгөөд тус бүр нь $|\psi 1\rangle, |\psi 2\rangle, |\psi 3\rangle$ эсвэл $|\psi 4\rangle$ дөрвөн мужийн аль нэгэнд байна. Тэдгээрийг квантын сувгаар хүлээн авагч руу илгээнэ.
- Илгээгч санамсаргүй байдлаар n кубит илгээхээр бэлтгэх бөгөөд тус бүр нь $|\psi 1\rangle, |\psi 2\rangle, |\psi 3\rangle$ эсвэл $|\psi 4\rangle$ дөрвөн мужийн аль нэгэнд байна. Тэдгээрийг квантын сувгаар хүлээн авагч руу илгээнэ.
- Илгээсэн кубит бүрийн хувьд илгээгч $\{|\psi 1\rangle, |\psi 3\rangle\}$, $\{|\psi 2\rangle, |\psi 3\rangle\}$, $\{|\psi 1\rangle, |\psi 4\rangle\}$ эсвэл $\{|\psi 2\rangle, |\psi 4\rangle\}$ дөрвөн багцын нэгийг нийтэд зарладаг. Энэ нь түүний илгээсэн фотоны төлөвийг агуулсан байна.
- Илгээгч болон хүлээн авагч түлхүүрийнхээ санамсаргүй байдлаар сонгосон дэд багцыг ашиглан түлхүүрийнхээ аюулгүй байдлыг шалгана. Тэдгээр дэд багцын үр дүнг харьцуулж, хэрэв алдаа илэрсэн бол дамжуулалт найдвартай биш болсон гэж үзээд дамжуулалтыг зогсоож дахин эхлүүлнэ.
- Аюулгүй түлхүүр үүсгэхийн тулд сонгодог алдаа засах, нууцлалыг нэмэгдүүлэх аргыг ашигладаг.
- Мессежийг шифрлэхэд нэг удаагийн дэвсгэр ашигладаг.



Зураг 3. SARG04 протоколын алгоритмын диаграмм

IV. ҮР ДҮН БА ХЭЛЭЛЦҮҮЛЭГ

SARG04 протокол нь квант криптографийн туршилтын хэрэгжилттэй холбоотой аюулгүй байдлын тодорхой давуу талуудтай. Хүснэгт 1-д B92 протоколыг SARG04 протоколтой харьцуулсан болно [10].

ХҮСНЭГТ 1. SARG04 БОЛОН B92 ПРОТОКОЛУУДЫН ХАРЬЦУУЛАЛТ

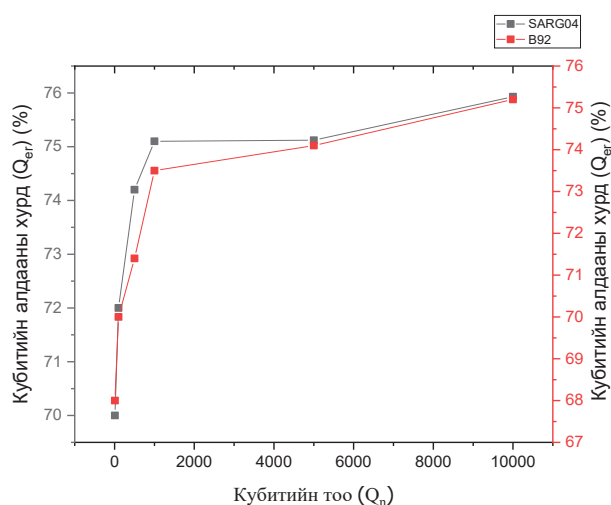
Шалгуур үзүүлэлт	B92	SARG04
Хуурмаг мужууд	Үгүй	Үгүй
Туйлшрах байдал	1 ортогонал бус	Кодлогдсон битүүд
Төлөвийн тоо	2	4
Төлөв бүрийн магадлал	50%	50%
Нийтийн сувгууд	Тийм	Тийм
Беллийн тэгш бус байдал	Үгүй	Үгүй
Цацраг хуваах халдлага	Найдвартай бус	Найдвартай
Man-In-The-Middle халдлага	Найдвартай	Найдвартай
Фотон-гоо хуваах (ПТХ) халдлага	Найдвартай бус	Найдвартай

Эдгээр мэдээллийг янз бүрийн эх сурвалжаас (сэтгүүд, нийтлэл, хурлын илтгэл) цуглуулсан бөгөөд дээрх бүх мэдээлэл, өгөгдлийн анхны судалгаа эсвэл сүүлийн үеийн сайжруулалт дээр үндэслэсэн болно.

Хүснэгт 1-д харуулсан шалгуур үзүүлэлтээс харахад SARG04 протокол нь халдлагуудын эсрэг B92 протоколоос илүү найдвартай байгаа нь тодорхой байна. SARG04 болон B92 протоколуудын симуляцийн үр дүнг харьцуулж Хүснэгт 2-д үзүүлэв.

Д/д	Битийн тоо (Q_n)	Квант битийн алдааны хурд (Q_{er})	
		SARG04	B92
1	10	70%	68%
2	100	72%	70%
3	500	74.20%	71.40%
4	1000	75.10%	73.50%
5	5000	75.12%	74.10%
6	10000	75.93%	75.20%

Цаашилбал Брэнсиард, Гисин гэх мэт судлаачдын хийсэн судалгаанд SARG04 протоколын практик хэрэгжилт нь санамсаргүй түлхүүрийн дамжуулалт, хамгийн их хүрэх зайн хувьд илүү үр дүнтэй болохыг харуулсан. Зураг 4-д SARG04 протоколын симуляцийн үр дүнг график байдлаар харуулав:



Зураг 4. SARG04 болон B92 протоколуудын санамсаргүй түлхүүр дамжуулалтын алдааны хурд

Гэсэн ч бидний туршилтын үр дүнгээс харахад SARG04 протоколын кубитийн алдааны дундаж хурд ~75%, B92 протоколын кубитийн алдааны дундаж хурд ~72% байна.

Квантын криптографи буюу бүр тодруулбал квантын санамсаргүй түлхүүр дамжуулалт бол квант мэдээллийн технологийн салбарын хамгийн дэвшилтэт сэдэв юм. Энэ өгүүлэлд бид квантын санамсаргүй түлхүүр дамжуулалтын B92 ба SARG04 протоколуудыг хооронд нь симуляцийн орчинд харьцуулж, санамсаргүй түлхүүр дамжуулалтын алдааны хурдыг үнэлсэн болно.

Туршилтын үр дүнгээс харахад SARG04 протокол нь халдлагуудын эсрэг B92 протоколоос илүү найдвартай байгаа нь тодорхой байгаа боловч уг протоколын кубитийн алдааны хурд B92 протоколын кубитийн алдааны хурднаас их байна.

Цаашид SARG04 болон B92 протоколуудын кубитийн алдааны хурдыг багасгах, амжилттай санамсаргүй түлхүүр дамжуулалтыг ихэсгэх судалгаа хэрэгтэй.

НОМ ЗҮЙ

- [1] B. Dagmar and et al, "Quantum Cryptography: A Survey. Electronic Colloquium on Computational Complexity", Revision 1 of Report No. 146.
- [2] Essam Al-Daoud, "Unconditionally Secure Quantum Payment System", Vol:1, No:2, January 2007.
- [3] Nino Walenta and et al, "Practical aspects of security certification for commercial quantum technologies", January 2007.
- [4] Philippe Jorrand, "Quantum information processing and communication: the computer science perspective", January 2007.
- [5] S. Blaha, "Quantum Computers and Quantum Computer Languages: Quantum Assembly Language and Quantum C Language", LANL quant-ph/0201082, 2002.
- [6] G. Benenti, G. Casati, and G. Strini, "Principles of Quantum Computation and Information", World Scientific vol. I. Singapore.
- [7] M. Elboukhari, M. Azizi, and A. Azizi, "Quantum key distribution protocols: A survey," International Journal of Universal Computer Sciences, vol. 1, pp. 59-67, 2010.
- [8] V. Scarani, A. Acin, G. Ribordy, N. Gisin, "Quantum Cryptography Protocols Robust Against Photon Number Splitting Attacks for Weak Laser Pulses Implementation", arXiv:Quant-ph/0211131, 2004.
- [9] Essam Al-Daoud, "Comparing Two Quantum Protocols: BB84 and SARG04", Vol.17 No.1, pp.25-30, 2007.
- [10] Abdulbast Abushgra and et al, "QKDP's Comparison Based upon Quantum Cryptography Rules", 2016.

Гибрид авто машины хаягдал батарейг дахин ашиглах нь

О.Цэнд-Аюуш

Электроник Холбооны Инженерчлэлийн Тэнхим
Хэрэглээний Шинжлэх Ухаан, Инженерчлэлийн Сургууль
Монгол Улсын Их Сургууль
Улаанбаатар, Монгол
tsendayush@seas.num.edu.mn

Б.Зориг

Электроник Холбооны Инженерчлэлийн Тэнхим
Хэрэглээний Шинжлэх Ухаан, Инженерчлэлийн Сургууль
Монгол Улсын Их Сургууль
Улаанбаатар, Монгол
zorig@seas.num.edu.mn

Хураангуй—Энэхүү судалгааны ажлаар гибрид авто машинаас гарсан хаягдал батарейг дахин сэргээж бусад хэрэглээнд ашиглах боломжийг судалсан. Учир нь манай оронд импортоор орж ирж байгаа авто машин нь үйлдвэрийн баталгаат хугацаа нь дууссан, насжилт өндөртэй тээврийн хэрэгслүүд орж ирдэг. Үүнийгээ дагаад хаягдал батарей ихээр гарах болсон. Бидний дэвшүүлж буй арга нь манай оронд дахин боловсруулах үйлдвэр байхгүй учир баттерейг дахин сэргээж бусад цахилгаан тоног төхөөрөмжид ашиглах гэр ахуйн хэрэглээнд нэвтрүүлэх бөгөөд туршилтын үр дүнгээс хаягдал батарейг дахин ашиглах боломжтой гэж үзсэн.

Түлхүүр үг—Гибрид авто машин, хаягдал батарей сэргээх

I. УДИРТГАЛ

Хүмүүсийн хэрэглээ ихсэх тусам байгаль орчинд ээлтэй, шатахуун бага зарцуулдаг авто машины хэрэглээ өсөн нэмэгдсээр байна. Шатахуун бага зарцуулах, байгаль орчинд ээлтэй тээврийн хэрэгсэл зохион бүтээх нь үйлдвэрлэгчдийн том өрсөлдөөн болоод байна. Үүнийгээ дагаад цахилгаан авто машиныг сүүлийн жилүүдэд олноор үйлдвэрлэх болсон. Цахилгаан авто машины гол энергийн үүсгэвэр нь батарей юм [1]. Батарейг хурдан цэнэглэх, илүү багтаамжтай болгох судалгаа, туршилтын ажлууд ихээр хийгдсээр байна. Манай орны цаг уурын эрс тэрс уур амьсгал нь бүрэн цахилгаан авто машин унахад хүндрэлтэй юм. Учир нь хүйтэнд батарейны цэнэгийн багтаамж нь багасаж туулах зай багасдаг ба цахилгаан авто машины салоны хэсгийг халаахад энерги их зарцуулдаг.

Иймээс манай орны хувьд хос хөдөлгүүрт гибрид буюу дотоод шаталтын хөдөлгүүр, цахилгаан хөдөлгүүр хосолсон авто машины хэрэглээ өндөр байна [2]. Цахилгаан хөдөлгүүрийн гол тэжээлийн үүсгүүр болох Никел металл гидрид (NiMH) батарей нь Тоёота компанийн хувьд үйлдвэрээс гаргасан баталгаа нь найман жил буюу нэг зуун жаран мянган км байдаг. Насжилт болон гүйлт нь манай орны импортын авто машины наяс дээш хувь нь үйлдвэрийн баталгаат хугацаа нь дууссан байдаг. Үүнээс болоод хаягдал батарей ихээр гарах болсон. Хаягдал батарей гэдэг нь стандарт үзүүлэлтээ хангахаа больсон батарейг хэлнэ. Иймд хаягдал батарейг дахин боловсруулах болон сэргээж ашиглах нь байгаль экологийн тэнцвэрт байдалд сайнаар нөлөөлөхөд бага ч гэсэн хувь нэмэр оруулах боломжтой юм. Хаягдал батарейг дахин боловсруулах нь хими технологи талаас өндөр зардал шаарддаг. Одоогийн байдлаар түгээмэл байгаа хаягдал батарей нь NiMH батарей бөгөөд Тоёота компань нь 2000 оноос хойших хос хөдөлгүүрт авто машин дээрээ түгээмэл ашигласан байдаг. Энэ төрлийн хаягдал батарей нь япон улсад 5-10 жил ашиглагдсан авто машины батарей байдаг. Энэхүү өгүүлэлд хаягдал

батарейг дахин сэргээх арга түүний туршилтын үр дүн болон хэрэглээнд ашиглах боломжийн талаар танилцуулна.

II. ГИБРИД АВТО МАШИНЫ ХАЯГДАЛ БАТАРЕЙ

A. Гибрид Авто Машины NiMH Батарей

NiMH батарейг 1980-аад оны сүүлээр худалдаанд гаргаж, түүнээс хойш янз бүрийн хэрэглээнд ашиглаж байна. Одоогоор тус батарейны зах зээл нь эрчим хүчний нөөц болон ухаалаг сүлжээний хэрэглээ болоод байна. NiMH нь нүүрстөрөгчийг багасгах эрчим хүчний эх үүсвэрт дасан зохицох хэрэгцээг хангахын тулд өсөн нэмэгдэж буй технологийн хувьд олон янзын батарейны зах зээлийн нэг хэсэг юм. Европын Холбооны хууль тогтоомжид байгаль орчинд аюултай элементүүдээр бохирдуулахгүйн тулд батарейг дахин боловсруулахыг шаарддаг. Хаягдал NiMH батарейг дахин боловсруулах нь дэлхийн зах зээлийг эдийн засаг, технологийн чухал металлууд тухайлбал никел, кобальт, газрын ховор элементүүдээр хангадаг. Эдгээр элементүүдийг нийтлэг зэвэрдэггүй гангаас өндөр технологийн хайлш (жишээ нь NiMH хайлш) хүртэл төрөл бүрийн хэрэглээнд ашигладаг. Хаягдсан NiMH батарейг дахин боловсруулдаг компаниудын жишээ бол Nickelhütte Aue GmbH болон Umicore болно [3-4]. Сүүлийн үед NiMH хаягдлаас цэвэр металлын фракц гаргахын тулд пиро болон гидрометаллургийн аргыг хоёуланг нь ашиглаж байна. Хаягдал батарейг дахин боловсруулахаас өмнө дахин сэргээж ашиглах нь байгаль орчин болон эдийн засагт чухал ач холбогдолтой. Дахин сэргээсэн батарей нь анхны стандартын өгөгдлийн 60-80 хувийг хангаж байх тохиолдолд бусад хэрэглээнд дахин ашиглах боломжтой юм. Жишээлбэл цахилгаан машинаас гарч буй хаягдал батарейг эрчим хүч хуримтлуулах систем, жижиг хэрэглэгдэхүүний тэжээлийн үүсгэвэр болгох зэргээр ашиглах боломжтой юм.

NiMH батарейнууд нь нийлүүлэлтийн сүлжээнд чухал ач холбогдолтой Ce, La, Nd зэрэг газрын ховор металлыг (REM) их хэмжээгээр агуулдаг. Эдгээр металлыг хаягдал NiMH батарейнаас гаргаж авах нь REM-ийн хоёрдогч нөөц болоод байна. Хаягдсан NiMH батарейнаас никел, кобальт, газрын ховор элемент (REEs) зэрэг металлыг сэргээх нь эдийн засаг, технологийн хувьд чухал ач холбогдолтой. Үнэ цэнэтэй материалыг эргэлтэд оруулах нь хог хаягдлаас элементийн цэвэр баяжмал үйлдвэрлэх, материалыг нөхөн сэргээх, дахин ашиглах замаар бий болно. NiMH батарейг дахин боловсруулах нь цэвэр, үнэ цэнэтэй металлын фракц үүсгэдэг пиро болон гидрометаллургийн аргаар хийж болно. Ихэнх NiMH батарейны бүрэлдэхүүн хэсгүүд нь органик бус материалаас бүрддэг. Зайг аль болох авсаархан хийснээр эрчим хүчний хэмнэлттэй байдаг. Тиймээс NiMH батарей нь өндөр концентрацтай металл агуулдаг. Жишээлбэл, тус

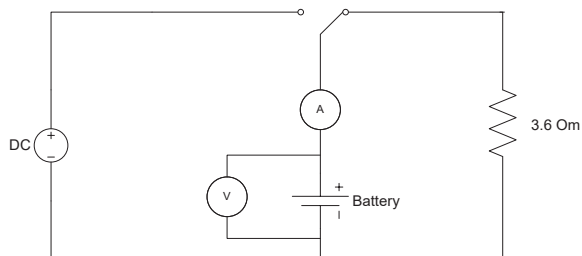
батерейны жингийн 17.9% никел, 4.4% кобальт, 17.3% REE агуулсан байдаг [5].

В. Электролитийн Алдагдал

NiMH батерейны задралын гол шалтгаануудын нэг нь эс хатах, өөрөөр хэлбэл электролитийн шингэн алдагдах үйл явц юм. Энэ нь концентрацаас дээш бол анодын электродын цэнэгийн хүчин чадал буурдаг. Зайг цэнэглэх, цэнэггүй болгох үед электролит нь электродуудын хооронд дахин хуваарилагдаж, тусгаарлагчийг хатаана. Үүний үр дүнд эсийн дотоод эсэргүүцэл нэмэгддэг [6, 7]. Дотоод эсэргүүцэл нэмэгдэж байгаа нь батерейны эвдрэлд зонхилох хүчин зүйлүүдийн нэг гэж үздэг [8]. Батерейны электролитийг нөхөж, цэнэгийн анхны утгын 10% хүртэл хэсэгчлэн сэргээх боломжтой. Энэ нь батарейны эвдрэлийн бусад шалтгаанууд байгааг харуулж байна. Гэсэн хэдий ч электролитийн дутагдал нь дотоод эсэргүүцэл ихэссэнээс үүссэн температурын өсөлтөөс шалтгаалан электродуудад хүсээгүй урвалыг дэмжих замаар чухал үүрэг гүйцэтгэдэг нь үндэслэлтэй юм. Приус маркийн авто машины батарейны хэлхээн дээр асуудал үүсэхэд 30 Омын эсэргүүцлээр богино холболт хийж бүрэн цэнэггүй болгодог. Энэхүү хамгаалалтын эсэргүүцлийг цэнэг алдуулах хэлхээн дээр ашигласан. Жишээ нь, нэгийг нь 7.2 В хүчдэлтэй нийт 28 ширхэг батарей модуль байгаа гэж үзвэл 201.6 В болох бөгөөд 6.72 Ампер гүйдэл гүйнэ. Энэ нь жигд цэнэг алдуулж байгаа юм.

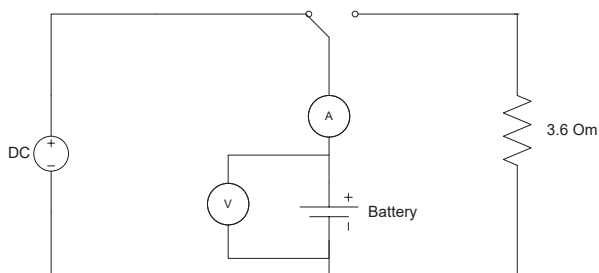
III. ГИБРИД АВТОМАШИНЫ ХАЯГДАЛ БАТАРЕЙГ ДАХИН АШИГЛАХ НЬ

Туршилтад зориулж Зураг 1-д үзүүлснээр цэнэглэх хэлхээ болон Зураг 2-д үзүүлснээр цэнэг алдуулах хэлхээг угсарч, туршилтуудыг хийж гүйцэтгэсэн. Туршилтад ашиглах цэнэг алдуулах элемент нь 3.6 Омын 10 Ватт эсэргүүцэл угсарч ачаалал дээр хийсэн.



Зураг 1. Батарейны цэнэгийг алдуулах хэлхээ.

Гүйдэл болон хүчдэлийн мэдээллийг авч хадгалах зорилгоор жижиг хэмжээний өгөгдөл бүртгэгчийн програм хөгжүүлж хэлхээний гүйдэл хүчдэлийн хэмжилтийн утгыг компьютерт авсан.



Зураг 2. Батарейг цэнэглэх хэлхээ.

Батарей нь тодорхой цэнэгтэй байсан үед цэнэглэхэд нийт багтаамжийг Томъёо (1)-ээр тооцоолно.

$$SOC = SOC_1 + \int_0^T (i) dt \tag{1}$$

Үүнд: SOC_1 нь, цэнэглэхээс өмнөх үеийн багтаамж, i нь батарейг цэнэглэх үеийн гүйдэл, T нь батарейг цэнэглэх хугацаа болно. Харин Томъёо (2) нь хориотой мужид буюу 6 В -оос доош хүчдэлтэй байх үед багтаамжийг тооцоолно [9].

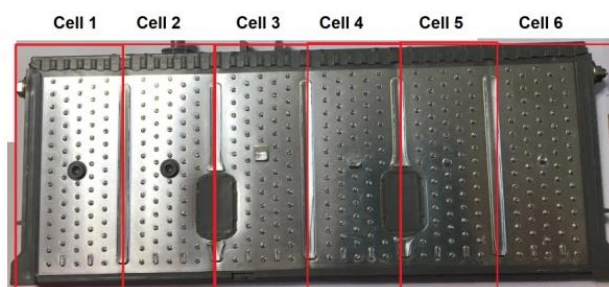
$$SOC = \int_0^T (i) dt \tag{2}$$

Батарейг хэдэн хувь сэргээхийг Томъёо (3)-аар тооцоолно.

$$SOC_n = \frac{SOC}{SOC_2} \cdot 100\% \tag{3}$$

Үүнд: SOC_2 нь батарей бүрэн цэнэгтэй үеийн багтаамж болно.

Өгөгдөл бүртгэгчийг хэрэгжүүлэхдээ микроконтроллерын аналог оролтыг ашиглан өгөгдлөө хүлээн авсан. Өгөгдөл бүртгэгчийн гүйдэл хүчдэлийн утгыг нарийвчлал сайтай хэмжүүрийн багажуудтай харьцуулж тохиргоо хийсэн.



Зураг 3. Туршилтад ашигласан хаягдал батарей.

Туршилтад ашиглах батарей нь 2009-2016 оны хооронд үйлдвэрлэгдсэн авто машинуудаас гарсан Зураг 3-д үзүүлсэн хаягдал батарейг ашигласан. Зураг 3-т харуулснаар тухайн хаягдал батарей нь Cell 1-6 болох зургаан ширхэг батарей модультай. Хүснэгт 1-д туршилтад ашиглах хаягдал батарей модулийн үйлдвэрийн стандарт үзүүлэлтийг харуулав. Бидний туршилтад ашиглах батарей модулиуд нь энэ стандартыг хангахаа больсон батарей модулиуд болно.

ХҮСНЭГТ 1. NiMH БАТАРЕЙ МОДУЛИЙН СТАНДАРТ ҮЗҮҮЛЭЛТ

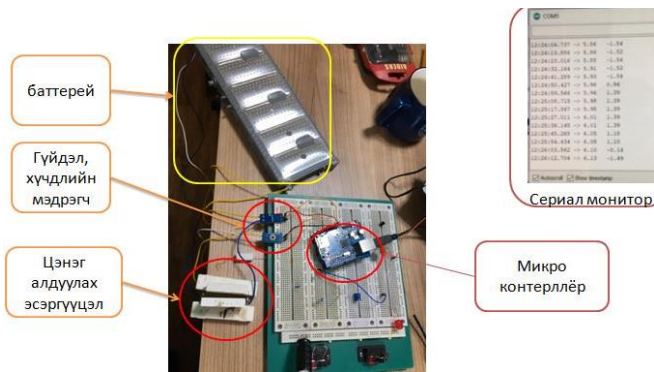
Зориулалт	Үзүүлэлт
Battery capacity	6.5 A.h
Full battery voltage	9 V
Nominal voltage	7.8 V
Discharge cut-off voltage	6 V
Initial SOC	SOC1= 05C, SOC2=1C

Туршилт хийхэд шаардлагатай элемент болон багаж тоног төхөөрөмжийн үзүүлэлтийг Хүснэгт 2-т үзүүлэв.

ХҮСНЭГТ 2. Туршилтад Ашиглах 2 Хэлхээний Параметр

Зориулалт	Үзүүлэлт	
	Хүчдэл	Гүйдэл
Тэжээлийн үүсгүүр	DC 0-30 V	DC 0-5 A
Эсэргүүцэл	3.6 Ом, 10 Ватт, нарийвчлал 10%	
Гүйдэл мэдрэгч	ACS712A20 DC 0-20 A	
Хүчдэл мэдрэгч	HM25 0-25V	

Зураг 4-д хаягдал батарейг дахин цэнэглэх бидний дэвшүүлж буй аргын бодитоор угсарсан, тохиргоо хийсэн туршилтын төхөөрөмжийг харуулав.

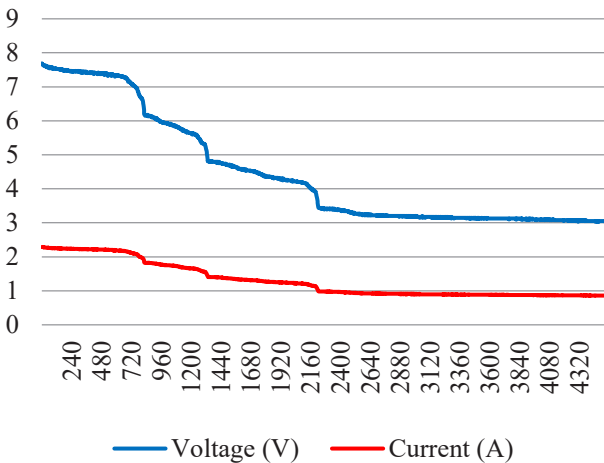


Зураг 4. Туршилтын хэсэг.

IV. Туршилтын Үр Дүн

A. Гибрид Авто Машины Батарейны Цэнэгийг Алдуулах Туршилтын Үр Дүн

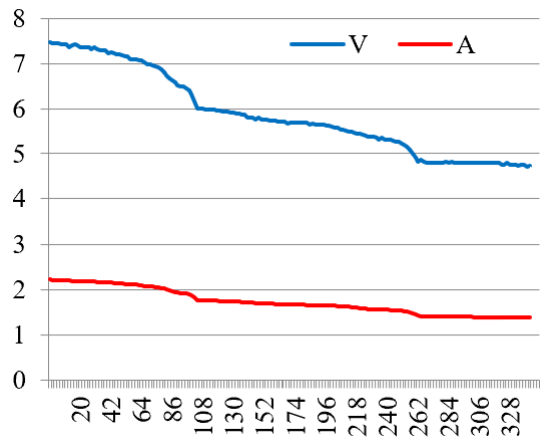
Хэмжилтийн өгөгдөл дээр тулгуурлаж хаягдал батарейг цэнэглэх болон цэнэгийг алдуулах хамаарлыг Зураг 5-д харуулав.



Зураг 5. Батарейны цэнэг алдуулалтыг 2 секундын нарийвчлалтайгаар хэмжилт хийсэн туршилтын үр дүн.

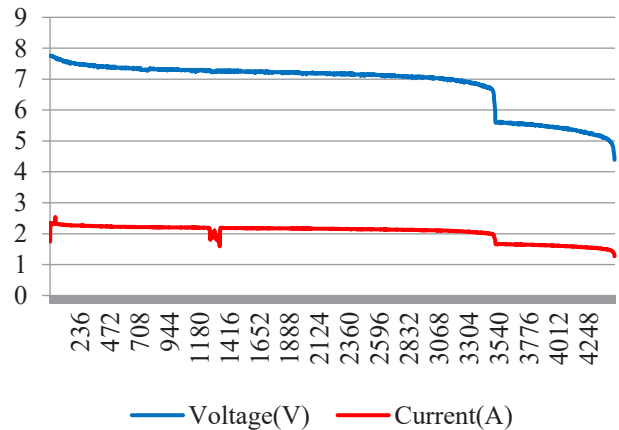
Сонгож авсан ашиглах боломжгүй хаягдал батарей тус бүрийн өгөгдөл дээр график байгуулж харьцуулалт хийсэн бөгөөд Зураг 5-д үзүүлсэн графикт гүйдэл болон хүчдэлийн утгыг батарейны цэнэг алдуулж байх явцад хоёр секундын нарийвчлалтайгаар түүвэрлэн авсан. Туршилтад ашигласан хаягдал батарейны хүчдэлийн түвшин нь 6 В оос доош буюу 2.7 В – 5 В хооронд хүчдэлийн түвшинтэй батарей модулиуд байсан. Хаягдал

батарейг дахин ашиглах буюу сэргээхийн тулд эхний цэнэглэх туршилтыг хийхдээ тогтмол гүйдлээр цэнэглэсэн ба батарейг цэнэглэхдээ багтаамжийн 10% буюу 0.1 С батарейг цэнэглэх аргачлалыг баримтлаагүй. Гэвч энэ нөхцөлд батарейны дотоод орон торонд дахь электродууд нь хөдөлгөөнд орж сэргэх нөхцөл маш бага байсан тул 0.66 С батарейг цэнэглэсэн. Туршилтын хэлхээнд орсон элемент, тэжээлийн үүсгүүр болон мэдрэгчийн үзүүлэлтийг Хүснэгт 2-оор сонгон авч ашигласан. Энэ хэмжилтээр батарейны хориотой бүс болох 6 В-ын хүчдэлээс доош оруулж доод хязгаарыг нь 3 В хүртэл бууруулж хэмжилт хийсэн. Хэмжилтийн явцад батарейны гадна төмөр хэсгээр бага зэрэг халсан ба гадна талаараа хэсэг тус бүрээрээ тэлж хэлбэрээ алдсан. Энэ нь цэнэгийг хэт шавхаж болохгүй болохыг физик шинж чанар талаас харж болно. Дараагийн туршилтын үр дүнг Зураг 6-д үзүүлэв.



Зураг 6. Цэнэг алдуулалт хоёр секундын нарийвчлалтай.

Хоёр секундын нарийвчлалтай хэмжилт хийсэн ба цэнэг алдах хугацаа нь хурдан байгаа нь Зураг 6-д үзүүлсэн туршилтын үр дүнгээс харагдаж байгаа бөгөөд 7.47 В-оос 4.76 В хүртэл цэнэг алдуулах хугацаа нь 670 секунд орчим байсан. Энэ нь батарейны багтаамж нь маш их унасан болохыг харуулж байна. Мөн дээрх туршилттай адилаар хориотой мужид оруулж цэнэгийг алдуулсан. Гүйдэл хүчдэлийн графикайн муруй нь Зураг 6-ын графиктай ойролцоо хэлбэртэй гарсан. Дээрх хоёр туршилтыг бүрэн цэнэглээгүй батарей дээр туршилт хийж, хэмжилт авсан болно.

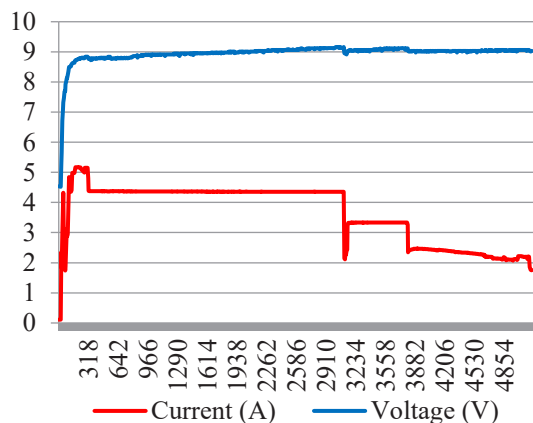


Зураг 7. Хоёр секундын нарийвчлалтай.

Дахин нэг туршилт хийсэн үр дүнг Зураг 7-д үзүүлсэн бөгөөд батарейны хүчдэлийг 7.78 В -оос 5 В хүртэл цэнэг алдуулж 2 секундын алхамтайгаар хэмжилтийн утгыг түүвэрлэн авсан туршилтын үр дүнгээс харахад гаралт, гүйдэл, хүчдэлийн муруйн хэлбэр өмнөх туршилтын үр дүнтэй төстэй гарсан нь хэмжилтийг гүйдэл хүчдэлийн аль ч утгаар хэмжилт хийж болохыг харуулж байна. Зураг 7-д харуулсан графикаас харахад туршилтын явцад батарей нь ямар нэгэн физик шинж чанар үзүүлээгүй. Өөрөөр хэлбэл халалт болон хэлбэр нь цүлхийгээгүй болно.

В. Гибрид Авто Машины Хаягдал Батарейг Цэнэглэх

Батарейны цэнэгийн алдуулах туршилтуудын дараа хаягдал батарейг цэнэглэх туршилтууд хийж гүйцэтгэсэн. Цэнэг алдсан батарейг цэнэглэхдээ хоёр алхмаар хийж гүйцэтгэх нь тохиромжтой гэж үзсэн. Үүнд: тогтмол гүйдэл болон тогтмол хүчдэлээр цэнэглэх юм. Батарейны 80% хүртэл тогтмол гүйдлээр цэнэглэх ба түүнээс дээш тогтмол хүчдэлээр цэнэглэх нь тохиромжтой гэж үзсэн. Зураг 8-д үзүүлсэн туршилт нь 4 батарейг 4.7 В байхад тогтмол гүйдлээр цэнэглэж 9 В буюу бүтэн цэнэглэх үеийн график бөгөөд хүчдэлийн утгыг 4.54 В оос 9.03 В хүртэл цэнэглэсэн. Цэнэглэхдээ тогтмол гүйдэл өгч цэнэглэхэд 80% хүртэл 4.3 Ампер гүйдлээр цэнэглэсэн бөгөөд Зураг 8-д үзүүлсэн туршилтын үр дүнгийн графикаас харагдаж байна. Үүний дараагаар гүйдэл хэлбэлзэж, буурч 3.3 Ампер гүйдлээр тогтмол гүйдлээр цэнэглэгдэж байгаад тогтмол хүчдэлээр цэнэглэгдсэн. Ингэж цэнэглэсэн батарейны багтаамжийг Томьёо (2)-р тооцоо хийвэл 4.3 Ампер цаг багтаамжтай болсон. Үүнийг Томьёо (3)-р тооцоолж үзвэл 67% цэнэглэгдсэн гэж үзсэн.



Зураг 8. Гүйдэл болон хүчдэлийн утгыг 6 секундын алхамтай түүвэрлэн хэмжилт хийсэн туршилтын үр дүн.

V. ДҮГНЭЛТ

Туршилтад ашигласан батарейнууд нь хориотой мужаас доош орсон буюу цэнэггүй болсон гаралтын хүчдэл тэг байсан. Эдгээр батарейнууд далайн шуурганд орж цахилгааны гэмтэлтэй, цэнэг нь бүрэн шавхагдсан авто машинуудын батарей байсан ба сэргээхдээ дараах алхмыг баримталж сэргээсэн. Батарейны багтаамжийн 80% хүртэл тогтмол гүйдлээр цэнэглээд түүнээс хойш тогтмол хүчдэлээр цэнэглэж сэргээн авсан. Сэргээсэн батарейнуудын багтаамж тухайн батарейны багтаамжийг 6.5 А цаг гэж үзвэл үүний 70-80% сэргээж чадсан. Иймд тухайн батарейг гибрид авто машин дээр бус бусад хэрэглээнд стандартыг нь бууруулан хэрэглэвэл илүү зохимжтой. Цаашид энэхүү судалгааны ажлыг өргөжүүлэн батарейны температурын мэдээллийг нэмж бүртгээд батарейны хөргөлтийн системийг шийдвэрлэж өгснөөр батарейг илүү удаан ашиглах боломжийг судална.

ТАЛАРХАЛ

Энэхүү судалгааны ажилд үнэтэй зөвөлгөө өгсөн Проф. Б.Ганбат, Дэд Проф. Д.Номин-Эрдэнэ болон Д-р. Б.Төрмандах нарт талархсанаа илэрхийлье.

АШИГЛАСАН НОМ

- [1] Inheriting hybrid technologies <https://global.toyota/>
- [2] Karan C. Prajapati 1,*, Ravi Patel 2 and Rachit Sagar 3 “Hybrid Vehicle: Study Technology” International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT) ISSN: 2278-0181 IJERT IJERTV3IS120917 www.ijert.org (This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.) Vol. 3 Issue 12, December-2014
- [3] Umicore. Available from: www.umicore.com.
- [4] Nickel-Hütte Aue GMBH. Available from: <http://www.nickelhuette.com/>.
- [5] S-L. Lin, K-L. Huang, I-C. Wang, I-C. Chou, Y-M. Kuo, C-H. Hung, and C. Lin, “Characterization of spent nickel–metal hydride batteries and a preliminary economic evaluation of the recovery processes,” Air & Waste Management Association, vol. 66(3), pp. 296–306, 2016.
- [6] P. Leblanc, C. Jordy, B. Knosp, and P. Blanchard, “Mechanism of alloy corrosion and consequences on sealed nickelmetal hydride battery performance,” Electrochemical Society, vol. 145(3), pp. 860–863, 1998.
- [7] L. Li, W. Feng, and Y. Kai, “Degradation analysis of nickel/metal hydride battery and its electrode materials,” Trans. China Nonferrous Metals Society, vol. 14(3), pp 446–450. 2004.
- [8] S. Katsuhiko, M. Yoshifumi, K. Kiyoshi, N. Hiroshi, N. Toshiyuki, T. Masao, and I. Koji, “Deterioration mechanism of nickel metal-hydride batteries for hybrid electric vehicles,” Power Sources, vol. 141(1), pp. 193–197, 2005.
- [9] T. Bat-Orgil, B. Dugarjav, and T. Shimizu, “Active Power-Decoupling Circuit to Reduce Ripple Currents of Recycling Batteries used with Single-Phase Voltage Source Inverters,” Industry Applications, vol. 10(2), pp. 262-263, 2021.

Тэмдэгт танилтын аргуудын харьцуулсан судалгаа

Анужин Батбилэг
Мэдээллийн Технологийн салбар
ШУТИС, МХТС
Улаанбаатар, Монгол
anujin.batbilegg@gmail.com

Золбоо Төмөрболд
Мэдээллийн Технологийн салбар
ШУТИС, МХТС
Улаанбаатар, Монгол
t.zolboo@must.edu.mn

Долгорсүрэн Батжаргал
Мэдээллийн Технологийн салбар
ШУТИС, МХТС
Улаанбаатар, Монгол
b.dolgorsuren@must.edu.mn

Хураангуй— Оптик тэмдэгт таних (OCR) технологи нь автоматжуулсан өгөгдөл олборлох, хадгалах чадварыг ашиглан цаг хугацаа, зардал болон бусад нөөцийг хэмнэдэг үр ашигтай бизнесийн процесс юм. OCR нь хэвлэмэл баримт бичгүүдийг машинд уншигдахуйц текст болгон хөрвүүлэхийн тулд техник хангамж, программ хангамжийн хослолыг ашигладаг. Монгол хэлний тэмдэгт таних судалгаа бусад хэлтэй харьцуулахад харьцангуй ховор хийгдсэн байдаг. Монгол хэлд зориулсан тэмдэгт танилт боловсруулах явц одоо ч шинэ шатандаа байгаа үед энэхүү судалгааны баримт бичиг шаардлагатай хэмээн үзсэн. Энэхүү өгүүлэлд тэмдэгт танилт, танилтын үе шатууд, түгээмэл ашиглагддаг алгоритмууд, тэмдэгт таних техникүүдийн талаар судлан туршилт хийхийг зорилго. Эдгээрээс монгол хэлийг дэмждэг EasyOCR болон Tesseract системийг сонгон авч хэлний онцлог, монгол хэлд зориулсан OCR-ийн өнөөгийн байдал, танилгдд нөлөөлж буй хүчин зүйлс, танилтын ялгаатай үр дүнг харьцуулан авч үзсэн болно. Судалгааны үр дүнгээс харахад үсгийн фонт, налуу байдал, үгэн дунд тэмдэгт холиход гаралтын үр дүнд ихээхэн нөлөөлсөн. Хэдийгээр EasyOCR, Tesseract-н үсэг танилт сайн хэдий ч үсэг, тэмдэгт, тоог холиход алдаатай үр дүнг гаргаж байна.

Түлхүүр үгс: тэмдэгт танилт, алгоритм, техник, дүн шинжилгээ, харьцуулсан судалгаа

I. УДИРТГАЛ

Бизнес эрхлэгчид, хувь хүмүүс, аж ахуйн нэгж байгууллагуудад сүүлийн жилүүдэд цахим шилжилтийн хөдөлгөөн эрчимжиж байна. Тэгвэл бид хэвлэмэл цаасан бичиг баримтыг цахимжуулах, дижитал хэлбэрт шилжүүлэх асуудлаа хэрхэн шийдэж байна вэ? Үүнийг шийдэх мэдээллийн технологийн шийдэл нь тэмдэгт таних технологийг ашиглах явдал юм. Тэмдэгт таних технологи нь оптик механизмаар дамжуулан тэмдэгтүүдийг автоматаар таних боломжийг олгодог. Хүний хувьд бидний нүд бол оптик механизм юм. Нүдэнд харагдах дүрс нь тархинд зориулсан оролт бөгөөд оролтыг ойлгох чадвар нь олон хүчин зүйлээс шалтгаалан хүн бүрд өөр өөр байдаг. Энэхүү технологийг ашигласнаар ажлын урсгалыг хурдасгах, зардлаа бууруулах, контент боловсруулалтыг автоматжуулах, байгууллагын хүрээнд үнэн зөв мэдээллээр хангах замаар хүн компьютерын хоорондын үйл ажиллагаа болгон үйлчилгээг сайжруулах чухал ач холбогдолтой. Мөн боловсрол, эмнэлэг, банк санхүү, иргэний бүртгэл, архив зэрэг салбаруудад ихээхэн ашиглагдаж байна.

Иймд тэмдэгт танилтын техникүүд, танилтын үе шат, монгол хэлний өгөгдлийн багцыг хэрхэн үүсгэн ашиглаж байгаа талаар болон сургалтын багц үүсгэн туршиж, туршилтын үр дүнг харьцуулан судалж, хэрэглээнд нэвтрүүлэхийг зорилго. Цаашлаад энэхүү судалгааны ажлын зорилго нь тэмдэгт танилтын программыг

бодитоор ашиглаж тэмдэгт танилтын оролтын өгөгдөлд тулгуурлан үнэ цэнэ бүхий мэдээлэл гаргах, дүн шинжилгээ хийх, зургаас текст танихад өгөгдлийн ач холбогдол, танилтын эцсийн үр дүнг харьцуулан гаргахыг зорьсон.

II. СУДАЛГААНЫ ХЭСЭГ

Оптик тэмдэгт таних (OCR) нь хэвлэсэн эсвэл гараар бичсэн сканнердсан баримт бичгүүдийг компьютер таних ASCII тэмдэгт болгон хувиргах үйл явц юм [1]. 1974 онд Рэй Курцвейл нь Computer Products, Inc-ийг үүсгэн байгуулсан бөгөөд түүний omni-font оптик тэмдэгт таних (OCR) бүтээгдэхүүн нь бараг ямар ч фонтоор хэвлэсэн текстийг таньж чаддаг байв. Тэрээр энэ технологи нь харааны бэрхшээлтэй хүмүүст зориулсан машин сургалтын төхөөрөмж байх болно гэж үзээд текстийг ярианы форматаар чангаар унших боломжтой унших машин бүтээжээ. OCR технологи нь 1990-ээд оны эхээр түүхэн баримтуудыг дижитал хэлбэрт шилжүүлэх явцад түгээмэл хэрэглэгдэх болон. Түүнээс хойш технологи нь хэд хэдэн сайжруулалтад орсон.



Зураг 1. Рэй Курцвейл 1970-аад оны сүүл үе. Харааны бэрхшээлтэй болон суралцах боломжгүй хүмүүст зориулсан уншдаг машинтайгаа.

Өнөөгийн OCR шийдлүүд нь бараг төгс нарийвчлалтайгаар ажиллах чадвартай. Баримт бичиг боловсруулах нарийн төвөгтэй ажлын урсгалыг автоматжуулахад дэвшилтэт аргуудыг ашигладаг. OCR технологи гарахаас өмнө баримт бичгийг дижитал хэлбэрт оруулах цорын ганц сонголт бол текстийг гараар дахин бичих байсан ба энэ нь цаг хугацаа, хүн хүч их шаардсан, бичгийн алдаатай үүсэх магадлал өндөртэй байсан. Өнөөдрийн байдлаар OCR үйлчилгээг олон нийтэд өргөнөөр ашиглах боломжтой болсон.

A. Оптик тэмдэгт таних үе шат, алхмууд

Оптик тэмдэгт таних (OCR) нь баримт бичгийн физик хэлбэрийг боловсруулахын тулд сканнер ашигладаг. Бүх хуудсыг хуулсны дараа OCR программ хангамж нь баримтыг хоёр өнгийн эсвэл хар цагаан болгон хувиргадаг. Сканнердсан зураг эсвэл битмапын цайвар, бараан хэсэгт нь шинжилж, бараан хэсгийг таних шаардлагатай тэмдэгтүүд, цайвар хэсгийг нь дэвсгэр гэж тодорхойлоод үсэг эсвэл тоон цифрүүдийг олохын тулд бараан хэсгийг нь цааш боловсруулдаг. Дараа нь загвар таних(template matching) эсвэл онцлогийг таних(feature extraction) гэсэн хоёр алгоритмын аль нэгийг ашиглан тэмдэгтүүдийг тодорхойлно. Оптик тэмдэгт таних алхмууд:

1. Зураг, баримт цуглуулах: Холбогдсон шугамуудыг бүх үргэлжилсэн цэгүүдийг шугамын дагуу холбосон муруй гэж энгийнээр тайлбарлаж болно.

As he had expected, Mrs. Dursley looked shocked and angry. After all, they normally pretended she didn't have a sister.

"No," she said sharply. "Why?"

"Funny stuff on the news," Mr. Dursley mumbled. "Owls... shooting stars... and there were a lot of funny-looking people in town today..."

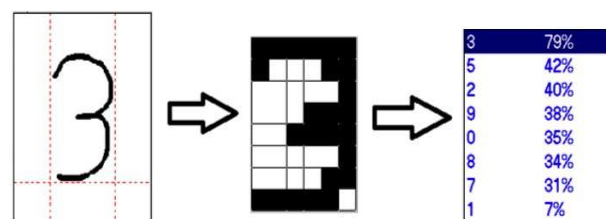
"So?" snapped Mrs. Dursley.

"Well, I just thought... maybe... it was something to do with... you know... her crowd."

Зураг 2. Тэмдэгтийг шугамуудаар холбон таних

Хэд хэдэн урьдчилсан боловсруулалтын алхмуудыг хийдэг. Сканнердах процессын үр дүнд үүссэн зураг нь тодорхой хэмжээний бага нягтралыг агуулж болно. Smoothing гэдэг нь дүүргэх(filling), сийрэгжүүлэх(thinning) гэсэн утгатай. Дүүргэх процесс нь дижитал тэмдэгтүүдийн жижиг эвдрэл, дутагдал, цоорхойг арилгадаг бол сийрэгжүүлэх процесс нь шугамын өргөнийг багасгадаг.

2. Тэмдэгтийн дүрсийг санахын тулд Convolutional Neural Network (ConvNet) [2, 3, 4] байгуулах ба жишээлбэл, дараах зургийг санахад ашигладаг 2*4 давхаргын хасахад үлдсэн хариу үйлдэл бүхий 8 давхарга Convolution Network үүснэ.
3. 1-р загвар нь дүрийн ангиллын softmax ангилал бүхий зургуудыг урьдчилан таамаглахын тулд шууд зураг дээр сургана.



Зураг 3. Тэмдэгт дүрсийг санах

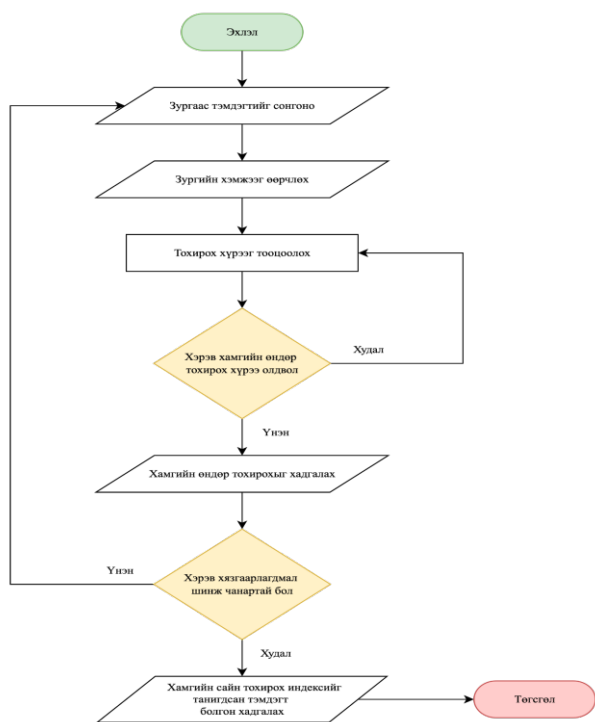
2-р загвар нь урьдчилан таамаглагчийн өмнөх давхаргатай ижил загвар бөгөөд тодорхой хавтгайрсан нейронуудыг тооцоолох болно.

4. Convolutional Neural Network(ConvNet) загварыг ачаалах: Тэмдэгтийн оптик таних сүүлчийн алхам нь дүрсийг үгтэй холбоотой холбосон шугам, үсгийн холбосон шугам болгон урьдчилан боловсруулах, дараа нь зураг дээрх үсэг, үгтэй холбоотой холбосон шугамын дагуу урьдчилан таамаглах тэгээд нэгтгэх явдал юм. Загварыг сургасны дараа урьдчилан бэлтгэсэн Оптик тэмдэгт таних загварыг хадгалж, ачаалж болно.
5. Convolutional Neural Network-ийн тэмдэгтүүдийн таамаглалыг нэгтгэх: Урьдчилан таамаглалыг нэгтгэх нь зураг дээрх үгтэй холбоотой шугамын үг бүрд тодорхой ID оноох, бүх таамаглалыг тодорхой үгтэй холбоотой холбогдсон шугам, үсэгтэй холбоотой үгийн эрэмбэлэгдсэн цуваанд нэгтгэх зэрэг орно.

B. Тэмдэгт танилтын алгоритмууд

Оптик тэмдэгт таних алгоритмууд нь уламжлалт зураг боловсруулах, машин сургалтад суурилсан арга эсвэл гүнзгий суралцах аргад суурилсан байж болно. Тэмдэгт таних алгоритмын хэд хэдэн анги байдаг ч тэдгээр нь бүгд өндөр чанартай дүрс оруулахыг шаарддаг. Шуугиан ихтэй, тод бус зураг нь шуугиангүй, тод зурагтай харьцуулахад өндөр магадлалтайгаар буруу танигдах буюу танилтын хувь бага гарна. Мөн таних чанарт тэмдэгтүүдийн налуу, хэмжээ нөлөөлдөг. Тиймээс таних алгоритмыг ашиглахын өмнө зургийг урьдчилан боловсруулах шаардлагатай. Зарим нэг боловсруулах аргуудыг доор орууллаа.

Загвар тааруулах(Template matching): Илүү энгийн бөгөөд түгээмэл байдаг. Тааруулах нь OCR сканнер ямар тэмдэгт гэж уншиж байгааг тэмдэгтийн матриц эсвэл загваруудын сангай харьцуулдаг. Тухайн зураг ижил төстэй байдлын түвшинд тогтоосон цэгийн матрицуудын аль нэгтэй таарч байвал компьютер тэр зургийг харгалзах ASCII тэмдэгт гэж тэмдэглэнэ[5]. Тэмдэгтийг таних [6] нь аль T_n нь тохирох функцийг хамгийн сайн утгыг өгөх $s(I, T_n)$ –ийг тодорхойлох замаар хийгддэг. Хадгалсан загварууд нь ижил эсвэл төстэй фонгтой байх тохиолдолд л энэ арга амжилттай болно. Загвар тохирохыг хоёртын, босго тэмдэгтүүд эсвэл саарал түвшний тэмдэгтүүд дээр хийж болно. Саарал түвшний тэмдэгтүүдийн хувьд нормальжуулсан корреляцийг ашиглах нь илүү түгээмэл байдаг. Учир нь энэ нь оролтын тэмдэгт болон хадгалагдсан загвар хоорондын тод байдал, ялгаатай байдлын өөрчлөлтийг эсэргүүцэх чадварыг сайжруулдаг.



Зураг 4. Загвар тааруулах алгоритмын ажлын урсгалын диаграм



Зураг 5. Bitmap нь 12x12 матрицаар эсвэл 0 ба 1 координаттай 144 вектоороор дүрслэгддэг.

Илүү нийтлэг тохирох функцүүд нь дараах томьёо дээр суурилдаг.

$$s(I, Tn) = \sum_{i=0}^w \sum_{j=0}^h |I(i, j) - Tn(i, j)| \quad (1)$$

$$s(I, Tn) = \sum_{i=0}^w \sum_{j=0}^h (I(i, j) - Tn(i, j))^2 \quad (2)$$

$$s(I, Tn) = \sum_{i=0}^w \sum_{j=0}^h I(i, j)Tn(i, j) \quad (3)$$

$$s(I, Tn) = \frac{\sum_{i=0}^w \sum_{j=0}^h (I(i, j) - |I|)(Tn(i, j) - |Tn|)}{\sqrt{\sum_{i=0}^w \sum_{j=0}^h (I(i, j) - |I|)^2} \sqrt{\sum_{i=0}^w \sum_{j=0}^h (Tn(i, j) - |Tn|)^2}} \quad (4)$$

Зураг 6. Загвар тааруулах томьёо: 1) City block, 2) Euclidean, 3) Cross Correlation, 4) Normalized Correlation

Фаззи логик(Fuzzy logic): Фаззи логик [7] ашиглан функцүүдийг гаргаж авснаар мэдрэлийн сүлжээ эсвэл k-хамгийн ойрын хөрш аргуудтай холбоотойгоор тэмдэгтэд танилтыг сайн ойлгон таних ба эцэст нь илүү сайн шийдлийг гаргаж болно. Нейрон сүлжээ болон k-хамгийн ойрын хөршийн аргуудад шаардагдах өргөн хүрээний сургалтын үе шатуудаас зайлсхийх боломжтой. Ангиллын үе шатанд гар аргаар боловсруулсан фаззи логик ангиллын дүрмийг ашиглан шинж чанарыг задлах үр дүнд дүрслэгдсэн тэмдэгтийн хамгийн их магадлалтай танигдсан тэмдгийг тодорхойлно.

	Сургалтын багц		
	Нийт тоо	Зөв ангилсан	Амжилтын хувь
Үсэг/тоон ангилагч	150	150	100.00%
Үсгийн ангилагч	230	230	100.00%
Тоон ангилагч	380	379	99.70%

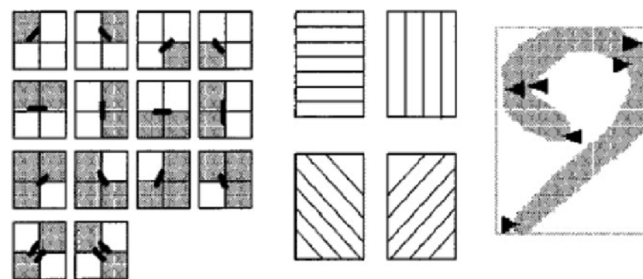
	Туршилтын багц		
	Нийт тоо	Зөв ангилсан	Амжилтын хувь
Үсэг/тоон ангилагч	50	49	98.00%
Үсгийн ангилагч	115	113	98.30%
Тоон ангилагч	165	160	97.00%

Зураг 7. Фаззи логик ангилагчийг ашиглан гарсан үр дүн

Шинж чанарыг задлах(Feature extraction): Фаззи логик шинж чанарыг задлах дүрмүүд нь шинж чанарыг задлах алгоритмын үндэс болдог[8]. Гол зорилго нь хамгийн бага элементээр таних хурдыг нэмэгдүүлэх, ижил тэмдгийн олон тохиолдлуудад ижил төстэй шинж чанаруудын багцыг бий болгох функцүүдийн багцыг гаргаж авах явдал юм. Онцлогийг задлах аргууд нь оролтын баримт бичгийн дүрсэнд дүн шинжилгээ хийж, тэмдэгтийг онцгойлон ялгаж, ангилах шинж чанаруудын багцыг сонгоно. Эдгээр нь гурван төрлийн шинж чанарт суурилдаг:

Тэмдэгтийн дүрслэлд ашигладаг гол статистик шинж чанаруудыг доор харуулав.

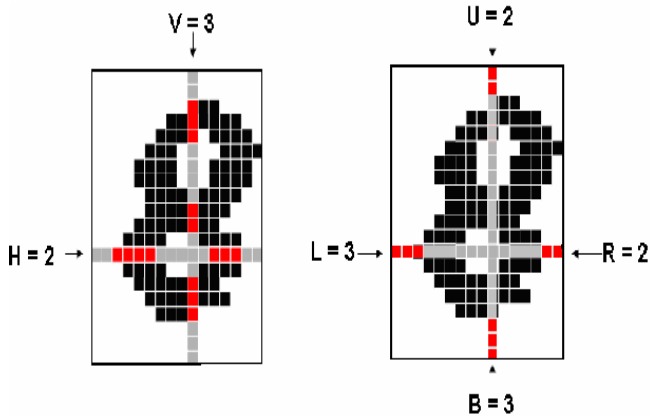
Бүсчлэл(Zoning) - Тэмдэгтийн хүрээ нь хэд хэдэн давхардсан болон давхацдаггүй бүсэд хуваагддаг[9]. Дүрсийг тэгш өнцөгт ба диагональ бүсэд хувааж, эдгээр бүс дэх гинжин кодын гистограммыг тооцоолох замаар үүсдэг.



Зураг 8. Хүрээ бүхий контурын чиглэл ба гулзайлтын онцлог

Төлөвлөлт ба профайл(Projections and profile) - Профайл нь тэмдэгтийн зургийн хязгаарлах хайрцаг ба тэмдэгтийн ирмэгийн хоорондох пикселийн тоог (зай) тооцдог[10]. Профайл нь тэмдэгтүүдийн гадаад хэлбэрийг сайн дүрсэлж, "p" болон "q" гэх мэт олон тооны үсгийг ялгах боломжийг олгодог.

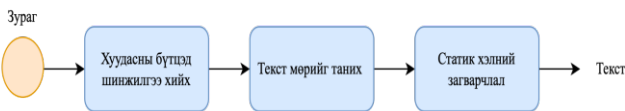
Солбицох болон зай(Crossings and distances) - Энэ нь контурыг тодорхой чиглэлд шугамын сегментээр огтолж буй тоог хэлнэ[11]. Зураг 9-г харна уу.



Зураг 9. Солбицох болон зайны жишээ

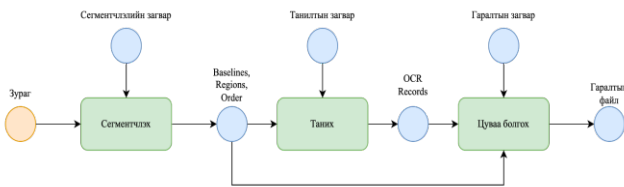
С. Тэмдэгт таних техникүүд

OCRopus: Энэ нь нээлттэй эхийн OCR систем[12] юм. Баримт бичигтээ хэрэглэхийн тулд зургийн урьдчилсан боловсруулалт хийх, шинэ загваруудыг сургах шаардлагатай. Таних скриптүүдээс гадна үндсэн үнэнийг засах, алдааны түвшинг хэмжих, төөрөгдлийн матрицыг тодорхойлох, ашиглах, засварлахад зориулагдсан хэд хэдэн скрипт байдаг.



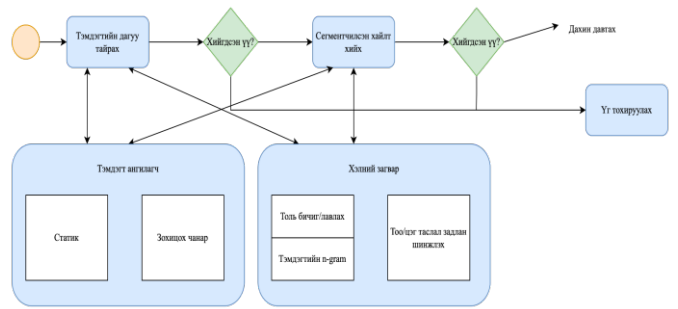
Зураг 10. OCRopus системийг бүрдүүлдэг урсгалын диаграм

Kraken: Одоогоор зөвхөн англи хэлний ерөнхий загвар болон сири хэл дээрх бичвэрийн загварыг агуулсан байна. OCR программ хангамжийн бүтэц нь үндсэн боловсруулалт, сегментчилэл, таних зэрэг олон алхмаас бүрддэг бөгөөд эдгээр үе шат бүр нь өмнөх алхмын гаралтыг авдаг ба заримдаа тодорхой хувиргалтыг хэрхэн гүйцэтгэхийг тодорхойлсон загвар гэх мэт нэмэлт файлуудаас бүрддэг. Зөвшөөрдөг зургийн өргөтгөл нь .JPEG, .PNG, .GIF.



Зураг 11. Kraken системийн ажиллагаа

Tesseract OCR: Анх 1980-аад онд Hewlett-Packard компани өмчийн программ хангамж болгон хөгжүүлсэн бөгөөд 2005 онд нээлттэй эх хэлбэрээр гаргасан. Уг системийг[13] 2006 оноос хойш Google компани хөгжүүлж байна. Тессеракт алгоритм нь Google Code дээр байдаг бөгөөд хамгийн сайн нээлттэй эхийн OCR-ийн нэг юм. Зөвшөөрдөг зургийн өргөтгөл нь .JPEG, .PNG, .BMP, .PNM, .JFIF, .TIFF.



Зураг 12. Tesseract системийн ажиллагаа

EasyOCR: Jaided AI нэртэй компани нь 2020 онд байгуулагдсан бөгөөд зорилго нь хиймэл оюун ухааны ашиг тусыг дэлхий нийтэд түгээх явдал юм. Эхний төсөл нь EasyOCR[14] нэртэй нээлттэй эхийн OCR сан юм. Латин, хятад, араб, кирилл гэх мэт 80 гаруй хэлийг дэмждэг, бүх алдартай бичгийн скриптүүдтэй ашиглахад бэлэн OCR. Зөвшөөрдөг зургийн өргөтгөл нь .JPEG, .PNG, .TIFF.



Зураг 13. EasyOCR системийн фреймворк

III. ТУРШИЛТЫН ХЭСЭГ

A. Судалгаанд ашигласан техник

Энэхүү судалгааны ажлыг хийхдээ монгол хэлийг дэмждэг EasyOCR болон Tesseract системийг ашигласан. Монгол хэлнээс гадна EasyOCR нь 80 гаруй хэлийг дэмждэг бол Tesseract нь 100 гаруй хэлийг дэмждэг.

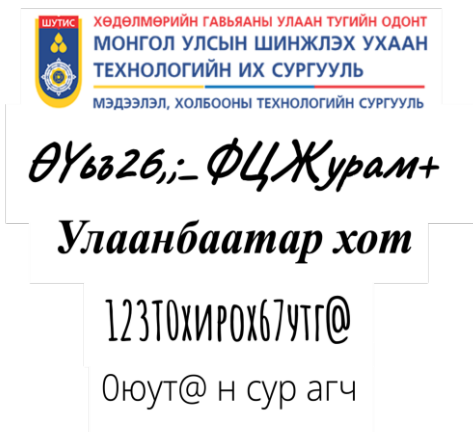
B. Судалгааны өгөгдөл

EasyOCR дээр монгол хэлний загвар нь 1-р үеийн загварт хамаарах ба танилтын загварын нэр нь 'cyrillic_g1'. Мөн энэ загвар нь монгол хэлээс гадна латин тэмдэгтүүдийг өөртөө агуулсан бөгөөд зурагт байгаа англи, монгол үгийг таних боломжтой. Монгол хэлд ашиглагддаг тэмдэгтүүдийг том жижгээр нь .txt файлд хадгалагдсан. (А, Б, В, Г, Д, Е, Ё, Ж, З, И, Й, К, Л, М, Н, О, Ө, П, Р, С, Т, У, Ү, Ф, Х, Ц, Ч, Ш, Щ, Ъ, Ы, Ь, Э, Ю, Я, а, б, в, г, д, е, ё, ж, з, и, й, к, л, м, н, о, ө, п, р, с, т, у, ү, ю, ф, х, ц, ч, ш, щ, ъ, ы, ь, э, ю, я). Мөн 128665 үгтэй толь үүсгэгдсэн. Үүнд, нь, гэж, ч, юм, тэр, энэ, л, би, нэг, минь, байна, хоёр, хүн, шиг, чи, чинь, их, дээр, бол, юу, байгаа... гэх мэт үгнүүд багтсан.үүсгэгдсэн. Харин Tesseract OCR дээр Монгол хэл нь хятад хэл шиг дээрээс доош босоо багана хэлбэрээр бичигдсэн боловч мөр нь зүүнээс баруун тийш эрэмбэлэгддэг.

C. Судалгааны үр дүн

Бид туршилт хийхээр Зураг 14-т үзүүлсэн өөр өөр байрлалд байх үгс, том жижиг үсэг болон тэмдэгтүүдийг агуулсан зураг, үгтэй холилдон байхад хэрхэн таньж байгаа эсэх, зайг хэрхэн тооцоолж байгаа болон ялгаатай

фонтуудыг хэрхэн таньж буйг EasyOCR, Tesseract техникүүдийг харьцуулахыг сонгож авсан.



Зураг 14. Туршилт хийхэд ашигласан зургууд

Хүснэгт 1-ээр туршилтыг харьцуулан гаргалаа. Үүнээс дүгнэвэл, том жижиг үсгийн танилтын чадвар нь Tesseract илүү бодит үр дүнг харуулж байгаа бол EasyOCR нь тэмдэгт үсэг хольсон зургуудаас таних чадвар Tesseract-аас сайн үр дүнг харуулж байна. Мөн Tesseract-д фонт болон үсгийн налуу байдал нь ихээхэн нөлөө үзүүлж байна.

Хүснэгт 1. Туршилтын харьцуулсан үр дүн

Бодит утга	EasyOCR таамаглал	Tesseract таамаглал
ШУТИС ХӨДӨЛМӨРИЙН ГАВЬЯНЫ УЛААН ТУГИЙН ОДОНТ МОНГОЛ УЛСЫН ШИНЖЛЭХ УХААН ТЕХНОЛОГИЙН СУРГУУЛЬ	ШУТИС хөдөлмөрийн ГАВЬЯНЫ УЛААН Тугийн одонт Монгол Улсын Шинжлэх УХААН технологийн их Сургууль мэдээлэл, холбооны технологийн Сургууль	ШУТИС хөдөлмөрийн ГАВЬЯНЫ УЛААН Тугийн одонт Монгол Улсын Шинжлэх УХААН технологийн их Сургууль мэдээлэл, холбооны технологийн Сургууль
ӨУьь26,;- ФЦЖура м+	ЭУьь26,;- ФЦЖура м+	Б }/632 6/ ф[()] ?/дм+
Улаанбаатар хот	Улаанбаатар хот	Улаанбаатар хот
123Т0хирох67утг@	1131плиРоЮ(7'тГ0) УТОХИРОХЬ7УТГ @
Оюут@ н сур агч	Оюут@ Н сур агч	Оюут@ н сур агч

IV. Дүгнэлт

Монгол хэлийг дэмждэг EasyOCR, Tesseract тэмдэгт танилтын технологийг ашиглан үг, тэмдэгт, тоо болон ялгаатай фонт-г ашиглан зургаас текст таних туршилт хийсэн. Тус ажлын хүрээн олж авсан мэдлэг, дадлагыг доор тусган орууллаа:

- Тэмдэгт танилтад ашиглагддаг техникүүдийн ажиллагаа, ашигладаг алгоритм, алхам нь тэмдэгт танилтын үр дүнд хэрхэн нөлөөлж буй
- EasyOCR, Tesseract техникүүд нь монгол хэлний өгөгдлийн багц хэрхэн бэлтгэж ашигладаг талаар
- Туршилтын үр дүнг дүгнэхэд том жижиг үсгийн танилтын чадвар нь Tesseract илүү бодит үр дүнг харуулсан

- Tesseract-д фонт болон үсгийн налуу байдал ихээхэн нөлөө үзүүлсэн
- EasyOCR-н гаралтаас харахад тухайн үгийг өөрийн толиос хайж үг олдоогүй тохиолдолд тэмдэгтүүдийг хооронд нь холбосон
- EasyOCR-н үсэг, тэмдэгт, тоо хольсон зургаас таних чадвар нь Tesseract-тай харьцуулахад танилтын түвшин харьцангуй сайн үр дүнг гаргасан

АШИГЛАСАН МАТЕРИАЛ

- [1] S. Mori, et. al. "Historical Review of OCR Research and Development," Proceeding IEEE, Vol.80, No.7, 1992, pp.1029-1058.
- [2] Driss, S. Ben, et al. "A comparison study between MLP and convolutional neural network models for character recognition." Real-Time Image and Video Processing 2017. Vol. 10223. International Society for Optics and Photonics, 2017.
- [3] Cecotti, Hubert, and Abdel Belaïd. "Hybrid OCR combination approach complemented by a specialized ICR applied on ancient documents," Eighth International Conference on Document Analysis and Recognition (ICDAR'05). IEEE, 2005.
- [4] M. Avadesh, & N. Goyal, "Optical character recognition for sanskrit using convolution neural networks". In 2018 13th IAPR International Workshop on Document Analysis Systems (DAS) (pp. 447-452). IEEE. (2018, April).
- [5] Kaur, Er Kavneet, and Vijay Kumar Banga. "Number plate recognition using OCR technique." International Journal of Research in Engineering and Technology 2.09 (2013): 286290.
- [6] Optical Character Recognition By Using Template Matching (Alphabet), Universiti Malaysia Pahang
- [7] Singh, Raghuraj, et al. "Optical character recognition (OCR) for printed devnagari script using artificial neural network." International Journal of Computer Science & Communication 1.1 (2010): 91-95.
- [8] Verma, Rohit, and Dr Jahid Ali. "A-survey of feature extraction and classification techniques in OCR systems," International Journal of Computer Applications & Information Technology 1.3 (2012): 1-3.
- [9] Kanai, Junichi, et al. "Automated evaluation of OCR zoning," IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence 17.1 (1995): 86-90.
- [10] Shinde, Archana A, and D. G. Chougule. "Text pre-processing and text segmentation for OCR," International Journal of Computer Science Engineering and Technology 2.1 (2012): 810-812.
- [11] Tawde, Y. Gaurav, and Jayshree Kundargi. "An overview of feature extraction techniques in ocr for indian scripts focused on offline handwriting," International Journal of Engineering Research and Applications 3.1 (2013): 919-926.
- [12] Breuel, Thomas M. "The OCRopus open source OCR system," Document recognition and retrieval XV. Vol. 6815. International Society for Optics and Photonics, 2008.
- [13] Smith, Ray. "An overview of the Tesseract OCR engine," Ninth international conference on document analysis and recognition (ICDAR 2007). Vol. 2. IEEE, 2007.
- [14] Liao, C. "OCR engine comparison—Tesseract vs. EasyOC," Medium. <https://medium.com/swlh/ocr-engine-comparison-tesseract-vs-easyocr-729be893d3ae>.
- [15] Optical Character Recognition Using Automatically Generated Fuzzy Classifiers, 2011 Eighth International Conference on , vol.1, no., pp.448-452, 26-28 July 2011

Квант компьютерын дараах үеийн криптографын алгоритмд зориулсан олон гишүүнт үржүүлэгчийг FPGA хавтан дээр хэрэгжүүлэх нь

Х.Уянгаа
Электроникийн салбар
ШУТИС
Улаанбаатар хот, Монгол Улс
uyangaakh@must.edu.mn

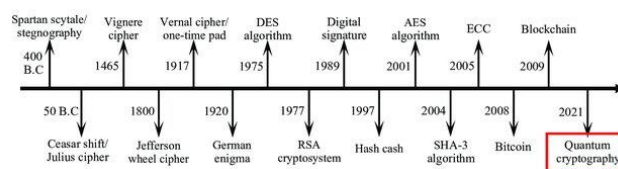
Wu Liji
Микроэлектроникийн Сургууль
Цинхуа Их Сургууль
Бээжин хот, БНХАУ

Хураангуй—Энэхүү ажлаар LAC алгоритмын хөгжүүлэлтэд зориулан зохиосон олон гишүүнт үржүүлэгчийн схемийг танилцуулж байна. Судалгаагаар олон кубитийн буюу классик квант компьютер зохион бүтээгдвэл бидний өнөөгийн мэдээллийн аюулгүй байдлын стандарт алгоритмууд цаашид ашиглагдах боломжгүй болно хэмээсэн юм. Уламжлалт тэгш хэмт бус криптограф алгоритмууд болох RSA, ECC, болон DH зэргийг орлуулан квантын тооцоололд найдвартай ажиллах дараа үеийн алгоритмуудыг тодруулахаар АНУ-ын NIST институт 2016 оноос эхлэн “Квант компьютерын дараах үеийн криптографийн алгоритмуудын стандартчилал, сонгон шалгаруулалт”-ыг олон улсад нээлттэй зарлан явуулж байгаа билээ. Энэхүү ажлаар БНХАУ-ын судлаачдын нэр дэвшүүлсэн цорын ганц алгоритм болох LAC–Латтисд суурилсан криптографийн боловсруулалт, тооцоололд хамгийн их хугацааг зарцуулдаг хэсэг болох олон гишүүнт үржүүлэгчийг хөгжүүлэн FPGA хавтан дээр загварчлан үзүүлэв. Техник хангамжийг гүйцэтгэхдээ NIST PQS стандартчиллын комиссоос техник хангамжийн туршилтад санал болгосон Xilinx Artix-7 бүлгийн FPGA хавтанг хэрэглэв. Өндөр түвшний синтезэд суурилсан техник хангамжийн Vivado HLS хөрвүүлэгчийг схемийн хэрэгжүүлэлтэд ашиглав. Туршилтаг LAC алгоритмын n ($n=512/1024$) ялгаатай зэргүүдэд гүйцэтгэн техникийн үндсэн үзүүлэлтүүд болох тооцооллын хугацаа, эзлэх талбай, санах ойн хэмжээгээр нь илэрхийлэв.

Түлхүүр үгс—квант компьютер, мэдээллийн аюулгүй байдал, латтис криптограф, FPGA, RLWE

I. УДИРТГАЛ

МЭӨ 2000 гаруй жилийн тэртээгээс Египтийн сийлбэр, Грекийн скитэйл (scytale), Ромын алдарт Цезарийн шифр гэх мэт дэлхий дахинаа мэдээллийн нууцлалд онцгой анхаарч ирсэн билээ. Дэлхийн II дайны үед зохион бүтээгдсэн Алан Турингийн машин, 1965 онд хэвлэгдсэн Гордон Муурийн хууль зэрэг нь орчин цагийн мэдээллийн технологийн өндөр хөгжил, тэдгээрийн аюулгүй байдалд өндөр ач холбогдол өгөх, нэгдсэн нэг стандартыг мөрдөх суурь болсон юм. Квант механикийн онолд суурилсан, мэдээллийг хэмжих квант бит буюу кубитын тооцоололд үндэслэх квантын компьютерыг бүтээх уралдаан олон улсын технологийн гегантуудын дунд ид явагдаж байна. Өөрөөр хэлбэл квантын криптографийг мэдээллийн аюулгүй байдлын хувьслын шинэ үе гэж зүй ёсоор тооцож байна. 2017 онд “Nature” сэтгүүлд хэвлэгдсэн өгүүлэлд[1] онцлохдоо 4000-кубитын квант компьютер нь бидний одоогийн хэрэглэдэг орчин үеийн нийтийн түлхүүрийн



Зураг 1. Криптографын хөгжлийн цаг хугацааны хүснэгт[6]

(PK-public key) криптограф алгоритм болох RSA аргын нууцлалын цөм, хүндрэлийн зангилаа болох 2048-битийн үржвэрийг анхны тоон үржвэрүүдэд задлахад хангалттай гэж үзжээ. Тэгвэл “Science” сэтгүүлийн 2020 оны 9 дүгээр сарын дугаарт Адриан Чо[2] “2023 он гэхэд IBM компани 1000-кубитын квант компьютерыг бүтээнэ” гэж нийтлэв. Орчин цагийн хамгийн чухал холбооны протоколуудын найдваржилт нь “PKE-Нийтийн Түлхүүрт Шифрлэлт, Digital Signatures-Тоон Гарын Үсэг, Key Exchange- Түлхүүр Солилцоо” гэсэн гурван криптографийн функцүүд дээр тулгуурлаж байдаг бөгөөд эдгээрийг Diffie-Hellman Key Exchange (DHKE), Rivest-Shamir-Adleman (RSA), болон Elliptic Curve Cryptosystems (ECC) гэх тэгш бус хэмийн аргуудаар хэрэгжүүлдэг билээ. 1994 онд Петер Шорын зохиосон алгоритм[3] нь PKE аргуудын тооцооллын найдваржилтыг хангадаг математикийн “их битийн бүхэл тоог анхны тоон үржигдэхүүнд задлах (DHKE, RSA)” болон “дискрет логарифмын асуудал (ECC)” хоёрыг эрсдэлд оруулсан юм. Мөн үед буюу 1996 онд нийтлэгдсэн Лов Гроверийн алгоритм[4] нь орчин цагийн тэгш хэмийн аргууд болох AES, SHA-2, 3DES зэрэг стандартуудад эрсдэл үүсгэн илүү том түлхүүр үгийн нууцлал үүсгэх, криптосистемийг сайжруулах, цаашид гарах өндөр кубитийн квант компьютерын аюулаас хамгаалах найдвартай алгоритмуудыг бүтээх шаардлагыг бидэнд тулгасан билээ[5].

Дээрх Зураг 1-д криптографын алгоритмуудын хөгжлийг он цаг хугацааны дарааллаар харуулав.

II. КВАНТ КОМПЬЮТЕРЫН ДАРААХ ҮЕИЙН КРИПТОГРАФ (PQC)

Петер Шор болон Лов Гровер нарын квант механикийн алгоритмын онол хэвлэгдсэнээр өнөөгийн ОУ-ын стандарт нууцлалын алгоритмууд өндөр түвшний классик квант тооцооллын машинд эвдэгдэх нь цаг хугацааны асуудал болсон юм. Криптограф салбарын ОУ-ын судлаачид болон мэдээллийн технологийн гегант компаниудын дунд квантын физик, квант механик, квант тооцоолол, квантын дараах үеийн алгоритмууд нь онц чухал судалгааны чиглэл болсоор байна. 1998 онд анхны 2-кубитын квант компьютерыг Оксфордын Их Сургууль, 2006 онд 12-кубитыг Канадын Ватерлүү болон АНУ-ын

MIT институтын хамтарсан баг, 2018 онд 72-кубитын “Bristlecone” квант тооцоолох машиныг Гүүгл компани, 2021 онд АНУ-ын IBM компани 127-кубитын “Eagle” дэлхийн хамгийн хүчирхэг квант процессорыг бүтээснээ тус тус зарлаад байна. IBM компани цаашлаад 2022 онд 433-кубитын “Osprey”, 2023 онд 1121-кубитын “Condor” квант процессорууд[7], мөн Qeera стартап компани тун удахгүй 64-кубитын, 2024 онд 1024-кубитын бүрэн программчлах боломжтой компьютеруудыг [8] нэвтрүүлэхээ мэдэгдсэн байна.

A. NIST-ийн стандартчилал

PQC судалгааны салбарт жинтэй хувь нэмэр оруулагч байгууллагуудын нэг нь NIST (National Institute of Standards and Technology) АНУ-ын Үндэсний Стандарт, Технологийн Институт юм. 2016 оны 2 дугаар сард NIST-ээс PQC стандартчилал төслийг зарлан нийт 82 санал хүлээж авснаас 2017 онд I шатанд 69, 2019 онд II шатанд 26, 2020 онд III шатанд 7 финалист, 8 нөөц алгоритмууд тус тус шалгарч үлдээд байна. Энэ удаагийн стандартчиллаар квант компьютерын эсрэг ажиллах ОУ-ын стандартчиллаар хэд хэдэн алгоритмыг хослуулан ажиллуулахаар сонгон шалгаруулж 2022-2024 онуудад стандартчиллын анхны баримт бичгийг бүрэн боловсруулна гэж зарласан[9].

NIST-ээс гаргасан PQC сонгон шалгаруулалтын санал, баримт бичигт одоо хэрэглэгдэж буй уламжлалт болон квант халдлагын аюулгүй байдлын зэргийг дараах байдлаар дүйцүүлэн тодорхойлсныг Зураг 1 ХҮСНЭГТ 1-д үзүүлэв.

ХҮСНЭГТ 1. УЛАМЖЛАЛТ БОЛОН КВАНТ ХАЛДЛАГЫН АЮУЛГҮЙ БАЙДЛЫН ЗЭРГИЙГ ДҮЙЦҮҮЛЭХ НБ

Нууцлалын түвшин	Тайлбар
I	equivalent to AES-128 key search.
II	equivalent to SHA-256/SHA3-256 collision search.
III	AES-192 key search.
IV	SHA-384/SHA3-384 collision search.
V	AES-256 key search.

ХҮСНЭГТ 1-д үзүүлснээр одоогийн стандарт PKE/KEM алгоритмуудтай дүйцэхүйц аюулгүй байдлыг хамгаалах алгоритмуудыг I, III, V түвшинд, Hash функцийн алгоритмуудыг II, IV түвшинд тус тус ангилав.

Энэхүү ажлаар судлах LAC–Латтис математик тооцоололд суурилсан PKE/KEM алгоритмыг БНХАУ-ын судлаачдаас бүрдсэн баг боловсруулан санал болгосон нь NIST-PQC сонгон шалгаруулалтын II үеийг амжилттай даван III үед хасагдсан юм. Гэсэн хэдий ч NIST-ээс PQC стандартчилал эцэслэтэл сонгон шалгаруулалтын явцад хасагдсан алгоритмуудыг үргэлжлүүлэн хөгжүүлж, алдаа дутагдал, хамгаалалтаа сайжруулахыг судлаачдаас хүссээр байна.

PKE/KEM алгоритмын ангилалд сонгон шалгаруулалтын II үед шалгарсан 9 алгоритмын 7 нь, III үед шалгарсан 4 алгоритмын 3 нь латтис математик тооцоололд (lattice-based cryptography) суурилсан юм[9].

$$b = A \cdot s + e \pmod q$$

$b \in \mathbb{Z}_q^m$ $A \in \mathbb{Z}_q^{m \times n}$ $s \in \mathbb{Z}_q^n$ $e \in D_\sigma^m$

Зураг 2. RLWE бодлогын тэгшитгэл

B. LAC

Уламжлалт криптографийн тооцоололд шифрлэлтийн түлхүүрийг эвдэх нь математикийн хэцүү асуудалд (average-case problem) тулгуурлаж байсан бол латтисд суурилсан тооцоолол нь маш хэцүү (worst-case problem) асуудал буюу шийдвэрлэх бараг боломжгүй гэж үзэж болохоор математик аргачлал юм. LAC-ын математик шийдэл нь латтисд суурилсан тооцооллын нэг хэлбэр болох RLWE (Ring Learning with Error) буюу санамсаргүй торон тархалтын бие даасан хосмогуудын ялгаврыг олох юм. Өөрөөр хэлбэл $Rq = \mathbb{Z}q[x]/(x^n + 1)$ бүхэл тоон олон гишүүнтийн тойрог байсан гэж үзье. Үүнд: n -хоёртын зэргийн хэмжээ; q - эерэг, бүхэл, анхны модуль тоо юм. LWE нь дотроо хоёр бодлого бүхий хэсэгтэй: хайлт болон шийдвэр гаргах. Хайлтын RLWE бодлогын зорилго нь $(a, b = as + e \pmod q)$ тэгшитгэлийн s санамсаргүйгээр өгөгдөх нууц түлхүүрийн утгыг олох юм. Зураг 2-т b - үржигдэхүүн, a - санамсаргүйгээр үүсгэсэн матриц, e - санамсаргүй шуугиан буюу алдааны векторууд байна. Алис буюу мэдээлэл дамжуулагч тал b -шифрлэгдсэн мэдээллийг дамжуулахад Боб b мэдээллийг хүлээж авна. Шийдвэр гаргах RLWE бодлогын хэсэгт Алисын үүсгэсэн (a, b) ба Бобын үүсгэсэн (a, u) гэх бүхэлдээ санамсаргүйгээр үүсгэгдсэн тархалтын мэдээллийн ялгааг тайлж нууцлалыг илрүүлэх нь LWE математик тооцооллын тайлагдашгүй хүндрэлийг үүсгэдэг[10].

C. LAC-ын үндсэн параметрууд

Латтис суурьт криптографийн RLWE бодлогын тархалтын утгууд болон алдааны сонгомол утгуудыг тооцоолох, алгоритмыг бүрэн хэрэгжүүлэхэд олон гишүүнтүүдийн $A \cdot s$ үржвэрийн хэлхээ схемийн томоохон бэрхшээл болдог.

ХҮСНЭГТ 1-д дурдсанчлан NIST-ээс гаргасан уламжлалт болон квант тооцоололд тэсвэртэй алгоритмуудын аюулгүй байдлын зэргийн PKE/KEM ангилалд LAC[10] алгоритм ХҮСНЭГТ 2-т үзүүлсэн параметруудаар оролцов.

ХҮСНЭГТ 2 LAC АЛГОРИТМЫН ПАРАМЕТРУУД

Categories	Parameters					
	NIST security level	n	q	pk	sk	ct
LAC128	1	512	251	544	512	712
LAC192	3	1024	251	1056	1024	1188
LAC256	5	1024	251	4056	1024	1424

ХҮСНЭГТ 2-т дурдсанчлан, нууцлалын AES128, AES192, AES256 гурван өөр түвшинд ижил модуль - q анхны тоог дэвшүүлсэн нь NIST-PQC сонгон шалгаруулалтын явцад латтисид суурилсан алгоритмууд дундаас хамгийн бага буюу байт хэмжээний модуль сонгосон цорын ганц хувилбар болсон юм. Дээрх хүснэгтэд n - хоёртын зэргийн хэмжээ, pk - нийтийн түлхүүр, sk - нууц түлхүүр, болон ct – шифрлэгдсэн мэдээллийн байгуудын хэмжээг тус тус илэрхийлнэ. Энэхүү ажлаар зөвхөн үржих үйлдлийг авч үзэн pk , sk , ct нарын хэлхээг хэрэгжүүлэхгүй гэдгийг ахин сануулья.

III. Олон Гишүүнт Үржүүлэгчийн Загвар

RLWE бодлогын олон гишүүнтийн үржвэрийг илүү бүтээмжтэйгээр шийдвэрлэхийн тулд LAC нь үндсэн модуль, анхны тоо q -ийг 251 байхаар сонгон авч NTT хувиргалтыг схем шийдэлдээ хэрэглэлгүй тооцооллын хурд, үр ашгийг нэмэгдүүлэхээр зорьсон. NTT (Number Theoretic Transform) нь компьютерын хэрэглээнд өргөнөөр ашиглагддаг, их хэмжээний бүхэл тоон олон гишүүнтийг үржүүлэхэд тохиромжтой арга юм. Гэвч модулийн хэмжээ ихсэхийн хэрээр NTT үржвэрийн зарцуулах хугацаа, зарцуулах чадал, техник хангамж дээр эзлэх талбай шууд хамааралтайгаар ихэсдэг. Тиймээс LAC нь $q=251$ байх байт хэмжээний модуль тоог сонгон энгийн олон гишүүнтийн тэгшитгэлийн функцийг $a_0; a_1; \dots; a_{n-1}$ бүхэл коэффициентуудыг модуль q -д хуваан багасгаж тооцоолно.

$$f(x) = a_0 + a_1x + a_2x^2 + \dots + a_{n-1}x^{n-1} \quad (1)$$

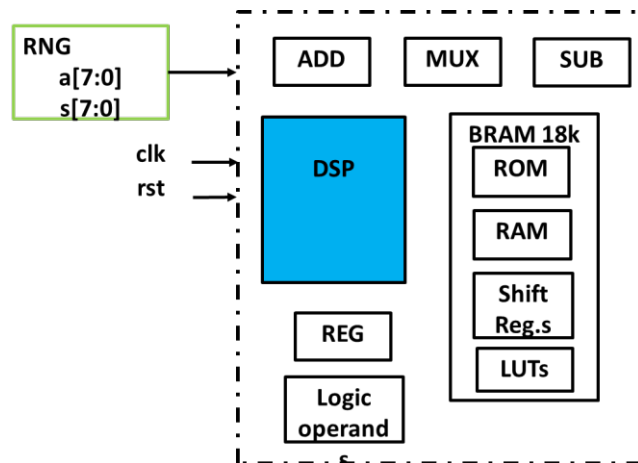
Энгийн олон гишүүнтийн тэгшитгэлийг Томьёо. 1-д үзүүлэв. LAC[10] алгоритмын $b = as$ үржвэрийг олон гишүүнтийн функцэд хувирган Томьёо. 2-оор илэрхийлбэл:

$$b = as \leftrightarrow b_i = \sum_{j=0}^i a_j s_{i-j} - \sum_{j=i+1}^{n-1} a_j s_{n+i-j} \quad (2)$$

Томьёо. 2-ыг биелүүлэхдээ программ дээр “Алгоритм.1”-ийн дагуу гүйцэтгэв.

Алгоритм. 1 LAC Олон гишүүнтийн үржүүлэгч
Оролт: Аравтын тооллын системийн олон гишүүнтийн n тооны коэффициентууд $a(x) = (a_0; a_1; \dots; a_{n-1})$, $s(x) = (s_0; s_1; \dots; s_{n-1})$.
Гаралт: $b(x) = a(x)*s(x) \bmod q = (b_0; b_1; \dots; b_{n-1})$
1: address vector = v[2n]; vec_pointer;
2: for (i=0; i<n; i=i+1) do
3: v[i]=a[n-1-i];
4: v[i+n]=q-v[i];
6: end for
7: for (i=0; i<vec_num; i=i+1) do
8: v_p=(v+n-i-1);
9: sum=0;
10: for (j = 0; j < n; j = j + 1) do
11: sum = sum + v_p[j]*s[j];
12: end for
13: b[i]=(sum)%q;
14: end for
15: return 0;

Зураг 3. LAC алгоритмын олон гишүүнтийн үржвэрийг FPGA хавтан дээр хэрэгжүүлэх блок схем



Энд, Алгоритм.1-ыг задалбал оролтод өгөх a болон s коэффициентыг RNG-санамсаргүй тооны генератораар урьдчилан үүсгэнэ. a ба b нийтийн түлхүүрийн утгууд нь модуль q -д хуваан $[0; 250]$ хязгаарт; s хувийн түлхүүрийн утгуудыг $\{-1, 0, 1\}$ тус тус авна.

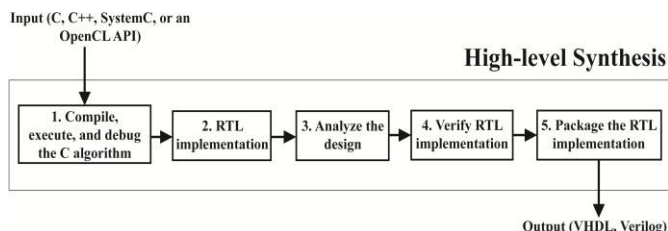
Алгоритм.1-ийн тооцооллын явцад 3 болон 4 дүгээр мөрийн үйлдлүүдийг гүйцэтгэхэд a векторын $(-a_0; -a_1; \dots; -a_{n-1})$ сөрөг утгууд үүсэх ба үүнийг v векторын уртыг $2n$ хэмжээтэй болгон нэмэгдүүлж манипуляц хийн шийдвэрлэв. Бодолтын явцад үүсэх $a[0]$ дугаарлалт нь $a[-0]$ эрэмбийн дугаарлалтаас ялгаатай гэж үзнэ.

IV. ХЭРЭГЖҮҮЛЭЛТ БА ҮР ДҮН

NIST-ээс PQC стандартчиллын II шатны техник хангамжийн хэрэгжүүлэлтийг Xilinx компанийн Artix-7 бүлгийн хавтан эсвэл ARM Cortex-M4 процессор дээр гүйцэтгэхийг шалгаруулалтад оролцогчдод санал болгосон билээ. Тиймээс энэхүү ажлын туршилтыг Xilinx Vivado HLS 18.1 хөрвүүлэгч болон Artix-7 XC7A200tfg484-1 FPGA төхөөрөмжүүд дээр гүйцэтгэлээ.

LAC алгоритмын олон гишүүнтийг FPGA хавтан дээр хэрэгжүүлэх блок схемийг Зураг 3-т үзүүллээ.

Олон гишүүнтийн үржигдэхүүнийг оновчтой, үр дүнтэй хэрэгжүүлэхийн тулд өндөр-түвшний синтезийн хөрвүүлэгч (HLS) ашиглав. C/C++ зэрэг программчлалын хэл дээр бичигдсэн кодыг HLS нэмэлт хэрэгсэл ашиглан регистр дамжууллын түвшинд (RTL) зохицохуйц болгон оновчлон FPGA хавтан дээр буулгах дахин загварчлалыг гаргана. Vivado HLS хөрвүүлэгчийн дизайны урсгалын хэд хэдэн үндсэн алхмуудыг Зураг 4-т харуулав. Үүнд “C”-суурьт программчлалын дээд түвшний хэл дээр бичигдсэн кодууд нь өгөгдсөн функцийг дагуу бүрэн ажиллах боломжтой эсэхийг шалган баталгаажуулах, техникт зориулсан хэл дээр буулгахад бэлтгэх, загварчлах, программын хөрвүүлэлт, тооцооллод хэрэгцээтэй зохих санах ой болон талбайг үүсгэх, программын кодын RTL хэрэгжилтийг бататган хянах, программчлалын дээд түвшний хэл дээр гүйцэтгэж болдог ч техникийн хэл уруу шууд хөрвөх боломжгүй “rand function” гэх мэт кодуудад нэмэлт тохиргоо, функц үүсгэх, өгөгдлийн толгой файлууд, сан, замчлалын тохиргоо зэргийг гүйцэтгэх



Зураг 4. HLS хөрвүүлэгчийн загварчлалын алхмууд

алхмууд багтана. HLS хөрвүүлэлтийг амжилттай гүйцэтгэснээр C суурьтай програмчлалын дээд түвшний хэл дээр бичигдсэн кодуудыг оролтод авч, хөрвүүлэлтийн эцэст RTL түвшинд ажиллах техникт зориулсан хэл (HDL) буюу верилог эсвэл VHDL кодуудыг гаралтад үүсгэнэ.

Алгоритм.1-ийн програмчлалын C кодыг Vivado HLS 18.1 хөрвүүлэгчийн тусламжтайгаар хувиргасан верилог кодыг XC7A200tfg484-1 FPGA хавтан дээр хэрэгжүүлэн гарсан үр дүнг дараах хүснэгтэд үзүүлэв.

Хүснэгт 3. LAC алгоритмын олон гишүүнтийг үржүүлэгчийг ARTIX-7 FPGA ХАВТАН ДЭЭР ХЭРЭГЖҮҮЛСЭН ҮР ДҮН

n	Slice	FF	LUT	DSP	BRAM	Timing (ns)
512	90	274	204	1	1	5.052
1024	94	280	217	1	1	4.985

Бодолт хийх хугацаа, эзлэх талбай, тоон дохионы боловсруулалтын блокын тоо, санах ойн хэмжээ зэрэг нь аливаа алгоритмын амжилттай хэрэгжсэн эсэхийг илэрхийлдэг техникийн үндсэн үзүүлэлтүүд билээ. Хэрэгжүүлсэн алгоритм, аргачлал үр дүнтэй эсэхийг тодорхойлохын тулд ижил төстэй судалгаатай[11] харьцуулав.

Хүснэгт 4. RLWE криптосистемд зориулсан олон гишүүнтийн үржүүлэгчийн судалгааг өөрсдийн LAC алгоритмын үржүүлэгчийн үр дүнтэй харьцуулах нь

Design	n	FF	LUT	DSP	BRAM	Timing (ns)
[11]	512	1076	1042	2	2.5	4.136
This work	512	274	204	1	1	5.052
[11]	1024	1105	1082	2	4.5	4.198
This work	1024	280	217	1	1	4.985

LAC алгоритм нь байтын түвшний модуль хуваагчтай бол уг [11] судалгааны ажлын модуль р харьцангуй их учир дээрх хоёр судалгааны үр дүнг шууд харьцуулах нь учир дутагдалтай юм. Гэсэн хэдий ч тус судалгаа нь RLWE криптосистемд зориулсан олон гишүүнтийн үржүүлэгчийн схемийг хөгжүүлэн мөн адил FPGA хавтан дээр хэрэгжүүлсэн тул харьцуулан харав. Хүснэгт 4-ийг харвал бидний схем техникийн нөөц, талбайн хэмжээг бууруулж чадсан ч хугацааны хувьд хоцрогдолтой байна. Квант компьютерт өнөөгийн байдлаар талбайн хэмжээнээс илүү тооцооллын хурд маш чухал учир цаашдын ажилдаа одоогийн хурдыг бууруулах, боловсруулалтын хурдыг өндөр байлгах шаардлагатайг анхаарч үзэх хэрэгтэй нь ажиглагдаж байна. Мөн DSP блок болон санах ойн BRAM хэрэглээ

бага гарсан нь бидний алгоритмын ажиллах чадварыг боломжийн гэж үзэх боломжтой юм.

V. ДҮГНЭЛТ

Бага байтын модуль хуваагч бүхий LAC алгоритмд зориулан олон гишүүнтийн үржвэрийн схемийг танилцууллаа. NIST институтээс гаргасан зөвлөмжийг даган Artix-7 бүлгийн XC7A200tfg484-1 загварын FPGA хавтан дээр гүйцэтгэв. NIST-PQC сонгон шалгаруулалтын үйл явц өнөө ч өрнөж байгаа бөгөөд оролцогч алгоритмуудын FPGA хавтан дээр хэрэгжүүлсэн техник хангамжийн судалгаа одоо ч харьцангуй цөөн байна.

Үржүүлэгчийн алгоритмыг хэрэгжүүлэхдээ өндөр-түвшний синтезийг сонгон авч дээд түвшний програмчлалын хэл дээр бичигдсэн кодоос техникт зориулсан доод түвшний верилог кодыг үүсгэн, холбогдох тохиргоог гүйцэтгэн FPGA хавтан дээр регистр дамжууллын түвшинд хэрэгжүүлэв. Туршилтаар HLS нь код хөрвүүлэлтийн явцад DSP-ийг хялбар үүсгэх боломжтой бөгөөд техникийн хэрэгжүүлэлтийг уян хатан, үр ашигтай биелүүлэх боломжтойг харуулав. Ижил зорилго бүхий, төсөөтэй судалгааны ажилтай энэхүү ажлын туршилын үр дүнг харьцуулан үзвэл Artix-7 бүлгийн FPGA хавтан дээр хугацааны хувьд хоцрогдолтой хэдий ч талбайн хэмжээ болох FF, LUT; санах ойн BRAM; тоон дохионы боловсруулалтын DSP процессор тус бүр 2-4 дахин бага буюу боломжийн, ашигтай үзүүлэлтийг үзүүлжээ.

НОМ ЗҮЙ

- [1] A. W. Harrow and A. Montanaro, "Quantum computational supremacy," *Nature*, vol. 549, no. 7671, pp. 203–209, Sep. 2017, doi: 10.1038/nature23458.
- [2] A. Cho, "IBM promises 1000-qubit quantum computer—a milestone—by 2023," *Science* (80-.), Sep. 2020, doi: 10.1126/science.abe8122.
- [3] P. W. Shor, "Polynomial-Time Algorithms for Prime Factorization and Discrete Logarithms on a Quantum Computer," *SIAM Rev.*, vol. 41, no. 2, pp. 303–332, Jan. 1999, doi: 10.1137/S0036144598347011.
- [4] L. K. Grover, "A fast quantum mechanical algorithm for database search," in *Proceedings of the twenty-eighth annual ACM symposium on Theory of computing - STOC '96*, 1996, pp. 212–219. doi: 10.1145/237814.237866.
- [5] C. Cheng, R. Lu, A. Petzoldt, and T. Takagi, "Securing the Internet of Things in a Quantum World," *IEEE Commun. Mag.*, vol. 55, no. 2, pp. 116–120, Feb. 2017, doi: 10.1109/MCOM.2017.1600522CM.
- [6] V. K. Ralegankar et al., "Quantum Cryptography-as-a-Service for Secure UAV Communication: Applications, Challenges, and Case Study," *IEEE Access*, vol. 10, pp. 1475–1492, 2022, doi: 10.1109/ACCESS.2021.3138753.
- [7] J. Gambetta, "IBM's roadmap for scaling quantum technology," <https://research.ibm.com/blog/ibm-quantum-roadmap>, 2020.
- [8] "Our Quantum Machines," <https://www.quera.com/>, 2022.
- [9] D. Moody et al., "Status report on the second round of the NIST post-quantum cryptography standardization process," Gaithersburg, MD, Jul. 2020. doi: 10.6028/NIST.IR.8309.
- [10] V. Lyubashevsky, C. Peikert, and O. Regev, "On Ideal Lattices and Learning with Errors over Rings," in *Advances in Cryptology – EUROCRYPT 2010. Lecture Notes in Computer Science, vol 6110*, Springer, Berlin, Heidelberg, 2010, pp. 1–23. doi: 10.1007/978-3-642-13190-5_1.
- C. Du and G. Bai, "A Family of Scalable Polynomial Multiplier Architectures for Ring-LWE Based Cryptosystems," *Cryptol. ePrint Arch. Rep.* 2016/323, vol. 323, 2016, [Online]. Available: <https://eprint.iacr.org/2016/323>

Өнцгийн нягтшилыг сайжруулсан өндөр нягтшилтай цэгийн гэрэл үүсгэгч дэлгэц

Yulian Cao, Ганбат Б.
 Электроник, Холбооны
 Инженерчлэлийн Тэнхим
 Монгол Улсын Их Сургууль
 Улаанбаатар, Монгол
 ganbatb@seas.num.edu.mn

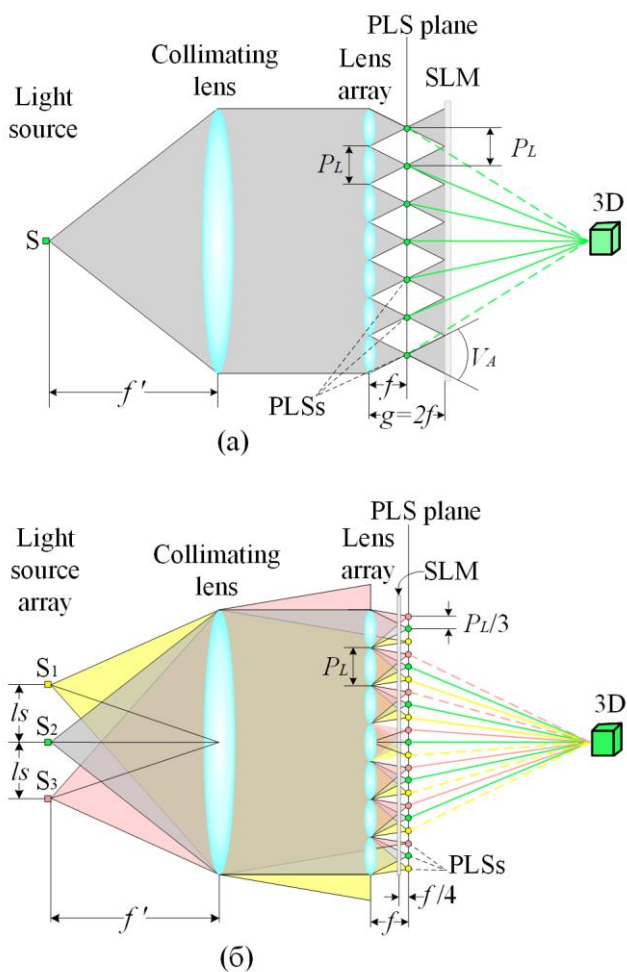
Хураангуй—Өндөр нягтшилтай цэгэн гэрэл үүсгэгч дэлгэцийн өнцгийн нягтшилыг сайжруулах шинэ аргыг санал болгож байна. Уламжлалт цэгэн гэрэл үүсгэгч дэлгэцийн захын цэгэн гэрэл үүсгэгчийн зарим цацраг гурван хэмжээст дүрс үүсгэхэд оролцдоггүй. Эдгээр цацрагийг ашиглах зорилгоор толь тавьсан. Толь нь гурван хэмжээст дүрс үүсгэхэд оролцдоггүй цацрагуудыг буцааж ойлгосноор өнцгийн нягтшил сайжирна. Симуляцийн үр дүнгээс харахад шинэ арга өнцгийн нягтшилыг ихэсгэж байна.

Түлхүүр үгс—Нийлмэл Дүрсийн Дэлгэц, Элементар Дүрс, Цэгэн Гэрэл Үүсгэгч, Гурван Хэмжээст Дэлгэц

I. УДИРТГАЛ

Нийлмэл дүрсийн технологийн нэг төрөл болох цэгэн гэрэл үүсгэгч (ЦГҮ) дэлгэцийн үүсгэж байгаа гурван хэмжээст (3D) [1-8] дүрсийг хэрэглэгч харахдаа тусгай зориулалтын нүдний шилгүйгээр харж болох ба өнгөт, хэвтээ болон босоо (хоёр хэмжээст линз матриц үүсгэдэг) тэнхлэгийн дагуу 3D-ээр хардаг. Зураг 1-д уламжлалт болон нэмэлт гэрэл үүсгэгч байрлуулсан өндөр нягтшилтай ЦГҮ дэлгэцийн бүтэц харуулав. Зураг 1 (а) - д үзүүлсэн уламжлалт ЦГҮ дэлгэц нь гэрэл үүсгэгч, цуглуулагч линз, линз матриц, Spatial Light Modulator (SLM) гэх тунгалаг дэлгэцээс бүрдэнэ. Цуглуулагч линзний фокусын зай f' -д байгаа гэрэл үүсгэгч S-аас цацарсан цацраг цуглуулагч линзээр нэвтэрч цуглуулагч линзний оптик гол тэнхлэгтэй параллель цацрагууд болж тархан линз матрицаар нэвтэрч линз матрицын өмнө фокусын цэг дээр цугларна, энэ нь линз матриц болгоны урд нэг гэрэл үүсгэгч байгаа мэтээр харагдана. Эдгээрийг ЦГҮ гэж нэрлэдэг. ЦГҮ болгон харагдах мужтай бөгөөд хооронд нь давхардуулахгүй байдлаар буюу линз матрицын фокусын зайг хоёр дахин их авсан ($2f$) зайд SLM дэлгэцийг байрлуулна. ЦГҮ-ээс цацарсан гэрэл SLM дэлгэцийн элементар дүрсийн дагуу модуляцлагдаж 3D дүрсийг үүсгэдэг. ЦГҮ дэлгэцийн 3D дүрсийн гүний хэмжээ их, гэвч түүний харагдах өнцөг [9-15] болон нягтшил [16-20] бага зэрэг дутагдалтай учраас амьдралд өргөн нэвтэрч чадахгүй байна. ЦГҮ дэлгэцийн нягтшил нь хоёр ЦГҮ-ийн хоорондох зайн урвуугаар тодорхойлогддог. Уламжлалт ЦГҮ дэлгэцийн нягтшил нь нэг элементар линзний хэмжээний их бага P_L буюу 1 мм^{-1} -тай тэнцүү. ЦГҮ-ийн хоорондын зай багасгах тусам үүсгэж байгаа 3D дүрсийн нягтшил ихэснэ. Элементар линзийн хэмжээ багасгах тусам нягтшил ихсэх боловч хэтэрхий жижиг элементар линз ашигласнаас линз нь гажгаас болоод ЦГҮ-ийн хэмжээ нь өөр өөр болно. Зураг 1 (б)-д үзүүлсэн нэмэлт гэрэл үүсгэгч байрлуулсан өндөр нягтшилтай ЦГҮ дэлгэцийн SLM дэлгэцийг ЦГҮ-ийн хооронд нь давхардуулахгүй байдлаар буюу линз матрицаас $3f/4$ зайд байрлуулна. Нэмэлт гэрэл үүсгэгчийг (S_1, S_3) байрлуулах аргаар ЦГҮ-ийн хоорондын зайг багасгаж, үүсгэж байгаа 3D дүрсийн нягтшил нь

уламжлалт ЦГҮ дэлгэцтэй харьцуулахад P_L -аас $P_L/3$ болж 3 дахин багассан. Өөрөөр хэлбэл үүсгэж байгаа 3D дүрсийн нягтшил нь уламжлалт ЦГҮ дэлгэцтэй харьцуулахад 3 дахин ихэссэн. Олон судалгаанд нийлмэл дүрэн дэлгэцийн нягтшилыг ихэсгэх аргыг санал болгосон.



Зураг 1. ЦГҮ дэлгэцийн бүтэц (а) уламжлалт, (б) нэмэлт гэрэл үүсгэгч байрлуулсан өндөр нягтшилтай.

J. Park нар [16] нэмэлт линз матриц байрлуулснаар линз матрицын фокусын хавтгай дээр нэмэлт ЦГҮ үүсэх болохоор ЦГҮ-ийн хоорондын зайг багасгаж, нягтралыг 2 дахин ихэсгэсэн боловч 3D дүрсийг үүсгэж байгаа захын цацрагийг ашиглаж чадсангүй дутагдалтай.

Z. Wang нар [19] нэмэлт гэрэл үүсгэгч байрлуулснаар нэмэлт ЦГҮ-ээс үүссэн ЦГҮ-ийн хоорондын зайг багасган нягтралыг 2 дахин ихэсгэж байгаа ч ЦГҮ-ээс цацарсан захын цацраг нь 3D дүрсийг үүсгэхэд

оролцдоггүй буюу захын өнцгийн нягтшил бага болох дутагдалтай.

Энэхүү судалгаанд өндөр нягтшилтай ЦГҮ дэлгэцийн SLM дэлгэцийн дөрвөн захад толь байрлуулснаар 3D дүрсийг үүсгэхэд оролцдоггүй захын цацрагуудыг ойлгон SLM дэлгэцийн өмнөх өнцгийн нягтшилыг нэмэгдүүлсэн шинэ аргыг танилцуулна.

II. ЦЭГЭН ГЭРЭЛ ҮҮСГЭГЧ ДЭЛГЭЦИЙН ӨНЦГИЙН НЯГТШИЛ

ЦГҮ дэлгэцийн өнцгийн нягтшил нь ЦГҮ-ээс цацарсан гэрэл SLM дэлгэцийн элементар дүрсийн дагуу модуляцлагдаж дэлгэцийн өмнө талын дурын нэг цэгийн байршилд авч үзвэл тухайн цэг хэдэн ЦГҮ-ээс ирж байгаа цацрагийн тоогоор тодорхойлогддог.

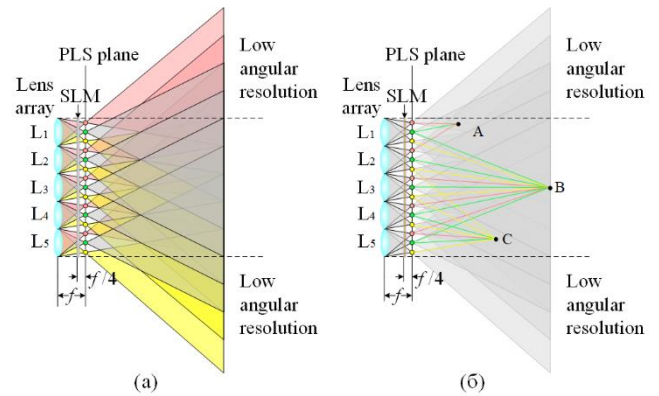
Зураг 1 (а)-д үзүүлснээр уламжлалт ЦГҮ дэлгэцийг дүрслэхийн тулд y, z хавтгайд авч үзсэн. Үүссэн 3D дүрсийн байршил дэх өнцгийн нягтшил нь 5 болно. Цацарсан 5-н цацрагийн огтлолцол дээр (5-н ногоон шулуунаар) үүссэн, харин тасархай шулуунаар дүрсэлсэн цацраг нь ЦГҮ-ийн харагдах мужаас гарсан учраас өнцгийн нягтшилын тоонд оруулахгүй. Зураг 1 (б)-д үзүүлснээр нэмэлт гэрэл үүсгэгч байрлуулсан өндөр нягтшилтай ЦГҮ дэлгэцийн 3D дүрсийг үүсгэж байгаа байршил дэх өнцгийн нягтшил нь 10 болно. Цацарсан 10-н цацрагийн огтлолцол дээр (ногоон шар ягаан 10-н шулуунаар) үүссэн, ЦГҮ-ийн харагдах мужаас гарсан тасархай шулуунаар дүрсэлсэн цацрагууд нь мөн өнцгийн нягтшилын тоонд оруулахгүй.

III. ТОЛЬ БАЙРЛУУЛСАН АРГА

Өнцгийн нягтшилын үүднээс санал болгож буй ЦГҮ дэлгэцийг өндөр нягтшилтай ЦГҮ дэлгэцтэй харьцуулсан.

A. Өндөр нягтшилтай цэгэн гэрэл үүсгэгч дэлгэц

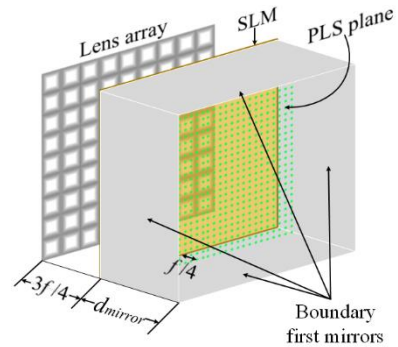
Зураг 2 (а) өндөр нягтшилтай ЦГҮ дэлгэцийн ЦГҮ-ээс цацарсан цацрагийн тархалтын чиглэлийг харуулав. ЦГҮ-ээс цацарсан цацрагийн тархалтын чиглэлийг өнгөөр илэрхийлэв. Зураг 2 (б)-д өндөр нягтшилтай ЦГҮ дэлгэцийн өнцгийн нягтшилыг харуулав. Адил бус байршил дэх өнцгийн нягтшилыг харьцуулахдаа А, В болон С гэх гурван цэгийг сонгосон. Үүнд А цэгийн өнцгийн нягтшил нь 3, В цэгийн өнцгийн нягтшил нь 11, С цэгийн өнцгийн нягтшил нь 7 болно. Хоёр хар тасархай шулууны дээд болон доод талын цацрагууд 3D дүрсийг үүсгэхэд оролцдоггүй. Захын цацрагийг ашиглахын тулд бид толь байрлуулах аргыг ашигласан.



Зураг 2. Өндөр нягтшилтай ЦГҮ дэлгэцийн (а) ЦГҮ-ээс цацарсан цацрагийн тархалтын чиглэл болон (б) өнцгийн нягтшил.

B. Толь байрлуулсан өндөр нягтшилтай цэгэн гэрэл үүсгэгч дэлгэц

Зураг 3-т санал болгож буй толь тавьсан өндөр нягтшилтай ЦГҮ дэлгэцийн бүтцийг харуулав. SLM дэлгэцийн дөрвөн захад толийг байрлуулсан.



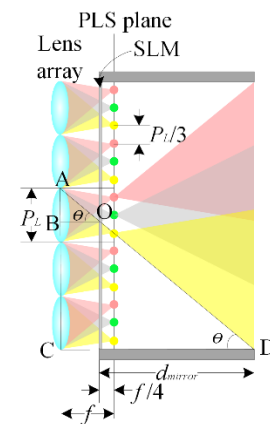
Зураг 3. Толь байрлуулсан өндөр нягтшилтай ЦГҮ дэлгэцийн бүтэц.

Зураг 4-д толь байрлуулсан өндөр нягтшилтай ЦГҮ дэлгэцийг дүрслэхийн тулд y, z хавтгайд авч үзсэн. ЦГҮ-ээс цацарсан захын цацраг толинд ойлгогдсоны дараах гэрлийн тархалтыг үзүүлэв. Үүнд ΔABO болон ΔACD хоёр төсөөтэй гурвалжны харьцаанаас θ өнцгийн \tan -ыг илэрхийлбэл:

$$\tan \theta = \frac{3P_L}{4f} = \frac{3N_L}{2f + 3d_{mirror}}, \quad (1)$$

энд P_L нь нэг элементар линзний хэмжээ, f нь элементар линзний фокусын зай, N_L нь SLM дэлгэцийн y тэнхлэгийн дагуу урт буюу SLM-ийн өндөр нь 32 мм, d_{mirror} нь толины урт, Томьё (2) нь SLM дэлгэц ЦГҮ-ийн ард байрлах үеийн ерөнхий томьё болно. Туршилтад ашиглах толь нь уртыг тооцоолбол:

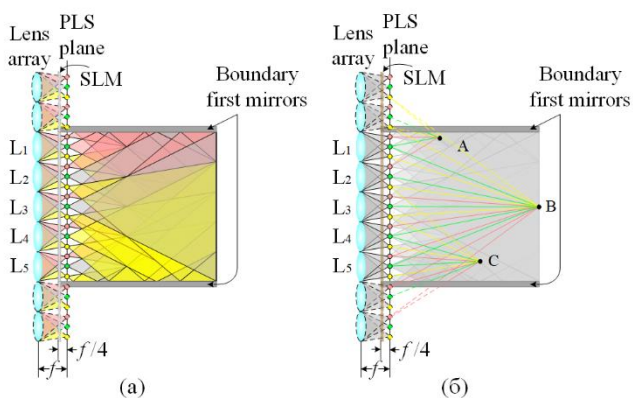
$$d_{mirror} = \frac{2nN_L f}{2(2n-1)P_L} - \frac{nf}{n+1} \quad (2)$$



Зураг 4. Толь байрлуулсан өндөр нягтшилтай ЦГҮ дэлгэцийн P_L, d_{mirror}, f -ийн хоорондох холбогдол.

Толь тавьсан үед 3D дүрсийг хэрхэн үүсэхийг Зураг 5-д үзүүлэв. Зураг 5 (а)-д ЦГҮ-ээс цацарсан цацрагийн тархалтын чиглэлийг харуулав. Зураг 5 (б)-д ЦГҮ дэлгэцийн өнцгийн нягтшилыг харуулав. Тольгүй үетэй адилхан байрлалтай А, В болон С цэгийг авч үзье. А цэгийн хувьд L_1 линзний өмнөх ягаан болон ногоон 2 ЦГҮ-ээс цацарсан цацраг, болон L_2 линзний өмнөх ягаан

ЦГҮ-ээр цугларсан цацраг дээд талын толиноос ойж А цэг дээр цугларна, ингэж 3-н нэмэлт цацраг цугларснаас 6 цацрагийн огтлолцол дээр А үүснэ. Тольгүй үед А цэг нь 3 цацрагийн огтлолцол дээр үүсэж байсан. Төвд байгаа В цэгийн хувьд L_1 болон L_2 линзний өмнөх ногоон болон шар нийт 4 ЦГҮ-ээс цацарсан цацраг, L_3 линзний өмнөх ягаан, ногоон болон шар 3 ЦГҮ-ээс цацарсан цацраг, L_4 болон L_5 линзний өмнөх ягаан болон ногоон нийт 4 ЦГҮ-ээс цацарсан цацраг дээд болон тоор талын толиноос ойж А цэг дээр цугларна, даруй түүний захын 4-н цацрагууд (дээд талын 2 шар болон доод талын 2 ягаан) толиноос ойж В цэг дээр цугларч, өнцгийн нягтшил нь 11-аас 15 болж нэмэгдэнэ. С цэгийн хувьд L_2 болон L_3 линз бүрийн шар нийт 2 ЦГҮ, L_4 линзний шар болон ногоон 2 ЦГҮ, болон L_5 линзний өмнөх гурван ЦГҮ-ээр цугласан цацрагууд доод талын толиноос ойж С цэг дээр цугларч, өнцгийн нягтшил нь 7-аас 10 болж нэмэгдэнэ. Өөрөөр хэлбэл толь тавьснаар нэмэлт линз матриц болон SLM тавьсан шиг болж олон цацрагийн огтлолцол дээр 3D дүрс үүсэж өнцгийн нягтшил нь нэмэгдэнэ.



Зураг 5. Толь тавьсан өндөр нягтшилтай ЦГҮ дэлгэцийн (а) ЦГҮ-ээс цацарсан цацрагын тархалтын чиглэл болон (б) өнцгийн нягтаршил.

IV. ҮР ДҮН

Шинэ аргаар буюу толь ашигласан өндөр нягтшилтай ЦГҮ дэлгэцэд симуляци хийсэн ба Хүснэгт 1-д үзүүлсэн параметруудтай ЦГҮ дэлгэцийг ашигласан. Томъё (2)-оос туршилтад ашиглах толины урт нь 60.9 мм. Mglab дээр толь ашигласан болон толь ашигласангүй хоёр өндөр нягтшилтай ЦГҮ дэлгэцийг харьцуулан симуляци хийсэн үр дүнг Зураг 6-д харуулав.

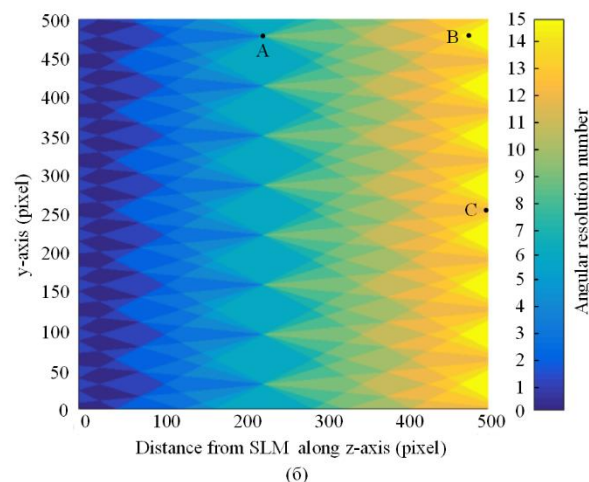
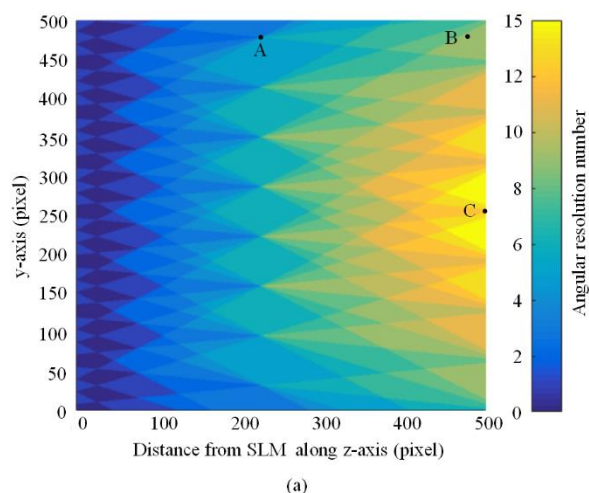
ХҮСНЭГТ I. ТУРШИЛТЫН ПАРАМЕТРУУД

№	ЦГҮ дэлгэц	
	Зориулалт	Үзүүлэлт
1	Цуглуулагч линзийн фокусын зай (f')	75 мм
2	Цуглуулагч линзийн диаметр	50.8 мм
3	Элементар линзийн фокусын зай (f)	3.3 мм
4	Элементар линзийн хэмжээ(P_L)	1 мм
5	Линз матрицын элементар линзийн тоо	32 (B) × 42 (X)
6	SLM дэлгэцийн нэг цэгийн хэмжээ	0.034 мм

Графикийн хэвтээ буюу z тэнхлэг нь нийлмэл дүрсэн цэгээс SLM хүргэлх зай буюу толин уртыг төлөөлж, босоо

буюу у тэнхлэг нь SLM дэлгэцийн өндөр болно. Адил бус өнгө нь адил бус өнцгийн нягтшилыг илэрхийлнэ. Тольгүй үед 3D дүрсийг хэрхэн үүсэхийг Зураг 6 (а)-д үзүүлэв. Адил бус байршлын өнцгийн нягтшилыг харьцуулахдаа А, В болон С гэх гурван цэгийг сонгосон, үүнд А цэгийн өнцгийн нягтшил нь 6, В цэгийн өнцгийн нягтшил нь 9, С цэгийн өнцгийн нягтшил нь 12 болно. ЦГҮ-ээс цацарсан цацрагийн давхцаж байгаа тоо нь олон болох тусам өнцгийн нягтшилын нь нэмэгдэж байгаа нь харагдаж байна.

Толь тавьсан үед 3D дүрсийг хэрхэн үүсэхийг Зураг 6 (б)-д үзүүлэв. Тольгүй үетэй адилхан байрлалтай А, В болон С цэгийг авч үзье. Үүнд А цэгийн өнцгийн нягтшил нь 9, В цэгийн өнцгийн нягтшил нь 15, төвд байгаа С цэгийн өнцгийн нягтшил нь 12 хэвээрээ байна. Тольгүй өндөр нягтшилтай ЦГҮ дэлгэцтэй харьцуулахад А болон В цэгийн өнцгийн нягтшил нь тус бүр 3 болон 6 нэмэгдсэн. Учир нь 3D дүрсийг үүсгэхэд ашиглагдахгүй байсан захын цацрагуудыг толь ойлгоод нэмэлт линз матриц болон SLM тавьсан шиг болж өнцгийн нягтшилыг нэмэгдүүлэв.



Зураг 6. Симуляци хийсэн үр дүнг (а) тольгүй өндөр нягтшилтай ЦГҮ дэлгэц, болон (б) толь ашигласан өндөр нягтшилтай ЦГҮ дэлгэц.

V. ДҮГНЭЛТ

Бид цэгэн гэрэл үүсгэгч дэлгэцийн SLM дэлгэцийн захад толь тавьж нэмэлт цацрагуудыг ойлгосноор гурван хэмжээст дүрсийг үүсгэхэд ашиглахгүй байсан захын

цацрагуудыг цуглуулж чадсанаас цэгэн гэрэл үүсгэгч дэлгэцийн өмнө үүссэн гурван хэмжээст дүрсийн өнцгийн нягтшилыг нэмэгдүүлсэн. Цаашид бид туршилтыг хийж 3D дүрсийг үүсгэнэ.

REFERENCES

- [1] J. L. Fergason, S. D. Robinson, C. W. McLaughlin, B. Brown, A. Abileah, T. E. Baker, and P. J. Green, "An innovative beamsplitter-based stereoscopic/3D display design," *Proc. SPIE.*, vol. 5664, pp. 488–494, 2005.
- [2] N. A. Dodgson, "Autostereoscopic 3D displays," *Computer*, vol. 38(8), pp. 31–36, 2005.
- [3] B. P. Ketchel, C. A. Heid, G. L. Wood, M. J. Miller, A. G. Mott, R. J. Anderson, and G. J. Salamo, "Three dimensional color holographic display," *Appl. Opt.*, vol. 38(29), pp. 6159–6166, 1999.
- [4] G. Lippmann, "La Photographie Integrale," *Comptes-Rendus Academie des Sciences*, vol. 146, pp. 446, 1908.
- [5] J. Arai F. Okano, H. Hoshino and I. Yuyama, "Realtime pickup method for a three-dimensional image based on integral photography," *pages Opt.*, vol. 36 pp. 1598–1603, 1997.
- [6] B. Javidi and F. Okano, eds., "Three Dimensional Television, Video, and Display Technologies," Springer, 2002.
- [7] B. Lee, J.-H. Park, and S.-W. Min, "Three-dimensional display and information processing based on integral imaging," in *Digital Holography and Three-Dimensional Display*, T.-C. Poon, ed. Springer, pp. 333-378, 2006.
- [8] Y. Kim and K. Hong, "Recent researches based on integral imaging display method," *Springer*, vol.1(1), pp. 17-27, 2010.
- [9] K. Hwi, H. Kim, J. Hahn, and B. Lee, "The Use of a Negative Index Planoconcave Lens Array for Wide-Viewing Angle Integral Imaging," *Optics Express*, vol. 16, pp. 21865–80, 2008.
- [10] G. Baasantseren, J. H. Park, K. C. Kwon, and N. Kim, "Viewing Angle Enhanced Integral Imaging Display Using Two Elemental Image Masks," *Optics Express*, vol. 17, pp. 14405–17, 2009.
- [11] D. Batbayar, N. Dalkhaa, M. Erdenebat, N. Kim, and G. Baasantseren, "Point light source display with a large viewing angle using multiple illumination sources," *Opt. Eng.*, vol. 56, pp. 053113, 2017.
- [12] Y. Kim, J. H. Park, H. Choi, S. Jung, S. W. Min, and B. Lee, "Viewing-angle-enhanced integral imaging system using a curved lens array," *Optics Express*, vol. 12(3), pp. 421–429, 2004.
- [13] Y. Kim, J. Park, S. Min, S. Jung, H. Choi, and B. Lee, "Wide-viewing angle integral three-dimensional imaging system by curving a screen and a lens array," *Appl. Opt.*, vol. 44, pp. 546–552, 2005.
- [14] D. Batbayar, N. Dalkhaa, M. Erdenebat, N. Kim, and G. Baasantseren, "Point light source display with a large viewing angle using multiple illumination sources," *Opt. Eng.*, vol. 56, pp. 053113, 2017.
- [15] L. Yang, X. Sang, X. Yu, B. Yan, K. Wang, and C. Yu, "Viewing angle and viewing-resolution enhanced integral imaging based on time-multiplexed lens stitching," *Opt. Express*, vol. 27, pp. 15679–15692, 2019.
- [16] J. Park, J. Kim, Y. Kim, and B. Lee, "Resolution-enhanced three dimension/two-dimension convertible display based on integral imaging," *Opt. Express*, vol. 13, pp. 1875–1884, 2005.
- [17] A. Alam, G. Baasantseren, N. Kim, and J. Park, "Resolution enhancement of integral-imaging three-dimensional display using directional elemental image projection," *J. Inf. Disp.*, vol. 20, pp. 221–227, 2012.
- [18] S.W. Cho, J.H. Park, Y. Kim, H. Choi, J. Kim, B. Lee, "Convertible two-dimensional three-dimensional display using an led array based on modified integral imaging," *Opt. Lett.*, vol.31, pp. 2852–2854, 2006.
- [19] Z. Wang, A. Wang, X. Ma, F. Ma, and H. Ming, "Resolution-enhanced integral imaging display using a dense point light source array," *Optics Communications*, vol. 403, pp. 110–114, Novembe 2017.
- [20] G. Baasantseren, Y. Cao, and N. E. Dalkhaa, "Use of multiple light sources to enhance the resolution of point light source displays," *Applied Optics*, vol. 60(29), pp. 9213–9218, 2021.

Дуу хоолой хувиргагч системийн хэрэгжүүлэлт

Ц.Батцэнгэл
Биллингийн хэлтэс
Мэдээлэл технологийн газар
Жимобайл ХХК
Улаанбаатар, Монгол
Battsenguun3@gmail.com

Э.Адьяабат
Электроник Холбооны
Инженерчлэлийн тэнхим
ХШУИС, МУИС
Улаанбаатар, Монгол
adiyabat@seas.num.edu.mn

Р.Амартүвшин
Электроник Холбооны
Инженерчлэлийн тэнхим
ХШУИС, МУИС
Улаанбаатар, Монгол
amartuvshin@seas.num.edu.mn

М.Баярпүрэв
Электроник Холбооны
Инженерчлэлийн тэнхим
ХШУИС, МУИС
Улаанбаатар, Монгол
bayarpurev@seas.num.edu.mn

Д.Сумьяаханд
Электроник Холбооны
Инженерчлэлийн тэнхим
ХШУИС, МУИС
Улаанбаатар, Монгол
sumiyakhand@seas.num.edu.mn

Хураангуй— Дуу хоолойг хувиргах гэдэг нь бодит цаг хугацааны хувьд хүний яриаг өөр хүн ярьж байгаа юм шиг дуу хоолойг нь хувиргах буюу өөрчлөхөд ашигладаг техник юм. Хүний дуу хоолой хувиргалтын алгоритмыг ISP болон зар сурталчилгааны компаниуд түгээмэл хэрэглэдэг. Гэхдээ ихэвчлэн дуу хоолой хувиргалтын алгоритмын хэрэгжүүлэлтийг бэлэн платформ буюу нээлттэй-эх код ашиглан хийдэг бөгөөд энэ нь дохиог өөрсдийнхөө хүссэн дуу хоолой руу хөрвүүлэх гэх мэт боломжуудыг хязгаарладаг. Иймээс бид энэхүү судалгааны ажлаар Питч шилжүүлэлтийн алгоритмыг МАТЛАБ программ болон C++ хэл дээр хэрэгжүүлсэн. Эхлээд хүний ярианы дохиог тодорхой хэмжээтэй фрейм болгон хуваасан бөгөөд нэг фрейм нь дохионы питч буюу үндсэн давтамж юм. Фрейм болгон хуваахын тулд бид тухайн хүний ярианы дохионоос питч илрүүлэх процессыг хийнэ. Өөрөөр хэлбэл тухайн хүний ярианы давтамжийн хүрээг олно. Хэрэгжүүлэлтийг монгол хүний дуу хоолой ашиглан хийсэн бөгөөд питч үнэлэх, питч тэмдэглэх, Pitch Synchronous Over Lap Add алгоритм гэсэн гурван алхмын дагуу хийсэн. Бидний энэхүү систем нь дурын хүний дуу хоолойн дохиог далайц болон хугацааны хувьд өөрчлөх замаар хувиргаж хувиргасан дуу хоолойг гаргадаг. Мөн энэхүү алгоритмын тусламжтайгаар хүний ярианы дохиог хувиргасан хэдий ч дууны чанарыг сайжруулах шаардлага гарсан учраас далайцын утгуудыг сэргээх алгоритмыг мөн хэрэгжүүлсэн.

Түлхүүр үг— Дуу Хоолой Хувиргалтын Алгоритм, Питч, PSOLA

I. УДИРТГАЛ

Яриа нь хоолой, хамар, ам, тагнай, хэл, шүд, уруул гэх мэт эрхтнүүдийн тусламжтайгаар хоолойгоор дамжин агаарыг уушгинаас шахах замаар үүсдэг. Яриа нь ихэвчлэн дуут, дуугүй, түр зуурын хэлбэрээр тодорхойлогддог [1]. Хүний ярианы дохионы далайц, хугацааны хэмжээсийг өөрчлөх нь дуу хоолойг өөрчлөхөд чухал үүрэг гүйцэтгэдэг бөгөөд ярианы синтез, дуу хоолой хуулбарлах, дуу хоолой засах гэх мэт төрлүүд байдаг. Аудио дохионы буюу хүний ярианы дохиог далайц болон хугацааны хэмжээсний өөрчлөлт гэсэн хоёр үндсэн ангилалд хувааж үздэг. Эдгээр нь:

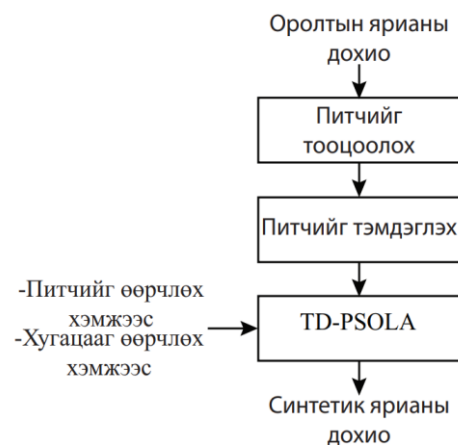
- Хугацааны мужийн техник болох Pitch Synchronous Over Lap Add (PSOLA),
- Давтамжийн мужийн техник болох (Phase Vocoder, Синусиод нэмэх дуу чимээний загвар)

Эхний арга нь үндсэн давтамжтай ярианы дохионы хувьд маш тохиромжтой. Гэвч олон давтамжтай дохионд

тохиромжгүй. Харин хоёр дахь арга нь хөгжим гэх мэт нэг болон олон давтамжтай дохионуудын аль алинд нь ашиглагдаж болно.

Энэхүү судалгааны ажлаар Хугацааны муж дээрх Pitch Synchronize Overlap and Added (TD-PSOLA) аргыг сонгосон нь үр дүнтэй, тооцоолол хийхэд хялбар техник бөгөөд өндөр синтетик дуу хоолойны чанартай байдаг. PSOLA-г хэрэгжүүлэхийн тулд питч үнэлэх мэдээлэл дээр үндэслэн питч тэмдэглэгээг үндсэн үе болгон дээр байрлуулна. Үүний дараа хоёр питч үе урттай Ханнин цонх ашиглан оригинал ярианы дохионоос нэгж дохио гаргаж авна. Мөн гурав дараалсан питч тэмдэглэгээг хийнэ. Питч, хугацааны хэмжээсний мэдээлэлд үндэслэн синтетик шинэ питчийн хэлбэрийг тооцдог. Нэгж дохиог хүссэн питч, үргэлжлэх хугацааны хувьд өөрчилж синтетик буюу дохионы шинэ хэлбэрт оруулж гаралтын дохиог гаргадаг.

Питч, хугацааны хэмжээсийн өөрчлөлтийн системийг Зураг 1-т харуулав.



Зураг 1. Алгоритмын алхмууд

Энэ систем нь гурван үндсэн хэсгээс бүрддэг. Питчийг тооцоолох, Питчийг тэмдэглэх болон TD-PSOLA гэсэн гурван үндсэн хэсэгтэй. Энэхүү систем нь хугацааны муж дээр нэгж дохионы хэлбэрийг өөрчилдөг.

II. Питчийг тооцоолох

A. Питч тооцооллын тодорхойлолт

Ярианы дохионы питчийг тооцоолох олон аргууд байдаг. Тэдгээр нь хугацааны муж, давтамжийн муж гэсэн хоёр үндсэн төрлийн аль нэгэнд хамаардаг. Инженерийн хэрэглээнд танигдсан, найдвартай аргуудын нэг нь автокорреляцийн функц (ACF) ашигласан арга юм. Бид энэхүү судалгааны ажлаар автокорреляцийн функцийг ашиглан питч тооцооллыг хийнэ. Автокорреляцийн функцийг тодорхойлолтыг тэгшитгэл 1-т харуулав (1):

$$r(\tau) = \sum_{i=1}^{W-\tau} X_i X_{i+\tau} \quad (1)$$

W нь тэгш өнцөгт цонхны хэмжээ юм. Оролтын дохио нь үелсэн бол автокорреляцийн функц нь бас үелсэн хэлбэртэйгээр гарна.

$$r(n) = iFFT(|FFT[x(k)^2]|) \quad (2)$$

Автокорреляцийн функцийг хугацааны мужид тодорхойлсон боловч Фурье хувиргалт (FFT) ба түүний урвуу хувиргалтаар (2) давтамжийн мужид үр дүнтэй тооцоолох боломжтой [4].

В. Питч тооцооллын хэрэгжүүлэлт

Автокорреляцийн функцийг ашиглахын өмнө яриагаа урьдчилсан боловсруулалтын үе шатаар дамжуулсан. Урьдчилсан боловсруулалтын үе шатанд ярианы дохиог нам давтамжийн шүүлтүүрээр шүүсэн бөгөөд ярианы дохионд босго утга тогтоож, босго утгаараа ярианы дохиог нормчилсон.

Нормчлох аргыг дараах тэгшитгэлээр (3) тодорхойлж болно.

$$C[x(n)] = \begin{cases} x(n) - C_L, & x(n) > C_L \\ 0, & x(n) \leq C_L \\ x(n) + C_L, & x(n) < -C_L \end{cases} \quad (3)$$

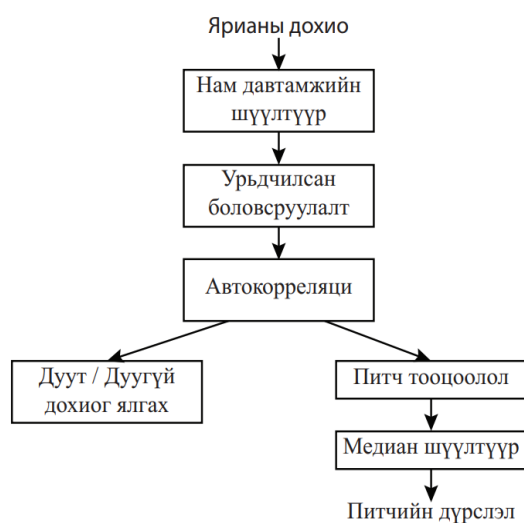
C_L нь нормчлох босго утга бөгөөд ярианы дохионы хамгийн их далайцын хэмжээнээс 30 хувиар бага байхаар тохируулсан.

С. Питчийн хэлбэрийг дүрслэх

Энэхүү судалгаанд автокорреляцийн функцийг питчийг тооцоолох зорилгоор сонгосон. Хэрэгжүүлэх алхмыг Зураг 2-т харуулав.

Ярианы дохио нь 60 Гц-ээс 500 Гц-ийн хооронд хэлбэлздэг тул нам давтамжийн шүүлтүүрийг 900 Гц-ээс дээш давтамжийг нэвтрүүлэхгүй байхаар ашигласан. Энэхүү урьдчилсан боловсруулалтын алхмууд нь шуугианыг багасгаж, нарийвчлалыг сайжруулдаг. Шүүж авсан дохиог 30 ms-ийн урттай, 10 ms-ийн хурдтай фрэймд хуваана. Автокорреляцийн функцийг ашиглахаас өмнө фрэйм тус бүр дэх ярианы дохиог нормчилж өгнө. Ярианы дохионы питчийг фрэйм бүрийн автокорреляцийн функц дээр үндэслэн тооцоолно [2].

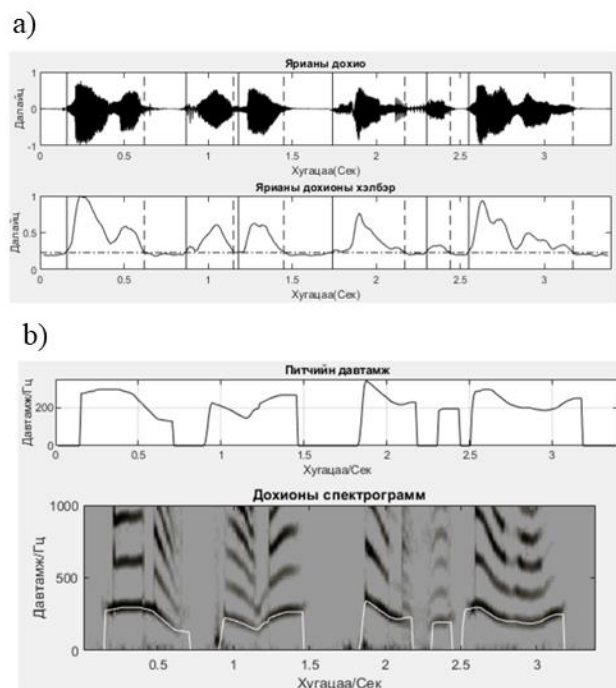
Дуут/дуугүй эсэхийг ялгахад мөн автокорреляцийн функцийг ашигласан.



Зураг 2. Питч тооцоолох алгоритм

Эцэст нь өмнөх боловсруулалтын үе шатуудаас үүсч болох алдааг багасгахын тулд медиан шүүлтүүр буюу боловсруулалтын дараах аргыг хэрэглэсэн. Энэхүү үе шатуудын эцэст бид ярианы дохиогоо детект (detect) чадсан.

Питчийг илрүүлсэн үр дүнг Зураг 3а-д, Питчийн хэлбэрийг Зураг 3б-д тус тус харуулав.



Зураг 3. а) Ярианы дохио болон питч илрүүлсэн байдал
б) Питчийн хэлбэр

III. Питчийг тэмдэглэх

Питчийг тэмдэглэх зорилго нь өмнөх хэсэгт тодорхойлсон питчийн хэлбэрийг ашиглан ярианы дохио давтагдах үед питчийн эхлэл ба төгсгөл хаана байгааг тодорхойлох явдал юм.

A. Питчийг тэмдэглэх үе шатын хэрэгжүүлэлт

Зураг 4-д питчийг тэмдэглэх алгоритмыг хэрэгжүүлэх үе шатуудыг харуулав. Ярианы дохионы сегмент бүрийн хувьд t_m -ийг хамгийн эхний питч тэмдэглэгээгээр сонгож авна [3-4].



Зураг 4. Питчийг сонгож авах, тэмдэглэх алгоритм

Эхний хайлтын бүсийг t_m дэх питчийн үеийг ашиглан тодорхойлно (4):

$$SR = [t_m + fT_0; t_m + (2 - f)T_0] \quad (4)$$

Дараагийн хайлтын бүсийг олохын тулд хамгийн сүүлд ашигласан буюу яг одоо мэдэгдэж байгаа хайлтын бүсийн хамгийн их утгыг t_m -д олгоно.

Бүх хайлтын бүсүүдийг тодорхойлж чадсан бол питчийн тэмдэглэгээг сонгож авахын тулд хайлтын бүс бүрийн хувьд гурван ширхэг пийк (peak) утга санамсаргүйгээр сонгож тэмдэглэж авна, учир нь аль нэг пийкийг питчийн тэмдэглэгээгээр сонгож авна. Магадгүй дараалсан адил утгатай пийк байж болох ба ойрхон хос байлгахгүйн тулд пийкийг сонгож авахдаа хоорондох зайг тогтоож өгсөн.

Тэмдэглэж авсан оройнуудаасаа хамгийн сайн питчийн тэмдэглэгээнүүдийн дарааллыг бий болгохын тулд магадлалын оновчтой шалгуурыг хамгийн их байлгах динамик программчлал ашигласан. Үүнд 2 төрлийн магадлал тооцоолсон Эхний магадлал нь сонгох боломжтой хамгийн их утгатай гурван пийкийг сонгох магадлал юм (5). $h(j)$ нь j -ийн далайцын утга, h_{min} ба h_{max} нь j -ийг багтаасан хайлтын бүсийн хамгийн их ба хамгийн бага далайцын утгууд юм. Хоёр дахь магадлал нь дараалсан хоёр хайлтын бүс дэх пийкүүдийн хоорондох зайнаас хамааруулж тооцоолох магадлал юм (6). T_0 нь i

болон j -ийг агуулсан фрэймүүдийн питчийн үе юм. d_{ij} нь i ба j -ийн хоорондох зай юм. α , β ба γ нь спийкер бүрд тааруулсан тохиргооны параметрууд юм. [3][4].

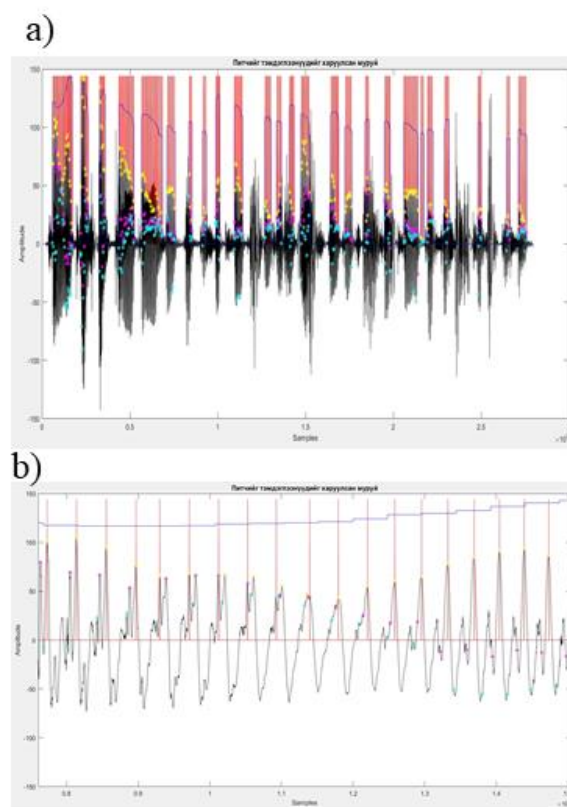
$$s(j) = \left(\frac{h(j) - h_{min}}{h_{max} - h_{min}} \right)^\alpha \quad (5)$$

$$t(i, j) = \left(\frac{1}{1 + \beta |T_0 - d_{ij}|} \right)^\gamma \quad (6)$$

Динамик программчлалыг питчийн тэмдгүүдийн хамгийн оновчтой дарааллыг олж авахын тулд k удаа давтаж ашигласан (7).

$$P(k, j) = \max[P(k - 1, i) + \log t_k(i, j)] + \log s_k(j) \quad (7)$$

Питчийг тэмдэглэх алгоритмын үр дүнг Зураг 5а-д, Зураг 5б-д питчийг тэмдэглэх алгоритмын үр дүнг сунгаж харуулав. Эндээс улаан босоо шугам нь үндсэн үеүд дээр байрлуулсан питчийн тэмдэглэгээнүүд, цэнхэр хэвтээ шугамаар питчийн хэлбэрийг дүрсэлсэн бол *-оор дүрсэлсэн тэмдэглэгээнүүд нь питчийн тэмдэглэгээгээр сонгож авах боломжтой нэр дэвшигчид юм.



Зураг 5. а) Питч тэмдэглэх алгоритмын үр дүн, б) Питч тэмдэглэгээ

IV. TD-PSOLA

TD-PSOLA алгоритм нь ярианы дохионы питч, хугацааны хэмжээсийг өөрчлөх боломжийг олгодог. Бид PSOLA-г хэрэгжүүлэх 2 алхмыг тодорхойлсон. Нэгдүгээрт, анализ хийх үе шатаас эхлэх ба өөрчлөх үйл явцын шийдвэрлэх үе шатуудыг тооцоолно.

Хоёрдугаарт, анализ хийсэн ярианы дохиогоо Ханнинг цонх ашиглан синтетик дохион дээр буулгана [2-4]. Синтетик ярианы дохиог гаргаж авах дарааллын нарийвчлал нь өндөр чанарын дуу хоолойны өргөлтийг өөрчлөхөд маш чухал юм. Оролтын дохио нь дуут дохио тул $X_i[n]$ -ийг питчийн үеийн функц байдлаар тайлбарлаж болно (8)[4]:

$$x[n] = \sum_{-\infty}^{\infty} X_1[n - t_a[i]] \quad (8)$$

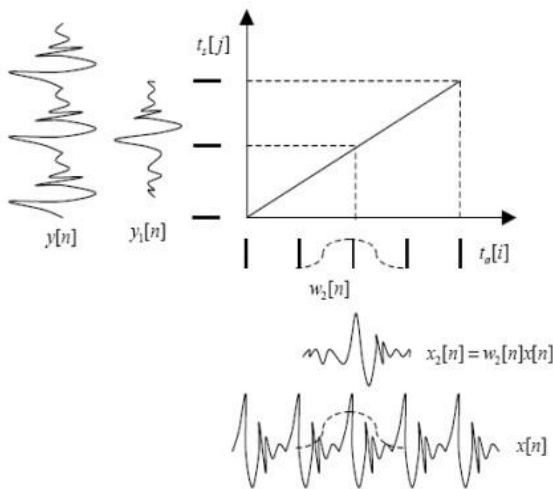
$T_a[i]$ бол анализ хийгдсэн дохионы хугацаа буюу давтамжийн үе бөгөөд оролтын цонхны хэлбэр гэж хэлж болох юм [4].

$$x_i[n] = W_1[n]X[n] \quad (9)$$

Синтетик ярианы үеийг тогтоосон хугацааны ба питчийн хэмжээсийг хангах үүднээс тооцдог. Хэрэгжүүлэхдээ бид (10) томъёог ашигласан [4].

$$t_s[j+1] - t_s[j] = \frac{\alpha}{t_s[j+1] - t_s[j]} \int_{t_s[j]}^{t_s[j+1]} \beta(t) P_\alpha(t) dt \quad (10)$$

T_s нь Синтетик ярианы үе бол альфа нь хугацааг өөрчлөх хэмжээс бөгөөд бетта нь питчийг өөрчлөх хэмжээс юм. Оролтод өгсөн ярианы дохионы хувьд альфа ба бетта өөрчлөгдөөгүй буюу 1 гэсэн утгатай гэж үзсэн. Зураг 6-д Оролт ба гаралтын дохионы өөрчлөлтийг харуулав. [4].



Зураг 6. Оролт ба гаралтын дохионы өөрчлөлт

Зураг 6-д Ханнинг цонхыг ашиглахдаа

$$x_m(n) = h_m(t_m - n)x(n) \quad (11)$$

тэгшитгэлийг ашигласан ба оролтод өгсөн ярианы дохио ба гаралтад гарсан ярианы дохио хүртэлх зураглалыг харуулсан бөгөөд энэ нь питчийн хоёр үеийн хоорондох интервалыг хамарсан [4].

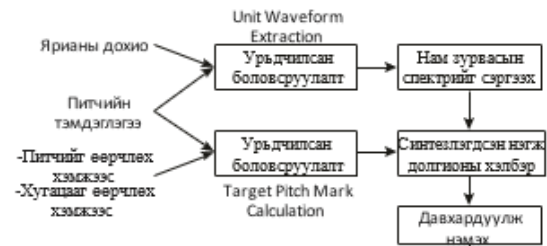
$T_a[i]$ буюу анализ хийгдсэн ярианы дохионы хугацааг $T_s[j]$ өөрчлөх ярианы дохионы хэмжээсээр солино, $X_i[n]$ анализ хийгдсэн ярианы дохионы питчийн

үеийг $Y_i[n]$ буюу өөрчлөх дохионы питчийн хэмжээсээр солино.

$$y[n] = \sum_{i=-\infty}^{\infty} y_i(n - t_s[i]) \quad [12]$$

A. A. TD-PSOLA хэрэгжүүлэлт

Энэхүү судалгаанд бид питч, хугацааны хэмжээсийн өөрчлөлт хийхийн тулд TD-PSOLA алгоритмыг хэрэгжүүлсэн. Өөрчлөгдсөн ярианы дохио нь оролтын ярианы дохиотой ижил спектрийн шинж чанартай байх боловч өөр питч эсвэл хугацааны хэмжээстэй байх ёстой. Хэрэгжүүлэх ерөнхий алхмуудыг зураг 7-д блок диаграмм хэлбэрээр харууллаа.



Зураг 7. TD-PSOLA алгоритмын хэрэгжүүлэлт

V. НАМ ЗУРВАСЫН СПЕКТРИЙГ СЭРГЭЭХ

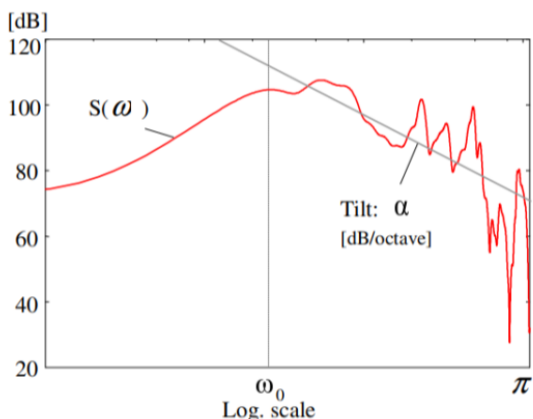
Нэгж долгионы хэлбэрийг хугацааны домэйд өөрчилдөг тул түүний давтамжийн домэйны зарим параметрууд гажуудсан байдаг. Энэ нь өөрчлөгдсөн ярианы ойлголтыг гажуудуулахад хүргэдэг. Энэхүү гажуудлыг шийдвэрлэхийн тулд питчийг доош нь өөрчлөхөд нам зурвас бүхий F_0 гармоник бүрэлдэхүүн хэсгүүдийг сэргээн босгоход Мочизуки, Кобаяши нарын санал болгосон спектрийг сэргээн босгох аргыг хэрэглэсэн [5].

Зураг 8-д нам зурвасын спектрийг сэргээх алгоритмыг ерөнхий алхмуудыг харуулсан блок диаграмм хэлбэрээр дүрслэв.



Зураг 8. Нам зурвасын спектрийг сэргээх алгоритм

Спектрийн сэргээн босголтын үйл явцыг нэгж долгионы хэлбэр тус бүр дээр гүйцэтгэдэг.



Автокорреляцийн аргаар тодорхойлсон питч тэмдгүүдийн дагуу нэгж долгионы хэлбэрийг гаргаж авдаг. Зураг 9-д үзүүлсний дагуу спектрийн хазайлтын коэффициент α [дБ/окт] -ийг хамгийн бага дундаж квадрат алгоритм ашиглан тооцоолсон болно.

Зураг 9. Спектрийн хазайлтын тооцоолол

F_0 -оос бага зурвасын спектрийн хүрээний мэдээлэл найдваргүй тул хазайлтыг тооцоолоход F_0 ба $F_s/2$ -ийн хоорондох спектрийн хүрээг ашигладаг (F_s нь түүвэрлэх давтамж юм). Спектрийн хазайлтын коэффициент α -г тэгшитгэл 13-аар илэрхийлнэ.

$$\alpha = \frac{\sum_{\omega_i \in \Omega} \log_2 \frac{\omega_i}{\omega} \ln \frac{|S(\omega_i)|}{|S(\omega)|}}{\sum_{\omega_i \in \Omega} (\log_2 \frac{\omega_i}{\omega})^2} \quad (13)$$

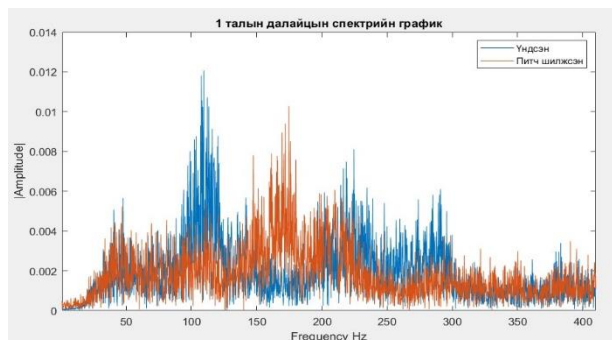
Тэгшитгэл 13-т $\Omega = \omega_i / \omega_0 < \omega_i < \pi$ бол ω_0 нь F_0 давтамжтай оригинал дохионы өнцөг давтамж, $\bar{\omega}$ нь өнцөг давтамжийн дундаж утга ба $\overline{S(\omega)}$ нь спектрийн далайцын дундаж утга юм. Сэргээгдсэн спектрийн хүрээ $S'(\omega)$ буюу Ханнинг цонхны давтамжийн характеристик бүхий шугаман спектрийг эргүүлж сэргээн босгох алхмыг дараах тэгшитгэлээр тодорхойлно (14):

$$s'(\omega) = \begin{cases} \sum_{i=1}^N A_i \frac{|W_i(\omega)|}{W_{max_i}}, & W < \omega'_0 N \\ S(\omega), & \omega' N \leq \omega \end{cases} \quad (14)$$

Энд, $W_{max_i} = \max |W_i(\omega)|$, $N = \lfloor \frac{\omega_0}{\omega_0} + 1 \rfloor$ байна. ω_0 нь F_0 давтамжтай оригинал дохионы өнцөг давтамж, i нь ω_0 ийн индекс, A_i нь i дугаар спектрийн далайцын утга, $W_i(\omega)$ нь цонхны функцийн давтамжийн характеристик юм.

F_0 ба спектрийн хазайлтын утгуудын хооронд харилцан хамаарал байхгүй. Үүний үр дүнд нэгж долгионы хэлбэр бүрийн спектрийн хазайлтыг F_0 -ийг өөрчлөх алхмаас үл хамааран анхны утгаар нь хадгалах хэрэгтэй. Эдгээрийг харгалзан A_i зорилтот спектрийн далайцыг дараах тэгшитгэлээр (15) тодорхойлно.

$$A_i = \begin{cases} e^{\left[\alpha \log_2 \left(\frac{i \omega'_0}{\omega_0} \right) \right]} S(\omega_0), & i < \frac{\omega_0}{\omega'_0} \\ S(i \omega'_0), & \omega_0 / \omega'_0 \leq i \end{cases} \quad (15)$$



Зураг 10. Питч давтамжийг дээшээ буюу баруун тийш шилжүүлэлт хийсэн үр дүн

VI. ҮР ДҮН

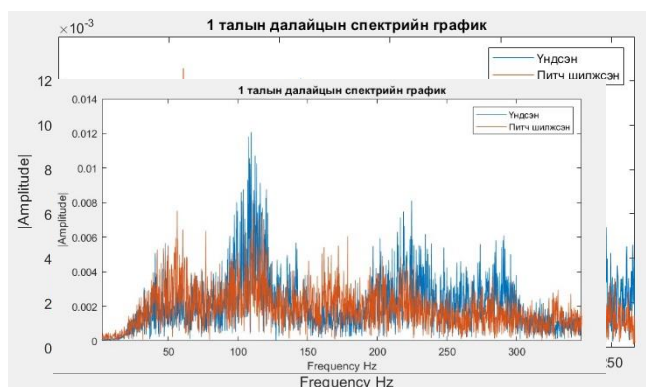
Энэхүү судалгааны ажлаар питч шилжүүлэлтийн арга дээр суурилсан хүний дуу хоолойг хувиргах алгоритмыг МАТЛАБ программ хангамж ашиглан хэрэгжүүлсэн. Зураг 10-д оригинал ярианы дохио болон питчийг дээш шилжүүлэхэд гарсан ярианы дохионы далайцын спектрийн графикийг харуулсан.

Эсрэгээрээ доош шилжүүлсэн үеийн ярианы дохионы далайцын спектрийн графикийг зураг 11-д үзүүлсэн. Питчийг доош шилжүүлэх үед далайцын спектрийн чанар муудсан байгааг харж болно. Зураг 12-т доош чиглэлтэй питч шилжүүлэлт хийхэд үүссэн алдааг нам зурвасын спектрийг сэргээх алгоритм ашиглаж гаралтын дохионы чанарыг сайжруулсан үр дүнг харуулав.

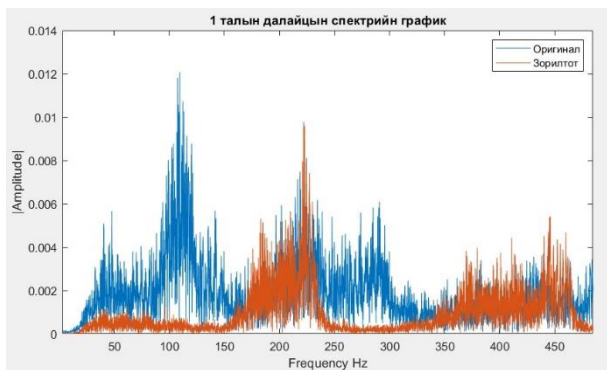
Судалгааныхаа ажилд өөрийн бичиж авсан эрэгтэй том хүн болон эрэгтэй хүүхдийн яриаг ашиглаж дуу хоолой хувиргалтын алгоритмаа туршиж үзсэн. Зураг 13-т хувиргах гэж буй оригинал яриа болон

Зураг 11. Питчийн доош шилжилтийн хувьд нам зурвасын спектрийг сэргээх алгоритмыг хэрэгжүүлсэн үр дүн

хувиргахыг зорьж буй зорилтот ярианы далайцын спектрийг харуулсан.



Зураг 12. Спектрийн хазайлтын тооцоолол

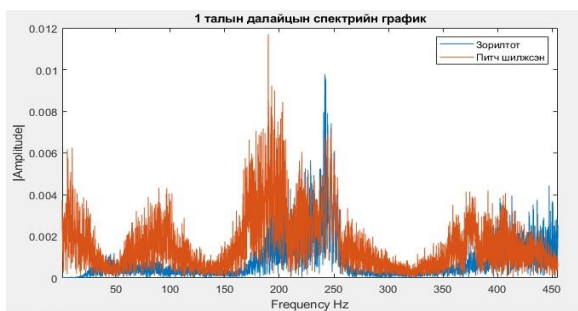


Энд оригинал буюу эрэгтэй том хүний яриа нь

Зураг 13. Оригинал болон зорилтот ярианы дохионы далайцын спектрийн графикууд

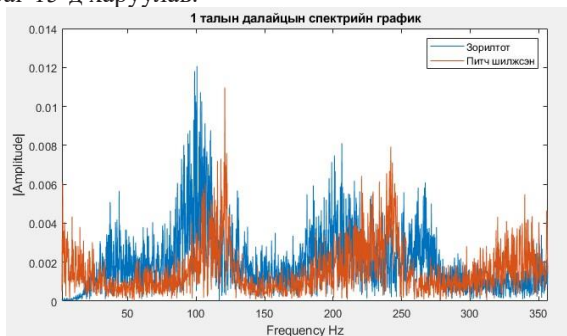
дунджаар 110 герцийн питч давтамжтай бол зорилтот эрэгтэй хүүхдийн яриа маань дунджаар 208 герцийн питч давтамжтай байсан. TDPSOLA алгоритмыг ашиглаж оригинал ярианы питчийг зорилтот яриа руу шилжүүлэхэд оригинал ярианы маань питч давтамж дунджаар 198 герц болсон. Зураг 16-т харуулав.

Зураг 14. Зорилтот болон дээш чиглэсэн питч шилжилт хийсэн



ярианы дохионы далайцын спектрийн графикууд

Эсрэг тохиолдолд хүүхдийн яриаг том хүний яриа руу буюу доош чиглэлтэй питч шилжүүлэлт хийхэд хүүхдийн ярианы питч давтамж маань 100 герц болсон. Зураг 15-д харуулав.



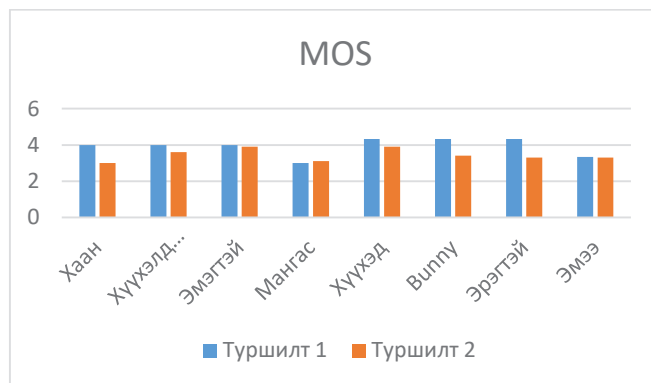
Зураг 15. Зорилтот болон доош чиглэсэн питч шилжилт хийсэн ярианы дохионы далайцын спектрийн графикууд

Эндээс үзвэл питчийг дээш болон доош шилжүүлэх үед ойролцоогоор 95%ийн амжилттай шилжүүлсэн.

A. MOS үнэлгээ

Оригинал спектрийн дуу хоолойг зорилтот спектрийн дуу хоолой руу шилжүүлсний дараа subjective evaluation

ашиглаж үнэлгээ хийсэн. Оригинал дуу хоолойг 8-н дуу хоолой руу хувиргасан бөгөөд энэ үр дүн дээрээ хэр ижил төстэй байгааг MOS-оор тооцооллоо.



VII. Дүгнэлт

Бид ярианы дохионы питч ба хугацааны хэмжээсийг өөрчлөх замаар нэг хүний хоолойг нийт 10 хоолойнд хувиргах туршилтыг хийсэн. Жишээ нь эмэгтэйтэйгээ эрэгтэй, эрэгтэй хүүхэд, эмэгтэй хүүхэд, эмээ, хаан, хүүхэдэйн киноны баатар гэх мэт хоолой руу хувиргасан. Бид нарын ашигласан алгоритмын хувьд питчийг дурын байрлалд давтамж руу хөрвүүлэх боломжтой бөгөөд сул тал нь далайцын утгууд бага буюу сул утгуудтай гарч байгаа. Ярианы дохионы далайцын утгууд нь тембрт нөлөө үзүүлдэг. Иймээс далайцын утгуудыг сэргээж дууны чанарыг сайжруулсан. Нам зурвасын спектрийг сэргээх алгоритм ашиглаж питчийн давтамжийг доош чиглэлтэй өөрчлөх үеийн чанарыг сайжруулсан. Мөн энэхүү судалгааны үр дүнгээ демо хэлбэрээр загварчилж, дуу хоолой хувиргагч программын туршилтын хувилбарыг asterisk программ хангамж ашиглан хийсэн.

VIII. АШИГЛАСАН НОМ

- [1] KONDOZ, A. M. : Digital Speech, Coding for Low Bit Rate Communication Systems, Wiley, 2004.
- [2] Allam Mousa: "Voice conversion using pitch shifting algorithm by time stretching with PSOLA and Resampling", Journal of ELECTRICAL ENGINEERING, VOL. 61, NO. 1, 2010, 57–61.
- [3] JAU-HUNG CHEN—YUNG-AN KAO : Pitch Marking Based on an Adaptable Filter and a Peak-Valley Estimation Method, Computational Linguistics and Chinese Language Processing 6 No. 2 (Feb 2001), 1–12.
- [4] NGUYEN TIEN DUNG and NGUYEN DINH HAI : "Time-Domain Pitch and Time Scale Modification of Speech Signal", School of Computing, National University of Singapore
- [5] Ryo MOCHIZUKI and Tetsunori KOBAYASHI : "A LOW- BAND SPECTRUM ENVELOPE MODELING FOR HIGH QUALITY PITCH MODIFICATION", Department of Computer Science, Waseda University 3-4-1 Okubo, Shinjuku, Tokyo 169-8555, Japan Matsushita Electric Industrial Co.,Ltd. 600 Saedo-cho, Tsuzuki-ku, Yokohama 224-8539, Japan.

Флайбак хувиргуур ашигласан батерей модуль баланслах төхөөрөмжийн судалгаа, симуляцийн ҮР ДҮН

Б.Тамир
Электроник, Холбооны
Инженерчлэлийн Тэнхим
Хэрэглээний Шинжлэх Ухаан,
Инженерчлэлийн Сургууль,
Монгол Улсын Их Сургууль
Улаанбаатар, Монгол
tamir_976@yahoo.com

М.Баярпүрэв
Электроник, Холбооны
Инженерчлэлийн Тэнхим
Хэрэглээний Шинжлэх Ухаан,
Инженерчлэлийн Сургууль,
Монгол Улсын Их Сургууль
Улаанбаатар, Монгол
bayarpurev@num.edu.mn

Б.Төрмандах
Электроник, Холбооны
Инженерчлэлийн Тэнхим
Хэрэглээний Шинжлэх Ухаан,
Инженерчлэлийн Сургууль,
Монгол Улсын Их Сургууль
Улаанбаатар, Монгол
turmandakh@num.edu.mn

Хураангуй — Цахилгаан эрчим хүчийг хуримтлуулах технологи нь дан ганц цахилгааны салбарт бус мөн тээврийн салбарт маш чухал ач холбогдолтой болоод буй. Эрчим хүчний хуримтлуурын олон төрлийн технологиуд дундаас бидний нийтлэг ашигладаг технологиор батерей буюу цэнэг хураагуурыг нэрлэж болох юм. Тус судалгааны ажлын хүрээнд хосолмол хөдөлгүүр бүхий автомашинд өргөн ашиглагддаг Никель Метал батерейнд зориулсан баланслах төхөөрөмжийг авч үзнэ. Цаашлаад, флайбак хувиргуур ашигласан баланслах төхөөрөмжийг түүний удирдлагын системийн хамт танилцуулж, симуляцийн программ хангамжийн тусламжтайгаар ажиллагаанд дүн шинжилгээ хийнэ.

Түлхүүр үгс—Батерей, Цэнэг хураагуур, Батерей менежмент систем (BMS), Флайбак хувиргуур.

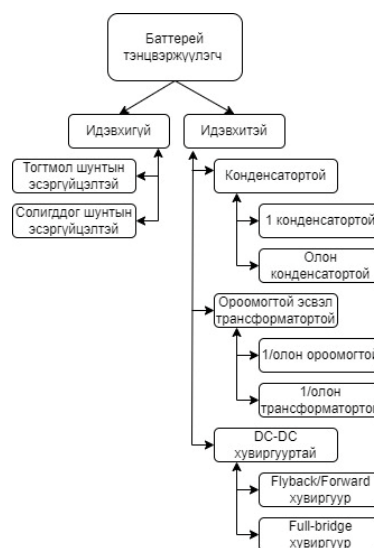
I. УДИРТГАЛ

Дахин цэнэглэгдэх чадвартай баттерейны технологи нь цахилгаан машины цэнэг хадгалах болон моторын ажиллагааны эрчим хүчний хэрэглээнд чухал үүрэг гүйцэтгэдэг сэргээгдэх эрчим хүчний систем юм. Баттерей нь дахин цэнэглэгддэг болон цэнэглэгддэггүй гэсэн 2 төрөл байгаа ба тодорхойлбол дахин цэнэглэгдэх баттерейны хэрэглээ нь дан ганц цахилгаан машинаар хязгаарлагдахгүй бөгөөд бидний өдөр тутмын амьдралын хэрэгцээнд зайлшгүй хэрэгтэй технологи болж байгаа билээ.

Одоогоор дэлхийд Никель суурьтай, Литиум суурьтай гэсэн 2 төрлийн баттерейний технологи илүү түлхүү хэрэглэгдэж байгаа ба тус тусын давуу тал болон сул талтай юм. 2001 оноос хойш, Никель металлын эрлийз (NiMH) батерейг өргөнөөр ашиглаж байгаа ба хэд хэдэн Hybrid машины цахилгаан эрчим хүчний эх үүсвэр болгон Toyota Prius, Honda зэрэг автомашинуудад ашиглаж байгаа[4]. Энэ 2 төрлийн баттерейг хүчдэл, температур, энергийн нягт зэрэг хүчин зүйлүүдээр харьцуулж болох бөгөөд литиум суурьтай баттерей нь энергийн нягт ихтэй, хөнгөн учир олон гар утас, цахилгаан машинд түлхүү хэрэглэдэг билээ. Гэвч никель суурьтай баттерей нь температурын хувь болон хүчдийн түвшин нь бага учир литиум баттерейнаас удаан хэрэглээтэй байдаг байна. Гэвч цэнэгийн хуримтлалаас болж баттерейний цэнэглэх циклүүд, NiMH баттерейны цэнэгийн байдлыг эрс муутгадаг, үр дүнд нь хүчин чадал буурч, наслалт богиносдог. Иймээс тухайн баттерейны параметруудийг хянах, өөр хоорондын цэнэгийг ижил

түвшинд барих шаардлагатай бөгөөд BMS буюу баттерей менежмент систем тавигдах ёстой билээ.

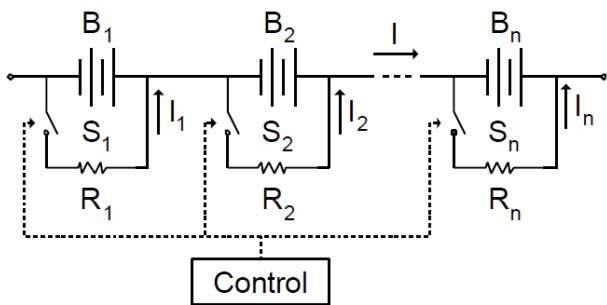
Энэхүү 2 функцээс мониторинг хийж хэмжиж авсан параметрууд дээр тулгуурлан баттерейны цэнэгийг баланслагч функц нь одоогоор дотроо идэвхтэй болон идэвхгүй гэж ангиллаж байгаа юм. Зураг 1-т баттерей баланслагчийн дэлгэрэнгүй ангиллыг харуулав.



Зураг 1. Баттерей тэнцвэржүүлэгчийн ангилал

Баттерейны цэнэгийн түвшинг тэнцвэржүүлэгч аргууд

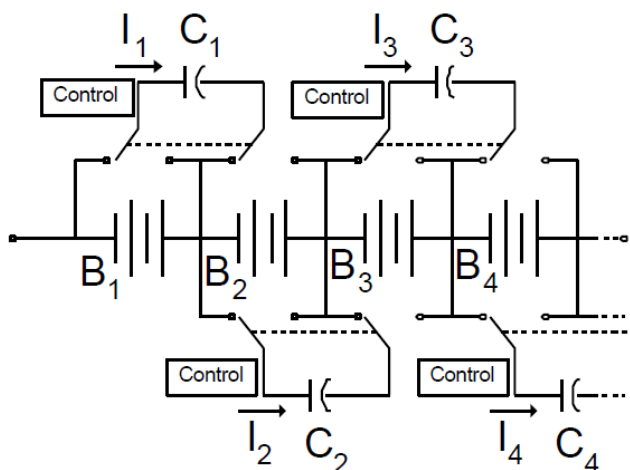
Идэвхгүй тэнцвэржүүлэгч арга нь баттерейны цэнэгийн түвшинг хэмжсэний дараагаар эсэргүүцэл ашиглан илүүдэл цэнэгтэй байгаа баттерейны цэнэгийг хамгийн бага цэнэгтэй баттерейтэй адил түвшин хүртэл цэнэгийг алдуулах зарчмаар энергийг эсэргүүцэл дээр унагааж ажилдаг арга юм [1]. Зураг 2-т эсэргүүцэлтэй идэвхгүй тэнцвэржүүлэгч хэлхээг харуулав.



Зураг 2. Идэвхгүй тэнцвэржүүлэгч хэлхээ

Эсэргүүцэлтэй тэнцвэржүүлэгч аргын сул тал нь их хэмжээний энерги сарниулах эсэргүүцэл шаардлагатай, өндөр гүйдлийн түлхүүр, дулааны удирдлагын шаардлага зэрэг зүйлүүд эрсдэлтэй байдаг. Энэ арга нь ихэвчлэн жижиг цэнэгийн гүйдлээр цэнэглэгддэг системд илүү тохиромжтой.

Идэвхтэй тэнцвэржүүлэгч арга илүү цэнэгтэй баттерейны цэнэгийг баттерей хооронд зөөх эсвэл конденсаторт зөөх зарчмаар энергийг гадагшлуулахгүйгээр ашиглах арга юм [3]. Зураг 3-т олон конденсаторт идэвхтэй баланслагч хэлхээг харуулав.

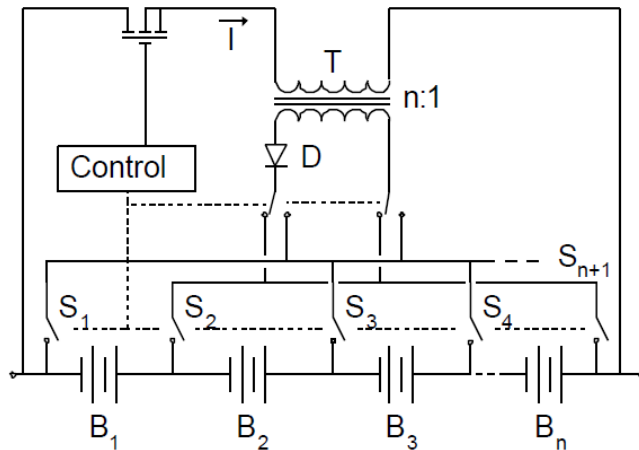


Зураг 3. Идэвхтэй баланслагч, олон конденсаторт хэлхээ

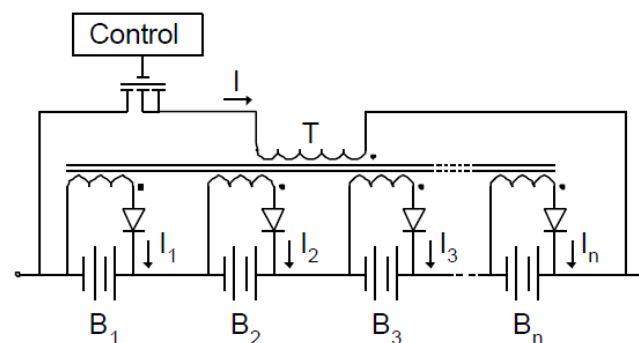
Үүнд ухаалаг удирдлага шаарддаггүй бөгөөд цэнэглэх, цэнэг алдах (хөнгөн ачааллын гүйдлийн үед) өндөр үр ашигтай ажиллах боломжтой. Олон конденсаторын хэлхээний сул тал нь тэнцвэржүүлэх хугацаа харьцангуй урт бөгөөд шунт эсэргүүцлийн баланслагч аргаас илүү үнэтэй байдаг.

Цахилгааны энергийг хувиргах төхөөрөмжийг ашиглан баттерейны баланслалтанд ашигладаг. Энэ нь баттерейнаас энергийг шилжүүлэхдээ индуктор эсвэл трансформатор ашиглан баттерей модул болон баттерей эсвэл баттерей модуль руу шилжүүлэх гэсэн зарчмаар ажилладаг. Хоёр цахилгааны энергийг хувиргах аргууд нь түлхүүрт трансформатор [1] зураг 4-т 1 трансформатортой баланслагч хэлхээг зураг 5-т дундын трансформатортой хэлхээ юм [1]. Түлхүүрт трансформаторын арга нь конденсаторын аргатай ижил төстэй ажиллагаатай. Гүйдэл I-ийг цуваа холбогдсон баттерей модулиас авч, трансформатор руу T шилжүүлдэг. Трансформаторын гаралтыг диод D-ээр

дамжуулж, B_n нүдэнд хүргэгдсэн түлхүүрүүдийн S тохиргоогоор тодорхойлогддог. Түлхүүрүүдийг тохируулах контроллер байх шаардлагатай. Энэ арга нь өртөг багатай ба баттерейг хурдан тэнцвэржүүлж чаддагаараа давуу талтай. Сул талын хувьд комплекс систем бөгөөд удирдлага хийх олон элементүүдтэй, түлхүүрүүд дээрх алдагдал болон соронзон алдагдал нь сул тал болдог.



Зураг 4. 1 Трансформатортой баланслагч хэлхээ



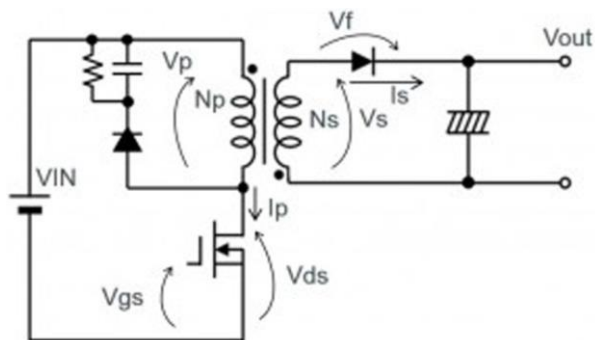
Зураг 5. Дундын трансформатортой хэлхээ

Идэвхтэй баттерей баланслагч нь ашигт үйлийн коэффициентоор идэвхгүй баланслагч илүү учир энэхүү аргыг ашиглах нь илүү үр дүнтэй бөгөөд цахилгаан машин болон хосолсон хөдөлгүүрт машинд хэрэглэдэг. Гэвч олон баттерей баланслахад илүү хурдан бөгөөд 1 баттерей болгоныг баланслах нь илүү үр дүнтэй ба тусгаарлагдсан флайбак хувиргуур буюу 1 трансформатортой хэлхээг энэхүү судалгаандаа сонгон симуляци хийсэн байгаа.

II. САНАЛ БОЛГОЖ БУЙ БАЛАНСЛАХ ТӨХӨӨРӨМЖ

A. Цахилгаан тусгаарлагчтай флайбак хувиргуур

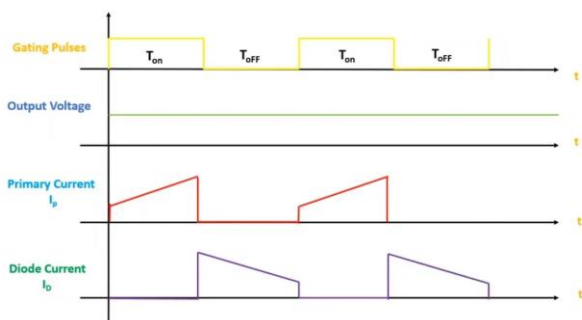
Флайбак хувиргуур нь гүйдэл дамжин өнгөрөх үед энергийг хуримтлуулахын тулд харилцан холбогдсон индукторыг ашигладаг цахилгаан тэжээлийн топологи юм. Флайбак хувиргуур нь архитектур болон гүйцэтгэлийн хувьд өдөөгч хөрвүүлэгчтэй төстэй юм. Гэсэн хэдий ч трансформаторын анхдагч ороомог нь индукторыг орлуулдаг бол хоёрдогч нь гаралтыг өгдөг. Флайбакийн анхдагч ба хоёрдогч ороомгийг хоёр тусдаа индуктор болгон ашигладаг [5] Зураг 6-т флайбак хувиргуурын хэлхээг харуулав.



Зураг 6. Флайбак хувиргуурын хэлхээ

Ажиллагааны зарчим нь ердийн хэрэглээнд транзистор гэх мэт хагас дамжуулагч төхөөрөмжийг PWM дохиогоор асааж, унтраадаг. Трансформаторын туйлшрал нь ихэвчлэн урвуу байдаг тул транзистор асаалттай үед анхдагч ороомогт гүйдэл урсдаг боловч хоёрдогч диод нь урвуу чиглэлтэй бөгөөд энэ ороомог дотор гүйдэл урсдаггүй. Эрчим хүч нь MOSFET унтрах хүртэл трансформаторт хадгалагдана. Хадгалсан энерги нь диодыг урагш чиглүүлдэг гүйдлийг үүсгэдэг бөгөөд энэ нь тогтмол гүйдлийн гаралт үүсгэхийн тулд үүнийг шулуутгадаг.

Гаралтын хүчдэл нь тогтмол гүйдлийн хүчдэл шиг харагдах боловч практик дээр бидэнд конденсаторын цэнэглэх, цэнэг алдах шинж чанараас шалтгаалан ripple-тэй байдаг. Үүнийг тохиромжтой конденсатор ашиглан багасгаж болно. Тиймээс бид тогтмол хүчдэл авахын тулд ихэвчлэн өндөр утгатай конденсатор ашигладаг [6]. Зураг 7-д флайбак хувиргуурын долгионы графикийг харуулав.



Зураг 7. Флайбак хувиргуурын график

Эхний ороомгоор гүйх гүйдэл нь эхлээд түлхүүр залгагдсан үед нэмэгдэж, түлхүүр салгагдах үед хэлхээ задгай болж гүйдэл буурч тэг болно.

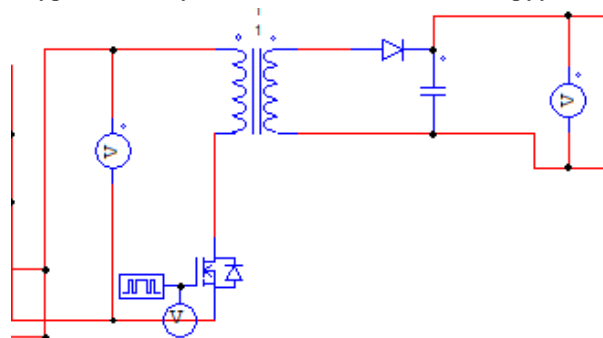
Түлхүүр залгагдах үед диод болон хоёрдогч ороомгоор гүйх гүйдэл нь эхлээд ижил байна, учир нь диод нь урвуу чиглэлтэй байх ба түлхүүр унтрах үед гүйдэл нэмэгдэж эхлэх бөгөөд энэ үйл явц хугацааны мөчлөгийн дагуу давтагдана.

Флайбак хувиргуурын давуу талууд:

- Оролт нь гаралтаас тусгаарлагдсан
- Олон гаралтын хүчдэлийг нийлүүлэх чадвартай, бүгд оролтоос тусгаарлагдсан.
- Нэг удирдлагаар олон гаралтын хүчдэлийг зохицуулах чадвартай
- Олон оролтын хүчдэл дээр ажиллах боломжтой

- Флайбак хувиргуур нь маш цөөн тооны элемент ашигладаг

Зураг 8-д симуляцид ашигласан хэлхээг харуулав



Зураг 8. Флайбак хувиргуур симуляцид ашигласан байдал

III. ТООЦООЛОЛ

Энэ хэлхээний ажиллах хурд нь 50kHz хүртэл давтамжид ажиллах чадалтай. Ороомгийн харьцаа, ажлын мөчлөг, анхдагч ба хоёрдогч ороомгийн гүйдлийн гүйдлийн хувиргуурын дизайны тооцоог авч үзэх шаардлагатай. Учир нь эргэлтийн харьцаа нь анхдагч болон хоёрдогч ороомгоор урсах гүйдэл, мөн ажлын мөчлөгт нөлөөлж болно. Эргэлтийн харьцаа өндөр байвал ажлын мөчлөг нь өндөр болж, анхдагч болон хоёрдогч ороомгоор дамжих гүйдэл буурдаг [5].

MOSFET транзистор нээлттэй үед:

$$V_{in} - V_L - V_s = 0 \tag{1}$$

V_{in} – Оролтын хүчдэл

V_L – Ороомог дээр унах хүчдэл

V_s – Гаралтын хүчдэл

Симуляци дээр трансформатор, диод зэргийг идеал түвшинд тооцоолсон тул $V_s = 0$ болно.

$$V_{in} - V_L = 0 \tag{2}$$

$$V_{in} = V_L \tag{3}$$

$$V_L = L_p * di/dt \tag{4}$$

$$V_{in} - V_L - V_s = 0 \tag{5}$$

L_p – анхдагч ороомгийн индукцлэл

$$di = \left(\frac{V_L}{L_p}\right) * dt \tag{6}$$

$$V_{in} = V_L \tag{7}$$

$$di = \left(\frac{V_{in}}{L_p}\right) * dt \tag{8}$$

2 талыг интегралчилсны дараа анхны ороомог дээрх гүйдэл нь:

$$I_p = \left(\frac{V_{in}}{L_p}\right) * T_{on} \tag{9}$$

T_{on} – Нээлттэй байх үеийн хугацаа

Ороомог дээрх индукцлэгдсэн нийт энерги нь:

$$E_p = 0.5 * I_p^2 * L_p \tag{10}$$

MOSFET транзистор хаалттай үед:

$$V_{ps} - VD - V_{out} = 0 \tag{11}$$

$$VD = 0 \tag{12}$$

$$V_{Ls} - V_{out} = 0 \tag{13}$$

$$V_{Ls} = V_{out} \tag{14}$$

$$V_L = L_s * di/dt \tag{15}$$

$$di = \left(\frac{V_{out}}{L_s}\right) * dt \tag{16}$$

2 талыг интегралчилсны дараа хоёрдогч ороомог дээрх гүйдэл нь:

$$I_s = \left(\frac{V_s}{L_s}\right) * (T - T_{on}) \tag{17}$$

Нийт хоёрдогч ороомогт дамжсан энерги нь:

$$E_s = 0.5 \left[\left(\frac{V_s}{L_s}\right) * (T - T_{on})\right]^2 * L_s \tag{18}$$

Duty cycle нь

D = 50% буюу 0.5 гэж үзсэн байгаа учир 2 баттерейны хувьд хүчдэлийн тэнцвэржүүлэлт нь хүчдэлүүдийн дундаж дээр байна гэж тооцоолж болно.

$$V_1 = 1.6v \quad V_2 = 1.2v$$

$$V_{avg} = \frac{1.6v + 1.2v}{2} = 1.4v \text{ дээр тэнцвэржинэ гэсэн үг юм.}$$

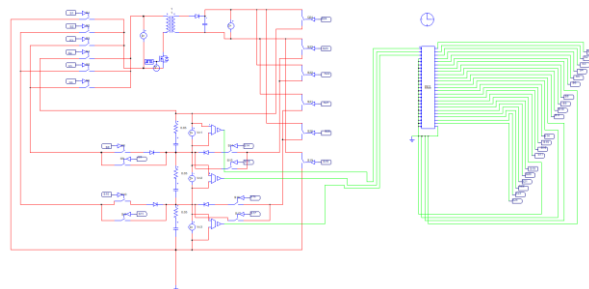
IV. СИМУЛЯЦИЙН ҮР ДҮН

Тусгаарлагдсан флайбак хувиргуур ашиглан 3 баттерей моделиг тэнцвэржүүлсэн. PSIM программын тусламжтайгаар дараах үр дүнгүүдийг гаргасан. Баттерейг моделлохдоо энгийн конденсатороор орлуулж түүнтэй эсэргүүцэл буюу дотоод эсэргүүцлийг цуваа холбож моделчилсон байгааг Зураг 9-д харуулав.



Зураг 9. Баттерей модель

Зураг 10-г симуляци хийсэн хэлхээг харуулав.



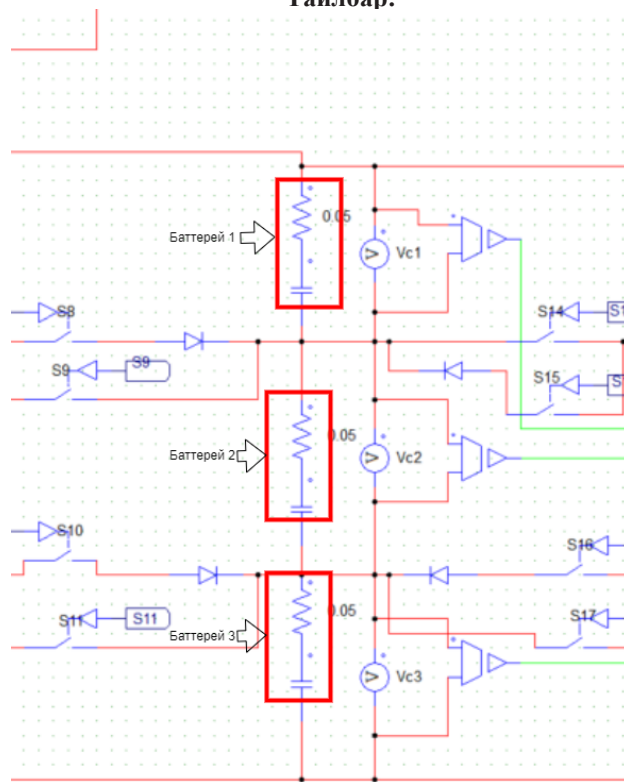
Зураг 10. Симуляци хийсэн хэлхээ

Сонгосон параметрууд:

ХҮСНЭГТ 1. БАТТЕРЕЙНД СОНГОЖ АВСАН УТГУУД

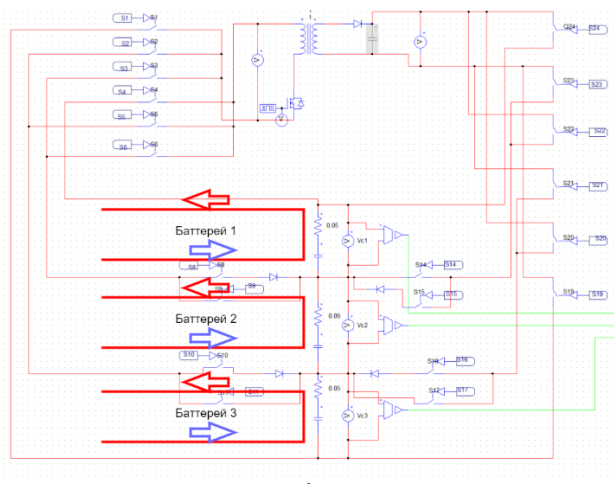
Нэр	Цэнэгийн багтаамж	Хүчдэл	Эсэргүйцэл
Battery 1	0.7F	3.9V	0.05ом
Battery 2	0.7F	3.7V	0.05ом
Battery 3	0.7F	3.2V	0.05ом

Тайлбар:



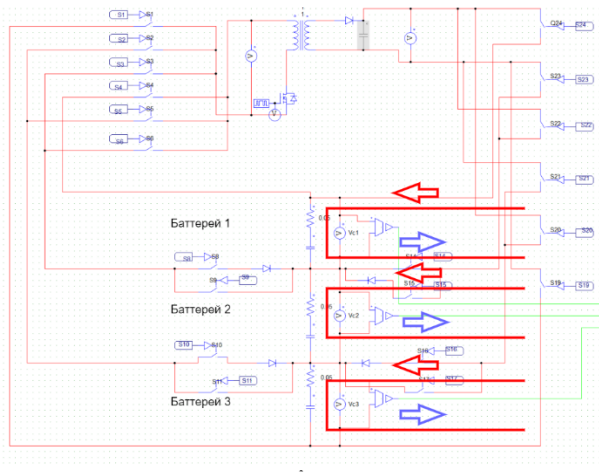
Зураг 11. Симуляцийн хэлхээний тайлбар баттерей модель

Хэлхээний анхдагч ороомогт илүү хүчдэлтэй байгаа баттерейг ээлж дараалан холбох буюу цэнэг алдуулах холболтыг Зураг 12-т харуулав.

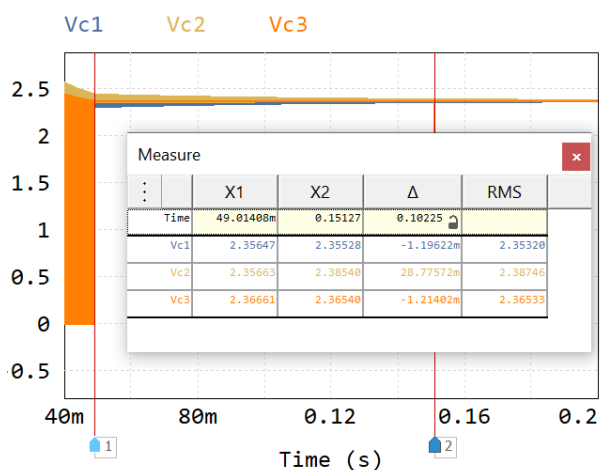


Зураг 12. Цэнэг алдуулах горим

Хэлхээний хоёрдогч ороомогт бага хүчдэлтэй байгаа баттерейг ээлж дараалан холбох буюу цэнэглэх холболтыг зураг 13-т харуулав.

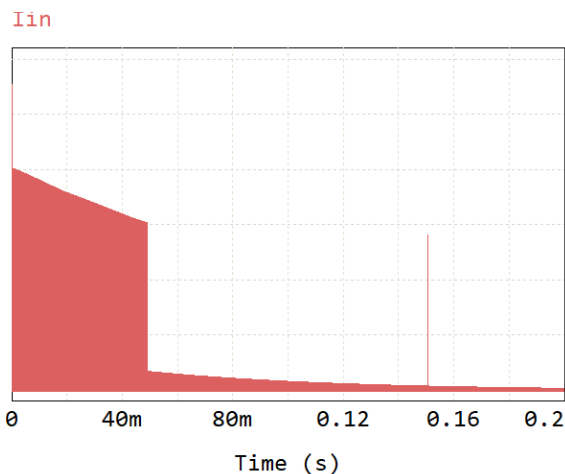


Зураг 13. Цэнэглэх горим

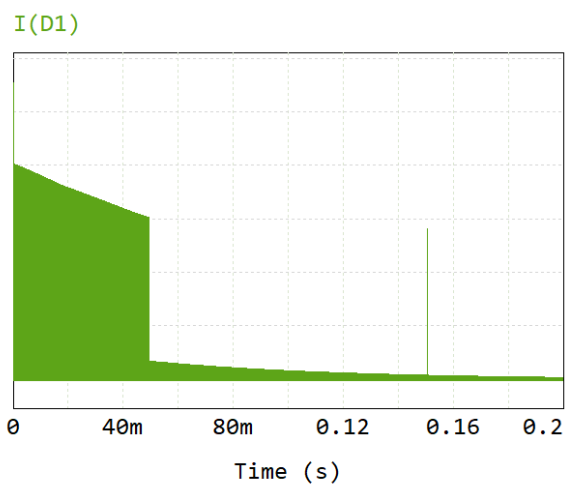


Зураг 14. Баттерей балансласан байдал.

Графикаас харахад 0.15 секундэд амжилттай балансласан байна.



Зураг 15. Анхдагч ороомгоор гүйх гүйдэл



Зураг 16. Хоёрдогч ороомгоор гүйх гүйдэл

V. ДҮГНЭЛТ

Энэхүү судалгаанд тусгаарлагдсан флайбак хувиргуур ашиглагдсан ба энэ нь баттерейны энергийг 1-ээс нөгөө рүү зөөх зарчмаар цэнэгийг тэнцвэржүүлэх арга юм. Үүнийг PSIM симуляци программ ашиглан хэлхээг угсарч 3 баттерейны хувь туршиж судалсны үндэс дээр амжилттай тэнцвэржүүлж чадсан ба хугацааны хувьд 0.2 секундэд тэнцвэржүүлж чадсан. Тусгаарлагдсан флайбак хувиргуур нь цөөхөн элементээс бүрдсэн давуу талтай бөгөөд контроллэрын зарчим нь комплекс юм.

НОМ ЗҮЙ

- [1] N. Furukawa et al, "EV 24h Travel Distance Record Challenge," the 17th International Electric Vehicle Symposium (EVS-17), Montreal, Canada, 2000
- [2] Yao Sun, Yonglu Liu, Mei Su, Wenjing Xiong, and Jian Yang, "Review of Active Power Decoupling Topologies in Single-Phase Systems," IEEE Transaction on Power Electronics, vol. 21, No. 7, pp. 4778-4794, 2016.
- [3] Geon-Hong Min and Jung-Ik Ha, "Active Cell Balancing Algorithm for Serially Connected Li-Ion Batteries based on Power to Energy Ratio," 2017 IEEE Energy Conversion Congress and Exposition (ECCE), pp. 2748-2753, Cincinnati, OH, USA, 2017.
- [4] Turmandakh Bat-Orgil, Bayasgalan Dugarjav, Toshihisa Shimizu, "Battery Module Equalizer based on State of Charge Observation derived from Overall Voltage Variation" 2020 IEEE Journal of Industry Applications, 2020 Volume 9 Issue 5 pp. 584-596

- [5] Andrej Brandis, Denis Pelin, Danijel Topic, Bernard Tomasevic, “Active Li-ion battery charge balancing system based on Flyback Converter”
- [6] Yunlong Shang, Student Member, IEEE, Bing Xia, Student Member, IEEE, Chenghui Zhang, Member, IEEE, Naxin Cui, Member, IEEE, Jufeng Yang, Student Member, IEEE, “An Automatic Equalizer Based on Forward–Flyback Converter for Series-Connected Battery Strings”

3D Camera mouse through 3D motion estimation of a moving planar object in image sequences

Tserennadmid Tumurbaatar
Department of Information and Computer Science
National University of Mongolia
Ulaanbaatar, Mongolia

Abstract—With the 3D mouse, professional users can interact with virtual space more intuitively by positioning their 3D model or view and providing access to their favorite applications than with a 2D mouse. Furthermore, while working with a 3D mouse, the user can rotate the 3D model around each axis and translate it along each axis. Users can also use a 2D mouse for a more efficient combination of input devices. To contribute to its importance, we present an approach for providing 3D input of a 3D mouse by determining a moving object's 6-DOF (degree of freedom) motion in image sequences taken by a single camera without using additional specialized devices. To estimate 3D rotation and 3D translation parameters, firstly, we computed the homography matrix by using corresponding points. Secondly, we estimated 3D motion parameters from the homography matrix. Finally, the estimated motion parameters were integrated into a simple 3D mouse application as its 3D input for manipulating the 3D model in a virtual space, controlling the mouse cursor, and triggering mouse events. These procedures have been successfully implemented in real-time processing.

Index Terms – Motion estimation, correspondence point, moving object, 3D mouse.

I. INTRODUCTION

3D context is becoming an integral part of mainstream applications such as multimedia, animation, and games for optimal controlling of 3D objects in exploring the 3D world and reducing the time and cost of 3D projects. 3D user interfaces are all characterized by the input that involves 3D position (translation) or 3D orientation (rotation). In other words, the user's tasks are performed directly in the physical 3D context. 3D tracking is the key technology of 3D user interfaces to track object position and orientation relative to the camera.

The state-of-art techniques for 3D tracking have been developed in many different approaches to solving the same problem. Among those researches, the survey reviewed other techniques, comparisons, and approaches for 3D tracking using a single camera [1][22]. The camera's 6-DOF motion was estimated in real-time performance with parallel processing for augmented reality applications [2]-[4]. Camera pose estimation in real-time processing with GPU hardware [5] and 3D scene geometry from a single monocular image in real-time [6] were presented. The numerical and analytical methods for homography decomposition were introduced in detail [21]. The authors [7]-[12] also introduced efficient solutions to 3D pose estimation based on homography matrix through point correspondences for planar targets in augmented reality and robot control applications.

Many references to the 3D pose estimation and 3D mouse for direct manipulation in the 3D application and 3D user

interfaces with the specialized devices have been published. 3D hand motion and position estimation using an ultrasonic receiver array and inertial sensor [24], 3D human pose estimation with a single RGB camera [25], and 3D human pose estimation based on a high-quality heatmap [26] were presented. 3D mouse application was implemented by using dedicated devices such as a gyroscope sensor [13], one camera and a mirror instead of two cameras [14]-[15], IR depth sensors [16], an accelerometer placed on the user's hand [17], and position sensor [18].

Moreover, most previous works and current commercial methods offer specialized devices to sense 3D motion by incorporating powerful sensors such as accelerometers, gyroscopes, and GPS for 3D input. However, these still have limitations regarding the accuracy of the estimation in-depth dimension, the additional cost of dedicated devices, and robustness for real-time applications. We use a monocular web camera for a low-cost 3D mouse instead of other specialized devices since it is cheap and widely available. Furthermore, we believe hiring a single camera is more suitable for real-time computation as we can maintain one processing chain. In this paper, we investigated an approach for providing 3D input to a 3D mouse by determining the 3D motion of a moving object in real-time image sequences taken by a monocular camera. 3D motion parameters can be estimated by decomposing a homography matrix through point correspondences for all consecutive image frames. The correspondences have been commonly obtained through feature extraction and matching. The estimated 3D motion parameters are used to control a cursor movement, trigger mouse events, and manipulate a 3D model in virtual space as a 3D mouse. This paper is organized as follows. The mathematical model of the proposed method will be described in Section 2. The test dataset and results will be discussed in Section 3. The performance of the 3D mouse with the proposed method will be presented in Section 4.

II. RECOVERING 3D MOTION PARAMETERS FROM THE HOMOGRAPHY MATRIX

From this section, we begin to review the basic geometry of the proposed motion model and algorithm to determine the relative motion of a moving planar object in image sequences taken from a single camera.

The coordinate system is fixed on the camera with its origin O at the optical center. The image plane is located at a distance equal to the focal length. Let a point P_i on a 2D plane, π in 3D space. Suppose the optical center of the camera never passes through the plane π . $X_1 \in \mathbb{R}^3$ object space coordinate of a point P_1 moves to $X_2 \in \mathbb{R}^3$ object space coordinate of a point P_2 with respect to the camera coordinate system. A point

$P_i, i = 1, 2$ is projected at $x_1 \in \mathbb{R}^3$ image space coordinate of a point p_1 at time t_1 and at $x_2 \in \mathbb{R}^3$ image space coordinate of a point p_2 at time t_2 on the image plane, as shown in Fig. 1.

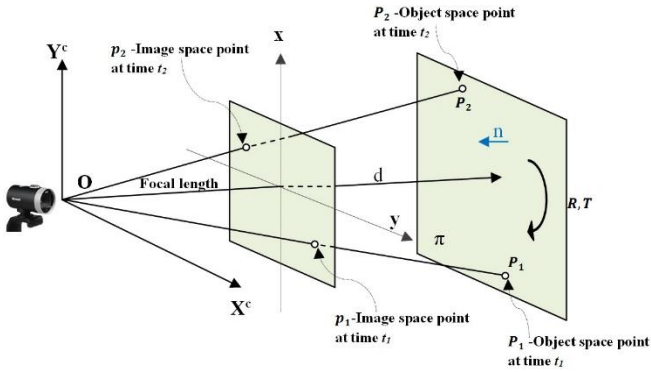


Fig. 1. Perspective geometry of imaging system for planar object.

Due to the rigid object motion, P_1 and P_2 are related by rotation matrix R and translational vector T :

$$X_2 = RX_1 + T \quad (1)$$

Then, we have

$$X_2 = RX_1 + T = RX_1 + T \frac{1}{d} N^T X_1 = \left(R + \frac{1}{d} TN^T \right) X_1. \quad (2)$$

$$H = \left(R + \frac{1}{d} TN^T \right) \in \mathbb{R}^{3 \times 3} \quad (3)$$

$N = [n_1, n_2, n_3]$ is the unit normal vector to the plane π , and $d > 0$ denotes the distance from the plane π to the camera's optical center. The matrix H is called the planar homography matrix, and represents a linear transformation from $X_1 \in \mathbb{R}^3$ to $X_2 \in \mathbb{R}^3$.

Since H depends on the motion parameters $\{R, T\}$ and the structure parameters $\{N, d\}$, we have homography mapping, induced by the plane π .

$$x_2 \sim Hx_1 \quad (4)$$

After recovering the H matrix from at least four point correspondences, we can decompose the matrix into its motion and structure parameters by SVD (Singular value decomposition) [19]-[21].

$$H = U\Sigma V^T \quad (5)$$

where, U and V are orthogonal matrices and a diagonal matrix Σ , which contains a singular value of H . Then, we obtain four solutions: two completely different solutions and their opposites for decomposing the H matrix.

$$\begin{aligned} RTN_1 &= \{R_1, T_1, N_1\}, & RTN_1^- &= \{-R_1, -T_1, -N_1\} \\ RTN_2 &= \{R_2, T_2, N_2\}, & RTN_2^- &= \{-R_2, -T_2, -N_2\} \end{aligned} \quad (6)$$

We impose the positive depth constraint to reduce the number of physically possible solutions, having $N^T e > 0, e = [0, 0, 1]^T$.

III. TEST DATASET AND PERFORMANCE OF 3D MOTION ESTIMATION

We implemented the proposed method with the C++ programming language, OpenCV library, and OpenGL graphic library. We estimated the 3D motion parameters of the moving object for two consecutive frames from a single camera, Microsoft LifeCam. Intrinsic parameters of the camera, such as focal length, the principal point, and lens distortion coefficients, are known by the camera calibration toolbox, GML.

Firstly, we capture an initial frame and extract a template region. Then feature points are computed for the extracted template region by using SIFT feature extractor. However, we focus on real-time processing after extraction of template region. Secondly, when a new frame of a moving object is captured, feature points of the new frame are extracted. Feature points of the new frame are matched with the feature points of the template region by a Brute Force matcher with eliminating outliers among the matched points based on RANSAC (Random Sample Consensus). Thirdly, when all processing steps of two consecutive frames are accumulated, the proposed methods defined in Section 2 are used to estimate motion parameters from the matched corresponding points. Finally, the estimated motion parameters are converted into 3D input for physical and virtual space interaction.

We captured video sequences for a moving object with 640×360 pixel resolution while changing object position in the front of the static camera along each axis and rotating around each axis across the field of view. The distance of the moving object is varied 300 mm closer to 700 mm away from the camera.

Translation of the object is varied up to 150 mm in x and y direction. The object's rotation around the z axis is varied up to 90 degrees. The object's rotation around x and y axes are varied up to 20 degrees. For this test analysis, we used thousands of image sequences of different textured objects. The accuracy of the estimated rotation parameters around each three-axis was analyzed by comparing true (known) rotation parameters through Root Mean Square (RMS), Absolute Mean, maximum, and minimum errors, as summarized in Table 1. The table shows that the errors are very small, and rotation results are accurate in a change of large motions.

TABLE I. COMPARISON OF ERROR ANALYSIS FOR ROTATIONS AROUND $x, y,$ AND z AXIS

Comparison of Maximum Error	
$\omega = 1^\circ$ to 20°	1.993
$\varphi = 1^\circ$ to 20°	1.731
$\kappa = 1^\circ$ to 90°	0.757
Comparison of Minimum Error	
$\omega = 1^\circ$ to 20°	0.000
$\varphi = 1^\circ$ to 20°	0.001
$\kappa = 1^\circ$ to 90°	0.00
Comparison of Mean Error	
$\omega = 1^\circ$ to 20°	0.564
$\varphi = 1^\circ$ to 20°	0.403
$\kappa = 1^\circ$ to 90°	0.312
Comparison of RMS Error	
$\omega = 1^\circ$ to 20°	0.717
$\varphi = 1^\circ$ to 20°	0.403
$\kappa = 1^\circ$ to 90°	0.364

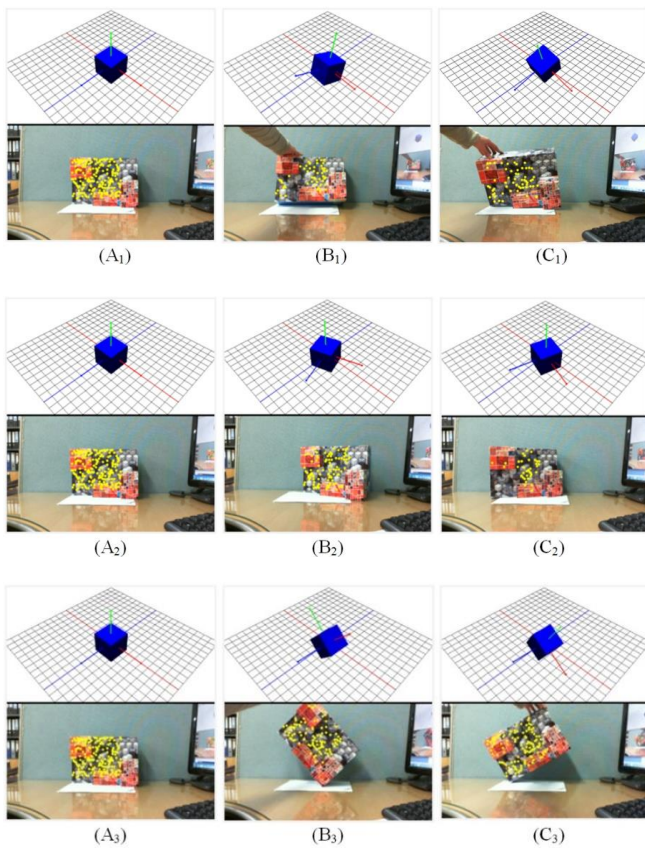


Fig. 2. Rotations of a moving object and corresponding 3D rotations of 3D model in 3D space. The first row is for rotation around x-axis, the second row is for rotation around y-axis, and the third row is for rotation around the z-axis.

IV. PERFORMANCE OF CONVERTING ESTIMATED MOTION PARAMETERS INTO 3D MOUSE IMPLEMENTATION

Since we have determined the 3D motion of the object in image sequences, we are ready to integrate the estimated 3D motion parameters as 3D input into a real-time virtual system. To show the effectiveness of the proposed method and how the user controls 3D virtual space with the estimated motion parameters, we implemented to control the movement of the 3D model represented by a blue cube, one of the applications of this study. The 3D model was drawn on the 3D window coordinates, mapped from the 2D screen coordinates of the mouse cursor. The mouse cursor is controlled by the estimated translation parameters in the direction of x and y axis. The 3D model was rotated by 3D rotation parameters around x , y , and z axis. A remaining translation parameter along the z (depth range) axis was also used for translation movement of the 3D model in the 3D space. The main interface of the application is shown in Fig. 2. The visualization of the 3D model in 3D virtual space is illustrated in the upper part of the window according to the object movement in the lower part, where yellow dots are feature points, successfully matched against the template as illustrated in Fig. 2.

A_1 , A_2 , and A_3 in Fig. 2 show the object's position without any movement. B_1 ($\omega = -19^\circ$) and C_1 ($\omega = 17^\circ$) in Fig. 2 show rotation of a moving object around the x axis in the lower part of the window and corresponding rotation motion of the 3D model in 3D space around x axis in the upper part of the window. B_2 ($\varphi = 18^\circ$) and C_2 ($\varphi = -17^\circ$) in Fig. 2 show rotation of a moving object around the y axis

in the lower part of the window and corresponding rotation motion of the 3D model in 3D space around y axis in the upper part of the window. B_3 ($\kappa = 44^\circ$) and C_3 ($\kappa = -41^\circ$) in Fig. 2 show rotation of a moving object around z axis in the lower part of the window and corresponding rotation motion of the 3D model in 3D space around z axis in the upper part of the window.

These images imply that the accuracy stability of the estimated motion parameters from the proposed approaches has been kept in a large change of perspective transformation.

We also try to implement triggering of mouse click event with the estimated rotation around z axis as illustrated in the second row of Fig. 3 and mouse cursor controlling with the estimated translation parameters along x and y -axis as shown in the first row of Fig. 3. The mouse click events are handled by clockwise and anti-clockwise rotation around the z -axis for the right and left buttons. We set that the threshold value of the angle is ± 15 for triggering click of the left and right buttons.

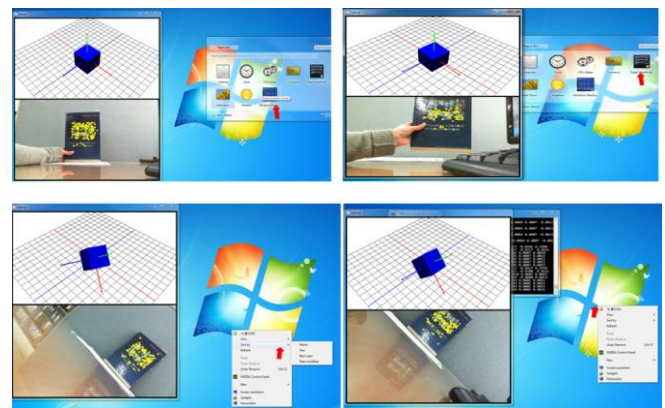


Fig. 3. Implementation of mouse click event and mouse cursor control.

V. CONCLUSION

To achieve successful 3D mouse implementation through 3D motion estimation from single camera in real-time processing, we are faced with some basic requirements to develop it. Firstly, interaction should be provided with precise 3D inputs. To improve the robustness of the proposed method, we tracked planar well-textured objects at the experiment level. From observation for the analysis of motion results, the proposed approach for 3D motion estimation produced a negligible error in a high variation of translation and rotation change. We estimated corresponding points between the template region and subsequent frames using the RANSAC-based method. Secondly, a successful 3D interface should be easy to learn for users. This system is simultaneously constructing a virtual 3D space for manipulating the 3D model and is detecting object movement in 3D space in real-time.

In conclusion, we have presented a simple but effective user interface system by determining the 3D motion of a moving planar object in the image sequences taken from a single camera and converting the motion into 3D input. The benefit is that every object could be used to determine its 3D motion in our approach without requiring additional hardware and model design.

ACKNOWLEDGMENT

The work in this paper was supported by the National University of Mongolia (No. P2019-3714).

REFERENCES

- [1] V. Lepetit, and P. Fua, "Monocular model-based 3D tracking of rigid objects," Now Publisher Inc, 2005.
- [2] R. A. Newcombe, S. J. Lovegrove, and A. J. Davison, "DTAM: Dense tracking and mapping in real-time," 2011 International Conference on Computer Vision, Barcelona, 2011, pp. 2320-2327.
- [3] G. Klein and D. Murray, "Parallel Tracking and Mapping for Small AR Workspaces," 2007 6th IEEE and ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality, Nara, 2007, pp. 225-234.
- [4] J. Engel, J. Sturm, and D. Cremers, "Semi-dense Visual Odometry for a Monocular Camera," 2013 IEEE International Conference on Computer Vision, Sydney, NSW, 2013, pp. 1449-1456.
- [5] Z. Dong, G. Zhang, J. Jia, H. Bao, "Efficient keyframe-based real-time camera tracking," Computer Vision and Image Understanding, vol.118, pp. 97-110, 2014.
- [6] C. Jung and C. Kim, "Real-time estimation of 3D scene geometry from a single image," Pattern Recognition, 45(9), pp. 3256-3269, 2012.
- [7] K. Kim, V. Lepetit, W. Woo, "Scalable real-time planar targets tracking for digilog books," Vis Comput, vol. 26, pp. 1145-1154, 2010.
- [8] H. Bazargani, O. Bilaniuk, R. Laganière, "A fast and robust homography scheme for real-time planar target detection," J Real-Time Image Proc, pp. 1-20, 2015.
- [9] Y. Mae, J. Choi, H. Takahashi, K. Ohara, T. Takubo, T. Arai, "Interoperable vision component for object detection and 3D pose estimation for modularized robot control," Mechatronics vol. 21 pp. 983-992, 2011.
- [10] E. Marchand, H. Uchiyama, and F. Spindler, "Pose Estimation for Augmented Reality: A Hands-On Survey," IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics, 22(12), pp. 2633-2651, 2016.
- [11] BinZhu, "Self-Recalibration of the Camera Pose via Homography," IEEE International Conference on Intelligent Computing and Intelligent Systems, 2010.
- [12] C. Pirschheim and G. Reitmayr, "Homography-based planar mapping and tracking for mobile phones," 10th IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality, 2011.
- [13] J. Sun, C. Feng, D. Wang, and M. Gu, "The Design of Two Versions of 3D Mouse," 2014 International Conference on IT Convergence and Security (ICITCS), Beijing, 2014, pp. 1-5.
- [14] S. Li, W. Hsu, and H.K. Pung, "A real-time monocular vision-based 3D mouse system," Computer Analysis of Images and Patterns, Lecture Notes in Computer Science, vol. 1296, pp. 448-455, 2005.
- [15] T. Sakata, S. Harigae and M. Takahashi, "Fingertips 3D mouse using a camera," 2012 Proceedings of SICE Annual Conference (SICE), Akita, 2012, pp. 1398-1401.
- [16] C. A. Wingrave et al., "The Wiimote and Beyond: Spatially Convenient Devices for 3D User Interfaces," in IEEE Computer Graphics and Applications, vol. 30, no. 2, pp. 71-85, March-April 2010.
- [17] A.P. Victor and R. Ian, "3D hand tracking for human-computer interaction," Image Vision Comput., vol. 30, pp.236-250, 2012.
- [18] L. Chen and C.G. Brown, "A 3D mouse for interacting with virtual objects," IEEE, International Symposium on Circuits and Systems, 2005.
- [19] O. Faugeras and F. Lustman "Motion and structure from motion in a piecewise planar environment," International Journal of Pattern Recognition and Artificial Intelligence, 2(3) pp. 485-508, 1988.
- [20] Z. Zhang and A.R. Hanson, "3D Reconstruction based on homography mapping," Proc. ARPA96, pp. 1007-1012, 1996.
- [21] E. Malis and M. Vargas, "Deeper understanding of the homography decomposition for vision-based control," Research Report 6303, INRIA, 2007.
- [22] Tumurbaatar T, Kim T. Comparative Study of Relative-Pose Estimations from a Monocular Image Sequence in Computer Vision and Photogrammetry. Sensors. 2019; 19(8):1905.
- [23] S. W. Seo and S. Kwon, "3D hand motion and position estimation using ultrasonic receiver array and inertial sensors," International Conference on Information and Communication Technology Convergence (ICTC), 2021, pp. 287-289
- [24] L. Ma, S. Lian, S. Wang, W. Meng, J. Xiao and X. Zhang, "A practical framework of multi-person 3D human pose estimation with a single RGB camera," 2021 IEEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces Abstracts and Workshops (VRW), 2021, pp. 420-421
- [25] H. Zhou, C. Hong, Y. Han, P. Huang and Y. Zhuang, "MH Pose: 3D Human Pose Estimation based on High-quality Heatmap," 2021 IEEE International Conference on Big Data (Big Data), 2021, pp. 3215-3222

Симуляци болон бодит сүлжээний орчин дахь IoT үйлчилгээний чанарын харьцуулалт

Д.Эрдэнэтуяа

Мэдээллийн сүлжээ, аюулгүй байдлын салбар
ШУТИС

Улаанбаатар, Монгол
do_erdenetuya@must.edu.mn

Хураангуй—Өнөө үед зүйлсийн интернэт буюу Internet of Things (IoT)-үйлчилгээг олон төрлийн хэрэглээний домэйнүүдэд өргөнөөр хэрэглэж байна. Гэхдээ ихэнх үйлдвэрлэгчид өөрсдийн IoT үйлчилгээндээ зориулж хөгжүүлсэн платформуудыг хэрэглэдэг учраас тухайн IoT үйлчилгээг өөр өөр платформ, систем дээр ажиллуулахын тулд дахин программчилж, тохируулсны дараа нэвтрүүлэх боломжтой болдог. Энэ нь IoT төхөөрөмжийн нэгдсэн менежмент, их өгөгдөл боловсруулалт зэрэг техник, программ хангамжийн нөөцийг оновчтой ашиглахад бэрхшээл үүсгэдэг. Эцсийн хэрэглэгчид янз бүрийн IoT үйлчилгээнд зориулж өөр өөр системийг суулгаж, ашиглах хэрэгтэй болдог. Мөн шинэ үйлчилгээ, инновацыг нэвтрүүлэх нь хүндрэлтэй, операторууд болон эцсийн хэрэглэгчдийн хувьд удаашралтай байдаг. Иймээс үйлдвэрлэгчдийн IoT төхөөрөмжүүдийг нэгдсэн удирдлагаар хангаж, IoT хөгжүүлэгчдийн үйлчилгээнээс хамааралгүй хөгжүүлэхийн тулд IoT хэвтээ архитектурыг боловсруулах юм. Энэхүү судалгааны ажлаар программ хангамжид суурилсан сүлжээ буюу Software Defined Network (SDN) технологид суурилсан IoT хэвтээ архитектурыг хөгжүүлж, мининет симуляцийн орчин болон Raspberry Pi бодит төхөөрөмж дээр туршилтыг хэрэгжүүлсэн. TCP урсгал дамжуулан нэвтрүүлэх чадамжийг симуляцийн болон бодит орчинд тодорхойлж, үр дүнд харьцуулалт хийсэн. Туршилтын үр дүнгээс харахад SDN технологид суурилсан IoT хэвтээ архитектур нь нэгдсэн удирдлагаас гадна, үйлчилгээний чанарын хувьд давуу талтай болохыг үзүүлсэн.

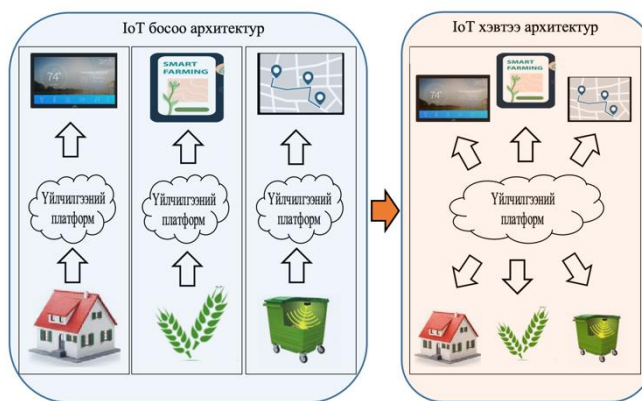
Түлхүүр үг—IoT, SDN, Raspberry Pi, Мининет

I. УДИРТГАЛ

Сүүлийн жилүүдэд IoT үйлчилгээг зах зээл, бизнесийн бүхий л салбарт хэрэглэж байна. 2025 он гэхэд 50 тэрбум IoT төхөөрөмж интернэтэд холбогдоно гэсэн судалгаа байна. IoT төхөөрөмжийн хэрэглээ нэмэгдэхийн хэрээр олон төрлийн үйлдвэрлэгчдийн IoT төхөөрөмжүүдийг нэгдсэн удирдлагаар хангаж, IoT хөгжүүлэгчдээс хамааралгүй үйлчилгээг хөгжүүлэхийн тулд IoT хэвтээ архитектурыг боловсруулах судалгааны ажлууд хийгдэж байгаа ч IoT хөгжүүлэгчдийн хувьд тулгамдсан асуудал хэвээр байна. Тодруулбал, IoT сүлжээний архитектур нь босоо хэлбэрээс хэвтээ болж өөрчлөгдөж байна. Зураг 1-д үзүүлсний дагуу IoT босоо архитектурт ухаалаг гэр, хөдөө аж ахуй, хог хаягдлын үйлчилгээнүүдийг тус бүр ялгаатай үйлчилгээний платформуор дамжуулан IoT аппликейшнээр удирддаг бол IoT хэвтээ архитектур нь тухайн IoT төхөөрөмжүүдийг нэгдсэн нэг платформуос удирдах боломжтой болгодог [1-2].

Орчин үед SDN технологи нь компьютерын сүлжээний орчны хяналт, менежментийг хөнгөвчлөх зорилготой юм. Төвлөрсөн хяналт болон

стандартчилагдсан интерфэйсүүдээрээ олон төрлийн программууд болон төхөөрөмжүүдийг харилцан холбодог нийтлэг функцүүд болон интерфэйсээр хангадаг. Тодруулбал, сүлжээний төхөөрөмжүүдийн өгөгдөл дамжуулах болон удирдлагын үе шатыг тусгаарлан зохион байгуулсан нээлттэй стандартад суурилсан сүлжээ юм. SDN сүлжээ нь өндөр түвшний программчлалын хэл болон интерфэйсүүд ашиглан IoT сүлжээг автоматаар болон динамикаар удирдах боломжтой юм [3].



Зураг 1. IoT архитектурын төрөл

Энэ судалгааны ажлын хүрээнд SDN технологи дээр суурилсан IoT сүлжээний хэвтээ архитектурын дизайныг боловсруулж, мининет эмулятор симуляцийн орчин болон Raspberry Pi эмбэдэд төхөөрөмж ашиглан бодит сүлжээний орчинд туршилтын топологийг зохион байгуулж, IoT төхөөрөмж хоорондын өгөгдөл дамжуулж, чанарыг тодорхойлон, харьцуулалтыг хийнэ.

Энэ өгүүллийн I хэсэгт удиртгал, II хэсэгт санал болгож буй SDN технологид суурилсан IoT сүлжээний архитектурыг, III хэсэгт туршилтын үр дүнг, IV хэсэгт дүгнэлтийг үзүүлээ.

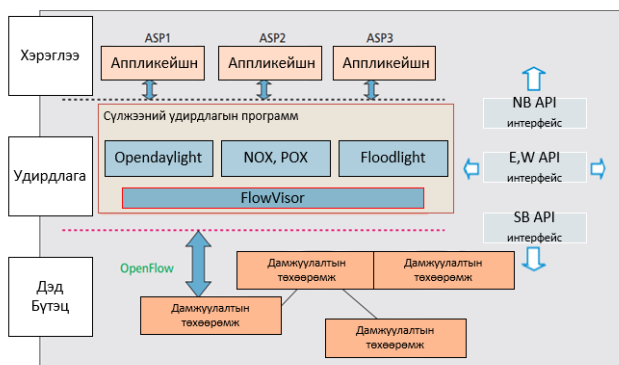
II. IoT ХЭВТЭЭ АРХИТЕКТУР

A. SDN архитектур ба ажиллагаа

Энэ дэд хэсэгт бид SDN технологийн архитектур ажиллагааны талаар авч үзнэ. Ерөнхийдөө IP сүлжээний дамжуулалтын төхөөрөмжүүд болох рутер болон свитчүүдийн өгөгдөл дамжуулах үйл ажиллагааны удирдлагыг тус тусад нь өөр өөр түвшинд салгаж хөгжүүлэх юм. Зураг 2-д үзүүлсэн SDN технологийн архитектур нь хэрэглээний, удирдлагын, дэд бүтцийн гэсэн гурван түвшингээс бүрддэг. SDN удирдлага нь сайтар тодорхойлогдсон хэрэглээний программын интерфэйс API (Application Programming Interface)-р

түвшин хоорондын өгөгдөл дамжуулах процессыг шууд удирддаг. Мөн SDN технологийг ашиглах нь дараах давуу талуудыг бий болгодог. 1) Түвшинт бүтэцтэй тайлбарлахад хялбар, 2) Нээлттэй ба программчлагдах боломжтой, 3) Түвшин бүр өөр хоорондоо хамааралгүй хөгжих боломжтой, 4) Уян хатан, өргөтгөх боломжтой программ ба техник хангамж юм [3]. Үүнд:

Хэрэглээний түвшин: Программ хөгжүүлэгчид сүлжээний менежмент, хяналт ба ачаалал тэнцвэржүүлэлтийн аппликейшнүүдийг хөгжүүлдэг. Java, Python гэх мэт программчлалын хэл ашиглан сүлжээний менежмент, хяналтын аппликейшний хамаарлыг хялбархан өөрчлөх боломжтой. NorthBound (NB) API холболтын интерфэйсийн тусламжтайгаар хэрэглээний болон удирдлагын түвшингүүдийг холбодог [4].



Зураг 2. SDN технологийн архитектур

Удирдлагын түвшин: Дэд бүтцийн түвшин буюу сүлжээний төхөөрөмжүүдийг удирдана. Сүлжээний бүх тохиргоо болон бодлогын удирдлагын командыг дэд бүтцийн түвшин рүү дамжуулах, мэдээлэл хүлээн авах ажиллагааг зохицуулдаг OpenDayLight (ODL), NOX, POX, Floodlight гэсэн хэд хэдэн SDN удирдлага буюу контроллеруудыг ажиллуулдаг. SDN удирдлагын программ хангамж дээр ямар дүрмүүд байгаагаас хамаараад сүлжээний өгөгдөл дамжуулах төхөөрөмжийн үүргийг рутер, свич, галт хана эсвэл өөр төрлийн сүлжээний төхөөрөмжийн үүргээр ажиллах уу гэдгийг тодорхойлдог. OpenFlow нь SDN сүлжээний удирдлагын болон өгөгдлийг дамжуулах түвшин хоорондын холболтын протокол юм [4].

Дэд бүтцийн түвшин: Сүлжээний программчлагдах боломжтой өгөгдөл дамжуулах төхөөрөмжүүдийн нэгдэл юм. Тодруулбал, уг төхөөрөмж нь SDN технологийг дэмждэг эсвэл уламжлалт IP төхөөрөмж шиг мөртлөө нэмэлтээр OpenFlow протокол дэмждэг хосолсон загвартай байж болно. Энэ түвшинд сүлжээний траффик дамжуулалтад анализ болон хяналтыг хийдэг бөгөөд эдгээрийг хэрэгжүүлэхдээ OpenFlow, NetFlow протоколуудыг ашигладаг. SouthBound (SB) API холболтын интерфэйсийн тусламжтайгаар удирдлагын түвшинтэй холбогддог. Сүлжээний төхөөрөмж дээр суурилсан OpenFlow свич нь SDN удирдлагатай OpenFlow протоколоор холбогдож SW буюу программ хангамжийн түвшинд өгөгдлийн урсгалын удирдлагын мэдээллийг хүлээн авч HW буюу техник хангамжийн түвшинд урсгал тус бүрийн мэдээллийг агуулсан урсгалын хүснэгтийг үүсгэдэг. Үр дүнд нь төгсгөлийн

төхөөрөмжүүдээс дамжиж буй өгөгдөл шууд датаплайн буюу техник хангамжийн түвшинд удирдагдаж дамжих боломжтой болдог [4].

В. SDN технологид суурилсан IoT архитектур

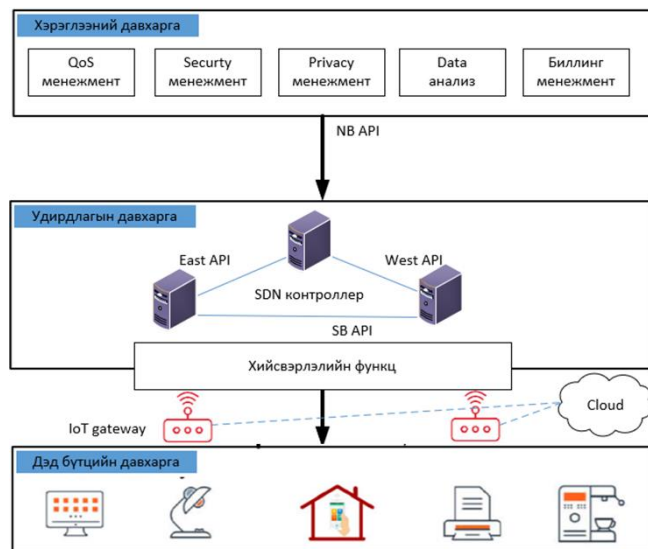
Энэ дэд хэсэгт бид SDN технологийг түвшингүүдийг IoT сүлжээний давхаргуудтай нэгтгэж SDN технологид суурилсан IoT хэвтээ архитектурыг боловсруулсан. Үр дүнд нь шинэ IoT үйлчилгээ, программуудыг хурдан нэвтрүүлэх боломж бий болно.

SDN технологийг IoT сүлжээний архитектуртай нэгтгэснээр нь Зураг 3-д үзүүлсэн IoT хэвтээ архитектурыг хөгжүүлсэн. Үүнд:

Хэрэглээний давхарга: Операторууд, үйлчилгээ хөгжүүлэгчид SDN удирдлагыг программчлах замаар IoT үйлчилгээнүүдтэй холболтыг бий болгодог. Сүлжээний цар хүрээнд хамааран нэг биеэ даасан төвлөрсөн SDN удирдлага эсвэл өөр хоорондоо нэгдэж хамтран ажилладаг хэд хэдэн тархсан SDN удирдлагатай байж болно [5].

Удирдлагын давхарга: SDN удирдлага нь төрөл бүрийн өгөгдлийн урсгалын бүртгэлийг агуулдаг бөгөөд дамжуулах механизмыг удирдана. Программчлалын тусламжтайгаар өгөгдөл дамжуулах үйл ажиллагааг хийсвэрлэлийн функцийн тусламжтай гүйцэтгэнэ.

Төхөөрөмжийн давхарга: Төрөл бүрийн форматтай, өөр IoT төхөөрөмжүүд байрлана. SDN удирдлагын хяналтад дор өгөгдөл дамжуулах боломжтой SDN рутер болон свичээс бүрдэнэ.



Зураг 3. SDN технологид суурилсан IoT хэвтээ архитектур

Архитектурын үндсэн бүрэлдэхүүн хэсгүүдийн чиг үүрэг дараахь зүйлс байна:

SDN удирдлагууд нь зөвхөн IoT өгөгдөл дамжуулахаас гадна өгөгдөл боловсруулахад доорх зургаан төрлийн үндсэн хяналтыг тавьдаг. 1) **Тоног төхөөрөмжийн менежмент:** Тухайлбал сүлжээний нөөц, төхөөрөмжийн мэдээлэл боловсруулах бодлого, дүрмийг тохируулах. 2) **IoT үйлчилгээний менежмент:** IoT гарцын төхөөрөмжүүдийн дамжуулах боломжтой үйлчилгээний төрлийг нэмэх, өөрчлөх, IoT өгөгдлийг

дамжууллын бодлогыг хадгалах, кэш хийх дүрмүүд, алгоритмуудыг шинэчлэх. 3) **Топологийн менежмент:** Замчлалын тооцоо хийх ба топологийг шинэчлэх. 4) **Засвар үйлчилгээ, ашиглалт:** Үйл ажиллагааны бүртгэл, хэрэглэгчийн интерфэйсийг хянах. 5) **Аюулгүй байдлын менежмент:** Халдлагаас хамгаалах, IoT үйлчилгээний хандалтыг баталгаажуулах. 6) **API интерфэйс:** SDN өмнөд зааг (SouthBound) ба хойд заагийг хэрэгжүүлэх (NorthBound) API интерфэйсүүд юм [5].

III. ТУРШИЛТ ХЭРЭГЖҮҮЛЭЛТ

Энэ хэсэгт бид санал болгож буй SDN технологид суурилсан IoT хэвтээ архитектурын дагуу туршилтын топологийг симуляци болон бодит сүлжээний орчинд зохион байгуулсан. Ихэнх IoT үйлчилгээнүүд HTTP протоколыг дамжуулалтдаа хэрэглэдэг. Тиймээс симуляцийн орчин болон бодит орчны туршилтын топологиуд дээрх хост хооронд HTTP протоколын тээвэрлэлтийн протокол болох TCP-ын урсгалын нэвтрүүлэх чадамж (Throughput)-ийг тодорхойлсон. SDN удирдлагатай IoT хэвтээ архитектур болон уламжлалт IoT архитектур буюу SDN контроллер хэрэглээгүй тохиолдолд IoT үйлчилгээний чанарын харьцуулалтыг хийнэ.

Бид энэ судалгааны ажилд симуляци болон бодит орчны туршилтын топологиудад OpenFlow протоколоор IoT болон бусад төрлийн сүлжээний төхөөрөмжүүдийг удирдах ODL удирдлагыг хэрэглэнэ [9-10].

A. Симуляцийн орчны туршилт

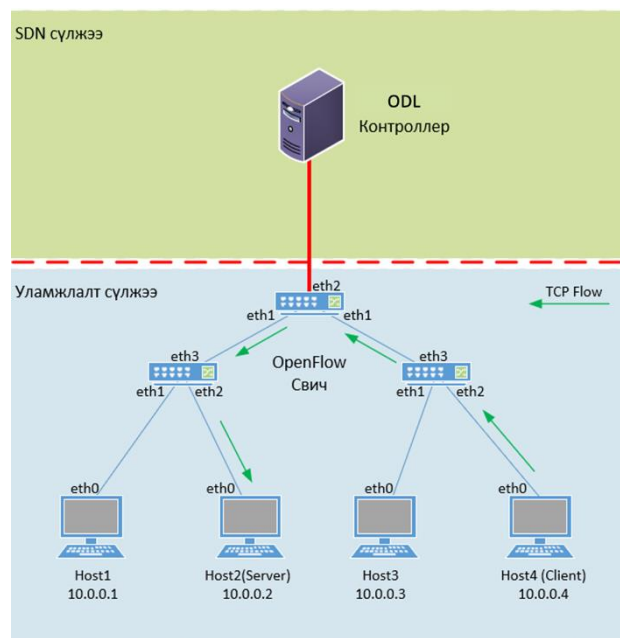
Энэ туршилтын зорилго нь мининэт симуляцийн орчинд ODL контроллертэй SDN сүлжээ, контроллергүй уламжлалт сүлжээ хоёрын TCP урсгалын нэвтрүүлэх чадамж харьцуулж үнэлэлт өгөх юм. Нэвтрүүлэх чадамж нь сүлжээн дэх өгөгдөл дамжуулах бодит хурд бөгөөд хоцролт нь илгээгчээс хүрэх цэг буюу хүлээн авагч хүртэл дамжуулалтын зарцуулсан хугацаа юм. Дамжуулалт үүсгэх, зурвасын өргөн, дамжуулах чадварыг хэмжихийн тулд бид мининэт симулятор [6] дээр Iperf командыг хэрэглэнэ. Iperf нь TCP урсгалыг үүсгэж, хост (клиент, сервер) хоорондын сүлжээний холболтоор дамжуулж урсгалын чанарыг хэмжих боломжийг олгодог команд юм.

Эхлээд бид Зураг 4-д санал болгож буй сүлжээний топологийг мининэт программ дээр зохион байгуулсан. Туршилтын сүлжээ нь дөрвөн хост, гурван свич, нэг OpenDayLight (ODL) контроллероос бүрдэнэ.

SDN сүлжээ гэдэг нь ODL контроллертой openflow протоколоор холбогдож, дамжуулалтыг удирдана. Host1, Host2, Host3, Host4 тус бүрийг 10.0.0.1, 10.0.0.2, 10.0.0.3, 10.0.0.4 гэсэн IP хаягаар хаягласан. Host4-ийг сервер, Host2-ийг клиентээр тохируулсан.

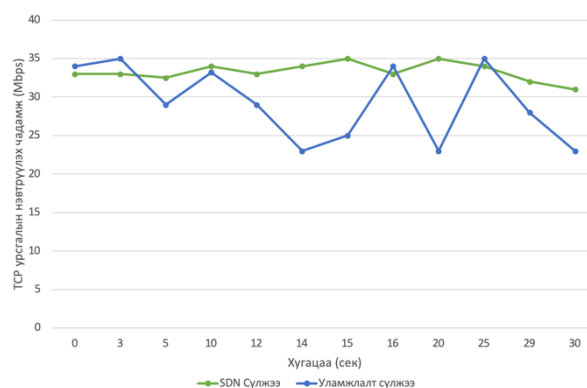
Уламжлалт сүлжээ гэдэг нь OpenFlow контроллер ашиглахгүйгээр TCP урсгалын дамжуулалтыг свич хооронд шууд гүйцэтгэх нөхцөлтэй сүлжээг хэлнэ. Зураг 4-д үзүүлсэн топологийн дагуу сервер Host4-с (10.0.0.4) клиент Host2 (10.0.0.2) руу Iperf командыг тусламжтайгаар TCP урсгалын дамжуулалтыг гүйцэтгэсэн. Ингэхийн тулд бид хостууд дээр нээгдсэн терминалын орчинд TCP протоколын хувьд (Host4) холболтын сервер дээр "Iperf -s -p 5566 -i 1" командыг хэрэгжүүлсэн. Үүнд "-s" аргумент нь уг хост нь сервер

гэдгийг тодорхойлдог, харин "-p" аргумент нь серверийн сонсох портыг зааж өгдөг. Харин клиент талд xterm Host2 терминал дээр "Iperf -c 10.0.0.2 -p 5566 -t 30" командыг ажиллуулсан. Үүнд "-c" аргумент нь уг хост нь клиент гэдгийг тодорхойлдог, харин "-p" аргумент нь портыг, "-t" аргумент нь дамжууллын хугацааг зааж өгдөг. Уг командуудыг бид SDN болон уламжлалт сүлжээнд хэрэгжүүлсэн бөгөөд клиент талаас сервер рүү 5566 портоор 30 секундийн хугацаатай хамгийн их хэмжээтэйгээр TCP траффикийг тус тус дамжуулсан.



Зураг 4. Мининэт симулятор дээрх SDN болон Уламжлалт сүлжээний топологи

Зураг 5-д үзүүлсэн туршилтын үр дүнгээс харахад клиент болон сервер хооронд дамжуулагдсан TCP урсгалын дундаж нэвтрүүлэх чадамж SDN сүлжээний хувьд өндөр, харин уламжлалт сүлжээнд бага байна. SDN OpenDaylight контроллер ашигласан сүлжээний TCP урсгалын нэвтрүүлэх чадамж нь уламжлалт сүлжээнээс илүү тогтвортой байна.



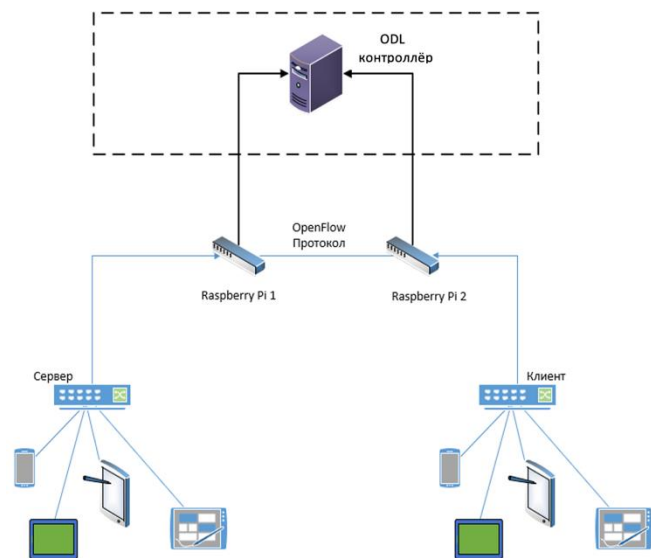
Зураг 5. Мининэт симулятор дээрх SDN болон Уламжлалт сүлжээний TCP урсгалын нэвтрүүлэх чадамж

B. Бодит орчны туршилт

Энэ туршилтын зорилго нь Raspberry Pi [7-8] суурилсан бодит IoT гарцын төхөөрөмжийг ашиглан хост

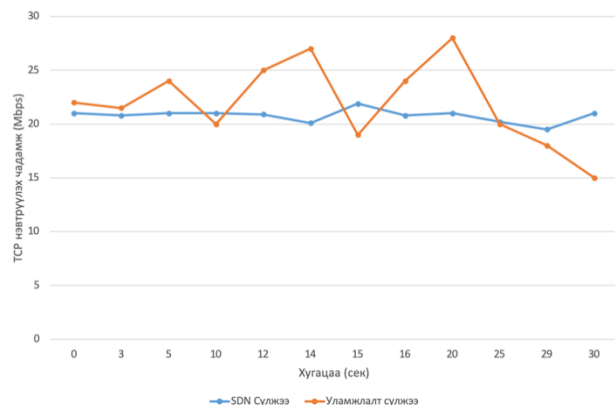
хооронд дамжих TCP нэвтрүүлэх чадамжийг хэмжиж, бодит төхөөрөмж болон мининэт симуляцийн хоорондын алгааг дүгнэх юм.

Зураг 6-д үзүүлсэн сүлжээний топологийн дагуу Raspberry Pi төхөөрөмжийг OpenvSwitch болгон тохируулсан бөгөөд клиент, серверээр тохируулсан хост холбож уламжлалт сүлжээг үүсгэнэ. Уг сүлжээнд TCP дамжуулалтыг хост хооронд 30 секундйн хугацаатай гүйцэтгэж нэвтрүүлэх чадамжийг (Throughput) үнэлсэн.



Зураг 6. Raspberry Pi ашигласан бодит сүлжээний орчин дахь SDN болон Уламжлалт сүлжээний топологи

Raspberry Pi дээр суурилсан уламжлалт сүлжээг OpenDayLight контроллэртэй холбож SDN технологид суурилсан сүлжээг бий болгоно. SDN сүлжээнд мөн хостууд хооронд TCP урсгалын дамжуулалтыг 30 секундйн хугацаатай гүйцэтгэж үр дүнг Raspberry Pi дээр суурилсан уламжлалт сүлжээг OpenDayLight контроллертой холбож үүсгэсэн SDN сүлжээгээр мөн TCP урсгалын дамжуулалтыг мөн 30 секундйн хугацаатай гүйцэтгэсэн.



Зураг 7. Raspberry Pi ашигласан бодит сүлжээний орчин дахь SDN болон Уламжлалт сүлжээний TCP урсгалын нэвтрүүлэх чадамж

Үр дүнг Зураг 7-д нэгтгэж үзүүлсэн граффикаас харахад OpenDaylight контроллэрт суурилсан SDN сүлжээнд TCP трафик илүү оновчлолтой, тэгш хэмтэй,

найдвартай дамжуулагдаж байна. Гэхдээ клиент болон сервер хооронд TCP урсгалын дундаж нэвтрүүлэх чадамж SDN сүлжээний хувьд бага, харин уламжлалт сүлжээнд өндөр байна.

Симуляци болон бодит орчны үр дүнгүүдээс харахад TCP урсгалын нэвтрүүлэх чадамжийн илүү нарийвчилсан үр дүн авахын тулд SDN технологийг мининэт симуляцийн орчинд хэрэгжүүлэх нь үр дүнтэй байна. Харин IoT төхөөрөмжүүдтэй холбоотой бодит туршилт хэрэгжүүлэхээр бол Raspberry Pi төхөөрөмжийг ашиглах нь нэвтрүүлэх чадамжийн хувьд бага боловч цаашид хостын тоо нэмэгдүүлэх тохиодолд илүү бодитой үзүүлэлт харуулах боломжтой харагдаж байна.

IV. ДҮГНЭЛТ

Энэхүү судалгааны ажлаар SDN технологийн архитектур, зүйлсийн интернэт сүлжээний (IoT) архитектурыг нэгтгэсэн SDN технологид суурилсан IoT хэвтээ архитектурыг боловсруулсан. Энэ архитектурын үндсэн зорилго нь үйлдвэрлэгчдийн өөрсдийн IoT төхөөрөмжид зориулж хөгжүүлсэн программ хангамж, домэинд хязгаарлагдахгүйгээр, нэгдсэн платформиос өөр өөр домэинд ажилладаг IoT төхөөрөмжүүдийг удирдах, тэдгээрийн хоорондын өгөгдөл дамжуулалтыг сүлжээний түвшин бүрд уян хатан, хяналттай, алдаагүй дамжуулахын тулд SDN технологид суурилсан байдалаар зохион байгуулах юм. Ингэснээр SDN контроллэроор удирдаж буй сүлжээ болон, SDN контроллэргүй уламжлалт сүлжээн дээр TCP урсгалын нэвтрүүлэх чадамжийг бодит болон симуляцийн орчинд туршиж үр дүн гаргасан. Симуляцийн орчинг зохион байгуулахдаа Мининет симулятор ашигласан бол Raspberry Pi дээр бодит сүлжээний орчинг үүсгэсэн. Симуляци болон бодит хоёр орчны хувьд OpenDayLight контроллэр ашигласан.

Симуляци болон бодит орчны үр дүнгүүдээс харахад SDN сүлжээ нь илүү тогтвортой нэвтрүүлэх чадамжтай байна. Иймээс цаашид мэдээлэл дамжуулах хостын тоог нэмэгдүүлэхэд багцын алдаагдал багатай, илүү үйлчилгээний чанартай байх боломжтой байна.

АШИГЛАСАН МАТЕРИАЛ

- [1] W. Yu and F. Liang and X. He and W. G. Hatcher and C. Lu and J. Lin and X. Yang, "A survey on the edge computing for the Internet of Things," IEEE Access, vol.6, pp. 6900-6919, 2018.
- [2] R. Nair and P. Sharma and A. Bhagat and V. K. Dwivedi, "Survey on IoT (Internet of Things) Emerging Technologies and Its Application", International Journal of End-User Computing and Development, vol.7, 2018.
- [3] Yuhong Li and Xiang Su and Aaron Yi Ding and Jukka Riekkki and Pan Hui, "Enhancing the Internet of Things with Knowledge-Driven Software-Defined Networking technology:Future Perspectives", sensors journal, vol.8, 2020.
- [4] F. Restuccia and S. D'Oro, and T. Melodia, "Securing the Internet of Things in the age of machine learning and software-defined networking", IEEE Internet Things, vol.5, pp. 4829-4842, 2018.
- [5] М. Энхмөнх, Д. Эрдэнэтуяа, Г. Хишигжаргал, Я. Дашдорж, SDN технологид суурилсан IoT сүлжээний хэвтээ архитектур, eNation 100, 2021, pp.68-73.
- [6] <https://www.mininet.org>
- [7] <https://www.raspberrypi.org>
- [8] <https://www.github.com>
- [9] <https://www.opendaylight.org>
- [10] <https://www.openvswitch.org>

Монгол газар нутгаас олдсон хүннүгийн үеийн шавар болон төмөрлөг сав суулгыг хэлбэрээр ангилах нь

Пэрэнлэйлхүндэв Гантуяа
МУИС, ХШУИС, МКУТ
МУИС
Улаанбаатар
gantuya@seas.num.edu.mn

Батсуурь Сувдаа
МУИС, ХШУИС, МКУТ
МУИС
Улаанбаатар
suvdaa@seas.num.edu.mn

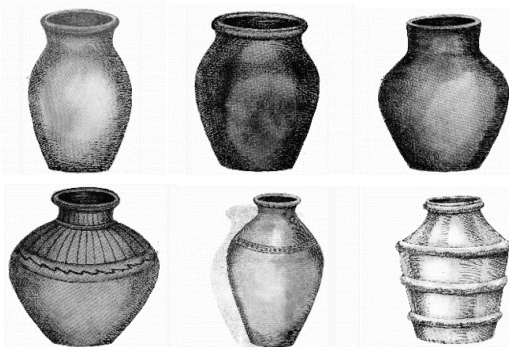
Баттулга Дэлгэрцэцэг
ШУТИС, УДС
ШУТИС
Улаанбаатар
delgerekh@must.edu.mn

Хураангуй—Монгол соёлын өвийн үнэт олдворуудын хэлбэрийн ялгааг харуулах, олдворын нэгдсэн цахим сан үүсгэх, судалгааны эргэлтэд оруулах, ангилал үүсгэх зэрэгт өнөө үеийн шинэ технологийг ашиглах нь үйлдвэрлэлийн дизайн, график дизайн болон дүрслэх урлаг, түүх, археологийн судалгаанд чухал ач холбогдолтой юм. Энэ судалгааны ажлаар хүннүгийн үеийн археологийн олдворын дүрсээс шавар болон төмөрлөг савнуудыг хэлбэрийн хувьд машин сургалтын аргаар ангилах загварыг санал болгож байна. Бидний судалгааны загварыг дээр дурдсанчлан олон төрлийн өгөгдлийн хувьд давтан хийж тухайн өгөгдөлд тохирох арга, тэдгээрийн параметрийг олох нь бусад судалгаанд шууд ашиглах боломжтой юм. Туршилтын үр дүнгээр 2 ангиллын нийт 152 дүрсийн хувьд түгээмэл хэрэглэгддэг машин сургалтын аргууд дунджаар 80% танилтын нарийвчлалтай байна.

Түлхүүр үг— Хүннүгийн үеийн археологийн олдвор, шавар, төмөр сав суулга, машин сургалт, ангилах

I. ТАНИЦУУЛГА

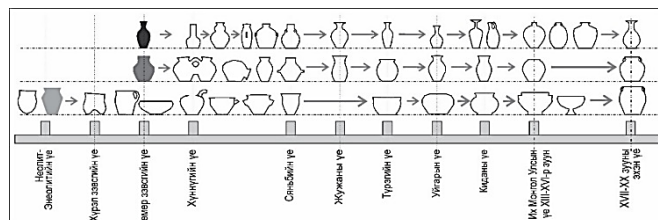
Монгол газар нутгаас олдсон Хүннүгийн үед хамаарагдах төмөрлөг, керамик вааран сав суулганы археологийн олдворыг дараах байдлаар ангилсан. Үүнд керамик шавар вааран сав суулга-147 ширхэг буюу 67%-ийг, төмөрлөг сав суулга- 72 ширхэг буюу 33%-ийг нийт 219 сав суулганы баримтын сан бүрдүүлсэн байна[1]. Керамик шавар вааран савны хэлбэр хийцийн онцлог нь неолитын үед хамаарагдах олдвор хамгийн эртнийх бөгөөд монгол орны неолитын бууц сууринаас өндгөн ёроолтой, гол төлөв улбар шар гадаргуутай, гадаргуу нь нийтдээ сүлжмэл хээтэй шавар ваарууд олдсон байдаг [9]. Жишээг “Зур. 1”-д үзүүлэв.



Зураг 1. Хүннүгийн үеийн керамик шавар сав суулга

Керамик вааран сав суулганы олдворуудыг хэлбэр хийцийн ялгаатай байдлаар нь 18 төрөлд ангилсан ба үүнээс хүннү гүрний үеийн олдворууд нь хэлбэрийн

хувьд хамгийн олон буюу 16 төрөл байгаа нь тухайн үед керамик сав үйлдвэрлэж байсны илрэл юм. Тухайлбал: Төв аймгийн Борнуур сумын нутагт орших Бороогийн сууринаас хийж байгаад дутуу орхисон ваар савны үлдэгдэл, Мөнгөнморьт сумын нутагт Хустайн булгаас ваар сав шатаах зуух зэргийг археологичид илрүүлсэн байдаг [9]. Керамик вааран сав суулганы хэлбэр хийцийг харахад анх гараараа дугуй хэлбэрт оруулан хийж байсан бол хүннүгийн үеэс улам боловсронгуй болж эргэх хүрдийг ашиглан урлах болсноор хэлбэр хийцийн шийдэлд том дэвшил гарсан байдаг [10]. Керамик вааран сав суулганы хэлбэрийг загварчлалын талаас нь шинжихэд амсрын хэмжээг эх биетэй харьцуулан үзэхэд өргөн, дунд, нарийн амсартай гэсэн ерөнхий гурван хэлбэр зонхилж байна. “Зур. 2”-г үзүүлэв.



Зураг 2. Керамик вааран сав, суулганы хэлбэрийн өөрчлөлт

Бүтцийн хувьд бариул, цорго, сэнж зэргийг янз бүрийн хувилбаруудыг тухайн үеийн хэрэглээний онцлогтой холбогдуулан өөрчлөн нэмж загварчилж байсан нь керамик вааран савны хийц хэлбэрийн шийдлийг улам баялаг, өвөрмөц загвартай болгож байжээ.

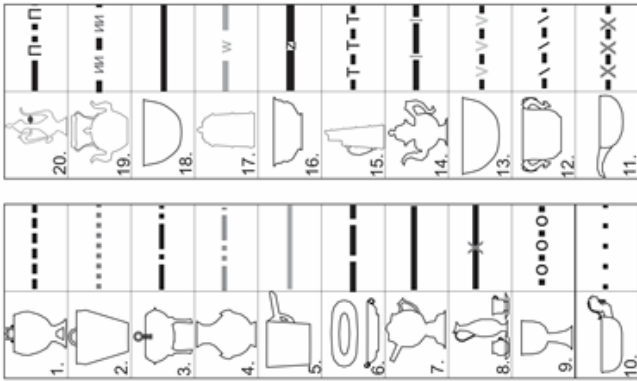
Тэгвэл төмөрлөг сав суулганы хэлбэр, хийцийн онцлог нь хийцийн хувьд бусад сав суулганаас илүү ур хийц сайтай, загварын хувьд олон төрөл байна [11].



Зураг 3. Хүннүгийн үеийн төмөрлөг сав суулга

Нийт төмөрлөг сав суулганаас хүннүгийн үеийн сав суулга зонхилох хувийг эзэлж байна. Төмөрлөг сав

суулганы загварчлал нь шавар материалыг бодвол янз бүрийн хэлбэр гарган хийх боломжтой байдал нь хэрэглээний төрлөөрөө олон янз байдлыг бий болгосон байна. Төрлүүдийн жишээг “Зур. 4”-д үзүүлэв.



Зураг 4. Төмөрлөг сав, суулганы хэлбэрийн өөрчлөлт

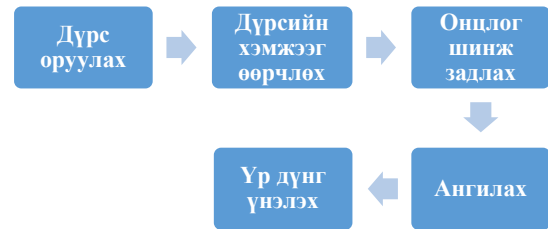
II. СУДАЛГАДСАН БАЙДАЛ

Археологийн өгөгдөлд дүрс боловсруулалт, машин болон гүн сургалт аргуудыг ашигласан ажлууд дэлхий нийтэд олон төрлийн зорилгоор хийгдэж байна. Тухайлбал N.A.Rasheed нар Classification and Reconstruction Algorithms for the Archaeological Fragments ажлаараа археологийн ваар, шаазан савны олдворын хагарсан, хэлтэрхийг дүрс боловсруулалтын аргаар сегментчлэл хийж, нейрон сүлжээний аргаар ангилах, тохирох хэсгүүдээр эвлүүлэн 3 хэмжээст биетийг буцаан сэргээх ажлыг хийсэн байна [2]. F.C.Flores нар “Automatic classification of digital images of archaeological arrowheads” ажлаараа curvature scale space (CSS) аргаар археологийн сумын үзүүрийг ангилсан байна [3]. В. Kazimi нар “Deep Learning for Archaeological Object Detection in Airborne Laser Scanning Data” ажлаараа гүн сургалтын CNN, VGG болон автоэнкоддер аргаар археологийн өгөгдлийг ангилсан сүлжээний алгоритмыг ашиглан зургийн ангилах [4]. А. Resler нар “A deep-learning model for predictive archaeology and archaeological community detection” ажлаараа чулуулгийн дүрсийг өнгө, бүтэц дээр үндэслэн гүн сургалтын аргаар ангилах шинэ аргыг санал болгосон [5-6].

Монголын археологийн судалгааны олон бүтээлүүд байдаг бөгөөд эдгээрээс Т.Батбаяр нарын “Монголын эртний шавар ваар”, Наваан “Археологийн 100 ваар”, Ч.Амартүвшин нарын “Хүннүгийн өв” зэрэг бүтээлээс ангилал хийх зорилгоор хүннүгийн үед хамрагдах керамик, шавар болон төмөр савны дүрсийн өгөгдлийг авч судалгааг хийлээ [9-11]. Монголын археологийн сав суулганы олдворын хувьд ангиллыг нүүдэлчдийн хээрийн зургаас ямар нэгэн алгоритмаар ангилдаг ажлууд ховор байна.

III. СУДАЛГААНЫ АРГА ЗҮЙ

Санал болгож буй загварын бүтцийг “Зур. 5”-д харууллаа.



Зураг 5. Санал болгож буй загварын бүтэц

Өгөгдөл бэлтгэхдээ шавар материалтай 92 дүрс, төмөрлөг материалтай 60 дүрсийг тус тус цуглуулсан. Matlab программыг ашиглан оролтын дүрсийг уншиж, өөр өөр хэмжээтэй дүрсийг ачаалж, өнгөт бол саарал руу хөрвүүлэн, хэмжээг 50x50 пиксел болгон өөрчилсөн [7-8]. Дараа нь онцлог шинжийг задлахдаа PCA алгоритмыг ашиглав. Керамик савны дүрсийг төмөрлөг савнаас ялгахын тулд машин сургалтын алгоритмуудыг туршив.

IV. АРГА АЛГОРИТМУУД

A. Онцлог шинж задлах аргууд

Дүрсийн хэмжээсийг багасгах зорилгоор тулгуур компонентын шинжилгээ (Principal Component Analysis - PCA) аргыг хэрэглэсэн. Энэ нь дүрсийн пикселүүдийн утгаас ангилуудыг хооронд нь ялгахуйц буюу дунджаас хазайх хазайлт ихтэй утгуудыг сонгон авахад хэрэглэдэг. Оролтын өгөгдлийн матриц X нь хамгийн өндөр хувийн утгатай k ширхэг хувийн вектороор үржигдээд k ширхэг онцлог шинж гарган авна. PCA нь дараах 4 алхамтай.

- Өгөгдлийн n түүврийн дундаж векторыг олж, вектор бүрийг дунджаас хасан вариансыг гаргана. Энэ туршилтад $n=152$ түүвэр.
- Дээрх алхамд олсон варианс матрицыг түүний тонгоруулсан (мөр, баганыг солих) матрицаар үржиж коварианс матриц S_{pp} -ыг тооцоолно. Энэ туршилтад $p=2500$ хэмжээст байгаа.
- Ковариансын матриц S_{pp} -аас хувийн утга болон хувийн векторуудыг олно. Хамгийн өндөр k хувийн утгатай k ширхэг хувийн векторыг (тулгуур компонентын хэсгүүд) сонгоно.
- Сонгогдсон хувийн векторын матрицаар эх өгөгдлийг үржүүлнэ.(1)

$$Y_{pk} = X_{np} * G_{pk} \quad (1)$$

Энд G нь хувийн векторуудын p мөр, k баганатай матриц бол Y нь n мөр, k баганатай матриц. Онцлог шинж задлах буюу хэмжээсийг багасгахад p гэсэн олон хэмжээснээс k -гэсэн бага хэмжээс рүү буулгасан [12].

Б. Машин сургалтын аргууд

Машин сургалтын аргууд нь шинж чанараараа тодорхой бүлгүүдэд хуваагддаг [13]. Үүнд Бэйсийн төрлийн аргууд (Bayes Net, Naïve Bayes), функцийн төрлийн аргууд (logistic, SGD, Multilayer Perceptron), lazy аргууд (IBK, LWL), мета төрлийн аргууд (Adaboost M1, Random Committee), дүрэм суурилсан аргууд (Jrip, Zero R), мод төрлийн аргууд (Random Forest, Random Tree) орно. Үг аргуудаар туршилт хийсэн үр дүнг дараагийн бүлэгт дэлгэрэнгүй тайлбарлалаа.

V. ТУРШИЛТЫН ҮР ДҮН

Хүннүгийн үеийн археологийн төмөрлөг, керамик савны олдворын 152 дүрс дээр туршилтыг хийв. Ангилах аргуудын үр дүнг хүснэгт 1-т харуулав.

ХҮСНЭГТ 1. АНГИЛАХ АРГУУДЫН ҮР ДҮН

Feature extraction	15		28		50		100		150		
	Cross Validation 10	Train 66%	Cross Validation 10	Train 66%	Cross Validation 10	Train 66%	Cross Validation 10	Train 66%	Cross Validation 10	Train 66%	
1	Naive Bayes	84.86	78.84	80.26	76.92	74.34	71.15	67.76	67.31	65.79	59.62
	Bayes Net	78.85	81.58	80.26	84.62	80.26	84.62	80.26	84.62	80.26	84.62
2	Multilayer Perceptron	81.58	84.62	80.26	82.69	79.61	80.77	75.66	73.08	71.05	67.31
	Logistic	83.55	80.77	77.63	82.69	80.26	84.62	71.05	65.38	45.39	46.15
	Functions SGD	84.21	80.77	79.61	84.62	76.97	86.54	74.34	73.08	71.05	71.15
3	IBK	86.18	80.77	81.58	76.92	75.66	75.00	63.82	59.62	60.53	59.62
	LWL	82.24	84.62	82.24	84.62	82.89	84.62	84.62	84.62	82.89	84.62
4	Adaboost M1	85.53	80.77	84.62	78.95	80.92	84.62	78.95	71.15	78.95	71.15
	Random Committee	84.21	84.62	73.68	61.54	75.66	75.00	73.68	61.54	68.42	76.92
5	Zero R	60.53	59.62	60.53	59.62	60.53	59.62	60.53	59.62	60.53	59.62
	J Rip	80.92	84.62	81.58	84.62	80.92	76.92	85.53	76.92	83.55	84.62
6	Decision Stump	81.58	84.62	81.58	84.62	81.58	84.62	81.58	84.62	81.58	84.62
	Random Tree	78.95	78.85	76.32	82.69	65.13	61.54	63.82	46.15	65.13	92.31
	Random Forest	86.84	88.46	86.18	84.62	84.87	84.62	76.97	65.38	70.39	65.38

Онцлог шинж задлах хэсэгт бид PCA аргыг ашиглан ялгаатай тооны онцлог шинжийн утгуудад (15, 28, 50, 100, 150) сонгосон. Туршилтын үр дүнгээс харахад хамгийн сайн функцийн хэмжээс нь 15 байв. Ангиллын үр дүнг 1-р хүснэгтэд үзүүлэв.

Ангиллын аргуудын хувьд хамгийн сайн үр дүн нь ойрын хөрш төрлийн LWL болон функцийн төрлийн аргууд

байна. Нийгэд нь харахад бидний туршсан өгөгдөл дээр санал болгож буй загвар нь дунджаар 76.2% зөв танилттай, хамгийн сайн танилт нь 90 гаруй хувьтай байгаа нь бусад салбарын өгөгдлийг ангилахад боломжийн гэдэг нь харагдаж байна.

VI. ДҮГНЭЛТ

Энэ судалгааны ажлаар хүннүгийн үед хамаарагдах төмөрлөг, керамик сав суулганы олдворын дүрсийг 2 ангилалд бэлтгэн, ялгаатай тооны онцлог шинжийн хувьд машин сургалтын аргуудаар ангилах туршилтыг хийлээ. Шинж чанарыг задлахад PCA аргыг ашиглалаа. Машин сургалтын аргуудын үр дүн, түүний параметрууд нь савны хэлбэр, материалын, төрлөөс хамаарч өөр өөр байна. Нийт 152 дүрсийг 2 ангилалд авч үзэхэд дунд ангиллын хувь (accuracy) 76.20% байгаа нь бидний санал болгож буй загварыг бусад төрлийн өгөгдөл дээр ч амжилттай таних боломжтой гэдгийг харуулж байна. Эндээс дараагийн ажилд бид бусад цаг үед хамаарах мод, арьс гэх мэт өөр өөр материал хэлбэр бүхий бусад төрлүүдийн сав суулганы олдворын дунд олон ангиллыг хийх болно. Сав суулганы олдворын дүрсийг түүхэн цаг хугацаа, материал зэргээр нь болон бусад уламжлалт соёлын ялгаатай байдлаар ангилах боломжтой гэж үзэж байна. Мөн энэ удаа зөвхөн машин сургалтын арга ашигласан бол хангалттай өгөгдөл цуглуулсны дараа гүн сургалтын аргуудыг ашиглахаар төлөвлөж байна.

НОМ ЗҮЙ

- [1] Б. Дэлгэрцэцэг, “Монгол хэв шинж бүхий сав, баглаа боодлын дизайны судалгаа”, УБ докторын диссертаци, ху 49-66, 2021.
- [2] N. A. Rasheed, and Md. Jannordin “Classification And Reconstruction Algorithms For The Archaeological Fragments,” Journal of king saud university - computer and information sciences, vol. 32(8), pp. 883-894, 2020.
- [3] F. C. Flores, F. J. G. Ugalde, J. L. P. Diaz, A. G. Strozzi and D. B. M. Vazquez, “Automatic classification of digital images of archaeological arrowheads,” J. Comput. Cult. Herit. Vol.12(3), pp. 30, 2019.
- [4] B. Kazimi, F. Thiemann, K. Malek, M. Sester, and K. Khoshelham, “Deep Learning for Archaeological Object Detection in Airborne Laser Scanning Data,” conf. GIScience, 2018.
- [5] A. Resler, R.Yeshurun, F. Natalio and R. Giryes, “A deep-learning model for predictive archaeology and archaeological community detection,” Humanit Soc Sci Commun 8, pp. 295, 2021.
- [6] F. C. Flores, F. G. Ugalde, J. L. Diaz, J. Z. Navarro, A. Gastelum-strozzi, M. D. Angeles, and M. N. Miyatake, “Computer Algorithm for Archaeological Projectile Points Automatic Classification,” J. Comput. Cult. Herit., vol. 12(3), pp. 30, 2019.
- [7] X.L Xu, “Application of Matlab In Digital Image Processing, Modern Computer,” 43(5), pp.35-37, 2008.
- [8] D.F Zhang, Matlab Digital Image Processing, Beijing, Mechanical Industry, 2009.
- [9] Т. Батбаяр, Д. Батсүх, Баярхүү нар. Монголын эртний шавар сав., VI боть УБ., Ху 198. 2016.
- [10] Д. Наваан, Археологийн 100 ваар сав., УБ., Ху. 4, 2002.
- [11] Ч. Амаргүвшин, Н. Батболд, З. Батсайхан, Ж. Баярсайхан, Ч. Ерөөл-Эрдэнэ, Ц. Олбаатар, Ж. Саруулбуян., Ц. Төрбат, Д. Түмэн, Д. Цэвээндорж, Ц. Эгиймаа, Д. Эрдэнэбаатар, Н. Эрдэнэ-Очир, Г. Эрэгзэн, Хүннүгийн өв., УБ., Ху. 296., 2011.
- [12] <https://towardsdatascience.com/using-principal-component-analysis-pca-for-machine-learning-b6e803f5bf1e>
- [13] M. Hall, E. Frank, G. Holmes, B. Pfahringer, P. Reutemann, and Ian H. Witten (2009). The WEKA Data Mining Software: An Update. SIGKDD Explorations, Vol. 11(1). 2016.

Сурах бичгийн үгийн сангийн тоон шинжилгээ

(ЕБС-ийн I-V АНГИЙН МОНГОЛ ХЭЛНИЙ СУРАХ БИЧГИЙН ЖИШЭЭГЭЭР)

Т.Батбямба

Шинжлэх Ухааны Академийн
Хэл Зохиолын Хүрээлэнгийн
Хэрэглээний хэл шинжлэлийн салбар
Улаанбаатар хот, Монгол улс
batyamba_t@mas.ac.mn

Н.Оюундарь

Машин Оюуны Лаборатори
Монгол Улсын Их Сургууль
Хэрэглээний Шинжлэх Ухааны
Сургууль
Улаанбаатар хот, Монгол
oyundari.n@gmail.com

Ч.Алтангэрэл

Машин Оюуны Лаборатори
Монгол Улсын Их Сургууль
Хэрэглээний Шинжлэх Ухааны
Сургууль
Улаанбаатар хот, Монгол
altangerel@num.edu.mn

Агуулгын товч—Бид тус өгүүлэлд Монгол Улсын ЕБС-ийн I-V ангийн Монгол хэлний сурах бичгийн цахим санг үүсгэсэн бөгөөд уг сандаа тулгуурлан сурах бичгийн үгийн сангийн үгийн тоо, үгсийн аймаг, үгийн давтамжийг тооцох зэрэг хэл шинжлэлийн олон сонирхолтой судалгааг хийж, үр дүнг харьцуулан шинжилснээ танилцуулахыг зорьсон болно. Уг судалгаа нь I-V ангийн Монгол хэлний сурах бичгийн сургалтын агуулга, хөтөлбөр, стандартыг боловсруулах, улмаар монгол хэл суралцагчдад зориулсан сурах бичиг зохиох, бүх шатны монгол хэлний түвшин тогтоох материал зэргийг боловсруулахад нэн ач холбогдолтой гэж үзэж байна.

Түлхүүр үг—цахим хэл шинжлэл, үгийн сан, үгсийн аймаг, давтамж, үгийн тоо, үгийн хувилал

I. УДИРТГАЛ

Цахим хэл шинжлэлийн зарим судалгаа нь яриа болон текст боловсруулах системийг бүтээхэд чиглэгддэг бол зарим нь хүн ба машин хоорондын харилцан үйлчлэлийг өөртөө агуулсан системийг бий болгохыг зорьдог шинжлэх ухаан юм. Өдгөө дэлхийн улс орон бүр өөр өөрийн хэлний, уран зохиолын, толь бичгийн, нэр томъёоны гэх зэрэг цахим санг байгуулан, хөгжүүлсээр байна. Орчин үеийн боловсролын хөгжлийн чиг хандлагад нийцүүлэн бага ангийн монгол хэлний сурах бичгийн цахим санг байгуулах нь сурах бичиг судлалыг хөгжүүлэх, бага боловсролын монгол хэлний сурах бичгийн стандартыг тогтоох, сурах бичиг зохиох зэрэгт чухал бааз суурь болно. Манай улсын хувьд 2014 онд баталсан монгол хэлний сургалтын цөм хөтөлбөрийн [1] хүрээнд [MNS 5418:2008](#) бага, дунд боловсролын хэвлэмэл сурах бичигт тавих шаардлагын [2] дагуу зохион гаргасан монгол хэлний сурах бичгүүдтэй холбогдох агуулга, арга зүй, чанар, үнэлгээ, хүртээмж, орчны судалгаа олон бий. Хэдий тийм ч монгол хэлний сурах бичгийн үгийн сангийн тоон шинжилгээг хийснээр эх хэл болон хос, хоёрдогч хэлээр суралцагчдын нас сэтгэхүйн онцлогт тохирсон шалгалтын материал боловсруулах, сурах бичиг зохиох, толь бичиг найруулах стандартыг тогтоож, дагаж мөрдөхөд нэн ач холбогдолтой. Мөн түүнчлэн HSK, TOFEL, TOPIK, IELTS зэрэг бидний сайн мэдэх англи, хятад, солонгос хэлний түвшин тогтоох стандарт шалгалтаар тухайн хэлийг хэр түвшинд эзэмшсэн гэдгээ олон улсын стандартын дагуу тогтоолгодог учир манай улсны хувьд ийм төрлийн стандартыг бий болгоход шаардах эхний алхам нь уг төрлийн шинжилгээ болно.

II. СУДЛАГДСАН БАЙДАЛ

Монгол улсын хэмжээнд орчин үеийн боловсролын төдийгүй технологийн хөгжлийн чиг хандлагад

нийцүүлэн “цахим сурах бичиг”, “теле хичээл”, “цахим аялал” интерактив хичээлүүдийг монгол, казак, тува болон дохионы хэлэнд орчуулан гаргаж байгаа нь цахим хөтөч болон ухаалаг төхөөрөмжийг ашиглан хүссэн цагтаа, хаанаас ч суралцах боломжийг бүрдүүлсээр байгаа. Гэсэн хэдий ч өөр өөр зохиогчдын багийн харилцан адилгүй арга барилаар зохиогдсон бага боловсролын монгол хэлний сурах бичгийн цахим сан байгуулахтай холбоо хамаарал бүхий өмнөх гарсан судлаачид (С.Энхжаргал 2016 [3], С.Энхжаргал, Д.Боролзой 2017 [4], Д.Цэвэндорж 2021 [5], Т.Батбямба, С.Алтангуяа, Ч.Алтангэрэл нар 2021 [6])-ын судалгааг бид БШУЯ-ны санхүүжилтээр хэрэгжиж буй “Монгол хэлний стандарт шалгалт, программ хангамж боловсруулах төсөл”-ийн хүрээнд гүнзгийрүүлэн судалсны дүнд үгсийн урт, үеийн тоог тодорхойлж, өмнөх судалгаагаараа [7] танилцуулсан билээ. Энэ удаагийн судалгаа нь бага ангийн монгол хэлний сурах бичгийн цахим санг үүсгэн, уг сандаа тулгуурлан сурах бичгийн бичвэр дэх нийт үгийн сан, үгсийн аймаг, үеийн тоо, үгийн давтамжид тоон шинжилгээ хийснээрээ өмнөх судалгаануудаас ялгаатай.

III. СУДАЛГААНЫ ХЭРЭГЛЭГДЭХҮҮН

Бидний судалгааны ажлын гол хэрэглэгдэхүүн нь “Ш.Оюунцэцэг ба бусад, редактор Ц.Наранцэцэг, Монгол хэл I, Ерөнхий боловсролын сургуулийн 1 дүгээр ангийн сурах бичиг, Улаанбаатар хот, 2021 он, долоо дахь хэвлэл, Уб., 2021, 172 хуудас”, “Г.Бямбасүрэн ба бусад, редактор О.Лхагвасүрэн, Монгол хэл II, Ерөнхий боловсролын сургуулийн 2 дугаар ангийн сурах бичиг, Улаанбаатар хот, 2021 он, долоо дахь хэвлэл, 152 хуудас”, “Ө.Цэндсүрэн ба бусад, редактор Ц.Өнөрбаян, Монгол хэл III, Ерөнхий боловсролын сургуулийн 3 дугаар ангийн сурах бичиг, Улаанбаатар хот, 2021 он, долоо дахь хэвлэл, 152 хуудас”, “П.Одсүрэн ба бусад, редактор Ц.Өнөрбаян, У.Мягмаржав, Монгол хэл IV, Ерөнхий боловсролын сургуулийн 4 дүгээр ангийн сурах бичиг, улаанбаатар хот, 2021 он, долоо дахь хэвлэл, 152 хуудас”, “Л.Олзвой ба бусад, редактор Д.Баттогтох, Монгол хэл V, Ерөнхий боловсролын сургуулийн 5 дугаар ангийн сурах бичиг, Улаанбаатар хот, 2021 он, долоо дахь хэвлэл, 152 хуудас” гэсэн сурах бичгүүд болно.

IV. ТУРШИЛТ

Бид цахим сан дахь тоон шинжилгээгээ МУИС-ийн Хэрэглээний шинжлэх ухааны инженерчлэлийн сургуулийн харьяа Машин оюуны лабораторийн

судлаачдын боловсруулсан үгзүйн задлуурын программ, өгүүлбэр зүйн задлуур программд зориулан монгол хэлний өгүүлбэрийн бүтцийг тэмдэглэх [8] болон давтамжийг тооцдог AntConc программуудыг ашиглан судалгааг хийж, үр дүнг танилцуулж байгаа нь онолын хувьд бага сургуулийн монгол хэлний сурах бичгийн бүх үгийн тоо, үгийн урт, үеийн бүтэц, үеийн тоо, хэл зүйн бүтцийг тогтооход, практикийн хувьд хэлний баримт хэрэглэгдэхүүнд тулгуурлан сурах бичгийн хэлийг судлах ажлыг хялбар дөхөм болгосон ач холбогдолтой төдийгүй монгол хэл, цахим хэл шинжлэлийн судалгаанд чухал хэрэгцээтэй гарын авлага болох бүрэн боломжтой хэмээн үзэж байна.

Өөрсдийн бүрдүүлсэн бага ангийн монгол хэлний сурах бичгийн цахим сандаа тулгуурлан, цахим хэл шинжлэлийн боловсруулалтын кодлох, илгээх, дамжуулах, хүлээн авах, задлах гэсэн зарчмуудын дагуу дараах хэд хэдэн талаас бүртгэх зорилгыг тавьж ажиллалаа. Үүнд:

1. Нийт үгийн тоо
2. Үгийн сангийн давтамж
3. Үгсийн аймаг
4. Үгийн хувилалаар тус тус тооцоолсон.

Ингэхдээ үгсийг материалын санд бүртгэх бөгөөд хэл зүй – үгийн сангийн нарийн задлалаар тэмдэгжүүлэн бүрдүүлбэрийн задаргаа хийх, хам бичвэрийн аргаар хам сэдвээс үгсийг ялгах, улмаар үгийн сангийн хэрэглээний чанарыг үнэлэх, үгийн бүтэц, хэрэглээн дэх давтамжийг тогтооход цахим хэл шинжлэлийн зохих аргуудаас сонгон хэрэглэлээ.

A. Үгийн сангийн давтамж

I-V ангийн монгол хэлний сурах бичгийн цахим сант Монгол хэл I сурах бичиг 6736, Монгол хэл II сурах бичиг 19028, Монгол хэл III сурах бичиг 18753, Монгол хэл IV сурах бичиг 14730, Монгол хэл V сурах бичиг 29980, нийт 89228 үгийн хүрээнд бүрдүүлэв. Сурах бичиг тус бүрийн давтамжийг анги тус бүрээр гаргахдаа AntConc [9] программыг ашиглалаа.

TABLE I. ҮГИЙН САНГИЙН ДАВТАМЖ

№	Анги	Number of lines	Number of types	Number of tokens
1	1-р анги	6737	2083	5466
2	2-р анги	19028	4435	15896
3	3-р анги	18753	3504	15670
4	4-р анги	14730	3544	12120
5	5-р анги	29980	6542	25525

Сурах бичиг тус бүрийн цахим сангийн өгөгдлийг хооронд нь харьцуулахад нь 1321, гэж 672, вэ 652, байна 628, юү 521, ямар 507, юм 450, бэ 429, би 371, бичээрий 351 гэсэн тэмдэгт хамгийн их давхцаж буй үгс нь байна. Эдгээр нь нийт үгийн сангийн 10,53%-ийг эзэлж байна.

B. Үгийн аймгийн давтамж

Бид тус цахим сангийн нийт үгсийг үгсийн сангийн ерөнхий утга, хэл зүйн үндсэн шинжээр нь ялгахдаа Монгол улсад нийтээр даган мөрдөж байгаа Монгол хэлний зөв бичих дүрмийн журамласан толь[10]-ийн ангиллыг баримталлаа.

TABLE II. ҮГСИЙН АЙМГИЙН ДАВТАМЖ

Үгсийн аймаг	I анги	II анги	III анги	IV анги	V анги	Нийт
Үйл үг	1533	4973	4600	3251	7060	21417
Жинхэнэ нэр	2489	6884	4958	4437	9501	28269
Тооны нэр	103	284	351	267	522	1527
Тэмдэг нэр	440	1017	994	873	2001	5325
Орон цагийн нэр	84	250	421	396	808	1959

Дээрх бүртгэлээс үзэхэд, цахим сангийн үгсийн аймагт давтамжаар хамгийн их тохиолдож байгаа нь жинхэнэ нэр бөгөөд нийт үгийн 31,68%-ийг эзэлж байна. Харин үйл үг 24%, тооны нэр 13,62%, тэмдэг нэр 5,96%, орон цагийн нэр 2,1%,-ийг тус тус эзэлж байна. Сурах бичиг тус бүрээр харьцуулбал I, II, III ангиудад үгсийн сан жигд өсөлттэй байгаад IV ангид огцом буурч, V ангид өссөн үзүүлэлт ажиглагдав.

C. Үгийн хувиллын давтамж

Бага ангийн сурах бичгийн нийт үгийн сангийн 23,5%-ийг ерийн нэр, 1,3%-ийг оноосон нэр эзэлж байна. Нэрийн хувиллын давтамжаас үзвэл, сурах бичиг тус бүрд нэрлэхийн тийн ялгалын хэрэглээ хамгийн их, гарах, үйлдэх, чиглэхийн тийн ялгалын хэрэглээ харьцангуй бага байна. Олон тооны нөхцөлтэй үгс 2,1% байна.

Үйл үгсийн 35,6% нь тодотгон холбох, 30,03% нь нөхцөлдүүлэн холбох, 17,02% нь цагаар төгсгөх, 12% биеэр төгсгөх, 7,8% нь хэв, 0,71% нь байдлын нөхцөлөөр тус тус хэлбэржжээ.

V. ДҮГНЭЛТ

Энэхүү өгүүллийн хүрээнд 90,000 орчим үгтэй судалгааны эх хэрэглэгдэхүүнд үгийн сан, үгсийн аймаг, үгийн хувиллын давтамжийн судалгааг хийж, үүний үр дүнд хамгийн их давтамжтай үг, үгсийн сан, үгсийн хувиллын давтамжийг тооцож гаргалаа.

Үгсийн хувиллын шинжилгээг улам нарийсган, тэмдэгт тус бүрээр гаргаж, нэг үгэнд дараалан тохиолдож буй хувиллын тооцоог гаргах нь зүй тогтлын дагуу олгох мэдлэгийг урьдчилан тооцоолох боломжтой юм.

Уг судалгаа нь бага ангийн монгол хэлний сурах бичгийн сургалтын хөтөлбөр, сурах бичиг, түвшин тогтоох шалгалтын материалыг боловсруулах төдийгүй сурагчдад олгож буй мэдлэг мэдээллийг хүндрэлийн зэрэг, уялдаа холбоо зэргийг тогтооход чухал үүрэгтэй гэж дүгнэж байна. Цаашид сурах бичгийн чанарыг сайжруулах, эх хэлний хичээлийн цөм хөтөлбөрийн

зорилгыг бүрэн биелүүлэхийн тулд энэхүү судалгааг улам өргөжүүлэх чухалтай.

[9] <https://www.laurenceanthony.net/software/antwordprofiler/>

[10] <http://toli.gov.mn/>

ТАЛАРХАЛ

Тус судалгааг хийх боломжоор бүрэн хангасан БШУЯ-ны санхүүжилтээр хэрэгжиж буй “Монгол хэлний стандарт шалгалт, программ хангамж боловсруулах төсөл”-ийн удирдагч доктор Д.Заяабаатар, төслийн баг хамт олонд талархлаа илэрхийлье.

АШИГЛАСАН МАТЕРИАЛ

- [1] <http://www.mier.mn/wp-content/uploads/2019/09/%D0%91%D0%90%D0%93%D0%90.pdf>
- [2] <https://standard.gov.mn/standard/v/5755>
- [3] С. Энхжаргал С, “Эх хэлний боловсрол ба сурах бичиг”, 119-129 тал, [Хэрэглээний хэл шинжлэл, vol I (16), Улаанбаатар, 169 тал, 2016.]
- [4] С. Энхжаргал, Д. Боролзой, “Эх хэлний боловсролд”, Улаанбаатар, 2017, 154 тал
- [5] Д. Цэвэндорж, “Сурах бичгийн чанарыг сайжруулах шаардлага, арга зүйн боломжууд”, 196-218 тал [Үгийн эрэлд, Улаанбаатар, 430 тал, 2021]
- [6] Т. Батбаямба, С. Алпангуяа, Ч. Алпангэрэл, “ЕБС-ийн I ангийн монгол хэлний сурах бичгийн үгийн сан, үгийн хувиллыг цахим хэл шинжлэлийн үүднээс бүртгэн судалсан нь”, 89-103 тал, [Хэрэглээний хэл шинжлэл, VI(21), Улаанбаатар, 220 тал, 2021]
- [7] Т. Батбаямба, С. Алпангуяа, Ч. Алпангэрэл, “ЕБС-ийн I ангийн монгол хэлний сурах бичгийн үгийн сан, үгийн хувиллыг цахим хэл шинжлэлийн үүднээс бүртгэн судалсан нь”, 89-103 тал, [Хэрэглээний хэл шинжлэл, VI(21), Улаанбаатар, 220 тал, 2021]
- [8] Н. Оюундарь, “Өгүүлбэр зүйн задлуур программд зориулан монгол хэлний өгүүлбэрийн бүтцийг тэмдэглэх нь,” (Магистрын зэрэг горилсон нэг бүтээл) Улаанбаатар, МУИС, 2016.

Монгол улсын үндсэн хууль болон нийт хуулийн хөмрөгийг бүрдүүлж Zipf, Heaps-ийн функцийг тогтмолуудыг үнэлсэн нь

Чой Сон Сү
Гадаад хэл шинжлэл
Хумуунлэгийн Ухааны Их Сургууль
Улаанбаатар, Монгол улс
fl16f001@student.humanities.mn

Ц.Ганбат
Компьютер, програм хангамж
Отгонтэнгэр Их Сургууль
Улаанбаатар, Монгол улс
ganbat_tsend@yahoo.com

Б.Чулуундорж
Хумуунлэгийн Ухааны Их Сургууль
Улаанбаатар, Монгол улс
chukabegz@humanities.mn

Хураангуй—Уг судалгааны хүрээнд Монгол улсын үндсэн хууль болон нийт хуулийн хөмрөгийг бүрдүүлж Zipf болон Heaps-ийн функцийг тогтмолуудыг үнэлэн гаргасан. Уг тогтмолуудыг гаргахад үгийн тодорхойлолт маш чухал үүрэг гүйцэтгэж байгааг бас баталсан. Уг судалгаанд үгийг хоёр төрөл буюу Type I (үгийн үндэс+нөхцөл), Type II (үгийн үндэс) гэж тодорхойлсон. Үндсэн хуулийн хувьд үгийн тодорхойлолт тус бүрээр, нийт хуулийн хувьд Type I-ээр хоёр функцийг тогтмолуудыг тооцоолон гаргасан. Үндсэн хуулийн хувьд (Type I-ээр 7,324 Token-тэй) “Type I”-ээр гаргасан Zipf-ийн функцийг тогтмол $\alpha=0.96$, $C_1=977$, Type II-оор гаргасан Heaps-ийн функцийг тогтмол $\beta=0.4$, $k=25$ хамгийн тохиромжтой байсан. Нийт хуулийн хувьд (Type I-ээр 1,634,714 Token-тэй) Type I-ээр гаргасан Zipf-ийн функцийг тогтмол $\alpha=1.8$, $C_1=67608298$ байсан бөгөөд Heaps-ийн функцийг тогтмол $\beta=0.4$, $k=50$ байсан. Ингээд уг судалгаагаар үгийн тодорхойлолт, хөмрөгт байгаа үгийн тооны хэмжээнээс хамаараад хоёр функцийг тогтмолууд нь өөр өөр болдгийг баталсан.

Түлхүүр үг—Монгол улсын үндсэн хууль, хөмрөг, үгийн тодорхойлолт, Zipf-ийн функц, Heaps-ийн функц, Type I, Type II, Token

I. ОРШИЛ

Zipf болон Heaps-ийн функц нь хөмрөгт тулгуурлан судалгаа хийхэд үгийн давтамж, үгийн давтамжийн эрэмбэ, ялгаатай үгийн тоо, нийт үгийн тоо хооронд ямар хамаарал байгааг тодорхойлдог чухал функцүүд юм. Судлаачид Zipf болон Heaps-ийн функцийг тогтмолуудыг хэл хэлээр, бичвэрийн төрөл төрлөөр нь тооцоолон гаргахыг хичээсээр ирсэн. Энэ сэдвээр өмнө нь доктор А.Хүдэр, Ц.Ганбат нар “Монгол текст дээрх Цифтийн хуулийн тогтмолын үнэлгээ” сэдвээр 2012 онд өгүүлэл бичиж ШУТИС-ийн эрдэм шинжилгээний бичиг №16 дугаарт[5], докторант Ж.Ган-Эрдэнэ, доктор Ц.Ганбат нар “Даалгаврын сан дээр тулгуурлан Heaps-ийн хуулийн тогтмолуудыг үнэлэх нь” сэдвээр 2020 онд ММТ 2020 эрдэм шинжилгээний хуралд[2] тус тус хэлэлцүүлж хэвлүүлж байжээ.

Гэхдээ энэ хоёр функцийг тогтмолуудын утга нь үгийг яаж тодорхойлж тоолохоос хамаараад нэг хөмрөгийн дотор ч өөр өөр утгатай болдог. Тиймээс энэ хоёр функцийг тогтмолуудыг тооцоолон гаргахад юуны өмнө үгийг тодорхойлох хэрэгтэй. Уг судалгааны хүрээнд үгийг хоёр төрлөөр тодорхойлсон. Мөн Монгол улсын үндсэн хууль болон нийт хуулийн хөмрөгийг бүрдүүлж үгийн тодорхойлолтын дагуу Zipf болон Heaps-ийн функцийг тогтмолуудыг тус тусдаа олоод Монгол улсын хуулийн бичвэрийн онцлогийг энэ хоёр функцийг тогтмолуудаар тодорхойлохыг хичээсэн.

Уг судалгаа нь нэр томъёоны тодорхойлолт, хөмрөгийг бүрдүүлсэн нь, Zipf-ийн функцийг тогтмолуудыг үнэлсэн нь, Heaps-ийн функцийг тогтмолуудыг үнэлсэн нь, дүгнэлт гэсэн сэдвүүдээс бүрдэнэ.

II. НЭР ТОМЪЁНЫ ТОДОРХОЙЛОЛТ

Хөмрөг (корпус, corpus): Хөмрөг гэдэг нь судалгааны зорилгын дагуу, компьютероор уншиж болохуйц хэлбэрээр боловсруулсан (UTF-8 кодоор кодолсон), хэлийг бүхлээр нь буюу хэсэгчлэн төлөөлдөг, хүний хэл ярианы бодит харилцаа дээр бий болсон бичгийн болон ярианы хэлний бичвэрүүдийн цуглуулгыг хэлнэ. Мөн уг судалгааны хувьд хөмрөгт байгаа үгнүүдэд тэмдэглэгээ (annotation)-г хийсэн хийгээгүй, үгийн тоо их багаас хамаарахгүй бүгдийг хөмрөг гэнэ.

Type: Хөмрөгт байгаа үгнүүдийг судалгааны зорилгын дагуу судлаач өөрөө тодорхойлсон нэгжийг хэлнэ. Үгийн төрөл буюу давхардаагүй үг, ялгаатай үг гэх нь ч бий. Type-ийг авиа зүй, үг зүй, өгүүлбэр зүй, утга зүй, бичвэр судлал аль аль түвшинд нь тодорхойлж болно.[13]

Token: Хөмрөгт тухайн type хэдэн удаа тохиолдон илэрч буйг хэлнэ. Тухайн type-ийн token бол заавал 1 буюу 1-ээс дээш удаа тохиолдоно. Давхардсан үг гэх нь ч бий.[13]

Type, token-ийг ойлгохын тулд дараах ганц өгүүлбэрт хөмрөгийг авч үзье.

“Биеэ засаад гэрээ зас, гэрээ засаад төрөө зас.”

Хэрэв type-ийг ‘язгуур+дагавар+нөхцөл’ гэж тодорхойлбол уг хөмрөгт **‘биеэ, засаад, гэрээ, зас, төрөө’** гэсэн 5 type байгаа бөгөөд **биеэ**(1 token-тэй), **засаад**(2 token-тэй), **гэрээ**(2 token-тэй), **зас**(2 token-тэй), **төрөө**(1 token-тэй) нийт 8 token байгаа гэсэн үг. Харин type-ийг ‘язгуур+дагавар=үгийн үндэс’ гэж тодорхойлбол уг хөмрөгт **‘бие, засах, гэр, төр’** гэсэн 4 type байгаа бөгөөд **бие**(1 token-тэй), **засах**(4 token-тэй), **гэр**(2 token-тэй), **төр**(1 token-тэй) нийт 8 token-тэй болно. Ингэж type-ийн тодорхойлолтын дагуу type болон тухайн type-ийн token-ны тоо өөрчлөгддөг учир судалгааны үр дүн ч өөрчлөгдөхөөр болно. Уг судалгаанд type-ийг хоёр төрлөөр тодорхойлж Zipf, Heaps-ийн функцийг тооцоолон гаргаад тэдгээрийн ялгааг тодруулна. Type-ийн хоёр тодорхойлолтыг дараах байдлаар тодорхойлно.

Type I: Хоосон зайгаар тусгаарлагдан бичигдсэн буюу **‘язгуур+дагавар+нөхцөл=үгийн үндэс+нөхцөл’**-ийг хэлнэ. Жишээ нь энэ тодорхойлолтын дагуу бол “байна, байдаг, байлаа”-г өөр өөр type гэж тооцно.

Түрe II: Хоосон зайгаар тусгаарлагдан бичигдсэн буюу ‘язгуур+дагавар=үгийн үндэс’-ийг хэлнэ. Жишээ нь энэ тодорхойлолтын дагуу бол “байна, байдаг, байлаа”-г бүгд “байх” гэсэн нэг түрe гэж тооцно.

Түрe I-ээр түрe гаргахад асуудал байхгүй. Харин Түрe II-оор түрe гаргахад дагавар, нөхцөлийн талаар эрдэмтдийн үзэл бодол харилцан адилгүй учир асуудалтай. Тэр асуудал болон шийдлүүдийг ХҮСНЭГТ I-ээс үзнэ үү.

ХҮСНЭГТ 1. Түрe II-ын асуудал ба шийдэл

Д/д	[А]суудал ба [Ш]нийдэл, [Ү]ндэслэл
1	[А] Дагавар, нөхцөлд юу юу хамрагдах вэ? [Ш] Хэвийг дагаварт оруулна. Нэрийн тийн ялгал, хамаатуулах, үйл үгийн цаг, төлөв, үйлийн нөхцөл(нөхцөлдүүлэн холбох), үйлийн захирах хүсэх(биеэр төгсгөх), тодотгон холбох, үйл үг болон тодотгон холбохын үгүйсгэхийг нөхцөлд оруулна. [Ү] Ц.Өнөрбаян нар[4, р. 17-22] үзнэ үү.
2	[А] Маргаантай залгаврууд: Байдал, олон тоо, тооны нэр, зарим нөхцөл үйл яах вэ? [Ш] Уг залгавар залгасан үг нь толь бичгийн толгой үгэнд байна уу үгүй юу-аар шийднэ. Толь бичиг нь монгол хэлний тайлбар толь”[2014, Монсудар хэвлэлийн газар] буюу https://www.mongoltoli.mn/ -г хэлнэ. [Ү] Толь бичгийн толгой үг үгийн үндэс мөн учир ингэж шийднэ.
3	[А] “Бүрэн эрхт байдлыг, үндэсний аюулгүй байдал” [Ш] “бүрэн, эрхт, байдал, үндэс, аюулгүй, байдал” гэж түрe-ийг гаргана. [Ү] Э.Мөнх-Учрал[3, р.117-118]-ын дагуу “нэр үг+тай, т, гүй”-г тэмдэг нэр болсон тохиолдолд түрe гэж тооцно.
4	[А] “Монгол Улсад шүүх эрх мэдлийг гагцхүү шүүх хэрэгжүүлнэ.” [Ш] “монгол, улс, шүүх1, эрх, мэдэл, гагцхүү, шүүх5, хэрэгжүүлэх” гэж түрe-ийг гаргана. [Ү] Ижил үгийг толь бичигт байгаа дугаарын дагуу дугаарлаж тус тусдаа түрe гэж тооцно.
5	[А] “Улсын их хурал” [Ш] “улс, их, хурал” гэж тус тусдаа нэг нэг түрe гэж тооцно. [Ү] Утга зүйн хувьд хоршоо үг, нийлмэл үг, товчилсон үг нь нэг утгатай, нэг шинэ үгийн үндэс мөн. Гэхдээ уг судалгаанд түрe-ийг хоосон зайгаар тусгаарлагдсан бүхнийг нэг нэгж гэж тооцоод гаргах учир эдгээр үгсийг нэгээр биш тухайн нийлмэл үгийг бүрдүүлж буй үг тус бүрээр түрe-ийг гаргана.
6	[А] “гуравны хоёроос, нэгдүгээр, 13-ны, Арван гуравдугаар, хоёр дахь” [Ш] “гурав, хоёр, нэгдүгээр, 13, арван, гуравдугаар, хоёр, дахь” гэж тус тусдаа нэг нэг түрe гэж тооцно. “13” шиг Араб тоо нь хөмрөгт хадгалсан ч үгийн тооллого хийхэд хасна. [Ү] Хоосон зайгаар тусгаарлагдсан бүхнийг нэг нэгж гэж тооцоод түрe-ийг гаргана гэсэн зарчмын дагуу. Уг судалгаанд Араб тоог түрe гэж тооцохгүй. Яагаад гэвэл ихэнх Араб тоо зөвхөн дараалал заасан учир үгийн утгын хувьд ач холбогдол байхгүй гэж тооцсон.
7	[А] “Иргэдийн төлөөлөгчдийг” [Ш] “иргэд, төлөөлөгч” гэж тус тусдаа түрe-ийг гаргана. [Ү] Толь бичгийн толгой үгэнд байвал түрe гэж тооцож байхгүй бол ганц тооны хэлбэрийг түрe гэж тооцно.
8	[А] “Үндсэн хуулийн нэгэн адил хүчинтэй байна.” [Ш] “үндсэн, хууль, нэгэн, адил, хүчин, байх” гэж тус тусдаа түрe-ийг гаргана. [Ү] [1, р. 191] -д хэлснээр хамжуулсан тодотголд “-н-тэй, -н-гүй” хоёр үндэс байгаа болохоор –н-тэй хэлбэр толь бичгийн толгой үгэнд байвал –н-тэй хэлбэрийг түрe гэж тооцно.
9	[А] “болохгүй, заагаагүй бол” [Ш] “болох, заах, бол” гэж тус тусдаа түрe-ийг гаргана. [Ү] [4, р. 127, 134], [1, р. 192]-д үйл үгийн дараа залгадаг “-гүй”-г үгүйсгэх утгатай нөхцөл гэж үзсэн байна.
10	[А] “Түүний гэр бүлийнхэн” [Ш] “түүн, гэр, бүлийнхэн” гэж түрe-ийг гаргана. [Ү] [3, р.118]-д дурдсанчлан харьяалахын тийн ялгалт нэрийн араас орж хам олны утга заадаг “-х, -хан” дагавар учир.

III. ХӨМРӨГИЙГ БҮРДҮҮЛСЭН НЬ

2020. 1. 15-ны байдлаар бүрдүүлсэн Монгол улсын хуулийн хөмрөгийг уг судалгаанд ашигласан. Хуулийн хөмрөгийг дараах аргаар бүрдүүлсэн.

- 1) <https://legalinfo.mn/mn> сайтад байгаа 721 Монгол улсын хуулийг хуулийн нэрийн цагаан толгойн дарааллаар бүгдийг нь татаж аваад txt файлд хадгалсан.
- 2) Файл дотор орсон хуультай хамаагүй “Хэвлэх” гэсэн үгийг бүгдийг арилгасан.
- 3) Хуулиудын нэрийн цагаан толгой тус бүрээр файл үүсгэж мөн бүх нийтийн хуулиар ч файл үүсгэсэн.
- 4) Монгол улсын үндсэн хуульд тулгуурлан тусдаа анализ хийхийн тулд үндсэн хуулийг тусад нь хадгалсан.

Монгол улсын хуульд “М” үсгээр эхэлсэн хууль 107-оор хамгийн их байгаа бол “Ё, Л, Ф, Ю, Я”-аар эхэлсэн хууль байхгүй байсан.

Ингэж цуглуулан бүрдүүлсэн хуулийн хөмрөгт дараах урьдчилсан боловсруулалт (Preprocessing and Cleaning) болон нормальчлал (Tokenization and Lemmatization) хийсэн.

- 1) Файл доторх тусгай тэмдэгтүүд(/, ;, -, “”, (,),)-ийг арилгах.
- 2) Гар аргаар зөвхөн үндсэн хуулийг Түрe II(үгийн үндэс)-оор нормальчлах. Гар аргаар нормальчлах нь их цаг авдаг учир бусад хуулийг нормальчлах нь дараагийн судалгааны ажил дээр хийхээр төлөвлөж байна. Энэ удаагийн судалгаанд зөвхөн үндсэн хуулийг нормальчилж бусад хууль нь нормальчлахгүйгээр судалгаа хийсэн болно.

Одоо хуулийн хөмрөгт тулгуурлан Zipf, Heaps-ийн функцийн тогтмолуудыг тооцоолон гаргахад бэлэн болсон. Эхлээд Zipf-ийн функцийн тогтмолуудыг гаргая.

IV. ZIPF-ИЙН ФУНКЦИЙН ТОГТМОЛУУДЫГ ҮНЭЛСЭН НЬ

Zipf[8, р. 42][10, р. 36] 1935 онд “Ulysses”(James Joyce, 260430 token-тэй) бүтээлд тулгуурлан үгнүүд(Түрe I буюу үгийн үндэс+нөхцөлөөр тодорхойлсон)-ийн давтамжийг гаргасны дараа үгнүүдийг давтамжийн эрэмбээр хамгийн ихээс бага руу жагсаагаад үгийн эрэмбэ, үгийн давтамж хооронд урвуу пропорциональ хамаарал байдгийг баталсан. Zipf-ийн санал болгосон анхны функц нь (2) байна.

$$Rank_i \times Freq_i \approx C_1 \tag{1}$$

$$Freq_i \approx \frac{C_1}{Rank_i} \tag{2}$$

Энд, *Rank_i* бол i-р эрэмбэ, *Freq_i* бол i-р эрэмбэтэй үг(Түрe)-ийн давтамж, *C₁* бол 1-р эрэмбэтэй үгийн давтамжийг хэлнэ.

Гэхдээ (2) нь өндөр болон нам эрэмбэтэй үгнүүдэд сайн тохирохгүй байсан. Гиймээс Zipf 1949 онд (2) томьёог (3) томьёогоор өөрчилсөн.[8, р. 37]

$$Freq_i = \frac{C_1}{Rank_i^\alpha} \tag{3}$$

Хэрэв $\alpha=1$ бол (2), (3) томьёонууд адилхан болно. (3)-ыг тооцоолон гаргахын тулд (3)-ын хоёр талдаа 10-ын суурьтай логарифм авбал (4) томьёог гарган авна.

$$\log(\text{Freq}_i) = \log C_1 - \alpha \log(\text{Rank}_i) \quad (4)$$

Регрессийн шинжилгээг хэрэглэвэл (4)-д байгаа C_1 , α -г олж чадна. Үндсэн хууль, нийт хуулийн хөмрөгт тулгуурлан (4)-ийг олохын тулд эхлээд хөмрөг тус бүрээр Type I, Type II-ын дагуу үгнүүдийн давтамж болон эрэмбийг олох хэрэгтэй. Үүнийг олохын тулд AntConc программ ашигласан. Үндсэн хуулийн үгийн эрэмбэ, давтамжийг ХҮСНЭГТ 2-оос үзнэ үү.

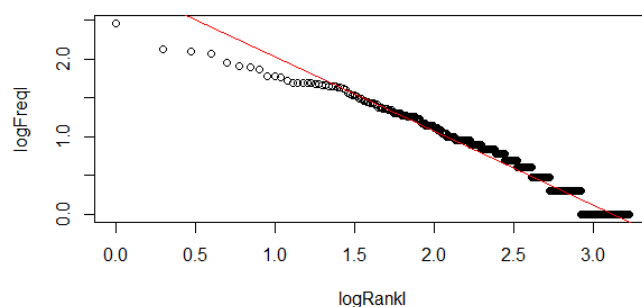
ХҮСНЭГТ 2. Үндсэн хуулийн үгийн эрэмбэ, давтамж

Type I(Үгийн үндэс+нөхцөл)			Type II(Үгийн үндэс)		
Rank _i	Үг	Freq _i	Rank _i	Үг	Freq _i
1	улсын	290	1	улс	331
2	монгол	133	2	хууль	247
3	их	125	3	эрх	148
4	үндсэн	119	4	монгол	139
5	нь	90	5	хурал	138
6	эрх	82	6	их	125
7	хуульд	78	7	үндсэн	119
8	зүйл	73	8	зүйл	91
9	төрийн	60	9	нь	90
10	хууль	60	10	засаг	85
100	байдлыг	13	100	оролцох	16
500	хоорондын	3	400	тоо	3
1000	дагнан	1	700	ирээдүй	1
1689	өөрчилж	1	928	өөрсдөө	1
Нийт	1,689	7,324	Нийт	928	7,273
Type-Token Ratio(TTR) ^a					
4.3			7.8		
Нарах legomena(Хапакс легомена) ^b					
843 (50%)			343 (37%)		

^a Нийт token-ны тоог нийт type-ийн тоогоор хуваасан туга.

^b Хөмрөгт ганц удаа хэрэглэгдсэн type.

Монгол улсын үндсэн хуульд хамгийн их давтамжтай үг нь Type I-ээр нь “улсын”, Type II-оор нь “улс” байна. Үндсэн хуульд үгийн үндэс 928 байна. TTR бол Type I-ээр 4.3, Type II-оор 7.8 байгаа бөгөөд энэ нь Type I-ээс Type II нь илүү олон удаа давтагдаж хэрэглэгдэхийг баталсан индекс юм. Нарах legomena (хапакс легомена)-ийн хувь нь Type I-ээр 50%, Type II-оор 37% байсан. Энэ нь үгийн үндсээс үгийн хувирсан хэлбэрийн ганц удаа тохиолдох магадлал илүү өндөр гэдгийг бататгаж байгаа мэдээлэл юм. Одоо ХҮСНЭГТ 2-д байгаа тоо баримтуудыг ашиглан үндсэн хуулийн Zipf-ийн тогтмолуудыг гаргая. Зураг 1-д Type I-ээр гаргасан Zipf-ийн функцийг харуулсан. (4)-ийг тооцоолон гаргахын тулд бодит утгуудад логарифм авсан болно.



Зураг 1. Үндсэн хуулийн Zipf-ийн функц I (үгийн үндэс+нөхцөл)

```

Coefficients:
              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  2.990768   0.013356   223.9   <2e-16 ***
logRankI     -0.955313   0.004724  -202.2   <2e-16 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.08346 on 1687 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.9604,    Adjusted R-squared:  0.9604
F-statistic: 4.09e+04 on 1 and 1687 DF,  p-value: < 2.2e-16
    
```

Зураг 2. Zipf-ийн функц I-ийн регрессийн шинжилгээний үр дүн

Зураг 1-д байгаа цэгүүд дээр регрессийн шинжилгээг хийж зураг 2-т байгаа утгуудыг олсон. Энэ утгуудыг ашиглан (5), (6), (7)-г олж болно. $R^2=0.96$ учир статистикийн хувьд уг регресс утгатай гэж үзэж болно.

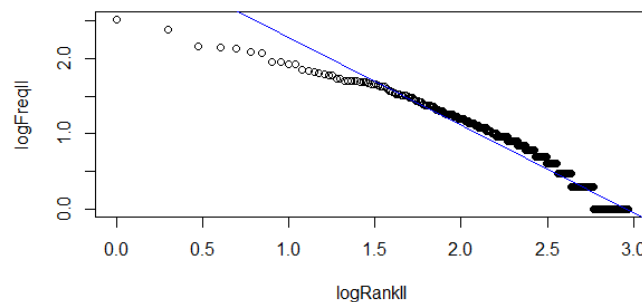
$$\log(\text{Freq}_i) = 2.99 - 0.96 \log(\text{Rank}_i) \quad (5)$$

$$\text{Freq}_i = \frac{10^{2.99}}{\text{Rank}_i^{0.96}} \quad (6)$$

$$\text{Freq}_i = \frac{977}{\text{Rank}_i^{0.96}} \quad (7)$$

(7)-оос харахад $C_1=977$, $\alpha=0.96$ байна. α -ын утга нь 1-д ойрхон учир Zipf-ийн хуульд дөхөж байна. Харин 1-р эрэмбэтэй үгийн давтамжийн тоо бодитоор нь 290 байхад функцээр 977 гарсан нь бодит утга болон онолын утга хооронд их зөрүү гарч байгааг харуулж байна. Ер нь Zipf-ийн функц өндөр болон нам эрэмбэтэй үгнүүдийн давтамжийн бодит утга болон онолын утга хооронд их зөрүүтэй гэсэн шүүмжлэл байдаг. Энэ зөрүү дараах хоёр Zipf-ийн функцэд ч давтагдсан. Тиймээс Mandelbrot эрдэмтэн Zipf-ийн функцийг өргөтгөн засаж Zipf-Mandelbrot-ын функцийг гаргасан. Дараагийн судалгаанд уг функцийг тооцоолон гаргахар төлөвлөж байна.

Одоо Type II-оор гаргасан Zipf-ийн функцийн талаар судалъя. Зураг 3, 4-өөс график болон регрессийн шинжилгээний үр дүнг харна уу.



Зураг 3. Үндсэн хуулийн Zipf-ийн функц II (үгийн үндэс)

```

Coefficients:
(Intercept) 3.450038 0.023688 145.6 <2e-16 ***
logRankII -1.168159 0.009213 -126.8 <2e-16 ***
---
Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.12 on 926 degrees of freedom
Multiple R-squared: 0.9455, Adjusted R-squared: 0.9455
F-statistic: 1.608e+04 on 1 and 926 DF, p-value: < 2.2e-16
    
```

Зураг 4. Zipf-ийн функц II-ын регрессийн шинжилгээний үр дүн

$$\log(Freq_i) = 3.45 - 1.17 \log(Rank_i) \quad (8)$$

$$Freq_i = \frac{10^{3.45}}{Rank_i^{1.17}} \quad (9)$$

$$Freq_i = \frac{2818}{Rank_i^{1.17}} \quad (10)$$

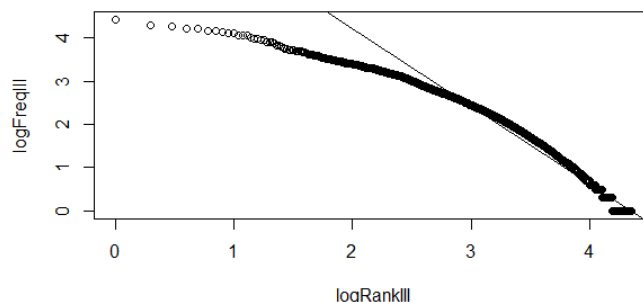
(10)-ыг (7)-тай харьцуулаад Type II буюу үгийн үндсээр гаргасан Zipf-ийн функц нь Type I буюу үгийн үндэс+нөхцөлөөр гаргасан Zipf-ийн функцээс утгуудыг тайлбарлах, таамаглах чадвар муу байна гэсэн дүгнэлт гарлаа. Яагаад гэвэл $R^2=0.94$ -өөр Type I-ээс бага, мөн $C_1=2818$ гэж гарсан нь бодит тоо 331-ээс хамаагүй их зөрүүтэй байсан. Гиймээс Zipf-ийн функцийг Type I-ээр тооцоолон гаргах нь зүйтэй гэсэн дүгнэлт гаргаж байна. Дараа нь нийт хуулийн үгийн эрэмбэ, давтамжийг ХҮСНЭГТ 3-аас үзэцгээе. Үүнийг Type I-ээр гаргасан.

ХҮСНЭГТ 3. Нийт хуулийн үгийн эрэмбэ, давтамж

Type I(Үгийн үндэс+нөхцөл)		
Rank _i	Үг	Freq _i
1	энэ	26216
2	дугаар	19555
3	хуулийн	18389
4	нь	15937
5	улсын	15807
6	болон	14167
7	зүйл	14048
8	заасан	13909
9	сарын	13153
10	оны	12417
1000	оруулж	275
5000	ганцаарчилсан	21
15000	хүмүүжиж	2
22341	өөрчлөлт	1
Нийт	22,341	1,634,714
Type-Token Ratio(TTR)		
73.2		
Нарих legomena (Хапакс легомена)		
6,732 (30%)		

ХҮСНЭГТ 3-аас харвал, Type I-ээр нийт хуульд хамгийн их давтагдах үг нь “энэ” байна. Хуулийн TTR 73.2 бөгөөд маш өндөр тоо гарсан. Энэ нь мэдээлэл дамжуулах бичвэрүүдийн онцлог юм. Өөрөөр хэлбэл хууль, сонин гэх мэтийн бичвэрүүд үгийн баялаг муу байна гэсэн үг. “Тунгалаг тамир” романы TTR(Token(167251)/Type(20353)) 8.2-тай харьцуулбал эдгээрийн ялгаа тод харагдана. Уран зохиолын бичвэрт нэг үг олон удаа давтагдахгүй нь хуультай харьцуулбал үгийн баялаг сайтай гэсэн үг. Нийт хуулийн Нарих

legomena-ийн хувь 30% байсан нь хуульд ганц удаа хэрэглэгдэх үгийн хэмжээ бага гэдгийг бататгаж байгаа юм. Нийт хуулийн хөмрөгт тулгуурлан Type I-ээр Zipf-ийн функцийг тооцоолон гаргасныг зураг 5, 6-д харуулсан.



Зураг 5. Нийт хуулийн Zipf-ийн функц III (үгийн үндэс+нөхцөл)

```

Coefficients:
(Intercept) 7.833003 0.009940 788 <2e-16 ***
logRankIII -1.804539 0.002524 -715 <2e-16 ***
---
Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.1636 on 22339 degrees of freedom
Multiple R-squared: 0.9581, Adjusted R-squared: 0.9581
F-statistic: 5.113e+05 on 1 and 22339 DF, p-value: < 2.2e-16
    
```

Зураг 6. Zipf-ийн функц III-ын регрессийн шинжилгээний үр дүн

$$\log(Freq_i) = 7.83 - 1.8 \log(Rank_i) \quad (11)$$

$$Freq_i = \frac{10^{7.83}}{Rank_i^{1.8}} \quad (12)$$

$$Freq_i = \frac{67608298}{Rank_i^{1.8}} \quad (13)$$

(13)-ын $C_1=67608298$, $\alpha=1.8$ бөгөөд (7), (10)-ын C_1 , α -аас их гарсан. Token-ны тоо нэмэгдвэл өндөр эрэмбэтэй үгнүүдийн давтамжийн тооцоолон гаргасан тоо, бодит тоо хоорондын зөрүү улам их болохыг харуулж байна. Гурван Zipf-ийн функцийг ХҮСНЭГТ 4-д нэг дор бичиж харуулсан.

ХҮСНЭГТ 4. Гурван Zipf-ийн функцийг харьцуулсан нь

Тогтмолууд	Үндсэн хууль		Нийт хууль
	Type I (7) Үгийн үндэс+нөхцөл	Type II (10) Үгийн үндэс	Type I (13) Үгийн үндэс+нөхцөл
α	0.96	1.17	1.8
C_1	977	2818	67608298
R^2	0.96	0.95	0.96
Adjusted R^2	0.96	0.95	0.96

ХҮСНЭГТ 4-өөс дараах дүгнэлт гаргасан:

- Гурван функц бүгд үгийн эрэмбэ ба давтамж хооронд урвуу пропорциональ хамааралтай гэдгийг бататгаж байна. (7), (10), (13)-ыг үзнэ үү.
- Хөмрөгийн үгийн тодорхойлолтоос хамаараад функцийн тогтмолууд их зөрүүтэй гарсан. Гиймээс хөмрөгт тулгуурлан статистикийн шинжилгээ хийхэд үгийг яаж тодорхойлноос хамаарч байна. Үндсэн хуулийн хувьд Type I-ээр Zipf-ийн функцийг тооцоолон гаргах нь илүү үр дүнтэй байсан.

с) Гурван функц бүгд өндөр эрэмбэтэй үгнүүдийн давтамжийг тооцоолон таамаглах чадвар сул байгаа нь ажиглагдсан. Тиймээс Zipf-ийн функц буюу (3)-д засвар, тохиргоо хийх шаардлагатай.

V. HEAPS-ИЙН ФУНКЦИЙН ТОГТМОЛУУДЫГ ҮНЭЛСЭН НЬ

Heaps[7, 1978] хөмрөгт байгаа ялгаатай үг(Type)-ийн тоо болон тохиолдох үг(Token)-ийн тоо хооронд дараах хамааралтай гэдгийг олж баталсан.

$$V = k \cdot N^\beta \tag{14}$$

Энд, V бол ялгаатай үг(Type)-ийн тоо, N бол тохиолдох үг(Token)-ийн тоо, k, β бол Heaps-ийн функцийг тогтмолуудыг хэлнэ. (14)-ийг олохын тулд хоёр талдаа 10 суурьтай логарифм авбал (15)-ыг олж болно.

$$\log V = \log k + \beta \log N \tag{15}$$

Регрессийн шинжилгээг хэрэглэвэл (15)-д байгаа k, β -г олж чадна. Heaps-ийн тогтмолууд k, β -г олох аргачлалыг тайлбарлая.

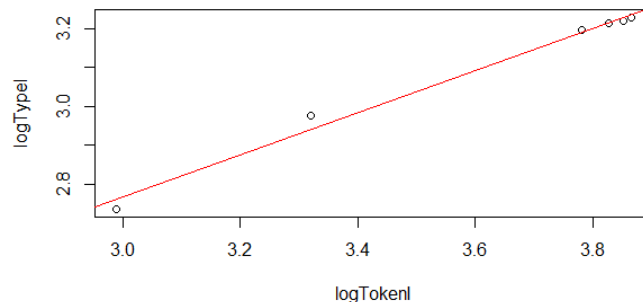
- 1) Хөмрөгийг $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$ гэж n хэсгээр хуваана. Уг судалгаанд үндсэн хуулийн хөмрөгийг бүлэг бүлгээр 6, нийт хуулийн хөмрөгийг хуулийн нэрийн цагаан толгойн дарааллаар 25 хэсэг болгон хуваасан.
- 2) Эхлээд X_1 -д байгаа type болон нийт token-ны тоо гаргана. Үүнийг ($token_1, type_1$) гэж эрэмбэлэгдсэн хос болгоно.
- 3) X_1 дээр X_2 -ыг нэмж X_1+X_2 гэсэн хөмрөг бүрдүүлж дахиад type болон нийт token-ны тоо гаргана. Үүнийг ($token_2, type_2$) гэж эрэмбэлэгдсэн хос болгоно.
- 4) Мөн $X_1+X_2+X_3$ гэсэн хөмрөг бүрдүүлж дахиад type болон нийт token-ны тоо гаргана. Үүнийг ($token_3, type_3$) гэж эрэмбэлэгдсэн хос болгоно.
- 5) Ийм аргаар хамгийн сүүлд $X = X_1+X_2+X_3+\dots+X_n$ бүрдүүлж ($token_n, type_n$)-ийг олно.
- 6) ($token_1, type_1$), ($token_2, type_2$), ($token_3, type_3$), ..., ($token_n, type_n$)-д логарифм аваад координатын хавтгай(хэвтээ тэнхлэгт token-ны, босоо тэнхлэгт type-ийн утга)-д тэмдэглэнэ.
- 7) Регрессийн шинжилгээ хийж (15)-д байгаа k, β -г олж (14)-ийг олно.

Дээрх аргаар үндсэн хуулийн хөмрөгт тулгуурлан Type I, II-ын дагуу Heaps-ийн тогтмолуудыг үнэлж үзье. Эхлээд ($token_i, type_i$) эрэмбэлэгдсэн хосыг олох хэрэгтэй. Үүнийг ХҮСНЭГТ 5-т үзүүлсэн.

ХҮСНЭГТ 5. Үндсэн хууль дээр HEAPS-ийн функцийг үүсгэсэн нь

Type I(Үгийн үндэс+нөхцөл)			Type II(Үгийн үндэс)		
X_i	$Token_i$	$Type_i$	X_i	$Token_i$	$Type_i$
X_1	974	545	X_1	971	400
X_1+X_2	2088	948	X_1+X_2	2082	640
$X_1+X_2+X_3$	6026	1572	$X_1+X_2+X_3$	5982	888
$X_1+\dots+X_4$	6701	1631	$X_1+\dots+X_4$	6654	908
$X_1+\dots+X_5$	7093	1658	$X_1+\dots+X_5$	7045	916
$X_1+\dots+X_6$	7324	1689	$X_1+\dots+X_6$	7273	928

ХҮСНЭГТ 5-д байгаа өгөгдөл хэрэглэн Type I-ээр (14)-ийг тооцоолон гаргахын тулд утгуудад логарифм авч регрессийн шинжилгээ хийн цэгүүдийг хамгийн ойроор дайрсан шугам олж зураг 7, 8-д харуулсан.



Зураг 7. Үндсэн хуулийн Heaps-ийн функц I (үгийн үндэс+нөхцөл)

```

Coefficients:
      Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  1.13514    0.10180   11.15 0.000368 ***
logTokenI    0.54362    0.02812   19.33 4.22e-05 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.023 on 4 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.9894,    Adjusted R-squared:  0.9868
F-statistic: 373.7 on 1 and 4 DF,  p-value: 4.22e-05
    
```

Зураг 8. Heaps-ийн функц I-ийн регрессийн шинжилгээний үр дүн

Зураг 8-д байгаа утгуудыг ашиглан (16), (17), (18)-ыг олж болно. $R^2=0.989$ учир статистикийн хувьд уг регресс утгатай гэж үзэж болно.

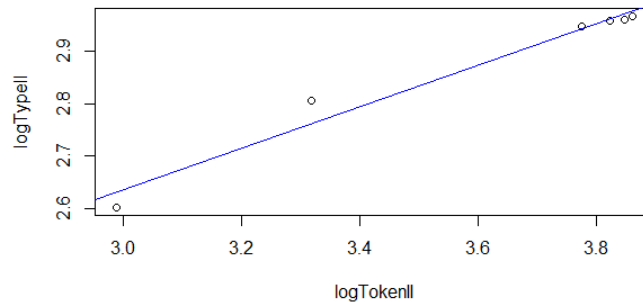
$$\log V = 1.1 + 0.5 \log N \tag{16}$$

$$V = 10^{1.1} \cdot N^{0.5} \tag{17}$$

$$V = 12 \cdot N^{0.5} \tag{18}$$

(18)-аас харахад $k=12, \beta=0.5$ байна. Англи хэлний хөмрөгийн хувьд $10 < k < 100, 0.4 < \beta < 0.6$ гэсэн судалгаа байна. Type I-ээр гаргасан Монгол улсын үндсэн хуулийн Heaps-ийн функцийг тогтмолууд нь англи хэлний хөмрөгт хийсэн судалгаатай төстэй гарсан байна. Гэхдээ ингэж шууд харьцуулах нь буруу гэж хэлж болно. Яагаад гэвэл тухайн англи хэлний хөмрөгийг яг ямар төрлийн бичвэрүүдээр бүрдүүлснийг бас харгалзах хэрэгтэй учир. Яг зөв харьцуулья гэвэл англи хэлний хуулийн хөмрөгт тулгуурлан Type I-ээр хийсэн судалгааны дүнтэй харьцуулах хэрэгтэй.

(18)-д $N=7324$ байхаар $V=1026$ болно. Энэ нь Type I-ийн бодит $V=1689$ -ээс 663 бага байна. Тиймээс (18)-ын таамаглан тооцох чадвар сул байна гэж хэлж болно. Одоо Type II-оор гаргасан Heaps-ийн функцийг талаар судалъя. Зураг 9, 10-г график болон регрессийн шинжилгээний дүн харуулсан.



Зураг 9. Үндсэн хуулийн Heaps-ийн функц II (үгийн үндэс)


```

coefficients:
      Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  1.44578    0.12148   11.90 0.000286 ***
logTokenII   0.39646    0.03358   11.81 0.000295 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.0274 on 4 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.9721,    Adjusted R-squared:  0.9651
F-statistic: 139.4 on 1 and 4 DF,  p-value: 0.0002945
    
```

Зураг 10. Neaps-ийн функц II-ийн регрессийн шинжилгээний дүн

Зураг 10-д байгаа утгуудыг ашиглан (19), (20), (21)-ийг олж болно. $R^2=0.97$ учир статистикийн хувьд уг регресс утгатай гэж үзэж болно.

$$\log V = 1.4 + 0.4 \log N \quad (19)$$

$$V = 10^{1.4} \cdot N^{0.4} \quad (20)$$

$$V = 25 \cdot N^{0.4} \quad (21)$$

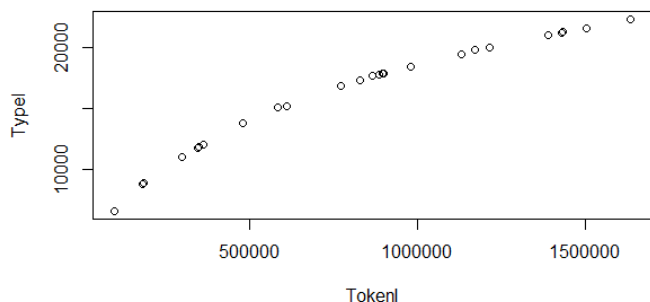
(21)-ээс харахад $k=25, \beta=0.4$ байна. Энэ нь (18)-аас k нь ихэсч β нь багссан байна. (21)-д $N=7273$ байхаар $V=876$ болно. Энэ нь Type II-ын бодит $V=928$ -аас 265 бага байна. Тиймээс (21)-ийн таамаглан тооцох чадвар (18)-ынхаасаа сайн гэж хэлж болно. Өөрөөр хэлбэл Neaps-ийн функцийг Type II-оор тооцоолон гаргах нь илүү үр дүнтэй гэж дүгнэж болно.

Дараа нь нийт хуулийн хөмрөгт тулгуурлан Type I-ээр Neaps-ийн функцийг тооцоолон гаргая. Өгөгдлийг ХҮСНЭГТ 6-д харуулав.

ХҮСНЭГТ 6. НИЙТ ХУУЛЬ ДЭЭР NEAPS-ИЙН ФУНКЦИЙГ АШИГЛАХ ӨГӨГДЛИЙГ ҮҮСГЭСЭН НЬ

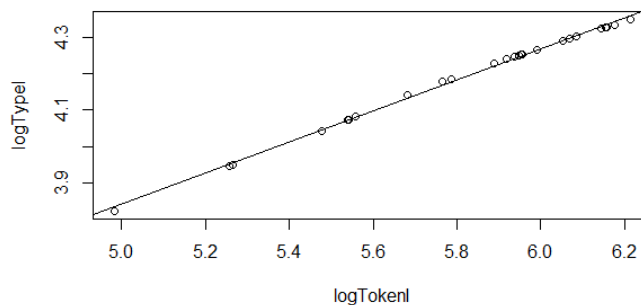
Type I (Үгийн үндэс+нөхцөл)					
X_i	$Token_i$	$Type_i$	X_i	$Token_i$	$Type_i$
X_a	95858	6645	$X_a+...+X_o$	886100	17803
X_a+X_b	180284	8817	$X_a+...+X_n$	897468	17876
$X_a+X_b+X_c$	184105	8921	$X_a+...+X_p$	900490	17901
$X_a+...+X_l$	299977	11038	$X_a+...+X_e$	980709	18430
$X_a+...+X_o$	346352	11827	$X_a+...+X_m$	1132102	19512
$X_a+...+X_c$	348333	11849	$X_a+...+X_y$	1171295	19808
$X_a+...+X_{sc}$	360958	12068	$X_a+...+X_f$	1213979	20069
$X_a+...+X_s$	481129	13814	$X_a+...+X_x$	1390166	21053
$X_a+...+X_u$	583043	15091	$X_a+...+X_n$	1431716	21268
$X_a+...+X_k$	612306	15267	$X_a+...+X_a$	1435090	21282
$X_a+...+X_u$	771573	16863	$X_a+...+X_u$	1502929	21599
$X_a+...+X_u$	828106	17355	$X_a+...+X_s$	1634714	22341
$X_a+...+X_o$	864799	17712	Төгсөв.		

ХҮСНЭГТ 6-д байгаа утгуудад логарифм авахгүйгээр координатын хавтгай дээр цэгүүдийг тэмдэглэвэл зураг 11-тэй адил болно.



Зураг 11. Нийт хуулийн Neaps-ийн функц (үгийн үндэс+нөхцөл)

Зураг 11-г байгаа цэгүүд нь Neaps-ийн функцийг маш сайн харуулж байна. Уг функцийг тооцоолон гаргахын тулд утгуудад логарифм аваад цэгүүдийг тэмдэглэвэл зураг 12-тай адил болно.



Зураг 12. Нийт хуулийн Neaps-ийн функц III (үгийн үндэс+нөхцөл)

```

Coefficients:
      Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  1.704691    0.022738   74.97 <2e-16 ***
logTokenI    0.427250    0.003901  109.52 <2e-16 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.006294 on 23 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.9981,    Adjusted R-squared:  0.998
F-statistic: 1.2e+04 on 1 and 23 DF,  p-value: < 2.2e-16
    
```

Зураг 13. Neaps-ийн функц III-ийн регрессийн шинжилгээний үр дүн

Зураг 13-г байгаа утгуудыг ашиглан (22), (23), (24)-ийг олж болно. $R^2=0.998$ учир статистикийн хувьд уг регресс утгатай гэж үзэж болно.

$$\log V = 1.7 + 0.4 \log N \quad (22)$$

$$V = 10^{1.7} \cdot N^{0.4} \quad (23)$$

$$V = 50 \cdot N^{0.4} \quad (24)$$

(24)-өөс харахад $k=50, \beta=0.4$ байна. (24)-г $N=1634714$ байхаар $V=15287$ болно. Энэ нь Type I-ийн бодит утга $V=22341$ -ээс 7054 бага байна. Тиймээс (24)-ийн таамаглан тооцох чадвар бас сул байна гэж хэлж болно. Одоо гурван Neaps-ийн функцийг ХҮСНЭГТ 7-д нэг дор бичиж дүгнэлт гаргая.

ХҮСНЭГТ 7. ГУРВАН NEAPS-ИЙН ФУНКЦИЙГ ХАРЬЦУУЛСАН НЬ

Тогтмолууд	Үндсэн хууль		Нийт хууль
	Type I (18) Үгийн үндэс+нөхцөл	Type II (21) Үгийн үндэс	Type I (24) Үгийн үндэс+нөхцөл
β	0.5	0.4	0.4
k	12	25	50
R^2	0.98	0.97	0.99
Adjusted R^2	0.98	0.97	0.99

ХҮСНЭГТ 7-оос дараах дүгнэлт гаргасан:

- Монгол улсын хуулийн хөмрөгт тулгуурлан Type I-ээр тооцоолон гаргасан Neaps-ийн функцийг тогтмолууд нь $k=50, \beta=0.4$ гэж гарсан.
- Үндсэн хуулийн хөмрөгийн хувьд Type II буюу үгийн үндэсээр тооцоолон гаргасан Neaps-ийн функц нь Type I-ээр гаргасан функцээс илүү бодит утгуудад нийцсэн байсан.

- с) (18), (24)-ийг харьцуулбал Token-ны тоо нэмэгдвэл β -ийн утга буурч k -ын утга өсөх нь ажиглагдсан.
- d) Туре-ийн тодорхойлолт, хөмрөгийн хэмжээгээс хамаараад тогтмолуудын утга харилцан адилгүй гэдэг нь батлагдсан. Тиймээс тогтмолуудыг олоход Туре-ийн тодорхойлолт, хөмрөгийн хэмжээг тодорхой дурдах хэрэгтэй.

VI. ДҮГНЭЛТ

Уг судалгааны хүрээнд гарсан дүгнэлтүүд:

А. Монгол улсын үндсэн хууль, нийт хуулийн хөмрөгийг бүрдүүлэн үгийг Туре I (үгийн үндэс+нөхцөл), Туре II (үгийн үндэс)-оор тодорхойлж хөмрөг бүрээр Zipf, Heaps-ийн функцийг тогтмолуудыг тооцоолон гаргасан. Тогтмолуудыг хүснэгт 8-аас үзнэ үү.

ХҮСНЭГТ 8. ZIPF, HEAPS-ИЙН ФУНКЦИЙН ТОГТМОЛУУД

Zipf	Үндсэн хууль		Нийт хууль
	Туре I (7)	Туре II (10)	Туре I (13)
	Үгийн үндэс+нөхцөл	Үгийн үндэс	Үгийн үндэс+нөхцөл
α	0.96	1.17	1.8
C_1	977	2818	67608298
Heaps	Туре I (18)	Туре II (21)	Туре I (24)
β	0.5	0.4	0.4
k	12	25	50

ХҮСНЭГТ 8-аас харахад Zipf, Heaps-ийн функцийг тогтмолууд нь үгийн тодорхойлолт, хөмрөгийн token-ны хэмжээнээс хамаараад өөр өөр байгаа нь тод харагдаж байна. Тиймээс Zipf, Heaps-ийн функцийг тогтмолуудын талаар ярихад үгийн тодорхойлолт, хөмрөгийн token-ны хэмжээ, бичвэрүүдийн төрлийг тодорхой дурдах хэрэгтэй.

Б. Монгол улсын үндсэн хуулийн хөмрөгт тулгуурлан Zipf-ийн функцийг Туре I ($\alpha=0.96, C_1=977$)-ээр, Heaps-ийн функцийг Туре II ($\beta=0.4, k=25$)-оор тооцоолон гаргасан үед онолын утга болон бодит утгуудын хоорондох зөрүү илүү бага байсан. Энэ нь Zipf-ийн функцийг үгийн үндэс гаргахгүйгээр, Heaps-ийн функцийг үгийн үндэс гаргаснаар тооцоолбол илүү оновчтой гэдгийг харуулж байгаа юм.

В. Монгол улсын нийт хуулийн хөмрөгийг бүрдүүлсний дараа Туре I буюу үгийн үндэс гаргаагүй байдлаар үгийн тоог тоолоход нийт 22,341 Туре(ялгаатай үг)-тэй, 1,634,714 Token(давхардсан үг)-тэй гэдгийг олж авсан. Мөн нийт хуулийн TTR 73.2 байсан бөгөөд энэ нь хуулийн бичвэрүүдэд нэг үг дунджаар 73.2 удаа давтагдан хэрэглэгдэж байгааг илэрхийлж байгаа юм. “Тунгалаг тамир” романы хувьд TTR 8.2 байсан бөгөөд хуулийн TTR-аас ихээхэн бага байсан. Энэ нь хууль болон уран зохиолын бичвэрийн ялгааг ил тод харуулж буй нэг индекс юм. Хуулийг бодвол уран зохиолд адилхан үг их давтагдахгүй гэсэн үг.

Г. Энэ удаагийн судалгаанд нийт хуулийн хөмрөгийг Туре II буюу үгийн үндсээр боловсруулж амжаагүй. Цаашид боловсруулсны дараа тогтмолуудыг тооцоолон гаргаад уг судалгааны үр дүнтэй харьцуулах хэрэгтэй.

ТАЛАРХАЛ

Энэхүү судалгааны ажлыг гүйцэтгэхэд гүн туслалцаа үзүүлсэн МУИС-ийн ХШУИС-ийн мэдээлэл,

компьютерын ухааны тэнхимийн дэд профессор Ч.Алтангэрэл багшид талархал илэрхийлье.

АШИГЛАСАН МАТЕРИАЛ

- [1] Ж. Бат-Ирээдүй нар, “Монгол хэл шинжлэлийн тайлбар толь бичиг,” МУИС пресс хэвлэлийн газар, Улаанбаатар. 2014.
- [2] Ж. Ган-Эрдэнэ, Б. Сэр-Од, Ц. Ганбат, “Даалгаврын сан дээр тулгуурлан Heaps-ын хуулийн тогтмолуудыг үнэлэх нь,” ММТ 2020.
- [3] Э. Мөнх-Учрал, “Хөрвүүлэх программд зориулсан монгол хэлний судалгаа,” МУИС, докторын диссертац, Улаанбаатар.
- [4] Ц.Өнөрбаян нар, 2020, Монгол хэл судлалын түүх II боть, МУИС Монгол судлалын хүрээлэн, Улаанбаатар. 2010.
- [5] А. Хүдэр, Ц. Ганбат, “Монгол текст дээрх Цифтийн хуулийн тогтмолын үнэлгээ,” ШУТИС-ийн эрдэм шинжилгээний бичиг №16. 2012.
- [6] A. Gelbukh, G.Sidorov, “Zipfs and Heaps Laws’ Coefficients Depend on Language,” proc. CILCing-2001, Mexico city, pp. 332-335. 2001.
- [7] H. S. Heaps, “Information Retrieval: Computational and Theoretical Aspects,” Academic Press, Orland. 1978.
- [8] G. Leech, P. Rayson & Wilson. A. “Word Frequencies in Written and Spoken English: based on the British National Corpus,” London, UK: Pearson Education Limited. 2001.
- [9] G. Zipf, “Human behavior and the principle of least effort, Addison-Wesley,” Cambridge MA. 1949.
- [10] 정성훈.현대 한국어 부사에 대한 계량언어학적 연구-확률 통계 모형과 네트워크를 이용한 분석. (Докторын диссертац). Seoul, Korea: 서울대학교 대학원, 언어학과, 박사학위논문. 2014.
- [11] Wetzel, Linda, "Types and Tokens", The Stanford Encyclopedia of Philosophy (Fall 2018 Edition), Edward N. Zalta (ed.), URL = <https://plato.stanford.edu/archives/fall2018/entries/types-tokens/>
- [12] Won Joon Yoo, “Introduction to Deep Learning for Natural Language Processing”, Wikidocs, <https://wikidocs.net/24557>
- [13] <https://www.oxfordreference.com/view/10.1093/oi/authority.20110803110417743>. “In the study of texts, the ratio of the number of different words, called types, to the total number of words, called tokens”
- [14] <http://172.104.34.197/nlp-web-demo/>

Монгол улсын Мэдээлэл зүйн онлайн олимпиад зохион байгуулж буй явц, үр дүн

Д.Цэдэвсүрэн
Сургалтын хөтөлбөр, багийн
хөгжлийн алба, дарга
Монгол улсын боловсролын их
сургууль
Монгол улс, Улаанбаатар хот
tsedevsuren@msue.edu.mn

Т.Уламбаяр
МБУС, Мэдээлэл зүйн тэнхим, багш
Монгол улсын боловсролын их
сургууль
Монгол улс, Улаанбаатар хот
ulamabayar@msue.edu.mn

Ж.Дашдэмбэрэл
МБУС, Мэдээлэл зүйн тэнхим, багш
Монгол улсын боловсролын их
сургууль
Монгол улс, Улаанбаатар хот
dashdemberel@msue.edu.mn

А.Хүдэр
МХТС, Компьютерийн ухааны
тэнхим, Тэнхмийн эрхлэгч
Шинжлэх ухаан технологийн их
сургууль
Монгол улс, Улаанбаатар хот
khuder@must.edu.mn

Ц.Баттогтох
МБУС, Мэдээлэл зүйн тэнхим,
Тэнхмийн эрхлэгч
Монгол улсын боловсролын их
сургууль
Монгол улс, Улаанбаатар хот
battogtokh@msue.edu.mn

Хураангуй - Программчлал, кодчиллод авьяас чадвартай сурагчдын тасралтгүй хөгжлийг дэмжих, улсын болоод олон улсын олимпиадад амжилттай оролцох боломжийг олгох үүднээс Монгол орны хаана оршин амьдарч байгаагаас үл хамааран оролцож болох онлайн олимпиад ихээхэн чухал үүрэгтэй. Монголын мэдээлэл зүйн зохион байгуулах хорооноос 2018 оноос ЕБС-ийн багш, сурагчдын дунд онлайн олимпиадыг Олон Улсын Мэдээлэл зүйн олимпиадын шүүлтгийн систем Contest Management System-ийг ашиглан 24 удаа зохион байгууллаа. Энэхүү өгүүлэлд 2019, 2020, 2021 онд явуулсан 22 удаагийн олимпиадад бодогдсон 115 бодлогын сэдэв чиглэл болон төвшнөөр нь ангилан авч үзэж, оролцогчийн оноо, бодлого бодох чадварын хөгжлийн талаарх судалгааны үр дүнг авч үзлээ. Түүнчлэн Contest Management System-ийг хэрэгжүүлэхтэй уялдаатай шинээр боловсруулсан хэрэглээний системүүдийн хөгжүүлэлт, нэвтрүүлэлтийн талаар танилцуулна. Шинээр боловсруулсан олимпиадын бүртгэлийн веб сайтыг 670 гаруй хэрэглэгч идэвхтэй ашиглаж байна. Үр дүнг авч үзэж буй 22 олимпиадад давхацсан тоогоор 904 багш, сурагч оролцож, 115 бодлого дэвшигдэж бодогдож, үр дүнгийн сан бүрдсэн байна.

Түлхүүр үг— Мэдээлэл зүй, программчлал, үнэлгээний систем, олимпиад, online judge system

I. УДИРТГАЛ

21 дүгээр зууны иргэдийн бичиг үсгийн суурь чадварт шинэ зүйл бүтээх, тооцоолох сэтгэлгээний хөгжилд голлох үүрэгтэй учраас кодчилох ур чадварыг чухлаар авч үзэж байна [11]. Хиймэл оюун ухаан, ухаалаг төхөөрөмжүүдийн хөгжил, нийгмийн хэрэглээ бодитой болж, ойрын ирээдүйд робот, хиймэл оюунтай төхөөрөмжийг өөрийн зорилгод нийцүүлэн ашиглаж чаддаг байх нь иргэн бүрийн эзэмшсэн байх суурь чадвар болжээ. Манай улсын ерөнхий боловсролын мэдээллийн технологийн хөтөлбөрийн агуулгад алгоритм, программчлал агуулга орсон байдаг. Сурагчийн кодчиллол, программчлалын авьяас чадварын хөгжлийг хөхүүлэн дэмжсэн нэгэн үйл ажиллагаа бол улсын болоод олон улсад зохион байгуулагддаг мэдээлэл зүйн олимпиад билээ. Уг олимпиадад манай улс 1991 оноос эхлэн оролцож ирсэн түүхтэй бөгөөд алт, мөнгө болон гурван хүрэл медаль хүртээд байна.

Италийн программистуудын боловсруулж, хөгжүүлж байгаа Contest Management System (CMS)¹ системийг Монгол улсын хувьд 2015 оноос нутагшуулан ашиглаж байна. Бид уг системийг нутагшуулан шат шатны олимпиадад ашиглаж байна.

- ЕБС-ийн багш, сурагчдын хүрээнд:
 - Улаанбаатар хотын 9 дүүргийн Мэдээлэл зүйн олимпиад
 - 21 аймаг болон нийслэлийн Мэдээлэл зүйн олимпиад
 - Улсын Мэдээлэл зүйн олимпиад
 - Олон улсын мэдээлэл зүйн олимпиад (ОУМЗО, IOI)-д оролцох сурагчдыг сонгон шалгаруулах сорил
 - Онлайн олимпиад
- Их дээд сургуулийн хүрээнд:
 - Алгоритм, программчлалын хичээлүүдэд
 - Тухайн сургуулийн мэргэжлийн оюутнуудын хүрээнд явагддаг программчлалын олимпиад
 - Мэдээллийн технологийн чиглэлээр сургалт явуулдаг их дээд сургуулиудын оюутнуудын Улсын Программчлалын олимпиад.

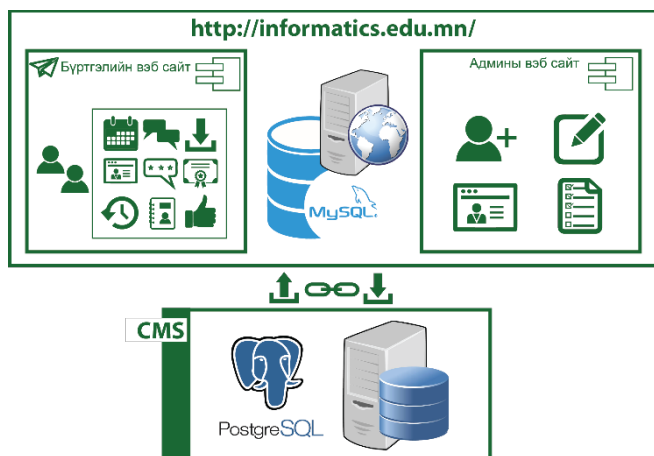
Өрсөлдөөнийг амжилттай болгохын тулд мэдээлэл зүй, асуудал шийдвэрлэх ижил төстэй сонирхлоороо нэгдсэн хүмүүсийг хооронд нь холбосон сүлжээг бий болгох замаар үүрэг оролцоог хангах нь чухал боллоо. Программчлал сонирхдог янз бүрийн хүмүүсийн хоорондын харилцаа холбоог бий болгоход тохиромжтой орчныг бүрдүүлснээр тэдний хамтран хөгжих боломжийг нэмэгдүүлэхэд анхаарах ёстой болж байна [1].

CMS-д оролцогчдыг бүртгэх, статистик боловсруулалт хийх, онлайн олимпиадад оролцогчдыг бүртгэх, улмаар мэдээллийг CMS-д ашиглахаар гаран авах веб интерфэйстэй бүртгэлийн системийг 2017 оны 12 дугаар сараас эхлэн хөгжүүлж, 2018 оны 1 дүгээр сараас ашиглаж байна.

<http://informatics.edu.mn/burtgel/> веб сайт нь олимпиадад оролцогчийн бүртгэлийн веб, админы веб гэсэн хоёр хэсэгтэй байхаар боловсруулж, тасралтгүй шинэчлэн хөгжүүлж байна [12].

¹ Нээлттэй эх бүхий мэдээлэл зүйн олимпиадын бодлогын шүүлтгийн систем. <https://cms-dev.github.io/>

Эдгээр системийг CMS болон ММЗОЗБХороо²ны веб сайттай холбогдож ажилладаг байхаар зохиомжилсон. Цаашид байнгын contest системийг хөгжүүлэх ажлыг эхлүүлж, локал орчинд туршиж эхлээд байна. Эдгээр хоёр веб нь дундын өгөгдлийн сантай ба CMS системтэй хоорондоо өгөгдлөө солилцож ажилладаг.

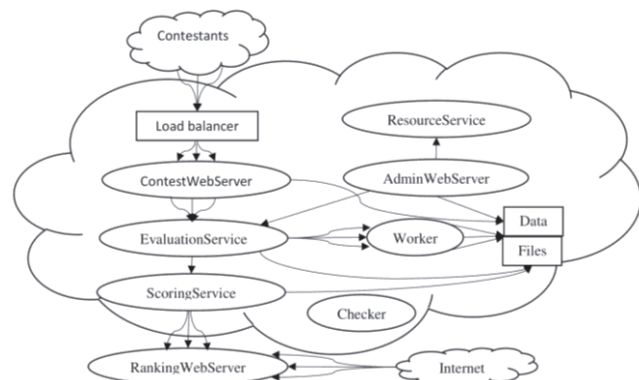


Зураг 1. CMS ба Мэдээлэл зүйн олимпиадын бүртгэлийн веб сайтын ажиллах зарчим

Энд боловсруулсан хоёр системийг товч танилцууллаа.

II. CMS v1.4 СИСТЕМИЙН ТАЛААР

Бид CMS-ийн 1.4 хувилбарыг ашиглаж, мэдээлэл зүйн олимпиадыг зохион байгуулж байна. CMS системийн ажиллагааны бүдүүвчийг Зураг 2-т үзүүлэв. [7]



Зураг 2. CMS –ийн ажиллагааны зарчим

AdminWebServer нь олимпиад зохион байгуулагч бодлогууд болон оролцогчдын мэдээллийг оруулж хадгалах, засах, оролцогчдын бодолтыг үзэх, олимпиадын үр дүнг харах, татаж авах зэрэг үйлдлүүдээр хангагдсан админы веб үйлчилгээ юм.

ContestWebServer нь олимпиадад оролцогчид нэвтрэн орж олимпиадын тухай ерөнхий мэдээлэл авах, бодлогын өгүүлбэрийг татаж үзэх, бодлогын талаар асуулт асуух, бодолтоо илгээх, үнэлгээгээ харах зэрэг үйлдэл хийж болох оролцогчийн веб юм. Энэхүү серверийг олон оролцогчидтой томоохон тэмцээний үед хэд хэдэн машин дээр хувиалан ажиллуулж тэнцүүлэгч программаар хандалтын ачааллыг нь тэнцүүлдэг.

EvaluationService нь оролцогчийн вебээс ирсэн бодолтуудыг бодлого шалгах worker программүүдэд хуваарилж гарсан үр дүнг тест бүрээр нь авч ScoringService үйлчилгээ рүү дамжуулна. Worker нь оролцогчийн илгээсэн кодыг ямар программчлалын хэл дээр бичигдсэн болохыг таньж тухайн хэлний хөрвүүлэгчээр хөрвүүлэн оролтын тест бүрд үр дүнг гарган өгөгдлийн сан уруу бичнэ.

ScoringService нь EvaluationService үйлчилгээнээс ирсэн тест бүрийн үнэлгээг нэгтгэж ерөнхий оноог тооцоолон RankingWebServer веб рүү дамжуулна.

RankingWebServer нь нийт оролцогчдын онооны жагсаалтыг гаргаж нийтэд дэлгэн харуулах үүрэгтэй веб үйлчилгээ юм.

CMS системийг нутагшуулан ашиглах явцад бидэнд дараах нэмэлт шаардлагууд гарч ирсэн. Үүнд:

1. Олимпиад бүрийн хувьд оролцогчдыг бүртгэх, нууц код үүсгэх, CMS системд оруулах, сертификат олгох зэрэг гар ажиллагааг автоматжуулах шаардлага нэн тэргүүнд тулгарсан. Иймд бүртгэлийн веб сайт хөгжүүлэх хэрэгцээ шаардлага үүссэн.
2. Бодлогыг түвшин болон төрлөөр нь ангилж сан үүсгэн байнгын contest үүсгэх. Системд оролцогчид хүсэлт илгээн бүртгэлийн вебд бүртгүүлсэн эрхээрээ ханддаг байх, онооны самбарыг өөрөөр харуулах, байнгын ажиллагаатай байх зэрэг шаардлагууд тавигдана.
3. Оролцогчдын тоог нэмэхийн тулд анхан, дунд, ахисан шатны сургалтын веб үүсгэж ажиллуулах. Энэхүү сургалтын вебд суралцагчид бүртгэлийн вебээс хүсэлт илгээн хичээл үзэх, өөрийгөө хөгжүүлэх боломжтой байх. Ийм сургалтын веб сайтыг тухайлбал moodle систем ашиглан хэрэгжүүлэх боломжтой.

III. ХӨГЖҮҮЛЖ БУЙ ВЕБ СИСТЕМҮҮД

Дээрх хэрэгцээ шаардлагуудыг эрэмбэлж, CMS системтэй уялдан ажилладаг бүртгэлийн веб системийг хөгжүүлээд байна.

Ерөнхий боловсролын сургуулийн сурагчдад зориулсан программчлалын тэмцээн, ерөнхийд нь компьютерын программчлалын сургалттай холбоотой веб сургалтын платформ, мэдээлэл зүйн улсын олимпиад зохион байгуулах, үүнд оролцох оролцоог өргөжүүлэх талаар зарим улс орон туршлагаасаа хуваалцжээ [10].

Бид веб системээ удирдлагын веб болон хэрэглэгчид зориулсан бүртгэлийн веб гэсэн хоёр хэсэгтэйгээр боловсруулсан.

A. Админы веб сайт v2.0

Админ хэрэглэгчийн хийж гүйцэтгэх боломжтой үйлдлүүд

- Бүртгэлтэй хэрэглэгчийг удирдах (идэвхтэй олимпиад руу оролцогчоор нэмэх, нэвтрэх эрхийг хаах, нээх, оролцогчийг устгах);

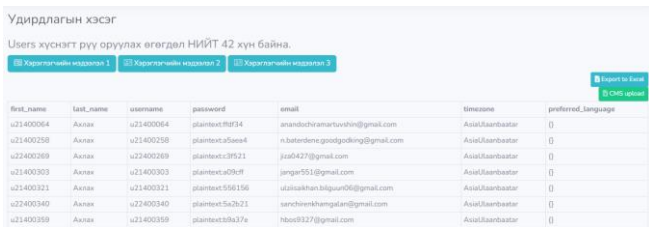
² Монголын мэдээлэл зүйн олимпиадыг зохион байгуулах хороо

- Зарлагдсан олимпиадад бүртгүүлсэн оролцогчдын мэдээллийг шалгаж, олимпиадад оролцох хүсэлтийг цуцлах, баталгаажуулах;



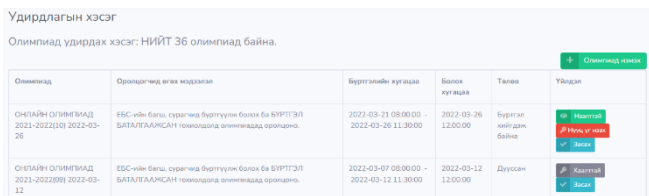
Зураг 3. Ирсэн хүсэлт баталгаажуулах болон устгах (Админы вэб сайт)

- Хүсэлт нь баталгаажсан оролцогч тус бүр лүү CMS систем рүү нэвтрэх нэр, нууц үгийг программын замаар үүсгэж э-мэйл явуулах, веб дээр харуулах;
- Хэрэглэгч рүү э-мэйл явуулах;
- CMS-ийн contest-д зориулсан өгөгдлийг бэлтгэх, экспорт хийх, CMS рүү багш, сурагчдын мэдээллийг upload хийх;



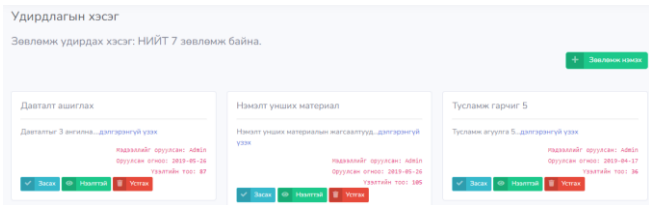
Зураг 4. Бүртгэл баталгаажсан хэрэглэгчдийг CMS руу upload хийх (Админы вэб сайт)

- Олимпиад удирдах (шинээр олимпиад нэмэх, идэвхтэй олимпиадыг нээх, хаах, нууц үг нээх);



Зураг 5. Шинэ Contest нэмэх, идэвхтэй contest-г нээх, хаах, оролцогчийн нууц үгийг нээх

- Оролцогчид зориулсан мэдээлэл, зөвлөмж нэмэх, удирдах;



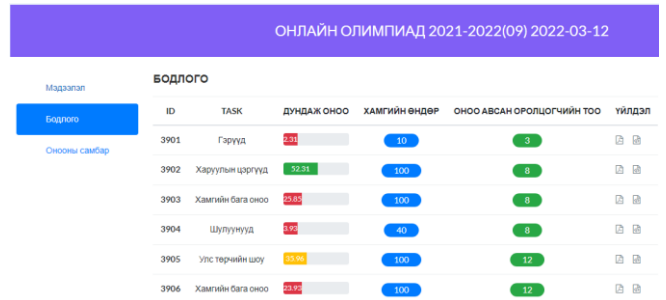
Зураг 6. Оролцогчид зориулсан мэдээлэл, зөвлөмж нэмэх, удирдах

В. Бүртгэлийн веб сайт v2.0

Хэрэглэгчийн хийж болох үйлдлүүд

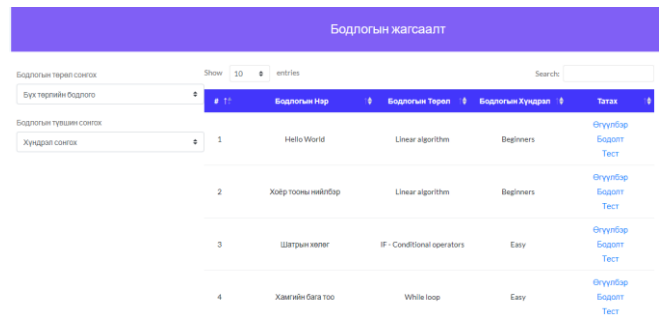
- Гишүүнээр бүртгүүлэх, нэвтрэх, нууц үгээ сэргээх, солих;
- Идэвхтэй олимпиадад оролцох хүсэлт явуулах, баталгаажсан тохиолдолд CMS рүү нэвтрэх нэр, нууц үгээ авах;

- Олимпиадын онооны жагсаалт харах, бодлогын өгүүлбэр, бодолт, тест татах, бодлогын бодолтын статистикийг харах;



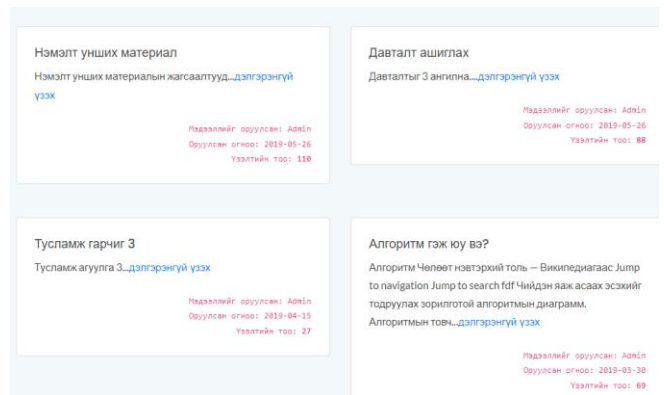
Зураг 7. Олимпиадын онооны жагсаалт харах, бодлогын өгүүлбэр, бодолт, тест татах, бодлогын бодолтын статистикийг харах;

- Бодлогын сангаас бодлого өгүүлбэр, бодолт, тест татах;



Зураг 8. Бодлогын сангаас бодлого өгүүлбэр, бодолт, тест татах;

- Мэдээлэл, зөвлөмж үзэх;



Зураг 9. Мэдээлэл, зөвлөмж унших

- Олимпиадын нэмэлт сангууд руу шилжих;
- Амжилттай оролцсон олимпиадын батламжаа татаж авах;

Бүртгэлийн системд дүрэм, журам, зөвлөмж, бодлогын санг байрлуулж, оролцогчдод батламжийг илгээх зэрэг нэмэлт боломжтой. Бодлогын сан нь нийтдээ 450 гаруй бодлогын сан бүрдсэн. Хэрэглэгч нь бодлогын өгүүлбэр, бодолт, бодлогыг шалгах тестийг татаж авах боломжтой. Бодлогууд нь хүндрэлийн 4 төвшин бүхий 25 төрлийн ангилалтай болоод байна. Эдгээр бодлогуудыг эхлэн суралцагсад, олимпиадад бэлтгэгчид болон Мэдээллийн технологи, Компьютерын ухаан, Программ хангамжийн мэргэжийн хөтөлбөрийн программчлалын хэл-1, 2, Мэдээлэл зүйн бодлого бодох арга зүй зэрэг хичээлүүд дээр ашиглах боломжтой.

IV. ОНЛАЙН ОЛИМПИАД ЗОХИОН БАЙГУУЛСАН ҮР ДҮН

ЕБС-ийн сурагчдын Англи хэлний бэрхшээлийн улмаас оюутнууд гаднын мэдээлэл зүйн онлайн олимпиадад оролцож онлайн интернэт эх сурвалжийг ашиглаж, онлайн уралдаанд оролцох, оролцсон ч бодлого бүрэн ойлгож чадахгүй байх явдал түгээмэл байна. Онлайн тэмцээнд тогтмол оролцох нь оюутнуудын программчлал, алгоритмын ур чадварыг хөгжүүлэхэд ихээхэн тустай юм [5].

Түүнчлэн мэдээлэл зүйн олимпиадын тэргүүлэх чадваруудад алгоритмын ур чадвар, практик ур чадвар, бие даан суралцах чадвар, программчлалын хэрэгсэл ашиглах ур чадвар, дижитал, технологийн болон техникийн ур чадвар, харилцааны болон бүтээлч ур чадварууд орж байна [9]. Суралцагч эдгээр чадварт суралцахад байнгын дасгал сургуулилалт хийх онлайн орчин, онлайн олимпиад ихээхэн чухал байгаа юм.

Олимпиадын тэргүүлэх сэдвүүдийн талаарх мэдээллийн чухал эх сурвалж нь 2007 онд үүсгэн байгуулагдсан Olympiads in Informatics (Мэдээлэл зүйн олимпиад) сэтгүүл бөгөөд “Олимпиад болон бусад уралдаануудаар дамжуулан мэдээлэл зүйг заах, суралцах чиглэлээр судалгаа, түүний үр дүнд танилцуулах олон улсын форум” юм. [8] болон [4] зэрэг номууд нь программчлалын уралдаанд шаардлагатай алгоритм, өгөгдлийн бүтэц, шинжлэх ухааны талаарх чухал материал болдог [10].

Программчлалын болон ерөнхийдөө компьютерын шинжлэх ухааныг сурахад программчлалын уралдааны ач холбогдол, үр нөлөөг ном зохиолд ихээхэн анхаарч, онцлон тэмдэглэснийг Dagiené [2], Garcia-Mateos and Fernandez-Aleman [3] нарын бүтээлээс харж болно.

Программчлалын боловсролын цөм агуулга, чадвар нь программчлалын хэлний синтакс, семантикийн дагуу программ бичиж, асуудлыг шийдэх программчлалын анхан шатны чадвар юм. Суралцагчид үндсэн алгоритм болон тэдгээрийн кодчиллын чадварт хоёуланг нь суралцах ёстой. Программчлалын алдааг хоёр үе шаттайгаар илрүүлж болдог: синтакс ба статик семантикийн алдааг хөрвүүлэгч зааж өгдөг бол логик/динамик семантик алдааг тестээр илрүүлдэг. Сурагчид эдгээрийг олж сурах нь хамгийн чухал.

2018 оны 3 дугаар сарын 15-аас “Онлайн нээлттэй олимпиад” зохион байгуулж веб системүүдийг туршиж эхэлсэн. Туршилтын гол үзүүлэлтийг дурдъя. Хэрэглэгч нь өөрийн и-мэйл хаягаар бүртгүүлнэ. Нэг и-мэйл хаягаар нэг удаа бүртгүүлэх боломжтой бөгөөд уг и-мэйл хаягаар нь баталгаажуулах мэдээлэл явуулна. Баталгаажуулалтыг заавал хийх ба ингэснээр хэрэглэгч системийг ашиглах боломжтой болно. Олимпиадын бүртгэлийн веб сайтад нийт 721 хэрэглэгч байгаагаас баталгаажуулалт хийгээгүй 51 хэрэглэгч байна. Хэрэглэгчийн нэвтрэлтийн түүхийн бүртгэлээс харвал 670 гаруй хэрэглэгч ашиглаж байна.

Идэвхтэй хэрэглэгчдийн байршлыг үзвэл Улаанбаатар хотоос 495, хөдөө орон нутгаас 175 байна. Хөдөө орон нутгийн хэрэглэгчдийн хувьд Увс аймгаас 43, Өвөрхангай

аймгаас 26, Дархан-уул аймгаас 20, Баянхонгор аймгаас 11 хэрэглэгч оролцож байгаа нь улсын Мэдээлэл зүйн олимпиадад тогтмол амжилттай оролцдог аймгууд байгаа юм³. 20 аймгийн оролцогчдын дундаж нь 8.75 байна. Хэрэглэгчид нь хамгийн багадаа 1 удаа, хамгийн ихдээ 192 удаа, дунджаар 11.4 удаа нэвтрэсэн байна. Тус вебийг хэрэглэж эхэлснээс хойш 7692 удаагийн нэвтрэлт хийгдсэн бөгөөд 2018 онд 735, 2019 онд 1378, 2020 онд 1168, 2021 онд 4411, 2022 оны 1 дүгээр сарын эхний долоо хоногийн байдлаар 532 удаагийн нэвтрэлт хийгджээ.

2021 оны 12 дугаар сарын 31-ий байдлаар байдлаар нийтдээ 24 удаагийн онлайн олимпиад явуулсан байна. 2018 онд 2 удаа, 2019 онд 4 удаа, 2020 онд 8 удаа, 2021 онд 10 онлайн олимпиадыг тус тус зохион байгуулаад байна. Энэхүү өгүүлэлд 2019, 2020, 2021 онд явуулсан 22 удаагийн олимпиадын үр дүнд судалгаа анализ хийж, үр дүнд танилцуулж байна. Уг 22 олимпиадад давхацсан тоогоор 904 багш, сурагч оролцож, 115 бодлого дэвшигдэж бодогдож, үр дүнгийн сан бүрдсэн.

Олимпиадад оролцогчдыг ангиллаар нь харвал багш 79, сурагч 210 суралцагч оролцсон байна. Сүүлийн жилүүдэд багш нарын оролцоо нэмэгдэж, сурагчдын программчлалын хэлийг сонирхох сурагчдын тоо ихсэж байна. Энэ нь сүүлийн жилүүдэд өмнө Мэдээлэл зүйн олимпиадад оролцдог сурагчид гадаадын их дээд сургуулиудад тэтгэлэг хамрагдах боломжтой болсон, улмаар цаашид Google, Facebook, Amazon зэрэг дэлхийн хэмжээний мэдээллийн технологийн компаниудад ажиллаж байгаа зэрэг нь нөлөөлж байна. 22 удаагийн онлайн олимпиад давхацахгүй тоогоор 316 оролцогч оролцжээ. Ангиллыг оролцогчийн төрлөөр нь ангилж үр дүнд Хүснэгт №1-т харуулав.

ХҮСНЭГТ 1. ОЛИМПИАДЫН ОРОЛЦОГЧДЫН АНГИЛАЛ

Ангилал	Тоо
Багш	79
Ахлах	132
Дунд	78
Бусад	27
Нийт	316

Онлайн олимпиадууд нь 11-ээс 77 хүртэлх оролцогчтой явагдсан. 22 олимпиадад дунджаар багш 18, сурагч 22 сурагч, нийт оролцогчдын дундаж тоо нь 41 байна. Оролцогч нь 3-4 бодлогыг бодож уралдлаа. 2021 онд зохион байгуулагдсан 10 олимпиад нь багш, сурагч гэсэн 2 ангилалтай явагдсан бөгөөд ангилалтай болсноор багш нарын оролцоо нэмэгдэж байна.

ХҮСНЭГТ 2. ОНЛАЙН ОЛИМПИАДЫН ОРОЛЦОГЧДЫН ТОО БОЛОН ДЭВШИГДСЭН БОДЛОГЫН ТОО

Он	Олимпиады н тоо	Оролцогчийн тоо	Дэвшигдсэн бодлогын тоо

		Багш	Ахлах	Дунд	Бусад	Нийт	Багш	Сурагч
2019	4	46	50	25	25	146	4	4
2020	8	8	13	1	7	29	5	5
2021	10	13	9	10		32	4	4
Нийт	22	317	386	172	29	904	82	84

Оролцогчдын гүйцэтгэлийн дунжийг ангиллаар нь гаргаж харвал хамгийн өндөр гүйцэтгэлтэй байгаа нь Ахлах ангийн сурагчид байна. Мөн Багш болон ахлах ангийн сурагчдын дундаж гүйцэтгэл нь нийт оролцогчдын дундаж гүйцэтгэлээс 1.7 болон 7.5 хувиар илүү байна.



График 1. Оролцогчдын гүйцэтгэл

Олимпиадад дэвшигдсэн 115 бодлогыг 4 түвшинд хувааж үзсэн бөгөөд хялбар түвшинд 4, дундаж түвшинд 30, хүндэтгэр түвшинд 51, хүнд түвшинд 30 бодлого байна. Хүндрэх тусмаа гүйцэтгэлийн дундаж оноо багассан байна. Хүндрэлийн түвшин бүрээр гүйцэтгэл хэр байгааг тооцоолж Хүснэгт 3-г харуулав.

ХҮСНЭГТ 3. ГҮЙЦЭТГЭЛИЙГ ХҮНДРЭЛИЙН ТҮВШНЭЭР ХАРУУЛБАЛ

Хүндрэлийн түвшин	Бүтэн бодсон	50-99 оноо	50-аас бага оноо	0 оноо	Дундаж оноо
Хялбар	38	38	13	29	60.28
Дундаж	191	118	147	435	34.97
Хүндэтгэр	208	98	248	807	23.85
Хүнд	56	38	110	654	11.55
	493	292	518	1925	32.6625

Мэдээлэл зүйн олимпиадын бодлогын чухал үзүүлэлт нь бодлогыг бодох хугацаа ба санах ойн хязгаарлалт байдаг. Дэвшигдсэн бодлогуудыг энэ өгүүлэлд зөвхөн хугацаагаар хянасан бөгөөд санах ойн хязгаарлалтыг нарийн тооцоогүй. Хугацааны гүйцэтгэлийг Хүснэгт 4-т үзүүлээ.

ХҮСНЭГТ 4. ХУГАЦАА БА ГҮЙЦЭТГЭЛ

Хугацаа	Бодлогын тоо	Бүтэн бодсон	50-99 оноо	50-аас бага оноо	0 оноо	Дундаж оноо
0.1с	3	10	2	16	63	14.76
0.5с	41	125	57	134	393	26.99
1с	55	258	116	221	850	26.95
1.5с	2	1	12	2	51	11.29
2с	10	10	5	23	136	10.22
2.5с	1	0	2	2	23	7.96
3с	3	14	28	19	41	36.17
Нэгтгэл	115	493	292	518	1925	19.85

Дээрх хүснэгтээс харвал бүтэн бодолт 16.0%, 50-аас 99 оноотой бодолт 8.5%, 50-аас бага оноо авсан 16.0%-ийг эзэлж байна.

2021-03-20 06:45:05.046068 u21270359 uqaalga Scored (33.333333335 / 100.000000005)

#	Outcome	Details	Execution time	Memory used
1	Not correct	Execution timed out	1.078 sec	59.0 MB
2	Not correct	Execution timed out	1.050 sec	19.3 MB
3	Correct	Output is correct	0.006 sec	5.72 MB
4	Not correct	Execution timed out	1.056 sec	89.9 MB
5	Not correct	Execution timed out	1.026 sec	65.2 MB
6	Correct	Output is correct	0.006 sec	5.67 MB
7	Not correct	Execution timed out	1.030 sec	107 MB
8	Not correct	Execution timed out	1.044 sec	57.8 MB
9	Correct	Output is correct	0.006 sec	5.72 MB
10	Not correct	Execution timed out	1.042 sec	99.7 MB
11	Not correct	Execution timed out	1.027 sec	22.5 MB
12	Correct	Output is correct	0.006 sec	5.72 MB
13	Not correct	Execution timed out	1.051 sec	87.7 MB
14	Not correct	Execution timed out	1.034 sec	49.9 MB
15	Correct	Output is correct	0.006 sec	5.72 MB

Compilation output

Зураг 10. Оролцогчийн бодолтыг CMS систем шалгасан байдал

Онлайн олимпиадад дэвшигдсэн 115 бодлогыг олимпиадын ангиллаар харвал нийт 12 ангилалд хуваагдаж байна. Ангилал тус бүрээр гүйцэтгэлийг 4 түвшинд хувааж Хүснэгт 5-д харуулав.

ХҮСНЭГТ 5. БОДЛОГЫН АНГИЛАЛ БА ГҮЙЦЭТГЭЛ, БОДЛОГЫН ТОО

Ангилал	Бүтэн бодсон	50-99 оноо	50с бага оноо	0 оноо	Дундаж оноо	Бодлогын тоо
Шугаман алгоритм	14	1	0	5	72.5	1
Тооны онол	158	125	113	282	39.79	27
Тэмдэгт мөр	27	16	57	94	28.39	8
Динамик програмчлал	47	36	106	253	21.27	14
Геометр	85	40	97	413	20.97	24
Дараалал ба эрэмбэлэлт	80	41	57	409	20.39	20
Бусад	15	2	8	61	20.02	3
Түвшиний хайлт	8	2	16	32	19.47	1
Хоёр хэмжээст массив	10	3	13	44	18.93	4
Гүний хайлт	18	7	19	112	17.74	5
Графын онол	27	19	27	197	17.07	7

Bfs	4	0	5	23	14.53	1
Нийт	493	292	518	1925	25.92	115

Бодлогын ангилал нь ОУМЗО-ын хөтөлбөрийн агуулгад багтсан чухал сэдэв, чиглэлтэй тохирч байгаа юм. Ингэснээр оролцогчдын ОУМЗО-ын ангиллын бодлогын бодоход шаардагдах мэдлэг, чадварын түвшнийг олж харах боломж олгоно. Сурагч, оюутныг олимпиадад бэлтгэхэд ОУМЗО-ын хөтөлбөрийг баримжаалах нь ихээхэн чухал. Тиймээс ММЗОЗБХороо 2017 онд ОУМЗО-ын хөтөлбөрийг орчуулан гаргасан. Хөтөлбөрийг баримжаа болгоогүй бэлтгэл сургалт нь суралцагчийн амжилтыг баталгаажуулж чадахгүй [5]. Тиймээс нийтээрээ тааруу байгаа сэдэв, чиглэлээр оролцогчдын чадварыг ахиулахад суралцагчийг бэлтгэж буй багш нар анхаарах шаардлагатай юм.

Батламжууд

#	ОЛИМПИАД	АВСАН ОНОО	ҮЙЛДЭЛ
1	ОНЛАЙН ОЛИМПИАД 2020-07 2020-04-17	260	↓ TATAХ
2	ОНЛАЙН ОЛИМПИАД 2020-06 2020-04-10	310	↓ TATAХ
3	ОНЛАЙН ОЛИМПИАД 2020-05 2020-04-03	300	↓ TATAХ
4	ОНЛАЙН ОЛИМПИАД 2020-04 2020-03-27	400	↓ TATAХ
5	ОНЛАЙН ОЛИМПИАД 2020-03 2020-03-21	378	↓ TATAХ

Зураг 11. Бүртгэлийн системээс оролцогчийн батламж татаж авах хэсэг

V. ДҮГНЭЛТ

Онлайн олимпиад явуулснаар оролцогчийн бодлого бодох чадвар болон систем дээр ажиллах чадвар нэмэгдэж байна. 2018-2020 олимпиадууд ангилалгүй явагдсан олимпиадад багш нарын оролцоо бага байсан бол сурагч болон багшийн ангилалтай болгосноор оролцоо нэмэгдсэн. Цаашид анхан, дунд, ахисан зэрэг ангилалтай болгож, бүртгэлийн болон CMS системийн ажиллагааг тохируулах боломжтой.

Онлайн олимпиадыг тогтмол явуулснаар багш, сурагчдын программчлалын бодлого бодох хэрэгцээ сонирхол нэмэгдэж, бодлого бодох чадварт ахиц гарснаар олимпиадын оролцоо идэвхжиж, мэдээлэл зүйн чиглэлээр хичээллэх сурагчдын тоог нэмэгдэж байна. Түүнчлэн оролцогчдод хүндрэлтэй байгаа сэдвийг олж илрүүлж, түүний талаарх сургалт явуулах, цахим хичээл боловсруулах байрлуулах зэргээр оролцогчдын мэдлэг, чадварын түвшинг нэмэгдүүлэх боломж бүрдэж байгаа нь энэхүү ажлын чухал үр дүн юм. Тухайлбал, динамик программчлал, графын онолын зарим алгоритмууд, тооцоолох геометр зэрэг сэдвээр багш нар нэмэлт агуулгууд боловсруулан сургалт явуулж байна. Онлайн олимпиадыг тогтмол явуулсны бас нэг үр дүн нь оролцогчид олон улсын журмын дагуу тогтсон хугацаанд бодлого бодоход цагаа зөв хуваарилах, бодлогыг бодох

дарааллаа оновчтой сонгон бодох аргаа тодорхойлж бодох дадлага, туршлагад суралцахад чухал нөлөө үзүүлж байна.

Монгол улсын баг олон улсын олимпиадад амжилттай оролцож, сүүлийн 4 жил тасралтгүй медаль авлаа. Энэхүү амжилтад бидний зохион байгуулсан онлайн олимпиад зохих хувь нэмрээ оруулсан. Тухайлбал, 2018 онд сурагч Тэнүүн хүрэл, 2019, 2021 онд сурагч А.Нямдаваа мөнгө, 2020 онд сурагч А.Нямдаваа алтан медаль хүртэж, монголын баг олон улсын мэдээлэл зүйн олимпиадаас нийт 6 медаль хүртээд байгаа юм.

Онлайн олимпиадын үйл ажиллагааг тогтмолжуулснаар мэдээлэл зүйн багш, сурагчдын кодчилал, программчлалын мэдлэг, ур чадвар дээшлэх, цаашилбал нийгэм дэх мэдээлэл зүйн суурь мэдлэгтэй иргэдийн тоо нэмэгдэхэд зохих хувь нэмрээ оруулж байна.

НОМ ЗҮЙ

- [1] Amaroli, N, Audrito, G, Laura, L. (2018). Fostering Informatics Education through Teams Olympiad. *Olympiads in Informatics*, Vol. 12, 133–146
- [2] Dagienė, V. (2010). Sustaining informatics education by contests. In: *Teaching Fundamentals Concepts of Informatics*. Springer, 1–12.
- [3] Garcia-Mateos, G., Fernandez-Aleman, J.L. (2009). Make learning fun with programming contests. In: *Transactions on Edutainment II*. Springer, 246–257.
- [4] Halim, S., Halim, F. (2013). *Competitive Programming*. Third Edition. Lulu.com.
- [5] Khuder A., Tsedevsuren, D. (2016). The Informatics Olympiad in Mongolia: Training resources for non-English Speaking Students. *Olympiad in Informatics*, Vol 10, pp: 279-284.
- [6] Maggiolo, S., Mascellani, G., Wehrstedt, L. (2014). Cms: a growing grading system, *Olympiads in Informatics*. Vol 8, pp: 123–131.
- [7] Maggiolo, S., Mascellani, G. (2012). Introducing cms: a contest management system. *Olympiads in Informatics*, Vol 6, pp: 86–99.
- [8] Skiena, S.S., Revilla, M.A. (2003). *Programming Challenges: The Programming Contest Training Manual*. Springer Science & Business Media.
- [9] Tsvetkova, S., Kiryukhin, M. (2020). Top 10 Key Skills in Olympiad in Informatics. *Olympiads in Informatics*, Vol. 14, 151–167
- [10] William, D., Gabriele, F., Luigi, L., Umberto, N., Marco, T., Luca, V. (2016). oii-web: an Interactive Online Programming Contest Training System. *Olympiads in Informatics*, Vol 10, 207–222.
- [11] Seralidou, E., Douligeris, C. Learning programming by creating games through the use of structured activities in secondary education in Greece. *Educ Inf Technol* 26, 859–898 (2021). <https://doi.org/10.1007/s10639-020-10255-8>
- [12] Дашдэмбэрэл, Ж., Уламбаяр, Т. (2017). Мэдээлэл зүйн бодлогыг шалгахад Onsite системийг ашиглах нь. *Математик, байгалийн ухаан эрдэм шинжилгээний бичг, МУБИС*, дугаар 3.
- [13] <https://informatics.edu.mn/burtgel>
- [14] <https://olympiads.ru>
- [15] <https://codeforces.com/contests>
- [16] <https://www.e-olymp.com/en/contests>
- [17] <http://stats.ioinformatics.org/results/MNG>

Virtual reality лабораторийн хөгжүүлэлт

Б.Батшагай

Мэдээлэл, холбооны технологийн сургууль

ШУТИС

Улаанбаатар, Монгол

batshagai@must.edu.mn

Т.Уранчимэг

Эрчим хүчний сургууль, ХБНГУ-н ТИС

ШУТИС

Улаанбаатар, Монгол

uranchimeg@must.edu.mn

Хураангуй - Мэдээллийн технологи хөгжихийн хэрээр түүний хэрэглээ цар хүрээгээ тэлж технологийн ололт амжилтууд бидний хэрэглээн нэвтэрч байна. Дэлхийн улс орнуудад үйлдвэрлэлийн хувьсгал 4.0 гэсэн нэршлийн дор робот өргөнөөр ашигласан автоматжуулсан үйлдвэржилт шинэ шатанд гарч байна. Бөөнөөр үйлдвэрлэл нь өртгийг бууруулан хэрэглээг нэмэгдүүлж виртуал бодит байдал (VR-Virtual Reality) орох төхөөрөмж болох толгой дээр суурилуулсан (HMD) дэлгэц бүхий VR төхөөрөмжийг ашиглах боломжтой болсноор виртуал бодит байдлын технологийг сонирхох нь нэмэгдэж Oculus Rift, HTC Vive, Samsung VR Gear, Microsoft HoloLens, Sony-ийн PlayStation VR зэрэг олон төрлийн төхөөрөмж хийгдэж орчин үед TV, компьютерын дэлгэцийг харж тоглох биш та өөрөө дотор нь орон бодит орчныг мэдрэн тоглох боломж хүн бүрийн өмнө нээгдлээ. (Виртуал бодит байдал) гэдэг нь программ хангамжийн тусламжтай бүтээгдсэн, хэрэглэгчдэд бодитой мэт харагдах хиймэл бодит орчин билээ. Өнөөдөр дэлхий нийт төдийгүй манай улсын хувьд ч VR орчин үүсгэн сургалт судалгаа үзвэр үйлчилгээнд ашиглаж байна. Иймд энэ өгүүлэлд VR орчны тухай, түүний техник, технологи, программ хангамж, VR орчин хялбар үүсгэх болон VR бодит объектууд виртуал бодит орчинд орох, өөрсдийн судалсан туршлагын талаар өгүүлнэ.

Түлхүүр үг - Мэдээллийн технологи, Виртуал бодит байдал, виртуал орчин

УДИРТГАЛ

Олон төрлийн шинжлэх ухаан тэр тусмаа компьютерын шинжлэх ухаан эрчимтэй хөгжин хүмүүний амьдралын бүхий л салбарт гүн бат нэвтэрсээр байна. Мэдээллийн технологийн хөгжил нь байгалийн, инженерийн, технологийн, хөдөө аж ахуй, анагаах ухаан, эрүүл мэнд, нийгмийн, хүмүүнлэг, боловсролын зэрэг шинжлэх ухааны бүхий л салбарын үйл ажиллагаанд мэдлэг, технологи, инновац хэлбэрээр нэвтэрч тэдгээрийн хөгжил, зах зээл, бизнес эдийн засгийн процессын хурдасгуур болсоор байна. Үүний томоохон илрэл бол аливаа зүйлийг загварчлах, хийсвэрлэн төсөөлж түүнийгээ мэдээллийн технологи ашиглан илэрхийлэх, тооцоолох явдал юм. Өнөөдөр инженерийн боловсролд ч мэдээлэл, технологийн шинэ ололтуудыг өргөнөөр ашиглаж байна. Виртуал буюу хийсвэр сэтгэлгээ, хэрэглээ нь хэдхэн жилийн өмнө тэр болгон дурын салбарт ашиглах боломжгүй байсан. Хэрэглэгчид болоод технологи үүнд бэлэн биш байлаа. Мэдээллийн технологийн хөгжил, хөдөлгөөнт холбоо, ухаалаг smart технологи тусламжтайгаар хүмүүсийн хийсвэр сэтгэлгээ эрчимтэйгээр хөгжиж цоо шинэж шатанд гараад байна. Энэхүү утгвар таатай байдал дээр компьютерын техникийн өндөр хөгжил нь виртуал хэлбэрээр аялах, хөгжих, IT тоглоом, кино үзвэр үзэх, суралцах мөн өөрийн хүссэн дүрдээ хувирах, огт хийж үзээгүй зүйлээ виртуалаар хийх, кинонд тоглож байгаа гол дүрийн жүжигчнээр тоглох, хүссэн орон зайд аялах, шилжих,

өөрийн очиж үзээгүй, үзэхийг хүссэн газар, араатан амьтан харах далай дээгүүр нисэж, тэнгэрийн хаяаг яг хажуугаас нь харан өөр ертөнцийн адал явдлыг бодит байдлаар мэдрэн цоо шинэ мэдрэмжийг танд олгох хязгааргүй олон интертаймент боломжийг бидэнд авчирсан.

ҮНДСЭН ХЭСЭГ

Виртуал бодит байдал гэсэн ойлголт 1992 оноос яригдсан боловч төдийлөн хөгжиж чадаагүй учир нь энэ технологи хэт их үнэ өртөгтэй бас төвөгтэй байсан юм. Анх энэ санаа тэртээ 1838 онд Чарльз Вийтстоуны судалгаагаар хүний нүд харж байгаа объектыг хоёр өөр хэмжээстэйгээ хардаг бөгөөд үүнийг тархи боловсруулж нэг объект болгодог болохыг нээжээ. Түүний бүтээсэн стереоскопоор дамжуулан хоёр талт стерео зураг буюу энгийн зургийг харахад хүн гүн гүнзгий сэтгэгдэл болоод зурган даа автагдах мэдрэмжийг төрүүлдэг байсан байна. 1860-аад оны үед 360 градусуар дүрсэлсэн Панорамик ханын зурган урлаг үүссэнээр виртуал бодит байдал үндэслэгдсэн. 1970 онд хиймэл бодит байдал (artificial reality) гэсэн шинэ нэр томъёог гаргаж ирсэн [1].

Энэ технологи 2013 оноос эхлэн эрчимтэйгээр яригдан 2014 оноос виртуал реалити буюу хийсвэр бодит байдлыг үүсгэх төхөөрөмж хөгжүүлдэг Oculus VR болон Samsung, google, facebook зэрэг олон томоохон мэдээлэл технологийн компаниуд эрчимтэйгээр хөгжүүлж эхэлж байна.

Харин өнөө үед Oculus Rift, Samsung Gear, OSVR зэрэг VR төхөөрөмжүүд сенсор ашиглан илүү хялбар бодит орчныг бүрдүүлсэн. Тэр дундаа Oculus Rift, Samsung Gear, HTC VIVE, OSVR зэрэг VR сенсор төхөөрөмжүүд нь хүний хэрэглээнд түргэн нэвтрэх боломжтой [2].

Facebook Oculus Rift, Samsung Gear VR, Microsoft HoloLens, HTC Vive, Sony Playstation VR, Google Cardboard зэрэг Wirks төрлийн VR төхөөрөмжүүд зах зээд дээр ашиглагдаж байна. Мөн Facebook 360 videos, Youtube 360 videos-ийг үзэх бүрэн биеллээ олж байгаа виртуал реалити буюу VR болон AR технологи нь интертаймент салбарын шинэ талбар энэ интертаймент байдлыг боловсрол болон бусад шинжлэх ухааны салбарт өргөнөөр ашиглаж эхлээд байгаа ба асар их боломжийг агуулж буй салбар. Виртуал орон зайд байгаа зүйлсийг харж, видео тоглоомуудыг яг л дотор нь тоглох, интернэтээр дамжуулан тухайн газрын виртуал хувилбарт зочлох зэрэг олон давуу талыг олгоно мөн VR төхөөрөмжийн үйлдвэрлэл ид хүчээ авч байна. Виртуал бодит байдлын ирээдүй нь өсөлтийг хамгийн ихээр төлөвлөж буй технологийн нэг юм.

Энэ төрлийн төхөөрөмжийн хувьд:

Oculus Rift

Samsung Gear VR

Sony Playstation VR

Microsoft Hololens
 HTC Vive
 Google Cardboard
 OSVR-Hacker Dev Kit
 Carl Zeiss (Carl Zeiss Cinemizer)
 Starbreeze Studios (StarVR);Microsoft
 VRVana (Totem)
 Gameface
 Altergaze
 Durovis Dive
 PSVR гэх зэрэг төхөөрөмжүүд хэрэглээнд гарсан байна. IDC Research-ийн 2018 оны таамаглалаас харахад VR ба AR-д оруулсан хөрөнгө оруулалт ирэх дөрвөн жилд 21 дахин нэмэгдэж, 2022 он гэхэд 15,5 тэрбум еврод хүрнэ гэсэн байдаг. Иймээс IT томоохон компаниудын талаас илүү хувь нь интертаймент төлөвлөгөө VR ба AR стратеги байх төлөвтэй байна.[3]

ВИРТУАЛ БОДИТ БАЙДАЛ-VR

Виртуал бодит байдлыг дуурайн үзүүлэх, харилцан үйлдэлд ашиглах, хиймэл оюун ухаан, сонирхол татсан мэдрэмж, цахилгаан холбоо, бүхэл биеэрээ мэдрэх харилцаа холбоо гэж 7 хуваадаг.

Судлан хөгжүүлж буй чиглэлүүд нь

- Виртуал бодит байдал орох
- Виртуал бодит орчин
- Элемент
- Виртуал бодит байдал ба Тоглоом
- Виртуал бодит байдал ба программ
- Цэрэгт виртуал бодит байдал
- Анагаах ухааны
- Виртуал бодит байдлын тоног төхөөрөмж гэх зэрэг олон чиглэл байна.

Мөн өнөө үед зах зээл нь чөлөөт цаг, аялал жуулчлал, маркетинг, соёл урлаг гэх зэрэг олон чиглэлээс гадна хэрэглэгчдэд илүү хямд үнэтэй программуудыг санал болгож байна.

Ойрын жилүүдэд хиймэл оюун ухааныг нэгтгэх түүн дээр тулгуурлан ажиллах шийдэл харагдаж байгаа. Үүний жишээ нь: The Matrix Awakens: An Unreal Engine 5 Experience юм. Сүүлийн үеийн 5G стандарт нь VR-ийн хувьслын маш сонирхолтой хувилбаруудыг гаргаж өгч чадна. Энэхүү стандарт нь илүү олон төхөөрөмжүүд болон томоохон хэрэглэгчийн бүлгүүдийг холбох боломжийг олгоно.

ВИРТУАЛ БОДИТ БАЙДЛЫН 3 ТӨРӨЛ

Виртуал бодит байдал гэдэг нь бүрэн дижитал, компьютероор бүтээгдсэн, гурван хэмжээст дижитал орчин юм. Хэрэглэгчдэд дэлгэж үзэх боломжийг олгодог уламжлалт хэрэглэгчийн интерфэйсээс ялгаатай нь VR нь хэрэглэгчид туршлага дээр тулгуурлан бодит ертөнцийг дуураах эсвэл огт өөр 3D ертөнцөд автах, түүнтэй харьцах боломжийг олгодог. Хараа, сонголт, хүрэх гэх мэт мэдрэхүйн мэдрэмжийг аль болох дуурайлган хийснээр дижитал орон зай юм.

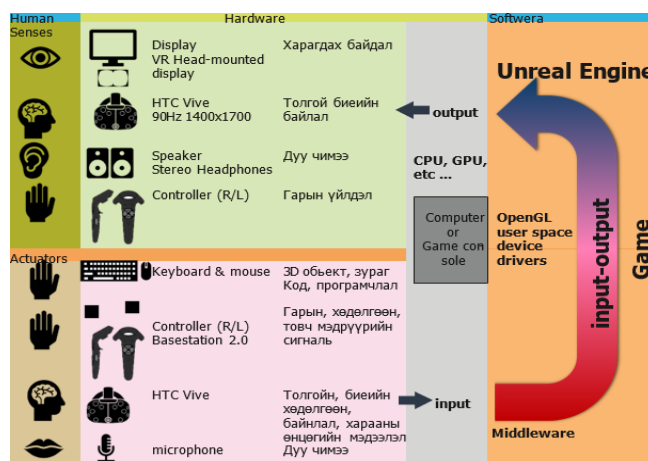
Өнөө үед виртуал бодит байдлын симуляцийн 3 үндсэн ангиллыг ашигладаг[4]:

- Иммерсив бус
- Хагас иммерсив
- Бүрэн иммерсив

Бидний хийхээр зорьж буй виртуал лаборатори нь бүрэн иммерсив виртуал бодит байдлын төрөл бөгөөд энэ нь үнэн дүр төрхтэй симуляци нь хэрэглэгчдэд нүдэнд харагдахуйц, бодит дуу чимээтэй хамгийн бодит симуляцийн орчин юм. Бүрэн виртуал бодит байдлыг мэдрэх, түүнтэй харилцахын тулд хэрэглэгчдэд зохих хэмжээний VR төхөөрөмж эсвэл толгой холбогч дэлгэц (HMD – Head Mounted Display) хэрэгтэй. VR баг нь өндөр нягтралтай агуулгыг өргөн хүрээнд харах боломжийг олгодог. Дэлгэц нь ихэвчлэн хэрэглэгчийн нүдний хооронд хуваагдаж, стереоскопийн 3D эффектийг үүсгэдэг бөгөөд оролтын хяналттай хослуулан бодит үнэмшилтэй орчныг бий болгодог. Энэ төрлийн VR-ийг тоглоом болон бусад интертаймент зориулалтаар ашигладаг боловч одоо бусад салбарт, тухайлбал боловсролын салбарт ашиглах нь нэмэгдэж байна.

VR ҮҮСГЭХ ИНТЕРФЕЙС

Бүрэн иммерсив VR орчинд ороход дараах ерөнхий интерфэйстэй байх шаардлагатай. Хүн бүрэн иммерсив VR орчинд ороход толгойд зүүх HTC Vive HMD дэлгэц бүхий төхөөрөмж, түүн дээрх дуу чимээ хөдөлгөөн мэдрэх камер Basestation, гарын товч хөдөлгөөн мэдрэх controller зэрэг төхөөрөмжийн тусламжтай өгөгдлийг системд оруулан unreal engine game боловсруулан программчилж буцаан HMD болон бусад төхөөрөмжид гаралтыг илгээх хэлбэрээр хүний харах болон бусад мэдрэхүүд хүрснээр VR орчинд орон үйлдэл хийх боломжийг олгоно. Өөрөөр хэлбэл 1. Хүн /мэдрэх, үйлдэл илгээх/, 2. Техник хангамж /Өгөгдлийн оролт гаралтын сигнал/, 3. Программ хангамж /программчлал, боловсруулалт/ гэсэн үндсэн гурван хэсгээс бүрдэх юм.



Зураг 1. VR үүсгэх интерфэйс

Виртуал бодит байдал нь ихэвчлэн дараах шинж чанаруудтай байдаг.

- Итгэх боломжтой: Харж, сонссоноороо бодит ертөнцдөө байгаа юм шиг мэдрэмж төрдөг.
- Иммерсив: Эргэн тойрны харагдац нь бодит байдлаар өөрчлөгдөж байдаг.

- Компьютерын бүтээсэн: VR ертөнцийг ихэвчлэн 3D компьютер графикаар бүтээдэг бөгөөд энэ нь бидний хөдлөх явцад бодит цаг хугацаанд өөрчлөгддөг.
- Интерактив: Та үйлдэл хийх, гар толгойн байрлал, товчлуурууд дарах эсвэл зэргээс үл хамааран үзэгдэл дээрх өөр объектуудтай харьцаж болно.
- Виртуал бодит байдлын хэрэглээн нь
- Mobile суурилсан
- VR box буюу баг гар утсанд ашиглах
- Апп-д суурилсан
- VR app болон VR баг Oculus HTC VIVE гэх зэрэг төхөөрөмжид ашиглах
- Вебд суурилсан (WebVR)

WebVR нь HTML5 Canvas элементээр дамжуулан орчин үеийн веб хөтөч дээр суулгасан.

WebGL платформ, JavaScript ашиглан бүтээгдсэн болно. WebGL нь илүү дэвшилтэт график дүрс гаргахын тулд хөтөч нь таны компьютер, терминалын GPU-д тодорхой төвшний ачаалал өгдөг.

Давуу болон сул талууд

Аливаа технологийн нэгэн адил виртуал бодит байдал нь сайн, муу хоёр хэсэгтэй байна.

Давуу талууд

- Чанарын дүрслэл
- Хэлний бэрхшээлийг арилгах шийдэл
- Сонирхлын түвшинг нэмэгдүүлдэг
- Мэдээллийг хадгалах нөхцөлийг бүрдүүлэх

Сул талууд

- Хэрэглэгчид виртуал ертөнцөд донтдог, эрүүл мэнд
- Технологи нь туршилтын хэвээр байгаа
- Үнэтэй тоног төхөөрөмж

ВИРТУАЛ ЛАБОРАТОРИ

Бидний хувьд лабораторийн хичээлийг цахим хэлбэрт шилжүүлэн виртуал лаборатори байдлаар ашиглах оролдлогыг 2010 оноос эхлэн тушин судалж эхэлсэн ба туршилтын дүнд 2 хэмжээст онлайн болон онлайн хэлбэрээр ажиллан хичээлд хэрэглэх интерактив цахим хэрэглэгдэхүүн лабораториудыг хийн туршиж байсан[5]. Дээрх туршлагаас үндэслэн виртуал цахим хэрэглэгдэхүүн лабораторийг боловсруулах хэлбэрээр нь

1. 2 хэмжээст график бүхий онлайн онлайн хэлбэрээр ажиллах интерактив цахим хэрэглэгдэхүүн болон лаборатори хийх. /Цахим платформ, программ гэх зэрэг/
2. 3 хэмжээст график бүхий интерактив интертаймэнт цахим хэрэглэгдэхүүн болон лаборатори хийх./Компьютерын дэлгэц дээр харагдах 3D game хэлбэрийн гэх зэрэг мөн зарим төрийн VR виртуал орчин хамруулан ойлгоно./
3. 3 хэмжээс график орчин бүхий бүрэн VR-д орох интерфейс бүхий интертаймэнт цахим хэрэглэгдэхүүн болон лаборатори хийх. /VR орчинд бүрэн орж тухайн орчинд үйлдэл хийх, ажиллах зэрэг бодит мэдрэмжүүдийг агуулна./

Дээрх хэлбэрээр боловсруулж болохоор байгаа ба бид бүрэн VR-д орох интертаймэнт лабораторийг би болгохоор судлан ажиллаж байна. Учир нь бүрэн VR очинд орох интерфейс бүхий лаборатори монгол улс

төдийгүй дэлхийд улс орнуудад хийгдсэн тохиолдол маш цөөн.

ВИРТУАЛ ОРЧИН ҮҮСГЭХ

Ихэнх виртуал бодит байдал үүсгэх технологи нь 3D технологи, 3D графикийн программ, программчлалын engine хөдөлгүүр ашиглан хийгдэж байгаа ба ихэнх engine программ нээлттэй хэлбэрээр хөгжүүлж байгаа нь түүнийг хэрэглэх боломжийг бидэн олгож байна.

Бидний хувьд Unreal engine-ийг сонгон виртуал орчин үүсгэх зорилгоор судалж байна.

Аливаа виртуал орчин үүсгэхэд

- Орчин /ямар хэлбэрт яаж байх гэх зэрэг/
- Объект / ямар ямар объект байх ямар шинж чанартай байх ямар үйлдэл, үйлдлийн хязгаартай байх гэх зэрэг/
- Гэр /аливаа объект бодит харагдахад гэрэл маш чухал бөгөөд хэд хэдэн гэрлийн тусгалыг ашигладаг /
- Гадаргуу материал

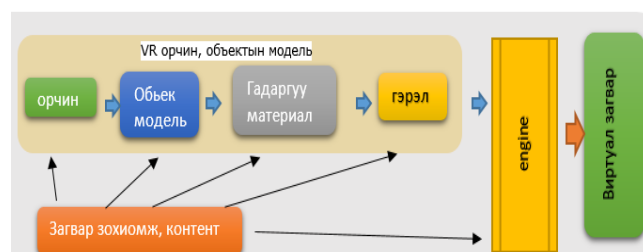
Виртуал орчин үүсгэхэд объект буюу деталь маш чухал учир нь бодит орчинд бүх зүйл тус тусдаа оршин байдаг тэгвэл виртуал орчинд ч адил гэсэн үг юм. Өөрөөр хэлбэл виртуалаар компьютер үүсгэлээ гэхэд үүсгэсэн объектын хувьд дэлгэц процессор гар гэх мэт харин гарна хувьд үйлдэл хийлгэх бол товч болгоныг хийнэ гэсэн үг юм. Гэхдээ аливаа объект хийхдээ бодит харагдуулахад гадаргуу материал (Ubrar) гарцаагүй хэрэгтэй өөрөөр хэлбэл таны хийсэн объектын өнгө дүрс харагдах байдал юм.

Объект гадаргуутай байж гэрэл авч (гэрэл ойх) харагддаг гэсэн үг юм.

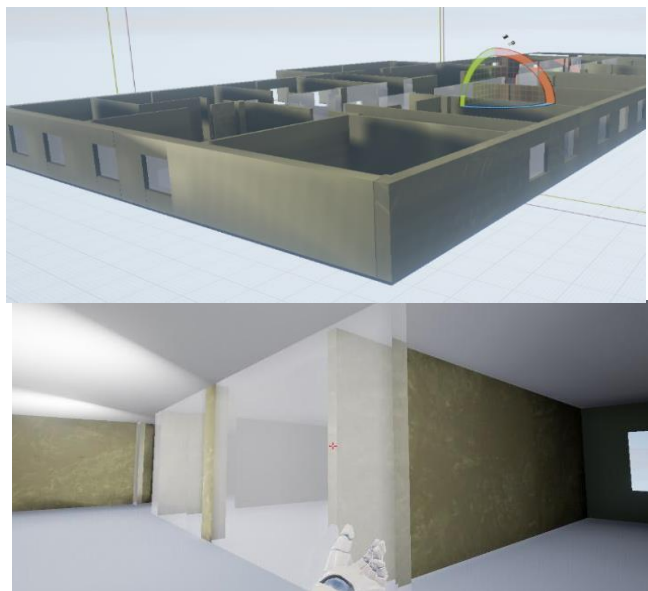
Виртуал орчин үүсгэх гол анхаарах зүйл нь жижиг деталь хэдий их байна бодит байдалд илүү их дөхнө гэсэн үг энэ нь виртуал орчин бүрдүүлэх ажиллагааг төвөгтэй болгодог ба хөгжүүлэгч хийсэн виртуал загвар контентын эрэлтийг ихэсгэж байгаа нь бизнесийн нэмэлт боломжийг хөгжүүлэгчдэд олгоно өөрөөр хэлбэл хийсэн виртуал элемент контентыг худалдан авч үүсгэж буй виртуал орчиндоо ашиглах ба хэрэглэгч илүү бодит мэдрэмж орчныг бүрдүүлэх нөхцөл нэмэгдэнэ.

Дээрх engine-ийг game болон видео avatar graphic, interior, exterior, виртуал орчин гэх зэрэг маш олон чиглэлээр хөгжүүлж байна.

Бид анх 2015-2016 онуудад VR ба AR технологиудыг судалж, ШУТИС номын сангийн дөрвөн давхарт байрлах E-нээлттэй сургуулийн байрны загварыг виртуал хийсэн [6].



Зураг 2. Виртуал орчин үүсгэх загвар



Зураг 3. Unreal engine дээр үүсгэсэн VR орчин

Виртуал орчин үүсгэхдээ ямар орчин хэрхэн харагдах, мөн хийгдэх үйлдэл нь тодорхой байх шаардлагатай. VR орчин, объект бэлэн болоход engine хөдөлгүүр ашиглан виртуал орчин, хөдөлгөөнийг боловсруулах ба нэмэлт үйлдэл шаардвал программчлалын орчин шаарддаг.

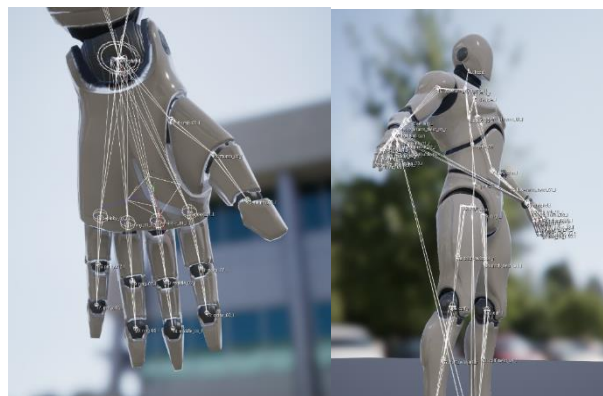
Мөн одоогоор химийн лабораторийн хичээлд хэрэглэх виртуал лабораторийн ажлыг эхлүүлэн судалж байгаа ба лабораторийн орчныг үүсгээд байна[7].



Зураг 4. Химийн лабораторийн виртуал орчин

VR ХЭРЭГЛЭГДЭХҮҮН ХИЙХ ШАРТ ГҮЙЦЭТГЭЛ ЯВЦ

1. Төслийг тодорхойлох
2. Хийгдэх зүйлсийг ангилал
3. Ангиллын дагуу хуваарилж: дуу, 3D дүрс модель, код



Зураг 5. Хүний хөдөлгөөн хийх араг ясны модель

Араг ясны хөдөлгөөн хэдий олон элементтэй байх тусам хүний хөдөлгөөн илүү бодит болох ба төвөгтөө асуудал нь ясны үе болгоны хөдөлгөөнийг кодлох буюу программчлах асуудал юм.



Зураг 6. Ашиглагдах 3D модель

3D объектыг ямар үйлдэл хийхээс нь хамааран кодлож программчлах ба тодорхой радиуст гар ойрдоход хийх үйлдлийг кодлох юм.

4. VR library сайтай development environment-ууд ашиглан Unreal Engine оруулах /холбох/.

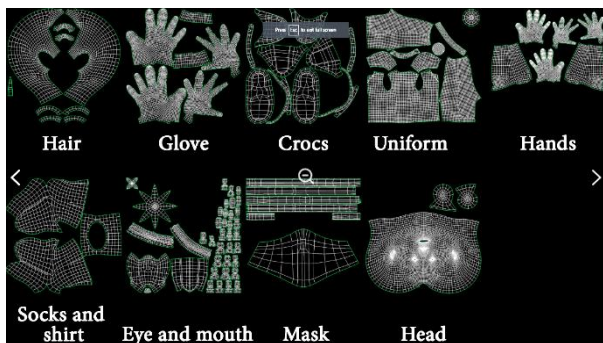
5. VR engine, бодит байдал, 3D загваруудыг детальчлан хийх юм.



Зураг 7. Хүний 3D модель

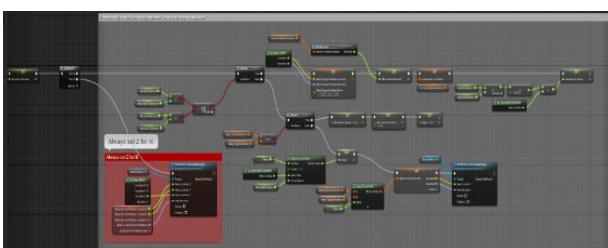
Лабораторийн даалгаврын дагуу Лабораторид орж байгаа оюутан хувцас, бээлий маск зүүсэн байх шаардлагатай ба VR library сайтай development environment-ууд ашиглан өөрчилж байгаа ба тус модель нь өөрийн face -тай байх шаардлага та юм. Өөрөөр хэлбэл энгийн үед хүний гар харагдаж байхад лабораторид орохын тулд хувцсаа солиход бээлийтэй гар харагдах шаардлагатай юм. Нөгөө талаас модель face-тэй болсноор түүний гар, хөл, хувцасны материал өнгө

болон царай төрхийг өөрчлөх боломжтой өөрөөр хэлбэл европ төрхийг ази дүрээр солих гэх зэрэг.



Зураг 8. Хүний 3D моделийн face /гадарзүй/

6. Interaction-уудаа кодолно: хийсвэр орчинд байгаа объектуудтай хэрхэн харьцах, мөн объектууд өөр хоорондоо хэрхэн харьцахыг тодорхойлж кодолно.



Зураг 9. Объектуудын кодоллын хэсэг

7. Хэрэглэгчид амьдралтай ойролцоо дүрст болон дуут feedback, face өгөх.

8. Хувцас өмсдөг болох, лабораторийн интерактив объектуудтай харьцах.

9. Unreal Engine дээр бүрэн интерфейс үүсэх

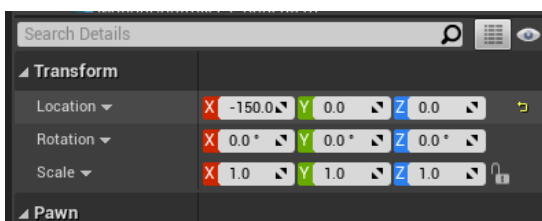
10. VR лабораторийг турших сайжруулах

Объект олон байх тусам орчин илүү бодит харагдах ба бид тус ажлыг engine- хөдөлгүүр ба бусад ажлыг судлан хийж VR лабораторийн хөгжүүлэлтийн орчин Unreal Engine 4.26 ашиглаж байна.

Тулгарч буй асуудал, программчлан шийдвэрлэх зүйлс:

1. VR орчинд удирдах хиймэл дүрийг программчлан оруулах

а. Тоглоомын орчинд 1:1 харьцаатай толгойн болон гарын хөдөлгөөнийг хөрвүүлэн оруулах



Зураг 10. Объект VR орчинд 1:1 байх шаардлагатай ба байрлал төвшинг тодорхой байлгана.

б. Дүрийн шууд хөрвөх бус цэгүүд: толгой болон гарын байрлалуудаас бусад үе мөчүүдийг предикат хийж оруулах шийдэл үүсгэх. Жишээ нь гар толгойн байрлалыг авч үзэн тухайн үед мөр, тохой, цээжний байрлалыг таамаглах

2. Толь үүсгэх:

i. Аль болох бага ачаалалтай шууд 3D орчинг хиймэлээр дахин рендерлэх

ii. Дахин рендер хийх өнцгийг тодорхойлох.

Ажлын даалгаврын дагуу химийн лабораторид ороход хувцас солигдох шаардлага үүссэн VR орчинд хүн өөрөө өөрийгөө харах боломжгүй иймээс виртуал хүнийг толинд харуулах шаардлага үүссэн ба толин ойлт буюу mirror ашиглахад VR орчин объект тахин ачааллаж компьютерт ачаалал хэт их өгсөн. Иймээс

i. Хувцас солих тольтой өрөөг лабораторийн өрөөнөөс тусад нь хийх.

ii. Камер ашиглан дүрсийг хөрвүүлэн харуулж толийг шийдсэн ба камер нь дүрсийг түлхэх буюу зайтай бичдэг мөн толгойн харах байрлал болон 1:1 хэмжээг алдагдуулдаг тул хүн бодит хэмжээ, мэдрэмжээр харуулахаар оролдож байна.



Зураг 11. VR орчинд толин ойлтыг камераар шийдэх.

3. Интерактив объектой гарын байрлал тодорхой радиуст ойртож тухайн интеракшинг идэвхжүүлэх

4. Объект доторх шингэн зүйлийн илэрхийлэх зэрэг нэлээдгүй асуудалтай тулгарч байна.

ТЕХНИКИЙН ҮЗҮҮЛЭЛТ

VR лабораторийг боловсруул буй компьютер болон төхөөрөмжийн үзүүлэлт

ХҮСНЭГТ1. АШИГЛАГДАЖ БУЮУ ХЭРЭГСЭЛ

PC	
CPU	AMD ryzer 7 1700 eight-core processor (16 cpus) 16 цөмт
RAM	32gb DDR4 3733 мгц
GPU	Geforce rtx 2080 8gb
VR БАГ ТОЛГОЙН ТӨХӨӨРӨМЖ HTC VIVE	
SCREEN:	Dual AMOLED 3.5" diagonal
RESOLUTION:	1440 x 1600 pixels per eye (2880 x 1600 pixels combined)
REFRESH RATE:	90 hz
FIELD OF VIEW:	110 degrees
AUDIO:	Hi-res certified headset hi-res certificate headphone (removable) high impedance headphone support
SENSORS:	Steamvr tracking, g-sensor, gyroscope, proximity, ipd sensor, steamvr tracking 2.0
ӨРӨӨНИЙ ХЭМЖЭЭ:	Хамгийн багадаа 6'6" x 4'11" тоглоомын талбай шаардлагатай бол хамгийн дээд хэмжээ нь 22'11" x 22'11" байх ёстой.

3D МОДЕЛЬ АВЧ АШИГЛАСАН ЭХ СУРВАЛЖ

Дээр дурдсанчлан VR орчин болоод объект хийхэд хамгийн их шаардагдах зүйлүүд нь 3D объектууд ба хийх зурахад цаг хугацаа шийдэл ихээхэн шаарддаг. Иймээс

3D загвар авч ашиглах нь харьцангуй хялбар ч scan төрлийн 3D объектоор хийх нь зохимгүй байдаг ба байгуулагч бүтэцтэй 3D загвар болон 3D объект дээр ажиллах өөрчлөлт хийх нь илүү хялбар болдог.

1. Зураг 7 дээрх 3D объектыг авж ашигласан эх сурвалж <https://www.unrealengine.com/marketplace/en-US/store>
2. Зураг 5 дээрх 3D объектыг авж ашигласан эх сурвалж ашигласан эх сурвалж <https://www.turbosquid.com/3d-model>

Хүрсэн үр дүн

VR лаборатори хийхэд 3D график орчин нэлээн шаардах ба үүнд лабораторийн интерьер дотоод орчин хэрэглэгдэх бүх 3D объект түүний байрлал тогтоох таамаглах, код программчлах зэрэг VR орчин үүсгэх ажил хийгдсэн.

Дүр дээр анхаарч ажиллах face гадаргуутай хийх бодит мэдрэмж төрүүлэх боломжтой болсон.

Энд толь үүсгэсэн, Skeletal Mesh-н гар болон толгой шууд HMD болон үүний 2 гарыг удирддаг болсон. Биеийн бусад үе мөчний байрлалыг таамаглаж оруулж байгаа. Үүнд хөдөлгөөн тухайн дүр өөрөө хөлөөрөө алхдаг болсон.

Удирдах дүрийн 3D Модель оруулсан.

Өөрөөр хэлбэл VR хэрэглэгдэхүүн хийх шарт явцын 1-6 хүртэлх дарааллын дагуу ажлыг хийн гүйцэтгэсэн.

Одоогоор хэрэглэгчид амьдралтай ойролцоо дүрст болон дуут feedback, face өгөх хэсэг дээр ажиллаж байна. 3D орчинд камер явуулах үйлдэл хийх нь 3D тоглоомтой төстэй бөгөөд хийхэд харьцангуй хялбар байх бол. Жишээ нь PUBG

Харин бүрэн иммерсив орчинтой VR хийх нь олон талын оролцоотой буюу хүн, VR орох төхөөрөмж, мэдрүүрүүд, engine дээрх холболт байрлал, код программчлал, хүн хийсвэр моделийн харилцаа зэрэг төслийг гүйцэтгэлийн алхам тутамд шинэ шинэ асуудалтай тулгарч шийдвэрлэж байна.

ДҮГНЭЛТ

Цахим хэрэглэгдэхүүн виртуал лаборатори боловсруулахад олон шийдэлтэй байдаг технологийн шинэчлэл түүний ололт амжилттай уялдан шинэ шийдлүүд дээр тулгуурлан бүрэн иммерсив хэлбэрийн virtual reality лаборатори хийхийг зорин лабораторийн хөгжүүлэлтийг хийж байна. Ирээдүйд 5G болон бусад технологийн шийдлүүд болон WebVR, 3D, VR, AR технологиуд Web Remote Control-той болсон нь интертаймэнт 3D хэлбэрийн цахим хичээл, виртуал лаборатори, цахим хэрэглэгдэхүүнийг веб платформтой хөгжүүлж олон нийтийн хэрэглээнд өргөнөөр нэвтрүүлэх боломж харагдаж байна.

Мөн 3D VR хэлбэрийн энэ ажил нь цаг хугацаа болоод хүн боловсон хүчин, тоног төхөөрөмж, үнэ өртөг, технологийн шийдэл ихээр шаардана. Харьцангуй сүүлийн жилүүдэд технологи, төхөөрөмжийн үнэ дэлхийн зах зээл дээр буурч байгаач өртөг бага, буурай хөгжилтэй орно хувьд үнэтэй хэвээр тусна. Дэлхийн зах зээл дээр VR HTC Vive хувьд 1500\$ байгаа бол VR бүтээх, программчлах компьютерын хувьд 3500-5000\$ үнэ өртөгтэй. Хэдийгээр үндсэн хөгжүүлэлт хийх программ хангамж хөдөлгүүр үнэгүй байгаач VR library

сайтай development environment зэргийг ашиглан engine хийх 3D объект боловсруулах зэрэг үнэ өртөгтэй цаг хугацаа их шаардсан ажил болж байна.

Технологийн хөгжилтэй зэрэгцэн цахим хэрэглэгдэхүүн виртуал лаборатори хөгжүүлэлтийн орчин технологи өөрчлөгдөж байгаатай хөл нийлүүлэн шинэ шийдлүүдийг илэрхийлэн энэ хүү VR лабораторийн боловсруулахаар зорилт тавин ажиллаж байна. Сүүлийн жилүүдэд ковид цар тахлаас шалтгаалан сургалтын үйл ажиллагаа цахим хэлбэрт шилжсэнээр лабораторийн хичээл туршилт хэмжилтийг хийхэд нэлээдгүй бэрхшээл тулгарч байгаа ба ач холбогдол нь энэ асуудлыг шийдвэрлэхэд орших ба шинэлэг тал нь VR лаборатори хийхийг зорьсон ба онцлог нь бүрэн иммерсив хэлбэрт орох шийдэл юм.

Бидний хувьд цахим хэрэглэгдэхүүний мөн чанар нь сургалтын агуулгыг баяжуулах, хичээлийн зорилго зорилтыг оюутан суралцагч нарт бүрэн хүргэхэд чиглэсэн байх ёстой гэсэн үндсэн шаардлагаар цахим хэрэглэгдэхүүнийг боловсруулсаар ирлээ. Мөн хөгжүүл буй VR хэрэглэгдэхүүн лабораторийг бүрэн дуусгаж үр дүн судалгааг дараагийн өгүүлэлдээ тусгах болно.

НОМ ЗҮЙ

- [1] Б. Батшагай, “E-сургалтын орчинд виртуал бодит байдлыг ашиглах нь,” ИМТ. 2015.
- [2] “Virtual Reality Society Шинэчлэгдсэн VR орчинд орох төхөөрөмжийн тойм,” (n.d.). Retrieved from <http://www.vrs.org.uk>
- [3] <https://www.idc.com/>
- [4] <https://learn.g2.com/virtual-reality>
- [5] Б. Батшагай, Т. Уранчимэг, "Цахим хэрэглэгдэхүүнүүдийг боловсруулж, инженерийн сургалтад нэвтрүүлсэн замнал, дүгнэлт," Нээлттэй боловсрол. 2021.
- [6] Б. Батшагай, Т. Уранчимэг, “E-сургалтын орчин - виртуал бодит байдал,” ИМТ. 2016.
- [7] Б. Батшагай, “Цахим виртуал хэрэглэгдэхүүн хөгжүүлэх технологи ба virtual reality орчин үүсгэх боломж,” Цахим үндэстэн. ЭШХ. 2021.

Мэдээлэл, технологийн үндэсний паркийн инкубатор хөтөлбөрт хамрагдсан гарааны компаниудыг систем динамикийн загвараар судлах нь

А.Элбэгжаргал
ШУТИС, Хэрэглээний Шинжлэх
Ухааны Сургууль
Elbegjargal@must.edu.mn

Б.Энхзаяа
Мэдээлэл, технологийн үндэсний парк
enkhzaya@itpark.mn

Г.Жаргалан
МТҮК, МУИС, Хэрэглээний Шинжлэх
Ухаан Инженерчлэлийн Сургууль
jargalan@itpark.mn

П.Наранцэцэг
Мэдээлэл, технологийн үндэсний парк

Б.Лхагвасүрэн
Мэдээлэл, технологийн үндэсний парк

Б.Ууганбаяр
ШУТИС, Хэрэглээний Шинжлэх
Ухааны Сургууль

Э.Цогтгэрэл
Мэдээлэл, технологийн үндэсний парк

Хураангуй - 2008 онд глобал хамгийн том 10 компанийн нэг нь технологи суурьтай компани байсан бол 2019 онд 7 болж нэмэгдсэн бөгөөд эдгээрийн 3 нь дэлхийн хамгийн том өндөр технологи, инновацын төв болох Цахиурын хөндийд байрладаг.

Мэдээллийн технологийн салбарт гарааны компанийг хөгжүүлэх экосистем чухал үүрэгтэй бөгөөд энэ нь гарааны компаниудад тулгарч буй асуудлыг шийдвэрлэхээс гадна цаашид тогтвортой хөгжих боломжийг бүрдүүлдэг. Тиймээс экосистемийн оролцогчдын тухайн бүс нутгийн нийгэм, эдийн засагт үзүүлэх үр нөлөөг нэмэгдүүлэх нь чухал ач холбогдолтой байна. Энэхүү судалгаагаар системийн динамик загвар боловсруулан түүн дээрээ туршилт симуляци хийж гарах үр дүнгүүдэд үнэлэлт дүгнэлт хийх, цаашдын шийдвэр гаргалтыг үр дүнтэй байлгах сонголтуудыг харуулахаар зорьсон болно.

Түлхүүр үг - Гарааны компани, инкубатор, системийн динамик загвар

I. УДИРТГАЛ

Монгол улсын мэдээллийн технологийн салбарын хөрөнгө оруулалт жил ирэх тусам өсч байна. Үүнийг дагаад тухайн гарааны компаниудыг бойжуулах экосистемийг хөгжүүлэх, мөн түүний оролцогчдын оролцоог нэмэгдүүлэх, уялдаа холбоог сайжруулах хэрэгцээ шаардлага тулгарч байна. Монголын гарааны компанийн экосистемийн гол оролцогч талууд бол гарааны компаниуд, хурдасгуур/инкубатор, том корпорацууд, их дээд сургууль, коллеж, косен, судалгааны, төрийн, олон улсын байгууллагууд байна [3].

1951 онд анх АНУ-ын Цахиурын хөндий байгуулагдсан бөгөөд үүнээс хойш шинжлэх ухаан, технологийн парк нь хурдацтайгаар өссөн. 2017 онд дэлхий даяар 534 шинжлэх ухаан, технологийн парк, түүний дотор 169 нь Ази, Номхон далайн бүс нутагт байна [7].

Мэдээлэл, технологийн үндэсний парк нь Монголд 2002 оноос хойш мэдээллийн технологийн чиглэлээр үйл ажиллагаа явуулж буй гарааны компаниудыг дэмжих анхны бизнес инкубаторыг байгуулж экосистемийн ууган оролцогчдын нэг

болсон. Энэ хугацаанд нийт 136 гарааны компани бойжиж 89 компанийг амжилттай төгсгөн гаргасан байна. Эдгээрээс “Интерактив”, “Мэйжикнет”, “Датаком” зэрэг мэдээллийн технологи, програм хангамжийн үндэсний томоохон компаниуд төрөн гарсан. Үүнээс дурьдвал ЛэндМН ББСБ ХК нь 28 тэрбум төгрөг, Тэнгэрлиг медиа групп ХК нь 96 тэрбум төгрөгийн зах зээлийн үнэлгээтэй гарааны компаниуд байна.

II. СИСТЕМИЙН ДИНАМИК АРГА ЗҮЙ

Системийн динамик нь 1958 онд АНУ-ын эрдэмтэн Ж. Форестерийн үндэслэсэн нийгэм, эдийн засаг, байгаль орчин зэрэг тогтолцооны цогц бөгөөд төвөгтэй асуудлуудыг динамик загвар байгуулан судалж, туршилт явуулж, шийдвэрлэх саналууд боловсруулах аргазүй юм [8].

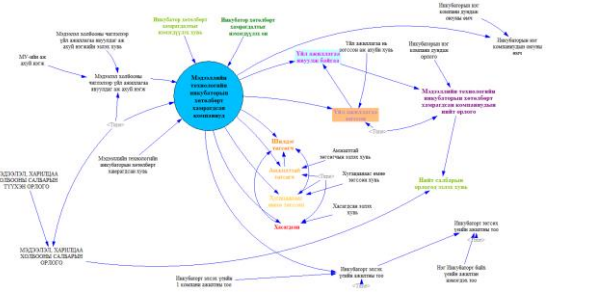
Судалгааны ажлын онол арга зүйн үндэс нь системийн онол, системийн хандлага, системийн динамик загварчлал бөгөөд симуляцийн туршилт, симуляцийн үр дүнгүүдийг ажиглах харьцуулах, загварын параметруудийн мэдрэмтгий чанарын анализ, загварыг үнэлэх, ердийн дифференциал тэгшитгэл, статистикийн шинжилгээ, корреляцийн болон регрессийн шинжилгээ зэрэг аргуудыг өргөн хэрэглэсэн болно.

Системийн динамик загварууд нь тоон өгөгдөл, бичмэл мэдээллийн сан (тайлан, ашиглалтын гарын авлага гэх мэт) болон системийн гол оролцогчдын салбарын эксперт мэдлэг гэсэн мэдээллийн гурван эх сурвалжид тулгуурладаг. Уг судалгаанд зориулсан

системийн динамик загварыг Vensim програм дээр хийж гүйцэтгэсэн. Vensim нь динамик загвар хийх мэргэжлийн програм бөгөөд ердийн дифференциал тэгшитгэлүүдийн системийг өндөр нарийвчлалтай тоон аргаар (Эйлер, Кунга-Кутта) хугацааны момент бүрд бодож, шийдийг тоон болон график байдлаар харуулдаг.

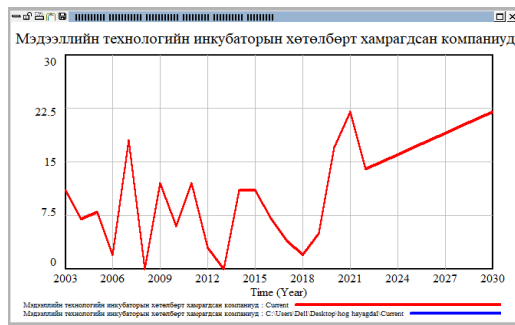
Системийн динамик загвар

Монгол Улсын бүртгэлтэй аж ахуй нэгжийн дотор мэдээлэл холбооны чиглэлээр үйл ажиллагаа эрхлэдэг компаний эзлэх хувь жил бүр нэмэгдсээр байна. 2013 онд 2.1 хувийг эзлэдэг байсан бол 2022 оны байдлаар 5.8 хувийг эзэлдэг болсон байна. Харин эдгээр компаниудаас 0.73 хувь нь мэдээллийн технологийн инкубаторын хөтөлбөрт хамрагдсан байна. Систем загвар нь нийт Монгол Улсын бүртгэлтэй аж ахуй нэгж болон түүнээс мэдээлэл технологийн чиглэлийн аж ахуй нэгжийн өсөлт түүний динамик хандлагаар инкубаторт хөтөлбөрт хамрагдсан анализын загвар боловсруулав.



Зураг 1. Систем динамик загвар

2003-2022 оны хооронд нийт 42 удаагийн сонгон шалгаруулалт зарлаж 373 иргэн, баг, ААН оролцсоноос 144 оролцогч нь мэдээллийн технологийн бизнес инкубаторт бойжсон байна. Одоогийн байдлаар инкубаторт бойжсон гарааны компанийн амжилттай төгсөгч 48, шилдэг төгсөгч 13, хугацаанаас өмнө төгссөн 28, хасагдсан 41, одоо бойжиж буй 14 буйгаас одоогоор үйл ажиллагаа явуулж буй 55, үйл ажиллагаа зогссон 74 компани байна. Одоогийн аж ахуй нэгжийн өсөлтийн ирээдүйн хандлагаар 2030 онд 22 компани инкубатор хөтөлбөрт хамрагдахаар байна. Мөн үүнээс 18 компани цаашид амжилттай үйл ажиллагаа явуулах хандлага байна.



Зураг 2. Инкубатор хөтөлбөрт хамрагдсан компани

Мэдээллийн технологийн инкубаторын хөтөлбөрт хамрагдсан компаниудын орлого нь 2022 онд 1.6 тэрбум төгрөг байсан бол 2030 онд одоогийн хандалаар 2.4 тэрбум төгрөгийн орлого олохоор байна. Энэ нь мэдээлэл холбооны салбарын орлогын 0.1 орчим хувийг эзлэж байна. Мэдээлэл технологийн салбар нь жилээс жилд эрчимтэй хөгжиж байгаа тул инкубаторын хөтөлбөрт хамрагдсан компаниудын орлого нэмэгдэх хэдий ч нийт салбартаа эзлэх хувь өсөхгүй байна.



Зураг 3. Инкубатор хөтөлбөрт хамрагдсан компани орлогын эзлэх хувь

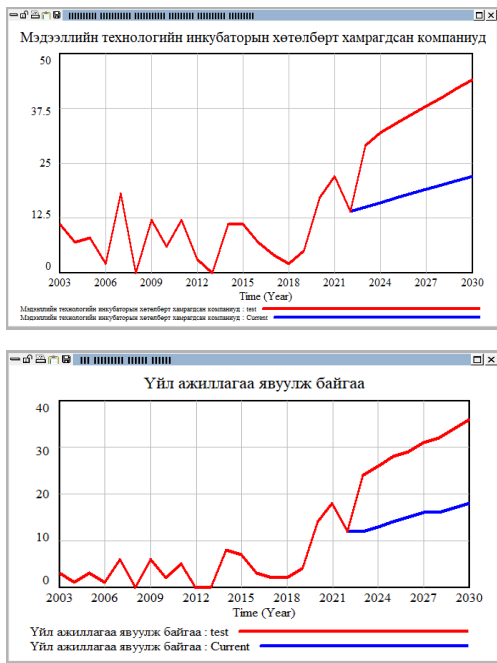
Инкубаторт бойжиж буй компанийн ажлын байрны тоо анх элссэнээс 8-20 хувиар нэмэгдсэн байна.



Зураг 4. Инкубатор хөтөлбөрт хамрагдсан компани ажил эрхлэлт

Туршилт симуляци

Мэдээллийн технологийн салбар цаашид зайлшгүй хөгжих ирээдүйн эрэлтэт салбар тул энэ салбарын стартап төсөл болон инкубаторын хөтөлбөрт хамрагдах хэмжээг нэмэгдүүлэх нь зайлшгүй шаардлага юм. Одоогоор мэдээллийн технологийн инкубаторын хөтөлбөрт хамрагдсан хувь сүүлийн 10 жилийн дунджаар 0.45 хувь байна. Мэдээллийн технологийн инкубаторын хөтөлбөрийн нийт салбарын аж ахуй нэгжид эзлэх хувийг 2023 онд 2 дахин нэмэгдүүлснэ.



Зураг 5. Инкубатор хөтөлбөрт хамрагдсан компани

Инкубатор хөтөлбөрт хамрагдсан компанийн оюуны өмчийн тоо 2023 онд 15 байх байсан нь 29 болж нэмэгдэх, нийт инкубатор хөтөлбөрт хамрагдсан компанийн орлого салбарын орлогод эзлэх хувь 2 хувь буюу 1.6 тэрбум төгрөгөөр нэмэгдэж 3.201 тэрбум болж байна.

Ш.ДҮГНЭЛТ

Дэлхийн хандлагаас харахад гарааны компанийн экосистемийг дэмждэг хөтөлбөрүүд маш олон төрлөөр нэвтэрсэн байна. Монгол улсын хувьд 10 орчим инкубатор төв, хурдасгуур хөтөлбөр үйл ажиллагаа явуулж байна. Эдгээрийн нэг нь Мэдээлэл, технологийн үндэсний парк бөгөөд инкубаторын хөтөлбөрийг 2002 оноос хойш 20 жил хэрэгжүүлж гарааны бизнесийн экосистемд тодорхой үр дүнд хүрсэн. Энэ судалгааг хийснээр инкубатор хөтөлбөрийн динамик загварчлалын аргагүй ашиглан системээр нь харж төлөвлөх боломжтой загварыг бүтээсэн. Инкубатор хөтөлбөрийн үр дүнд тодорхой үнэлэлт дүгнэлт хийх боломжтой болсон. Үүнд:

- Монгол улсын хувьд мэдээллийн технологийн салбарын компаниудын ирээдүйн хандлагаар хурдацтай өсч байгааг тооцоолсон. Гэвч инкубатор хөтөлбөрт хамрагдсан гарааны компаниудын өсөлт нь мэдээллийн технологийн салбарын өсөлтийн хэмжээнд хүрч чадахгүй байна.
- 15 жилийн дунджаар авч үзэхэд инкубаторт хамрагдсан компаниудын 42 хувь нь үйл ажиллагаа нь тогтвортой үргэлжилж байна. Мөн 15 жилийн дунджаар инкубаторт хамрагдсан компаниудын 61.8 хувь нь амжилттай төгссөн байна.
- Инкубаторт элссэнээр гарааны компанийн ажлын байрны тоо жил бүр 8-20 хувиар нэмэгдсэн байна.
- Нийт мэдээллийн технологийн чиглэлээр үйл ажиллагаа явуулж буй компаниудын сүүлийн 20 жилд дундажаар 0.45 хувь нь мэдээлэл, технологийн үндэсний паркийн инкубатор хөтөлбөрт хамрагдсан. Үүнийг 2023 онд 1 хувьд хүргэх буюу 2 дахин нэмэгдүүлэх симуляци хийхэд 2023 оноос 2030 он хүртэл 148 компани хамрагдах хандлагатай байснаас 295 компани хөтөлбөрт хамрагдахаар байна. Нийт 32 тэрбум төгрөгийн орлого олохоор байна.

АШИГЛАСАН МАТЕРИАЛ

- [1] United Nations. (2019). Establishing Science and Technology Parks: A Reference Guidebook for Policymakers in Asia and the Pacific, ST/ESCAP/2862
- [2] Харилцаа холбоо, мэдээллийн технологийн газар. (2019). Харилцаа холбоо, мэдээллийн технологийн салбарын хүний нөөцийн судалгааны ажлын тайлан, №XXMTГ/201804011
- [3] Жайка. (2022 оны 3 сарын 10). Монгол улсын стартап экосистемийн суурь судалгааны эцсийн тайлан
- [4] StartupBlink. (2021). Global Startup Ecosystem Index
- [5] Bliemel, MJ, Flores, R, Klerk, SD, et al. (2018) The role and performance of accelerators in the Australian startup ecosystem. SSRN Electronic Journal (2016): DOI: 10.2139/ssrn.2826317.
- [6] Osawa, Y. & Miyazaki, K. (2006). An empirical analysis of the Valley of Death: large-scale R&D project performance in Japanese diversified company. Asian Journal of Technology Innovation, 14, 93-116
- [7] UNCTAD annual report (2018), <https://unctad.org/annualreport/2018/Pages/index.html>
- [8] Форпестер, Ж. (1958). Industrial dynamics—a major breakthrough for decision makers.). Harvard Business Review 36(4), 37–66.
- [9] Миндоус, Д. (1980). The unavoidable a priori. In Elements of the System Dynamics Method. Randers J (ed.) Pegasus Communications, 161–240.
- [10] Д.Бадарч, Б.Б.-а. (2003). Системийн динамик загварчлалын үндэс”. Улаанбаатар.
- [11] Sterman, J. D. (2014). Interactive Web-based simulations for strategy and sustainability: the MIT Sloan LearningEdge management flight simulators, part I. System Dynamics Review 30(1-2).

Оюутны сэтгэл ханамжийн үнэлгээний загвар

Ахыг Тилеубай
Физик, Мэдээлэл зүйн тэнхим
АШУУИС, Био-Анагаахын сургууль
akhit@mnums.edu.mn

Баасандорж Чилхаасүрэн
Физик, Мэдээлэл зүйн тэнхим
АШУУИС, Био-Анагаахын сургууль

Ажнай Лувсан-Иш
Физик, Мэдээлэл зүйн тэнхим
АШУУИС, Био-Анагаахын сургууль

Пүрэвдолгор Лувсанцэрэн
Физик, Мэдээлэл зүйн тэнхим
АШУУИС, Био-Анагаахын сургууль

Жаргалбат Пунцагдаш
Физик, Мэдээлэл зүйн тэнхим
АШУУИС, Био-Анагаахын сургууль

Цэнд Жавзмаа
Физик, Мэдээлэл зүйн тэнхим
АШУУИС, Био-Анагаахын сургууль

Галбадрах Чулаанбаатар
Физик, Мэдээлэл зүйн тэнхим
АШУУИС, Био-Анагаахын сургууль

Товч—Их, дээд сургуулийн үйлчилгээний чанарын шалгуур үзүүлэлтийн нэг бол багш, оюутны хамтын ажиллагаа юм. Оюутнууд хичээлд оролцох идэвх, сургалтын орчин, материаллаг бааз, багшийн ур чадвар, хандлагад хэр сэтгэл ханамжтай байгааг машин сургалтын аргаар загварчлахаар зорилоо.

Keywords— мэдээллийн сан, C50 алгоритм, Бейсийн ангилагч, дүрэмд үндэслэсэн арга

I. УДИРТГАЛ

Манай улсын хувьд боловсрол судлалын өгөгдөл ангиллын аргаар загвар үүсгэн, таамаглах судалгааны ажлууд тодорхой хэмжээнд хийгдэж байна.

Сургалтын байгууллагын үр дүнг бодитойгоор үнэлэх, гүйцэтгэлийн хүрсэн түвшинг баталгаажуулах, амжилт доголдлыг тодорхойлох, үнэн зөв мэдээллээр хангахад [1] сэтгэл ханамжийн үнэлгээ чухал юм [2]. Оюутнууд хичээлд оролцох идэвх, сургалтын орчин, материаллаг бааз, багшийн ур чадвар, хандлагат хэр сэтгэл ханамжтай байгааг машин сургалтын аргаар загварчлах зорилгын хүрээнд дараах зорилгуудын дагуу ажиллаа. Үүнд:

- Оюутнуудаас асуумж судалгаа авах
- Асуумж судалгаагаар мэдээллийн сан үүсгэх
- Мэдээллийн сангаас машин сургалтын аргуудаар загвар үүсгэх
- Загварын нарийвчлалын үр дүнг харьцуулах
- Үр дүнг дүрслэх

II. МАТЕРИАЛ, АРГА ЗҮЙ

A. Бейсийн арга

Бейсийн ангилагч нь тодорхой ангиас хамаатай багцын (tuple) класс гишүүдийг таамагладаг бөгөөд шийдвэрийн мод, сонгосон мэдрэлийн сүлжээ neural (selected neural network) аргуудтай гүйцэтгэлийн хувьд харьцуулах боломжтой, томоохон мэдээллийн сангуудад өндөр нарийвчлал, хурдыг үзүүлдэг. [3] :

ТУРШИЛТ

АШУУИС-ийн суурь боловсролын I дамжааны 212 оюутнаас багш оюутны хамтын ажиллагаа, сургалт, үйлчилгээ, чанар хүртээмжийн, хөтөлбөрийн хэрэгцээ, шаардлагыг үнэлэх дөрвөн бүлгээр 25 асуулттай асуумж судалгаа авч, сангууд үүсгэв. Үүнээс багш оюутны хамтын ажиллагааны сан нь сэтгэл ханамжийн 8 таамаглагч, *маш сайн 5, сайн 4, дунд 3, муу 2, маш муу 1* үнэлгээний класс атрибуттай.

Мэдээллийн санг сургалт, туршилтын түүвэрт 70:30 харьцаагаар 2 болон хөндлөн баталгаажуулалтаар 10

хэсэгт хуваан ангиллын аргуудаар загвар үүсгэхэд хөндлөн баталгаажуулалтаар 10 хуваан, бейсийн аргаар үүсгэсэн ангилагчийн нарийвчлал 92% өндөр гарлаа.

III. ДҮГНЭЛТ

- АШУУИС-ийн суурь боловсролын I дамжааны 212 оюутнаас асуумж авч, сангууд үүсгэв.
- Үүнээс багш оюутны мэдээллийн санг сургалт, туршилтын багцад 70:30 харьцаагаар 2, хөндлөн баталгаажуулалтаар 10 хэсэгт хуваан, ангиллын аргуудаар загвар тооцоолоход хөндлөн баталгаажуулалтыг ашиглан Бейсийн аргаар тооцоолсон загварын нарийвчлал 0.92 магадлалтайгаар өндөр гарсан.
- I дамжааны оюутнуудын багш, оюутны хамтын ажиллагааны сэтгэл ханамжийн үнэлгээний загварчлалд:
 - Багшийн ур чадварыг үнэлэхэд 0.96,
 - Багш нар сургах явцдаа зааж, зөвлөж байсныг үнэлэхэд 0.96,
 - Ойлгуулахын тулд дахин тайлбар хийж өгснийг 0.79,
 - Бие даалтыг тогтмол шалгаж, хэлэлцүүлгийг үнэлэхэд 0.86,
 - Дадлага, семинарын хичээл дээр эзэмшсэн ур чадвараар нь үнэлэлт, дүгнэлтийг үнэлэхэд 0.96 магадлалтайгаар сэтгэл ханамжийн түвшин *маш сайн* гарлаа.
- Өгөгдлийн урьдчилан боловсруулалтад өгөгдлийн хэмжээ ихсэхэд хөндлөн баталгаажуулалтын аргаар 10 хэсэгт хуваан, ангиллын аргуудыг турших нь үр дүнтэй байна.
- Бейсийн арга нь оюутны санал асуулгад уламжлалт болон бусад ангиллын аргуудаас их өгөгдөлтэй ажиллах, хүчин зүйл тус бүрээр үр дүнгээ дэлгэрэнгүй мэдээлэх давуу талтай байна

REFERENCES

- [1] О.Болорсайхан, "Дээд боловсролын байгууллагын үйлчилгээний чанарын үнэлгээ."
- [2] Т.Ахыг, Ц.Жавзмаа, П.Жаргалбат, and Л.Пүрэвдолгор, "ЦАХИМ СУРГАЛТЫН ОЮУТНЫ СЭТГЭЛ ХАНАМЖИЙН КЛАСТЕР ШИНЖИЛГЭЭ: DIVISIVE HIERARCHICAL," *Дээд боловсрол*, vol. №01(05), 2021.
- [3] J. Han, J. Pei, and M. Kamber, *Data mining: concepts and techniques*. Elsevier, 2011.



Монгол үндэсний найрал хөгжмийн дуугаралтын зарим үзүүлэлтүүд

Бат-Энх Оюунбилэг
Мэдээллийн Технологийн салбар
Мэдээлэл, Холбооны Технологийн
Сургууль
Улаанбаатар, Монгол
batenkh@must.edu.mn

Баттөгс Оюунбилэг
Үндэсний урлагийн тэнхим
Хөгжмийн урлагийн сургууль, СУИС
Улаанбаатар, Монгол
tugsuu_huur@yahoo.com

Баатархүү Цагаан
Шинжлэх Ухаан Технологийн Их
Сургууль
Улаанбаатар, Монгол
baatarhuuts@gmail.com

Хураангуй—Энэхүү ажилд найрал хөгжмийн олон улсын стандартууд, улс орнуудын үндэсний найрал хөгжмийн бүрэлдэхүүн болон суудлын байрлалын судалгааг хийж гүйцэтгэсэн. Мөн Монгол үндэсний найрал хөгжмийн дуугаралтын судалгаа хийж, тэдгээрийн зарим үзүүлэлтүүдийг анх удаа тодорхойлсон. Мөн Юань улсын ордны найрал хөгжимчдийн бие бүрэлдэхүүнээс эхлэн орчин үеийн Монгол улсын найрал хөгжмийн судалгааг хийж гүйцэтгэсэн бөгөөд найрал хөгжимд хамаарах хөгжмийн зэмсгүүд тус бүрийн цахилгаан дохио ба дууны түвшин, тэдгээрийн онцлог шинж, тембрийг тус бүрд нь тодорхойлохоос гадна хосолсон болон найрал хөгжмийн дуугаралтын дууны түвшинг тайзан дээр болон өрөөнд тоглуулж, хэмжилтийг танхимын төвд, баруун болон зүүн талын хэсгүүдэд хэмжиж, тоон үзүүлэлтийг тооцоолсон. Энэ нь Монгол үндэсний найрал хөгжмийн дуугаралтын хүчний харьцааг тодорхойлох зорилготой. Судалгааны ажлын хүрээнд хийгдсэн найрал хөгжмийн зэмсгийн үзүүлэлт болон дуугаралтын хүчний буюу дууны түвшний харьцааг тооцоолохдоо Соёл урлагийн их сургуулийн Оюутан театрт 2021 оны 10 сарын 18 өдөр 2-4-р дамжааны нийт 28 оюутан дараах хөгжмийн зэмсгүүдтэй оролцож, дуугаралтын бичлэг хийлгэсэн. Үүнд: морин хуур -13, хуучир -1, ёочин -4, шанз -3, ятга -3, лимбэ -2, цохиур хөгжим -2 байсан ба мөн Үндэсний урлагийн их театрын эвэр бүрээч болон цордон бүрээч нар судалгаанд хамтран оролцсон.

Keywords—найрал хөгжмийн дуугаралт, дууны түвшин, үндсэн өнгө, дагалдах өнгө, хоршил, симфони

I. Хийгдсэн ажлууд

Найрал хөгжмийн зэмсгийн дуурслын (дуугаралтын) дууны түвшин, давтамж, үндсэн болон дагалдах өнгөнүүдийн онолын судалгаа хийсэн.

Симфони найрал хөгжмийн бүрэлдэхүүн, модон болон гуулин үлээвэр найрал хөгжмийн бүрэлдэхүүний олон улсын стандартуудыг судалсан.

Монгол үндэсний найрал хөгжмийн зэмсэгт багтах морин хуур, их хуур, ёочин, шударга, хуучир, лимбэ, ятга, шанз, цордон болон эвэр бүрээ зэргийг тус бүрээр нь цахилгаан дохио ба дууны түвшин, тэдгээрийн онцлог шинж, тембрийг тус бүрд нь тодорхойлохоос гадна хосолсон болон найрал хөгжмийн дуугаралтын дууны түвшинг анх удаа судалж, тоон үзүүлэлтийг тооцоолсон. Мөн найрал хөгжмийн дуугаралтын дууны түвшин, давтамжийн үзүүлэлтүүдийг тооцоолон гаргасан ба

симфон найрал хөгжмийн зэмсгийн дууны түвшинтэй харьцуулсан.

Улс орнуудын үндэсний найрал хөгжмийн бүрэлдэхүүний судалгаа хийсэн. Үүнд: Юань улсын ордны найрал хөгжимчдийн бие бүрэлдэхүүн болон XXI зууны Монгол улсын нийслэл дэх хөгжимчдийн тоог харьцуулж үзвэл Юань улсын хөгжимчдийн тоо 256-аар их буюу 1.67 дахин их байсан. Хятад улсын үндэсний найрал хөгжмийн бүрэлдэхүүнд ихэвчлэн 70 орчим хүний бүрэлдэхүүнтэй байхад Солонгос улсын найрал хөгжмийн бүрэлдэхүүн нийт 67 хүнтэй байна.

Дүгнэлт

1. Симфони найрал хөгжмийн олон улсын стандартуудыг судалсан.

2. Монгол Үндэсний найрал хөгжмийн зэмсгүүд тус бүр, хоршил, гурвал, найрал хөгжмийн дуугаралтын судалгааг хийж, үндсэн өнгө, дууны түвшин, үргэлжлэх хугацаа, цахилгаан дохионы хэлбэрийг тооцоолон гаргасан.

3. Монгол Үндэсний найрал хөгжмийн дууны түвшин нь Симфони найрал хөгжмийн дууны түвшингөөс 2-3 дахин байна.

4. Хөгжмийн зэмсгүүдийн дуугаралтуудыг харьцуулахад нь Монгол үндэсний найрал хөгжимд багтдаг зэмсгүүд нь симфон найрал хөгжмийн зэмсгийн дууны төвшнөөс 40-50 Дб -н доогуур дуугаралттай бөгөөд өнгө буюу давтамж алдах магадлал их байна.

5. Монгол Улсын Үндэсний их найрал хөгжмийн дуугаралт суудал, хуваарилалт нь Азийн хөгжмийн бүрэлдэхүүнтэй (солонгос, хятад) харьцуулахад Симфони оркестртой дуугаралтын хувьд төстэй байна.

Цаашид Монголын үндэсний их найрал хөгжмийн бүтэц бүрэлдэхүүний дуугаралтын түвшин, үлээвэр, утсан (ятга, шударга, морин хуур, их хуур гэх мэт зэмсгүүд) болон цохиур хөгжмийн тоглогчийн тоон харьцаа, дуугаралтын хүчний харьцаа тэнцвэржилт, зохицлыг шинжлэх ухааны үндэслэлтэйгээр тогтоохыг зорьж байна.

Монгол, Хятад, Солонгосын найрал хөгжим нь урын сан, тоглох арга барил, уран бүтээлийн онцлогуудыг судлахдаа хөгжимдүүр болгоны дуугаралтад (акустик) судалгаа хийх шаардлагатай юм.

Яригчийн түвшнийг эгшгийн форманттай харьцуулсан шинжилгээ

(Франц хэлний жишээгээр)

Амарсайхан Золбадрах
Мэдээлэл, компьютерын ухааны тэнхим
Монгол Улсын Их Сургууль
Улаанбаатар, Монгол
a.zolbadrakh@gmail.com

Чэгнаа Алтангэрэл
Мэдээлэл, компьютерын ухааны тэнхим
Монгол Улсын Их Сургууль
Улаанбаатар, Монгол
altangerel@num.edu.mn

Хураангуй— Энэхүү судалгааны ажил нь франц хэл суралцаж буй төрөл бүрийн түвшинтэй монгол суралцагчдын ярианаас франц хэлний дуудлагыг оновчтой үнэлж болох авиаг сонгон тодорхойлох зорилготой. Судалгааны хүрээнд төрөлх хэлтэн 4, ахисан дунд шат 3, дунд шат 3, анхан дунд 4, анхан шатны 2 оюутан, нийт 16 яригчийг тус тус хамрууллаа. Оролцогчдоор шуугиангүй орчинд франц өгүүлбэр бичүүлж ярианаас нь эгшгийн бүрдүүлбэр гол давтамж буюу формантыг ялган авч тэдний хэлний түвшинтэй харьцуулсан шинжилгээ хийлээ. Үр дүнд нь франц хэлний [ɛ], [i], [u] авиа нь яригчийн хэлний түвшнийг тодорхойлоход тохиромжгүй харин хамгийн тохиромжтой эгшиг авиа бол [ø], [a], [ɔ] авиа гэж дүгнэв.

Зорилго – Франц хэл сонирхож судалж байгаа монгол оюутнуудын дуудлага үнэлэх веб аппликейшн хийх зорилготой.

I. ХЭРЭГЖҮҮЛЭЛТ

Судалгаанд нийт 4 төрөлх хэлтэн болон A1, A2, B1, B2 түвшний франц хэл суралцаж буй нийт 13 суралцагчид оролцуулж ярианы санг бүрдүүллээ. Хүйсээр нь авч үзвэл төрөлх хэлтнүүдийн хувьд 2 эрэгтэй, 2 эмэгтэй харин монгол суралцагчдын хувьд 4 эрэгтэй, 9 эмэгтэй оролцлоо. Оролцогчид франц хэлний 12 эгшиг оруулсан өгүүлбэрийг студид уншсан.

Хүснэгт 1
[ø] АВИАНЫ ТҮВШИН ХООРОНДЫН ХАМААРАЛ

	F1 distance	F2 distance	F1, F2 distance
Native	0	0	0
B2	-74.1	6.1	74.3
B1	-94.4	89.6	130.1
A2	-82.2	218	232.9
A1	-89.2	302.5	315.3

Хоорондын хамаарлыг тооцоолж харуулж буй жишээ хүснэгт.

II. ҮР ДҮН

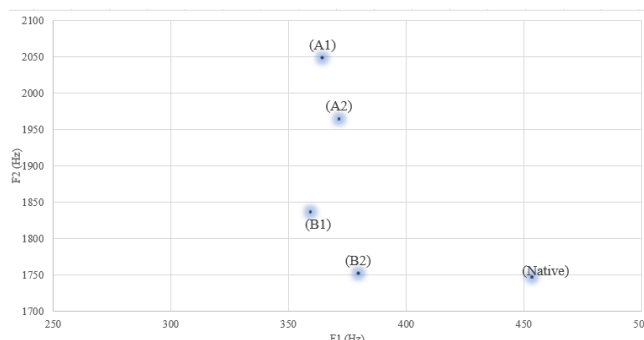
Praat программ дээр Франц хэлний EasyAlign гэх script ийн тусламжтай формантуудыг гаргаж франц хэлний авианы дуудлагын формантын шинжилгээг хийж гүйцэтгэлээ. Ярианы сангаас гаргаж авсан тоон өгөгдөл дээр үндэслэн франц хэлний дуудлагыг үнэлж, дүгнэхэд хамгийн тохиромжтой авиаг [ø], [a], [ɔ] гэж тодорхойллоо. Эдгээр авиа нь төрөлх хэлтэнгээс ахисан дунд, дунд, анхан дунд, анхан гэх түвшний оюутнуудын хэлнийх нь түвшинтэй нийцтэй байдлаар хоорондын хамаарлыг илэрхийлж байна.

ХҮСНЭГТ 2 ТҮВШИН БҮРИЙН ХАРИЛЦАН ХАМААРЛЫГ ИЛЭРХИЙЛЭХ АВИАНУУДЫН АНГИЛАЛ

Хувь	Эгшиг авиа
Бүлэг 1	[ø], [a], [ɔ]
Бүлэг 2	[a], [ɔ]
Бүлэг 3	[œ], [y], [e], [ə]
Бүлэг 4	[e], [i], [u]

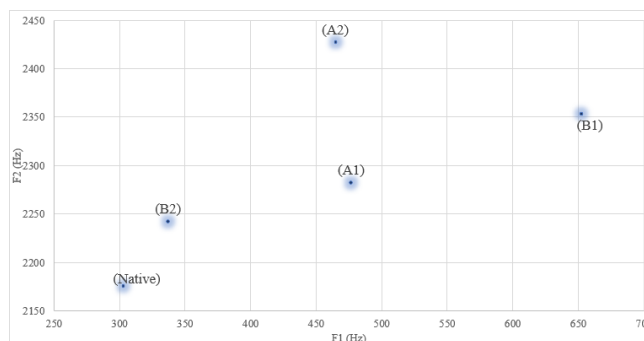
Дээрх хүснэгтийн Бүлэг 1-д харгалзах авианууд нь яригчийн хэлний түвшинтэй харилцан хамаарал сайтай түүнийг үнэлэхэд хамгийн тохиромжтой авайн бүлэг гэж үзсэн. Харин Бүлэг 4 д хамруулсан авианууд нь яригчийн хэлний түвшинтэй харилцан хамаарал огт байхгүй байгаа тул хамгийн тохиромжгүй авиа гэж ангилсан.

Өөрөөр хэлбэл хамаарал сайтай авиануудын хувьд яригчийн хэлний түвшин сайн байх тусам төрөлх хэлтний авианы байрлалд ойр байна гэж үзнэ. Хоорондын хамаарлыг формант хоорондын зайгаар тооцоолов.



Зураг 1. [ø] авианы график

Бүлэг 1-т хамаарах [ø] авиа нь франц хэлний дуудлагыг үнэлэхэд хамгийн тохиромжтой авиануудын нэг юм. Учир түвшин бүрийн харилцан хамаарлыг сайн илэрхийлж чадаж байна.



Зураг 2. [I] авианы график

Бүлэг 4-т хамаарах [I] авианы формантууд нь яригчийн хэлний түвшинтэй харгалзаа байхгүй байгаа нь дээрх зургаас харагдаж байна.

Сонсголын бэрхшээлтэй иргэдийн сургалтын техник хэрэгслийн судалгаа

Сундуйн Оюунсүрэн
НББ санхүүгийн тэнхим
Худалдаа үйлдвэрлэлийн их сургууль
Улаанбаатар, Монгол
oyunsuren@seas.num.edu.mn

Дашчирэвийн Намжилмаа
Нийгмийн ухааны тэнхим
Худалдаа үйлдвэрлэлийн их сургууль
Улаанбаатар, Монгол
namjaa.da@gmail.com

Хураангуй— Бид энэхүү судалгааны ажлаараа ОХУ-ын Новосибирскийн Улсын ТИС-ийн Нийгмийн нөхөн сэргээх технологийн институтийн эмнэлгийн тоног төхөөрөмжийн шинжээчдийн 2012 онд боловсруулсан сонсголын бэрхшээлтэй оюутнуудад үзүүлэх нөхөн сэргээх боловсролын¹ үйл ажиллагаанд шаардагдах аппарат хэрэгсэл, тоног төхөөрөмжүүдийн судалгааны мэдээллийг үндэслэн, эдгээр техник хэрэгслийн худалдан авах үнийн мэдээллийг 2022 оны байдлаар шинэчилж тооцсон. Мөн сонсгол-яриаг нөхөн сэргээх процессын үндсэн 5 үе шат бүрээр тооцсон магадлалыг сургалтын аппарат, техник хэрэгслийг сонгож авах шалгуур үзүүлэлт болгон авч, “ИНТЕЛЛЕКТ-3” системийг ашиглан хэл яриаг нөхөн сэргээх сургалтын үйл ажиллагааны процессын 5 үе шат тус бүрийн хамгийн өндөр нөхөн сэргээх магадлалтай иж бүрдлийн бүлгийг сонгох бодлогын оновчтой шийдийг олсон.

Түлхүүр үг— Хамгийн багадаа 5 үг болон холбоос байна.

I. ОРШИЛ

Сонсголын бэрхшээлтэй буюу дүлий байна гэдэг нь тухайн хүн бусадтай харилцахад бэрхшээлтэй байдгаас нийгмийн харилцаанд орох, танин мэдэх, сурч боловсрох бүх үйл явцыг алдаж байна гэсэн үг.

Манай улсын хэмжээнд сонсголын бэрхшээлтэй хүүхдэд боловсрол олгох ганцхан сургууль байдаг учир эдгээр хүүхдүүдийн хувьд тус сургуульд хамрагдах боломж бололцоо муутайгаас сургууль завсардах явдал их гарч, сурч боловсрох эрх нь зөрчигдөж байгаа явдал нь МУ-ын боловсролын салбарт тулгамдаж байгаа томоохон асуудлуудын тоонд зүй ёсоор орж байгаа.

МУ-ын хэмжээнд 2006 онд Боловсролын хамтын ажиллагааны нийгэмлэгээс дохионы болон бичиг үсгийн боловсрол эзэмшүүлэхээр Английн “Дүлий” хүүхдийн нийгэмлэгийн санхүүжилтээр “Дохионы хэлээр суралцацгаая” төслийг хэрэгжүүлсэн. Нээлттэй нийгмийн хүрээлэнгийн “Боловсролыг дэмжих хөтөлбөр”-ийн санхүүжилтээр 21 аймгийг хамарсан “Боломж” төслийг хэрэгжүүлж, 8 аймагт дохионы хэл сурах орчин нөхцөл бүрдүүлсэн “Боломж” төвийг байгуулж, сонсголын бэрхшээлтэй хүүхдүүдэд болон эцэг эхэд нь дохионы хэл заах, орон нутгийн чих хамар хоолойн эмч нартай хамтарч, бага насны хүүхдийн сонсголын эмгэгийг эрт илрүүлж оношлох, сонсголын

аппаратаар хангах гэсэн хүрээнд ажиллаж байгаа нь нэг талаас ололттой юм.

ОХУ-ын хэмжээнд хамгийн өндөр рейтингтэй 2 их сургууль болох Москвагийн Улсын ТИС (МГТУ), Новосибирскийн Улсын ТИС (НГТУ) нь нийгмийн хариуцлагаа үүрч 2008 оноос хөгжлийн бэрхшээлтэй иргэдэд бакалаврын боловсрол олгохоор бэлтгэж, 2012 онд анхны оюутнуудаа [4] элсүүлсэн байдаг.

II. АШИГЛАСАН АРГА, АРГАЧЛАЛ

Новосибирскийн Улсын ТИС-ийн Нийгмийн нөхөн сэргээх технологийн институтийн эмнэлгийн тоног төхөөрөмжийн шинжээчдийн 2012 онд боловсруулсан сонсголын бэрхшээлтэй оюутнуудын сургалтын аппарат хэрэгсэл, тоног төхөөрөмжийг 10 иж бүрдэл болгон бүлэглэсэн судалгааны мэдээллийг 2022 оны байдлаар шинэчилж, сонсгол-яриаг нөхөн сэргээх процессын 5 үе шат бүрээр хэл-ярианы гажиг нь засрах магадлалыг тооцсоны үндсэн дээр үе шат бүрээр хамгийн өндөр магадлалтай иж бүрдлийг сонгох бодлогын оновчтой шийдийг Интеллект-3 гибрид эксперт системийг ашиглан бодсон.

III. ДҮГНЭЛТ

Судалгааны дүнгээс харахад сонсгол-яриаг нөхөн сэргээх сургалтын процесст хэл-ярианы гажиг засах тусгай зориулалттай аппарат хэрэгсэл, тоног төхөөрөмжүүдийг өргөнөөр нэвтрүүлэхийг шаарддаг нь [7] сургалтын зардлыг эрс нэмэгдүүлдэг болох нь тодорхой харагдаж байна.

ИНТЕЛЛЕКТ-3 гибрид эксперт системийг ашиглан тооцоноор сонсголын эрхтний 1,2,3-р зэргийн согогтой оюутнуудын сонсгол-яриа нөхөн сэргээх магадлал 0,72478-тэй тэнцүү.

Ийм сургалтын аппарат хэрэгсэл, тоног төхөөрөмжийг худалдан авахад 2022 оны байдлаар 2513400 рубль шаардлагатай.

¹ Проведение реабилитационных мероприятий для глухих и слабослышащих студентов в Институте Социальной Реабилитации НГТУ.

Урвуу дүүжингийн төрөл бүрийн загварын тэнцвэржилтэнд pid удирдлагыг хэрэгжүүлсэн туршилтууд

А.Саруулбуян
Электроникийн Салбар
МХТС, ШУТИС
Монгол улс, Улаанбаатар
saruul2323.ss@gmail.com

Б.Одбаяр
Электроникийн Салбар
МХТС, ШУТИС
Монгол улс, Улаанбаатар
Odbayar.ec@gmail.com

Б.Хас-Очир
Электроникийн Салбар
МХТС, ШУТИС
Монгол улс, Улаанбаатар
b.khasochir1113@gmail.com

Б.Чулуунбаатар,
Электроникийн Салбар
МХТС, ШУТИС
Монгол улс, Улаанбаатар
n_chuka@must.edu.mn

Б.Луубаатар
Электроникийн Салбар
МХТС, ШУТИС
Монгол улс, Улаанбаатар
luubaatar@must.edu.mn

Хураангуй— Автомат удирдлагын онолыг суралцах үед хэрэглэгддэг хамгийн түгээмэл жишээнүүдийн нэг нь урвуу дүүжин юм. Урвуу дүүжинг тогтворжуулах олон загвар байдаг ба түүний дотроос тэргэнцэртэй, нэг хавтгайд эргэх, хөдөлгөөний шулуун болон эргэлтийн хавтгай дээр тойргоор эргэх гэсэн 2 чөлөөний зэрэгтэй, дрон дээр байрлуулсан чөлөөний 5 зэрэгтэй гэх мэт олон төрлүүдийг нэрлэж болно. Бид тэргэнцэртэй урвуу дүүжин болон системийг өөрчилсөн загвар болох хоорондоо тэгш өнцөгт үүсгэн байрлах, дүүжингийн дээд оройгоос дүүжлэгдсэн 2 ачаатай, дээр байрлах ачаа нь холболтын нугаснаас дээш байрлах актуаторуудтай

байхаар угсарч симуляцын орчинд амжилттай хэрэгжүүлсэн. Сүүлийн хоёр тохиолдолд савааны суурь нь шилжих хөдөлгөөн хийхгүй, зөвхөн эргэх хөдөлгөөнтэй тул ачаа саваа хоёрын дунд байрлах актуаторын тусламжаар хүндийн төвийн байрлалыг өөрчлөн тэнцвэржүүлж байгаагаар онцлог. PID удирдлага ашиглах нь системийн нарийвчилсан загвар гаргалгүйгээр удирдлагын системийн коэффициентуудыг тохируулах замаар тэнцвэржилтийг хангах боломж олгож байна. Мөн бид тэргэнцэртэй урвуу дүүжингийн математик загвараас роотлокүс PID удирдлагын коэффициентуудыг бодож гаргасан.

Уурхайн баяжмалын хяналт, удирдлагын системийг сайжруулах нь

Галдангийн Жаргалсайхан
ШУТИС, Мэдээлэл Холбооны Технологийн Сургууль
Электроникийн салбар
g_jargalsaikhan@yahoo.com

Аюурзанын Одгэрэл
ШУТИС, Мэдээлэл Холбооны Технологийн Сургууль
Электроникийн салбар
odgerel55@must.edu.mn

I. УДИРТГАЛ

Эрдэнэт үйлдвэрийн баяжуулах үйлдвэрт өгөх хүдрийн агуулгын дундажлалыг хангах зорилгоор орчин үеийн МТ-ийн шийдлүүдийг ашиглаж байгаа боловч тэсэлгээний ажлын дараах хүдрийн шилжилт хөдөлгөөн, хүдэр ачих тээвэрлэх процессын үеийн хүний оролцооноос хамаарсан алдаа, баяжуулах үйлдвэрт буулгасны дараах хүдрийн бутлах процессын үед хэрхэн холигдож байгаа, хэдий хэр хугацааны дараа баяжуулах процесст орж байгаагаас шалтгаалан металл авалтыг бууруулахад нөлөөлөх хүчин зүйлүүд байсаар байна.

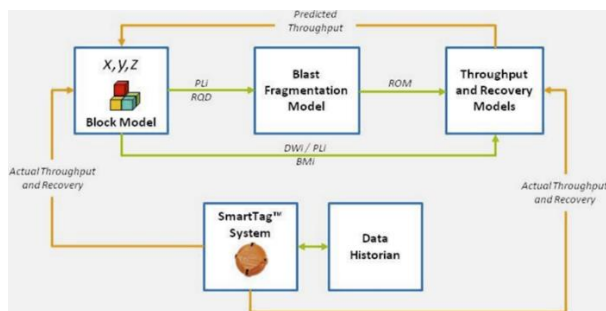
Төлөв байдлын түлхүүр үзүүлэлтэд дараах зүйлүүд ордог.

- ✓ Уулын ажлын төлөвлөлтөд хүдрийн дундажлалыг оновчлох процесс чухал байр суурийг эзэлнэ.
- ✓ Хүдрийн эрдсийн шинж чанар БҮ-ийн технологийн процесст нөлөөлж байна.
- ✓ Баяжмалын чанарт хүдрийн чанар, технологийн хүчин зүйлээс гадна цаг тухай бүрд нь үнэн зөв мэдээллийг ашиглах нь чухал

I. СИСТЕМИЙН ШИЙДЭЛ

A. Системийн бүтэц

Ухаалаг таагийг ашигласнаар тэсэлгээний ажлын дараах хүдрийн шилжилт болон холилт, баяжуулах үйлдвэр рүү ачигдсан хүдрийн шинж чанар, бутлах болон баяжуулах процесс руу тээвэрлэгдэж байгаа хүдрийн холигдол болон бусад олон чухал параметруудийг тодорхойлж чадсанаар үйлдвэрлэлийн үр ашгийг нэмэгдүүлэх боломжтой. Ухаалаг таагны үйл ажиллагааны схемийг дараах зурагт үзүүлэв.



Зураг. 2. Ухаалаг таагны ажиллагааны ерөнхий схем

B. Уурхайн хүдрийн дундажлалыг оновчлох

Ил уурхайн геологийн ээлжийн төлөвлөлтийн бодлого дараах байдлаар томьёологдоно. Ил уурхайн нэг ээлжид ажиллах n тооны экскаватор, m тооны агуулах руу олборлосон хүдрээ зөөнө. Экскаваторуудын олборлох хүдэр дэх эссийн дундаж агуулга a_j -тай хүдрийн нөөц, j -р төрлийн хүдрийг олборлоход гарах зардал c_j ($j = 1, n$)

болох ба j -р төрлийн хүдрийн олборлолт нь $\sum_{j=1}^n a_j x_j$ болно.

Тэгвэл энэ бодлогын математик загвар нь дараах томьёогоор илэрхийлэгдэнэ.

$$f(x) = \sum_{j=1}^n c_j x_j \rightarrow \min \quad (2.1)$$

Энэхүү шугаман программчлалын каноник хэлбэр дэх бодлогыг вектор хэлбэрт бичье (2.2).

$$1.2 \leq x_j \leq 8.9)$$

$$x = \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_n \end{pmatrix} \quad b = \begin{pmatrix} b_1 \\ b_2 \\ \vdots \\ b_n \end{pmatrix}$$

$$A_{m \times n} = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mn} \end{pmatrix} \quad c = \begin{pmatrix} c_1 \\ c_2 \\ \vdots \\ c_n \end{pmatrix} \quad (2.2)$$

II. ТУРШИЛТ, ҮР ДҮН

A. Туршилтын үр дүн

Ил уурхайн хүдрийн бохирдлыг 2018-2020 онуудад дунджаар 0.42%-р бууруулж чадсанаараа нийт 6.9 сая.ам.долларын металл боловсруулсан.

2018-2020 онуудад БелАЗ-75131 загварын өөрөө буулгагч автомашины ил уурхайгаас хамаарсан сул зогсолтыг нийтдээ 5435 цагаар бууруулж бүтээмжийг нэмэгдүүлснээр тээврийн зардлыг 10792 сая.ам. доллароор бууруулсан.

БҮ-т нийлүүлэгдэж буй хүдрийн агуулгын стандарт хазайлтыг 2017 онд 26.6%-р бууруулж ажилласан ба тухайн жилдээ 11.2 тэрбум төгрөг буюу 4.57 сая.ам.долларын ашиг олсон байна. 2018-2020 онуудад хүдрийн стандарт хазайлтыг тогтворжуулж агуулгын хэлбэлзлийг бууруулж чадсанаар жилд дунджаар 109.8 тн цэвэр зэс гаргах боломжийг бүрдүүлснээр 2017-2020 онуудад нийт 6.62 сая.ам.долларын нэмэлт орлого олсон.

“Цахим-ЭЕШ” системээр сургалтын үйл ажиллагааг дэмжих нь

Одхүүгийн Жавхлан
Ерөнхий боловсролын лаборатори
“Эрдмийн далай” цогцолбор
сургууль
Хөвсгөл аймаг, Мөрөн сум
jvkhln1@gmail.com

Дашийн Пунцагбалжир
ЕБ-ын лаборатори “Эрдмийн далай”
цогцолбор сургууль
Хөвсгөл аймаг, Мөрөн сум
puntsagbaljir1118@gmail.com

Мягмаржавын Баттунгалаг
Ерөнхий боловсролын лаборатори
“Эрдмийн далай” цогцолбор
сургууль
Хөвсгөл аймаг, Мөрөн сум
bttnlg1@gmail.com

Хураангуй - 2020-2024 оны Засгийн газрын үйл ажиллагааны хөтөлбөр, 2020-2021 оны хичээлийн жилийн БШУЯ-ны зорилго, Хөвсгөл аймгийн Боловсрол Шинжлэх Ухааны газрын зорилготой уялдуулан Хөвсгөл аймгийн ЕБС-нудын ЭЕШ өгөх 12-р ангийн нийт сурагчдад зориулсан боловсролын инноваци шийдэлтэй, нээлттэй эхийн moodle систем дээр суурилсан үнэлгээний “Цахим-ЭЕШ” системийг туршин хэрэгжүүлж байна.

SPSS программын судалгаа, дүгнэлт

ХҮСНЭГТ №1. СУРАГЧДААС АВСАН ХЭМЖЭЭСТ ОНОО БОЛОН ХАРИУЛСАН ДАВТАМЖИЙН ХАМААРЛЫГ ХАРУУЛАВ.

Model	Coefficients ^a			t	Sig.
	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients		
	B	Std. Error			
1 (Constant)	456.387	25.852		17.654	.000
Хариулсан_давтамж	42.997	6.339	.841	6.783	.000

a. Dependent Variable: Хэмжээст оноо

Түлхүүр үг— Цахим сургалт, moodle систем, цахим сан,

цахим анги, сургалтын арга зүй

I. ОРШИЛ

Цахим сургалтын орчин бүрдүүлэх асуудлыг тухайлбал Moodle (Modular Object Dynamic Learning Environment) сургалт удирдлагын системийг сургалтын үйл ажиллагаанд хэрхэн оновчтой ашиглах, давуу болон сайжруулах зүйлс, сурагчийн суралцах чадварт гарч буй өөрчлөлт, үр дүн. Цаашид “ХӨВСГӨЛ ЦАХИМ ЭЕШ” систем болгон өргөжүүлж, танхимын болон цахим сургалтыг хэрхэн дэмжих талаар хийсэн судалгаа, туршилтын үр дүнгээ толилуулж байна.

II. СУДАЛГААНЫ ХЭСЭГ

Судалгааны зорилго:

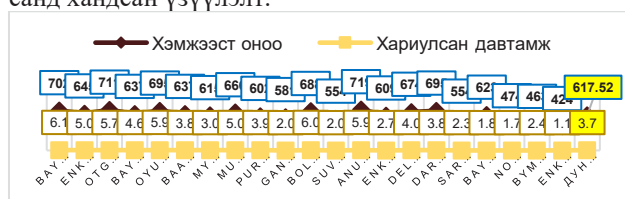
Moodle системд суурилсан үнэлгээний “Цахим-ЭЕШ” систем нь сурагчдын онцлог, хэрэгцээнд тохирсон, бие даан хөгжих, өөрөөр хэлбэл хүүхэд нэг бүрийг хөгжүүлэх, суралцах чадварыг дээшлүүлэх боломж олгох гол хэрэглүүр мөн болохыг тодорхойлох, хэрэгжүүлэх арга замыг эрэлхийлэх.

III. ЦАХИМ САНД ХАНДСАН СУРАГЧИД БОЛОН ЭЕШ-ЫН ҮНЭЛГЭЭНИЙ ХАРЬЦУУЛАЛТ

Зорилго: Цахим санд хандах хандлага болон давтамж ЭЕШ-нд үзүүлсэн оноонд нөлөөлсөн эсэхийг тогтоох

Энэхүү цахим сан нь 2020 оны 2 сарын 12-ны өдрөөс хэрэгжиж эхэлсэн. Үнэлгээний цахим санд 12в ангийн 16, 12б ангийн 5 сурагч хандсан. Нийт хандалтын тоо 901 ба дунджаар цахим сангийн 1 тестийг 3.8 удаа давтан хийсэн гэж ойлгож болно.

Сурагчдын ЭЕШ-д үзүүлсэн оноо болон цахим тестийн санд хандсан үзүүлэлт.



Тестийн санд илүү олон давтамжтай хандсан сурагчид ЭЕШ –д өндөр оноо үзүүлсэн нь байх магадлал харагдаж байна.

Дээрх тооцооллын үр дүнгээр хариулсан давтамж: $Y=456.387+42.997X$ гэсэн математик хэлбэртэй болж байна. Өөрөөр хэлбэл тухайн сурагчийн хариулсан давтамжын тоог 1-ээр нэмэгдүүлэхэд хэмжээст оноо нь 42.997 буюу ойролцоогоор ~ 43 - оноогоор нэмэгдэж байна. Мөн Sig(2-tailed) буюу хоёр талт шинжүүр (df-чөлөөний зэрэг, α -алдааны утга) <0.05 бага байгаа учраас ач холбогдолтой гэж үзэж байна.

IV. ДҮГНЭЛТ:

Суралцахуйд гарсан өөрчлөлт: Moodle системд суурилсан тестийн сан нь сурагчийн бие даан суралцах үйлд дэмжлэг үзүүлэх, цахим анги, цахим арга зүйн материал нь олон төрлийн мэдээллээс сонгон хэрэглэх боломж олгох зэрэг давуу талууд олон. Сурагч тестийн санд хамрагдсанаар тэдний хандлагад өөрчлөлт гараад зогсохгүй давтамжийн тоог 1-ээр ахиулахад ЭЕШ-ын дундаж оноо 42 -оор өссөн итгэлцүүр харагдаж байна. Энэ нь аливаа зүйлд бие даан хичээн суралцах буюу дадлага хэрэгтэйг сануулж байна. Мөн сурагчдын интернэт орчинд үр ашиггүй зарцуулж буй цагийг бие даан суралцах үйлд чиглүүлэхэд дэмжлэг үзүүлсэн.

Багшлахуйд гарсан өөрчлөлт: Багш бүр судлаач байх үүргээ ухамсарлаж багшлахуйдаа шинэчлэл хийн сурагчийн бие даан суралцах үйлд цахим орчныг ашиглан бодитой дэмжлэг үзүүлэх нь хувь хүний болоод нийгмийн хэрэгцээ...

1. Блопринтэд суурилсан цахим санг ЭЕШ-ын судлагдахуун бүрээр үүсгэж байршуулсан, туршин хэрэгжүүлсэн /багшийн ажлын ачааллыг 20% түүнээс илүү хэмнэх боломжтой/
2. Туршин хэрэгжүүлсэн хугацаанд сургуулийн сүүлийн 5 жилийн ЭЕШ-ын дундаж оноо 2020 онтой харьцуулахад 15%-иар ахисан.