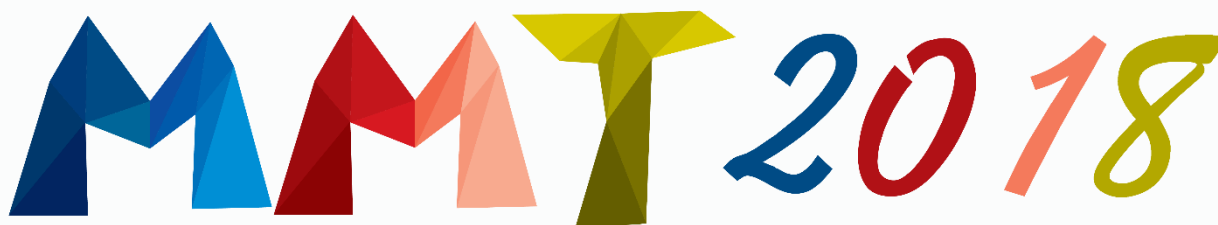


МОНГОЛЫН МЭДЭЭЛЛИЙН ТЕХНОЛОГИ-2018

ЭРДЭМ ШИНЖИЛГЭЭНИЙ ХУРАЛ



Хиймэл оюун

Монгол улс, Улаанбаатар хот, 5 сарын 4

Ерөнхий зохион байгуулагч:

Монгол Улсын Их Сургууль

Хамтран зохион байгуулагч:Монголын Мэдээллийн Технологийн Консорциум
Шинжлэн Ухаан, Технологийн Их Сургууль

Дарга:	Д-р	Д.Гармаа	МУИС-ХШУИС
Орлогч дарга:	Д-р	А.Эрдэнэбаатар	ШУТИС-МХТС
Нарийн бичиг:	Д-р	Б.Ганбат	МУИС-ХШУИС
Гишүүд:	Д-р	Н.Оюун-Эрдэнэ	МУИС-ХШУИС
	Д-р	А.Батмөнх	ШУТИС-МХТС
	Д-р	Б.Отгонбаяр	ШУТИС-МХТС
	Д-р	Д.Баттулга	МУИС-ХШУИС
	Д-р	Д.Цэдэвсүрэн	МУБИС
	Д-р	Б.Баянмөнх	АШУУИС

Хурал зохион байгуулах**хорооны дарга:** Д-р Ч.Лодойравсал**Зохион байгуулах****хорооны гишүүд:**Б.Сувдаа
П.Далайжаргал
О.Цэнд-Аюуш
Б.Зориг
С.Жамъян
Г.Бямбахишиг
Н.Баярсайхан
М.Баясгаланцэлмэг

© Номыг хуулбарлах, олшруулах, хэвлэхийг “Зохиогчийн эрхийн тухай хууль”-аар хориглоно.

Хэвлэлийн эх бэлтгэсэн:	Б.Зориг, С.Жамъяан, П.Далайжаргал
Редактор:	Ч.Лодойравсал, М.Золжаргал, Б.Сувдаа
Хэвлэлийн хуудас:	22 хх
Хэвлэсэн тоо:	80 ш
Хэвлэлийн газар:	“Удам соёл” ХХК

МЭНДЧИЛГЭЭ

“Монголын Мэдээллийн Технологи-2018” эрдэм шинжилгээний хуралд хүрэлцэн ирсэн эрхэм хүндэт багш, эрдэмтэн судлаачид болон зочид, төлөөлөгчид та бүхний энэ өдрийн амрыг айлтган мэндчилье.

Монголын Мэдээллийн Технологийн Консорциум олон улсын жишгээр салбарын эрдэмтэд, судлаачдын эрдэм шинжилгээний нэгдсэн хурал, мэргэжлийн сэтгүүлтэй болохоор анхлан санаачилж байсан “Монголын Мэдээллийн Технологи” эрдэм шинжилгээний хурлыг 6 дахь жилээ Монгол Улсын Их Сургуулийн Хэрэглээний Шинжлэх Ухаан Инженерчлэлийн Сургууль зохион байгуулж байна. Хурлыг хамтран зохион байгуулалцаж буй Монголын Мэдээллийн Технологийн Консорциум болон Шинжлэх Ухаан, Технологийн Их Сургуулийн Мэдээлэл Холбооны Технологийн Сургуульд талархал илэрхийлье.

Аж үйлдвэрийн нэгдүгээр хувьсгалаар хүмүүс төмөр зам, уурын машин, хоёр дахь аж үйлдвэрийн хувьсгалаар цахилгаан, үйлдвэрийн дамжлагын ачаар масс үйлдвэрлэл, гурав дахь аж үйлдвэрийн хувьсгалаар бий болсон тоон технологийн хөгжил, дэвшил нь өнөөгийн бидний амьдарч буй нийгмийг цогцлоосон билээ. Тэгвэл аж үйлдвэрийн дөрөв дэх хувьсгал эхэлснийг батлах олон технологи, ололтууд бидний амьдралд аль хэдийн хүч түрэн орж иржээ. Энэхүү хувьсгалын хөтлөгч цөм технологийн нэг болох хиймэл оюуны салбар нь хувь хүн, нийгэм, улс төр болон бизнесийн салбарт хүчтэй нөлөөлж олон ажлын байрт хүнийг орлох хандлагатай байна.

Хиймэл оюуны салбарын эрчимтэй хөгжил, технологийн хувьсгалын үед ээлжит Монголын Мэдээллийн Технологи-2018 хурлаа “Хиймэл оюун” дэд сэдвээр зохиож “Хиймэл оюун ба Математик”, “Хиймэл оюун ба Технологи” уригдсан илтгэл хэлэлцүүлж буйгаараа онцлог юм.

Энэ удаагийн хурлаар “Хиймэл оюун, Цахим хэл шинжлэл”, “Компьютер хараа, электроник систем”, “Програм хангамжийн инженерчлэл, Мэдээллийн технологи ба хэрэглээ”, “Тооцоолол”, “Холбоо, сүлжээ, мэдээллийн аюулгүй байдал” салбар хуралдаанаар эрдэм шинжилгээний өгүүллүүд хэлэлцүүлэхээс гадна “Байгалийн тооцоолол” сэдвээр сургалтын салбар хуралдаан зохион байгуулж байгаа нь шинэлэг юм. Хурлаар салбарын эрдэмтэн, профессор, багш, суралцагсад өөрсдийн судалгааны үр дүн, туршлагаа солилцож цаашид үр өгөөжтэй хамтран ажиллана гэдэгт найдаж байна.

Хурлын нийт оролцогчдодоо эрдмийн өндөр амжилт хүсэж өгөөж арвин хуралдахыг хүсье.

Хүндэтгэсэн,

МУИС-ийн Хэрэглээний Шинжлэх Ухаан, Инженерчлэлийн Сургуулийн захирал

Н.БААТАРБИЛЭГ /Доктор, Профессор/

Гарчиг

Салбар хуралдаан 1.

1. Сэтгэгдлийн тэмдэглэгээт хөмрөгийг олны хүчээр үүсгэх туршилт.....7
2. Монгол хэлний нэрийн бүлгийг гараар тэмдэглэж машин сургалтанд ашиглах нь.....12
3. Ярианы дохиог гараар сегментчилэх бүтээмжийг дээшлүүлэх.....16
4. Кирилл Монгол бичвэрийн дуудлагын хөрвүүлэг.....19
5. Нутгийн мэдлэгийн цөмийг хамтын ажиллагаат олны хүчээр үүсгэх систем.....23

Салбар хуралдаан 2.

1. Төрийн цахим үйлчилгээг төгөлдөржүүлэх зарим асуудалд.....29
2. Preliminary study for curriculum development in software engineering.....35
3. Хүүхдийн хөдөлгөөний хурдыг харьцуулсан судалгаа.....38
4. АШУҮИС –д хэрэгжүүлж буй “мэдээлэл зүйч, эрүүл мэндийн” хөтөлбөрт өгсөн сэтгэл ханамжийн судалгаа.....41
5. Програм зохиогчийн зан төлөвийн судалгаа.....46

Салбар хуралдаан 3.

1. Хүний нүүрний төрхөөр угсааг тодорхойлох туршилт.....50
2. Зураг дахь онцгой цэгүүд, түүнийг тодорхойлох аргууд.....55
3. Хүний идэвхтэй хөдөлгөөний төрлийг динамик аргаар илрүүлэх судалгаа.....61
4. Хяналттай машин сургалтын алгоритмд суурилсан нэг сэнст хэвтээ дүүжингийн туршилт.....65
5. FPGA хавтан дээр төгсгөлөг талбарын нэмэгчдийг харьцуулах нь.....70

Салбар хуралдаан 4.

1. Уургийн полипролин-II (PPII) хеликсийн параметрууд.....74
2. Хөдөлгөөнт камерын кадраас 3н хэмжээст цэгэн өгөгдөл сэргээх SfM аргын судалгаа.....79
3. Нугалах болон дундаж дүрслэлийн аргаар кластерын тоог тооцон мэдлэг үүсгэх.....84
4. Тооцооллын хүнд бодлогыг биоалгоритмаар шийдэх.....88

Салбар хуралдаан 5.

1. LTE сүлжээний үйлчилгээнүүдийн үр ашгийг дээшлүүлэх зарим боломжийн судалгаа.....94
2. Найв Бэйсийн ангилагч ашигласан халдлага илрүүлэх системийн ачааллыг шинжилж харьцуулан судлах нь.....103
3. SDR хавтан ашигласан Жейкс замхралттай сувгийн эмуляторийн хэрэгжүүлэлт.....107
4. REST вэб үйлчилгээний нэвтрэлт баталгаажуулалтын аргачлалуудын харьцуулсан судалгаа112

Үзүүлэн илтгэл

1. Бодит хугацаанд загвар танилтын арга ашиглан хавтгай объектын хөдөлгөөн дагах.....120
2. Үүрэн холбооны бааз станцаас үүсэх цахилгаан соронзон долгионы бохирдлыг бууруулах аргуудын судалгаа.....124
3. Холбооны систем дэх найдваржилтын загварчлал.....131
4. Shadow” бүтэн биеийн хөдөлгөөн мэдрэгчээс авсан өгөгдлөөр 3-хэмжээст моделийг удирдах нь.....138
5. Динамик удирдлагатай дронд тулгуурласан тээврийн хэрэгслийн улсын дугаар илрүүлэх систем.....143
6. Монгол ярианы хэлний корпус дээрх өгүүлбэр зүйн судалгаа.....148
7. eGov семантик технологид тулгуурлан шийдвэрлэх нь.....151
8. Програмаар тодорхойлогддог радио ашигласан тоон телевизийн хэрэгжүүлэлт.....155
9. Кинект камер ашиглан дохионы хэлийг хөрвүүлэх нь.....160
10. Газар хөдлөлт бүртгэх орон нутгийн салбар станцуудын мэдээлэл дамжуулалтанд системийн сүлжээнд дүн шинжилгээ хийх нь.....164
11. Байгууллагын дотоод сүлжээн дэх хөнөөлт программыг илрүүлэх нь.....169
12. Эх хэлний үүсгүүр, машин сургалт ашиглан харилцан ярианы агентыг хялбар хэрэгжүүлэх нь.....172

Сэтгэгдлийн тэмдэглэгээт хөмрөгийг олны хүчээр үүсгэх туршилт

Мөнхжаргалын Золжаргал, Дамбасүрэнгийн Нанзадрагчаа, Чагнаагийн Алтангэрэл, Жаймайн Пүрэв
Хэл боловсруулалтын баг, Машин Оюуны Лаборатори, Монгол Улсын Их Сургууль, Улаанбаатар, Монгол
{zoljargal, nanzadragchaa, altangerel, purev}@num.edu.mn

Хураангуй—Өгүүлээр монгол хэлний бичвэрийн сэтгэгдлийг тэмдэглэсэн хөмрөг олны хүчээр үүсгэж болох эсэхийг туршиж машин сургалтын суурь загвар гаргахыг зорилго. Ажлын үр дүнд олон хүний зөв, буруу тэмдэглэсэн дундаас үнэн тэмдэглэгээт хөмрөг гаргах энгийн аргыг санал болгох ба аргын дагуу 105 оролцогч 82448 даалгавар гүйцэтгэж 2645 жиргээ бүхий хөмрөг, 1906 үгтэй сан үүсгэсэн. Түүнчлэн гүн сургалтын аргаар автомат сэтгэгдэл тодорхойлох загвар үүсгэсэн нь туршилтын өгөгдөл дээр F1-оноо 59 байна. Энэ ажлаар үүсгэсэн хөмрөг болон загвар нь монгол хэлний бичвэрийг ангилах цаашдын судалгааны ажлын суурь (base-line) болно.

Түлхүүр үг— Бичвэр ангилах, олны хүч, гүн сургалт, сэтгэгдлийн шинжилгээ (sentiment analysis)

I. УДИРТГАЛ

Бичвэрийг ангилах нь хэл боловсруулалтын (Language processing) чухал даалгавруудын нэг бөгөөд веб хайлт, мэдээлэл задлах (Information extraction), баримт бичиг эрэмбэлэх болон ангилах зэрэг олон программд ашигладаг [1]. Мэдээлэл задлах технологид үндэслэн бүтээгдэхүүн, үйлчилгээний хэрэглэгчийн сэтгэл ханамжийг автоматаар тодорхойлсноор уламжлалт асуулгын судалгаа эрс өөрчлөгдөх болсон. Сэтгэгдлийг автоматаар тодорхойлсноор ямар нэг хүн эсвэл бүтээгдэхүүний талаарх хэрэглэгчийн сэтгэл ханамжийг богино хугацаанд, зардал багатай тодорхойлох боломжтой юм. Түүнчлэн сүүлийн жилүүдэд олон нийтийн сүлжээнд хүн бүр өөрийн сэтгэгдлийг чөлөөтэй илэрхийлэх боломжтой болсон нь энэ төрлийн судалгааны ажлын нэг чухал эх сурвалж болж байна. Олон улс болон монголд хамгийн өргөн тархсан нийгмийн сүлжээний нэг нь Twitter бөгөөд англи, герман, япон зэрэг орнууд жиргээний сэтгэгдлийг шинжлэх (sentiment analysis) судалгааны ажлыг эрчимтэй хийж байна. Сэтгэгдэл нь ихэнхдээ эерэг (positive), саармаг (neutral), сөрөг (negative) гэсэн ангилалтай байдаг.

Сэтгэгдэл автоматаар тодорхойлоход өгөгдөлд суурилсан (data-driven), удирдлагатай машин сургалтын аргууд хамгийн өндөр үр дүн үзүүлж байгаагаас сүүлийн жилүүдэд гүн сургалтын арга (deep learning) сайн байна [2], [3]. Гүн сургалтын арга нь нэг хэлнээс хамаарсан нарийн онцлогийг (үгийн аймаг, үгийн үндэс, өгүүлбэрзүйн задлал г.м.) буюу дундын тэмдэглэгээ ашиглахгүй зөвхөн эцсийн тэмдэглэгээ болон оролтын бичвэрт суурилдаг учир олон нийтийн сүлжээ болон цахим зурваст дүрэм бусаар бичигддэг өгүүлбэрийг ангилахад тохиромжтой юм.

Мөн толь бичигт суурилсан (Dictionary based) аргыг уламжлалт системүүд түлхүү ашигладаг бөгөөд дээрх хоёр аргыг холин үр дүнг сайжруулж болдог.

Тольд болон өгөгдөлд суурилсан аргууд нь тэмдэглэгээт үгийн сан (lexicon) болон хөмрөг (corpus) шаарддаг ба монгол хэлэнд эдгээр арга, алгоритмыг турших, үнэлэх, шинээр хөгжүүлэх суурь өгөгдөл дутмаг байдаг. Ийм үгийн сан, хөмрөг үүсгэх нь өртөг өндөртэй ажил. Харин мэдээллийн технологийн давуу талыг ашиглан олны хүчээр (crowd sourcing) сургалтын өгөгдлийг өртөг багатай үүсгэх хандлага сүүлийн жилүүдэд амжилттай хэрэгжиж байна.

Бид энэ ажлаар олны хүч ашиглан монгол жиргээний сэтгэгдлийг тэмдэглэсэн үгийн сан, хөмрөг үүсгэж болох эсэхийг турших, үүсгэсэн хөмрөгт түшин гүн сургалтын аргаар монгол хэлний суурь загвар (baseline model) үүсгэхийг зорилго.

II. ӨГӨГДӨЛ

Монгол улсын хамгийн их жиргээтэй 2000 хүний¹ 20,395 ялгаатай жиргээг² 3 сарын хугацааны интервалд Twitter компанийн API-аар³ цуглуулсан.

Өгөгдлөөс харахад хамгийн их жиргээтэй болон дагагчтай жиргээчдийн нийт жиргээний 74.75% нь дахин жиргэсэн байна. Бидний зорилго бичвэрийн агуулгад чиглэх учир дахин жиргэсэн жиргээг ашиглангүй үлдээсэн.

A. Тэмдэглэгээ

Сэтгэгдэл нь бичвэрийн агуулга, өгүүлж байгаа үг эсвэл ямар нэг зорилтот бүтээгдэхүүнд чиглэсэн байж болдог. Өөрөөр хэлбэл тухайн системийн зорилгоос хамаарч харилцан адилгүй байдаг. Бид энэ удаагийн ажлаар жиргээний агуулга нь ямар нэгэн объектыг муулсан, эсвэл сайлсан байна уу гэдгийг харгалзаж үзэх ба компьютерт тэмдэглэхдээ муулсан бол -1, сайлсан бол 1, дундын бол 0 гэсэн утгаар төлөөлүүлнэ. Ингэж тоогоор төлөөлүүлэх нь сэтгэгдлийн математик дундаж утгыг бодоход дөхөмтэй болгож өгнө.

1 <http://biznetwork.mn/tweets/top100>,
<http://twitter.news.mn/twitter2.shtml?twitter=top>

2 2015.05.11 – 2015.08.14-ны хоорондох

3 <https://developer.twitter.com/en/docs/tutorials/consuming-streaming-data>

Б. Өгөгдлийн цэвэрлэгээ

Нийгмийн сүлжээн дэх бичвэрийг шууд ашиглах нь хүний гараар тэмдэглэх, цаашлаад машин автоматаар ангилахад муугаар нөлөөлөх нь ойлгомжтой [4] учир хоёр бүлэг цэвэрлэгээ хийсэн. Үүнд:

Гараар тэмдэглэхэд зориулж:

- Жиргээн доторх өгүүлбэрийг зааглах: Нэг жиргээ олон өгүүлбэрээс тогтож болох ба зааглаж өгснөөр өгүүлбэр тус бүрийн сэтгэгдлийг тусад нь тэмдэглэх боломжтой болно.
- Үг, тэмдэгтийг салгах (tokenize): Үг нь өгүүлбэрт орохдоо цэг, таслал, асуултын тэмдэг зэрэгтэй нийлсэн байж болох ба монгол хэлний үг тусгаарлагч программаар [5] заагласан.
- Сэтгэгдэл илэрхийлэхгүй үгсийг таних: Нэрлэсэн нэгж (хүн, газар орон, компани зэргийн нэр), тоо, тэмдэг, холбох үг зэргийг таньж оролцогчоос эдгээр үгийн сэтгэгдлийг асуухгүй. Зарим хүний нэр нь эерэг эсвэл сөрөг утга илтгэж болох юм. Тухайлбал “Мянгуужин шиг ...” гэвэл сөрөг утга илтгэнэ. Ийм тохиолдолд сэтгэгдлийг бүхлээр нь сөрөг гэж үзэх ба хүний нэрийг онцгойлон сөрөг гэж үзэхгүй. Үүнийг дараа дараачийн ажлаар авч үзэх нь зүйтэй.

Машин сургалтад зориулж дээрх 3 цэвэрлэгээн дээр нэмж дараах цэвэрлэгээнүүдийг хийсэн:

- Бүх үсгийг жижиг болгох: Нэг үгийг том жижиг үсгээр ялгаатай бичих нь компьютерт ялгаатай тэмдэгтийн цуваа болох буюу ялгаатай үг гэж үзнэ. Тиймээс бүх үсгийг жижиг болгож үгийн олон хэлбэрийг нэг болгосноор боловсруулалтын үр дүн сайжирдаг [6].
- Веб холбоосыг устгах: Энэ ажлаар зөвхөн бичвэрт тулгуурлан сэтгэгдэл тодорхойлох учир зураг болон бусад мэдээ, веб зэргийн холбоосыг ач холбогдолгүй гэж үзсэн ба гаднын эх сурвалжийн сэтгэгдлийг тодорхойлох нь (ж.нь: зураг, видео) тусдаа судалгааны ажил юм.
- Тусгай тэмдэгт устгах: Зарим шаардлагагүй тэмдэгтүүдийг устгасан ба сэтгэлийн хөдлөл илэрхийлсэн тэмдэгтүүдийг (emoji) үлдээсэн. Ж.нь: “:.”, “(.”.
- Тоог тусгай тэмдэгтээр солих: Орон хамаарахгүйгээр бүх тоог “XXX” тэмдэгтээр орлуулна.

III. Олны Хүчээр Хөмрөг Үүсгэх АргаЗүй

Өмнө ашиглах хэлний нөөцгүй үед шинээр нөөц үүсгэх, мөн бүтэцгүй өгөгдөлд тэмдэглэгээ хийхэд олны хүч ашиглах нь илүү тохиромжтой байдаг. Түүнчлэн том ажлыг жижиг даалгавруудад хуваан олон хүнээр буюу оролцогчоор хийлгэснээр богино хугацаанд өртөг багатай гүйцэтгэх боломжийг олгодог [7]. Олны хүчээр хэрэгжүүлэх төсөл нь дараах хэд хэдэн шаардлагыг хангасан байх ёстой.

А. Даалгаврын зохиомж

Оролцогчид нь жиргээний зөвхөн бичвэрийг унших ба хоёр дэд даалгавар гүйцэтгэнэ. Нэгдүгээрт жиргээ бүхэлдээ эерэг, сөрөг эсвэл саармаг сэтгэгдэлтэй байгааг тодорхойлох. Хоёрдугаарт жиргээний сэтгэгдэлд голлон нөлөөлж байгаа нэгээс доошгүй үгийг тэмдэглэнэ. Зураг 1-д нэг даалгаврыг тэмдэглэх программын хэсгийг харуулав.

Сэтгэгдэл нь зөвхөн эерэг, сөрөг агуулгатай буюу хэн нэгнийг эсвэл ямар нэг объектыг муулсан, сайлсан эсэхийг харгалзана. Олон улсад тухайлсан бүтээгдэхүүн эсвэл хүнийг тодорхой ангиллын дагуу сэтгэгдлийг ялгасан байдаг. Тухайлбал онгоцны буудлын үйл ажиллагаа сайн, муу байсан талаар ангилдаг [8].

Нэг даалгаврыг олон оролцогчоор эерэг хийлгээд нийтлэг үр дүнг нь зөв гэж үздэг. Бид нэг даалгаврыг нэг оролцогч нэг удаа хийх бөгөөд уг даалгаврыг өөр хэрэглэгч дахин хийхээр зохиомжилсон. Оролцогчид дараагийн даалгаврыг оноохдоо гүйцэтгэх хязгаартаа хүрээгүй байгаа эхний даалгаврыг санал болгоно. Ингэснээр бүх даалгавар ядаж нэг удаа хийгдэх боломжтой болно.

Зураг 1. Жиргээний сэтгэгдэл тэмдэглэх даалгаврын харагдах байдал. Жиргээг уншаад сэтгэгдлийг сонгоно. Хэрэв сэтгэгдэлд нөлөөлж байгаа дор хаяж нэг үгийн сэтгэгдлийг сонгоогүй бол даалгавар биелэхгүй.

Б. Оролцогч

Даалгавар гүйцэтгэгч нь насанд хүрсэн сайн дурын веб хэрэглэгч байна.

В. Даалгаврын чанарын үнэлгээ

Оролцогчид нь жиргээг олон өнцгөөр харж болох учир нэг жиргээг хамгийн багадаа 5, ихдээ 30 оролцогчоор тэмдэглүүлнэ. Нэг жиргээний олон тэмдэглэгээнээс зөв тэмдэглэгээг дийлэнх олонхын санал (majority voting), математик дунджийн аргаар тодорхойлно.

Г. Ажлыг нэгтгэх

Зөв тэмдэглэгээтэй үгсээр үгийн сан, тэмдэглэгээ хийгдсэн жиргээгээр хөмрөг бүрдүүлж ажлын үр дүнг нэгтгэнэ.

Оролцогчдын гүйцэтгэсэн даалгаврыг нэгтгэж зөв үр дүн гаргах нь олны хүч ашигласан төслийн чухал асуудлуудын нэг. Бид 1) нэг жиргээн дээрх саналуудын дийлэнх олонхын санал болон 2) математик дунджийн аргыг ашигласан.

Дийлэнх олонхын санал нь нэг жиргээн дээр өгсөн саналуудын хамгийн их тоотой тэмдэглэгээг үнэн гэж үзнэ. Энэ аргыг шууд ашиглах нь зарим талаараа учир дутагдалтай. Тухайлбал саармаг сэтгэгдэлтэй жиргээг оролцогчид өөрсдийн өнцгөөс харж эерэг эсвэл сөрөг гэж

ангилдаг. Тухайлбал нэг жиргээнд 15 сөрөг, 14 эерэг 1 саармаг гэж санал өгсөн гэж бодвол дийлэнх олонхын саналаар энэ жиргээг сөрөг гэж үзнэ. Гэтэл бараг ижил саналыг эерэг гэж өгсөн нь орхиж болохгүй санал бөгөөд дунджийг нь авч үзвэл уг жиргээ саармаг байж болно.

Тиймээс дийлэнх олонхын саналаар эерэг, эсвэл сөрөг гэж тэмдэглэгдсэн байж болох саармаг жиргээг зөв тодорхойлох арга нь тэмдэглэгээнүүдийн математик дунджийг олоод тодорхой интервалаар зааглах энгийн аргыг дэвшүүлж байна. Томьёолбол:

$$d_i = \frac{1}{n_i} \sum_{j=1}^{n_i} s_{ij} \quad (1)$$

Энд i -жиргээний дугаар, d -дундаж утга, j -тэмдэглэгээний дугаар, n -нэг жиргээг тэмдэглэсэн тоо, s -сэтгэгдлийн тэмдэглэгээ. s -ийн утга нь -1, 0 эсвэл 1 байна. Дундаж утга [-1, 1] интервалд байна.

Сэтгэгдлийн дундаж утгыг тооцоолсны дараа уг утга эерэг, саармаг, сөрөг сэтгэгдлийн алинд хамаарахыг тооцоолох шаардлага гарна. Үүний тулд энгийн дундаж утгын интервалыг ангиллын тоотой тэнцүү хэсэгт хувааж тухайн хуваагдсан интервалд харгалзах ангиллыг үнэн гэж үзнэ.

IV. СЭТГЭГДЭЛ ТОДОРХОЙЛОХ ЗАГВАР

Автоматаар өгүүлбэр ангилах энгийн болоод суурь арга нь өгүүлбэрийг үгийн богцийн (bag-of-words) вектороор илэрхийлж логистик регресс эсвэл тулгуур вектор машин (support vector machine) зэрэг шугаман ангилагч ашиглан сурдаг. Шугаман ангилагчид нь онцлог болон ангиллын хооронд параметрээ хуваалцдаггүй ба энэ нь ангиллын жишээ сургалтын өгөгдөлд бага тохиолдсон үед уг ангиллыг муу тааварлахад хүргэдэг. Үүнийг шийдэх нийтлэг арга нь олон төвшинт нейроны тор юм [9].

Нейрон архитектурын эхний жингийн матриц нь үгийн ангиллын хүснэгт (look-up table) байна. Бичвэр дэх үг бүрийн вектор илэрхийллийн (word representation) дунджийг бичвэрийн вектор илэрхийлэл гэж үзэх ба бичвэрийн илэрхийллийг далд хувьсагч гэж үзнэ. Энэ архитектур нь [10] нарын Continuous bag-of-words загвартай ижил.

Бид [11] ажлын гүн сургалтын архитектурыг дагасан ба уг архитектур нь олон CPU ашиглан зэрэг сурах боломжтой гэдгээрээ давуу талтай ба их хэмжээний сургалтын өгөгдөл дээр хурдтай (бусад хэрэгжүүлсэн аргуудаас 600 дахин) сурдаг. Мөн үгийн N-gram [12] онцлогийг нейроны торд нэмснээрээ танилтын хувийг сайжруулсан.

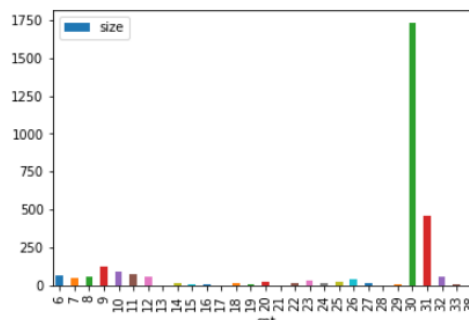
V. ОЛНЫ ХҮЧЭЭР ХӨМРӨГ ҮҮСГЭХ АЖЛЫН ҮР ДҮН

A. Сэтгэгдэл тэмдэглэх ажил

Сэтгэгдэл тэмдэглэх ажлыг 14 хоногийн хугацаатай хийлгэсэн ба нийт 105 оролцогч оролцож 82,448

даалгавар гүйцэтгэсэн. Үүнд давхардаагүй тоогоор 4,027 жиргээг тэмдэглэсэн байна. Бид чанартай хөмрөг гаргаж авахын тулд 5-аас доош тэмдэглэсэн 966 жиргээг хассан. 6-аас дээш тэмдэглэгээтэй 3,061 жиргээн дээр шинжилгээ хийнэ.

Зураг 2-оос харахад 30 оролцогч нэг зэрэг тэмдэглэсэн жиргээ 1731 ширхэг байна. Нэг даалгаврыг 30 оролцогч хийхээр тохиргоо хийсэн ч олон хэрэглэгч нэг даалгаврыг хугацааны нэг агшинд зэрэг хийх хүсэлт веб серверт илгээснээс болж 30-аас дээш хийсэн даалгавар цөөнгүй үүссэн байна. Эдгээр даалгаврыг цаашдын тооцоондоо ашиглана.



Зураг 2. Жиргээг тэмдэглэсэн тоо болон түүнд харгалзах жиргээний тоон график.

Б. Үгийн сан

Олны хүчээр тэмдэглэх ажлын үр дүнд эерэг, сөрөг, саармаг гэж тэмдэглэсэн 2,857 санал байсан ба давхардаагүй тоогоор 1,908 үг тэмдэглэгдсэн байна.

Тэмдэглэгээт үгсийг дийлэнх олонхын саналаар үр дүнг нэгтгэхэд сөрөг 873, саармаг 78, эерэг 957 үг, математик дунджийн аргаар нэгтгэхэд сөрөг 867, саармаг 95, эерэг 946 сэтгэгдэлтэй үг гарч байна. Үүнээс үзэхэд үр дүнг нэгтгэх хоёр арга ойролцоо үр дүн үзүүлж байна. Хүснэгт 1-д хамгийн их давтамжтай тэмдэглэгдсэн үгсийн жишээг харуулав.

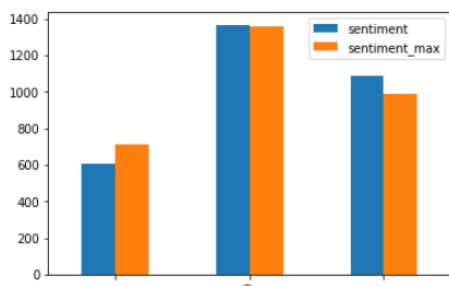
ХҮСНЭГТ 1. Сэтгэгдэлийг тэмдэглэсэн үгийн сангийн жишээ. Давтамжаар нь буурахаар эрэмбэлсэн.

№	Эерэг	Саармаг	Сөрөг
1	сайхан	өглөө	муу
2	сайн	хар	хөдлөлт
3	гоё	зөвлөл	үлдээгүй
4	баярлалаа	аварга	залилж
5	мэнд	гарц	огцруулах
6	үнэн	гэрэл	юухэвдээ
7	жаргалтай	ерөнхий	алга
8	монгол	урт	буруу
9	зөв	хөтөлбөр	муухай
10	хайр	шалгах	баривчлагджээ
11	амжилттай	асуудал	бүдүүлэг
12	чухал	боломжгүй	гай
13	мундаг	даалгавар	тэнэг
14	шилдэг	зээл	чирэгдэнэ

В. Сэтгэгдлийн тэмдэглэгээт хөмрөг

Жиргээ тус бүрийн тэмдэглэгээг дийлэнх олонхын саналаар нь үнэлж эцсийн тэмдэглэгээг гаргахад сөрөг 760, саармаг 1243, эерэг сэтгэлгээтэй 1058 жиргээ гарсан.

Харин математик дунжийн аргын интервалыг 3 тэнцүү хувааж харгалзах тэмдэглэгээг авсан. Өөрөөр хэлбэл математик дундаж нь $[-1; -0.343]$ хооронд бол сөрөг, $[-0.334, 0.343]$ хооронд бол саармаг, $[0.344; 1]$ хооронд бол эерэг гэж үзнэ. Үүнд сөрөг 603, саармаг 1367, эерэг сэтгэлгээтэй 1091 жиргээ гарсан. Дийлэнх олонхын болон математик дунжийн аргын зөрөөг Зураг 2-т харуулав.



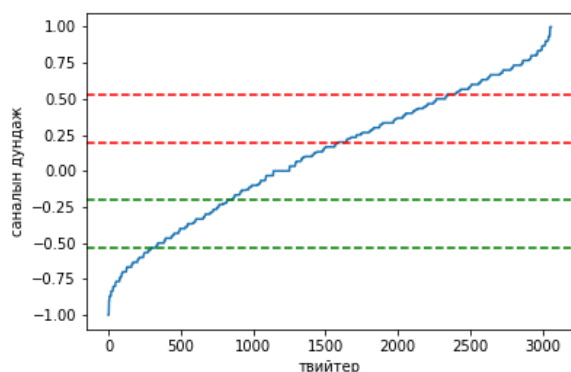
Зураг 3. Жиргээг тэмдэглэсэн тоо болон түүнд харгалзах жиргээний тоон график. Энд -1: сөрөг, 0: саармаг, 1: эерэг сэтгэгдлийг төлөөлнө.

Зургаас харахад хоёр аргын сэтгэгдэл бүрийн тоо ойролцоо байгаа ч 478 жиргээг ялгаатай тэмдэглэсэн гэж үзсэн. Ялгаатай тэмдэглэсэн жиргээнүүдийг шинжлэхэд зөрөө нь зааг утгын ойролцоо их байгаа нь ажиглагдсан. Хүснэгт 2-т зааг утгын ойролцоох интервалууд дахь зөрөөг харуулав.

ХҮСНЭГТ 2. Зааг утгын ойролцоох дийлэнх олонхын санал болон математик дунжийн аргын зөрөөтэй сэтгэгдэлтэй жиргээний тоо

Цонх	Зааг утга	Зөрөөтэй жиргээ	Зааг утга	Зөрөөтэй жиргээ
+/-0.1	-0.334	104	0.334	172
+/-0.15	-0.334	150	0.334	221
+/-0.2	-0.334	172	0.334	260

Заагийн ойролцоох утгууд нь саармаг руу дөхсөн байна. Ийм утгатай жиргээнүүдийг нягтлахад үнэхээр эерэг эсвэл сөрөг гэж саармагаас ялгахад төвөгтэй тухайн оролцогчийн мэдрэмжээс хамаарсан эргэлзээтэй жиргээнүүд байсан. Тиймээс зааг утгад ойролцоо тэмдэглэгээтэй жиргээг хассан ба ингэснээр хөмрөг илүү чанартай болж машин сургалтын загварт муугаар нөлөөлөхгүй болно.



Зураг 3. Математик дунжийн аргаар сонгосон жиргээний сэтгэгдэл.

Хүснэгт 2-оос харахад зааг утгуудаас урагш хойш 0.2-ийн интервалд хамгийн их зөрөө илэрч байгаа нь харагдаж байна. Үүнээс бага урттай интервалд зөрүү багасаж, их урттай интервалд саармаг жиргээний тоо хэт багасаж байгаа учир бид 0.2 гэсэн утгыг сонгож зааглагч цэгүүдээс +/-0.2 интервалын зайд байгаа жиргээг хасаж эцсийн хөмрөгийг гаргасан.

Хөмрөгийг санамсаргүйгээр 90, 10 хувийн харьцаатай хувааж сургалтын болон туршилтын өгөгдөл үүсгэсэн. Хүснэгт 3-т хөмрөгийн статистикийг харуулав.

ХҮСНЭГТ 3. Сэтгэгдэлийг тэмдэглэсэн хөмрөгийн тоон үзүүлэлт

	Сөрөг	Саармаг	Эерэг	Нийт
Сургалтын хөмрөг	480	909	740	2129
Туршилтын хөмрөг	97	215	204	516
Бүгд	577	1124	944	2645

VI. АВТОМАТААР СЭТГЭГДЭЛ ТОДОРХОЙЛОХ СИСТЕМ

Гүн сургалтын загварыг зэрэгцээ боловсруулалт хийдэг Torch⁴ санг ашиглаж хэрэгжүүлсэн.

Олны хүчээр үүсгэсэн хөмрөгт тулгуурлан гүн сургалтын загварыг үнэлсэн бөгөөд хамгийн чухал хоёр параметрийг оновчилсон. Үүнд N-gram -ийн тоог 1-ээс 5 хүртэл өөрчилж өөрчлөлт бүрд сургалтын өсөлтийг (learning rate) 0.05-0.1 өөрчилж сургасан. Хүснэгт 3-т үр дүнг F1-оноогоор илэрхийлснийг харуулав.

ХҮСНЭГТ 3. Жиргээний сэтгэгдэл тодорхойлох загварын туршилтын үр дүн F1-оноогоор.

N-gram	Learning rate			
	0.05	0.25	0.5	0.1
1	54.5	59.0	58.0	56.8
2	46.5	52.3	54.7	52.3
3	39.3	49.2	53.1	51.8
4	39.5	47.5	51.2	51.0
5	40.0	47.3	50.2	47.0

Туршилтаас харахад 1-gram болон 0.25 сургалтын өсөлт дээр хамгийн сайн үр дүн (F1-оноо 59) үзүүлсэн байна. Гэсэн хэдий ч аливаа хэлний хувьд 2, 3-gram нь цуваа тэмдэглэгээ тааварлахад хамгийн тохиромжтой байдаг [12] ба монгол хэлэнд үүнийг баталсан хэд хэдэн ажил бий [13], [14]. N-ийн утга сургалтын өгөгдлийн хэмжээнээс шууд хамааралтай. Хэрэв сургалтын өгөгдлийг ихэсгэвэл параметруудын тохиргоо 2-gram болон сургалтын өсөлт 0.5 байхад хангалттай гэдэг нь туршилтаас харагдаж байна.

Бидний туршилтаар 1-gram хамгийн сайн үр дүн үзүүлж байгаа нь нэг талаар сургалтын өгөгдөл харьцангуй бага гэдгийг илэрхийлж байна. Нөгөө талаас

4 <http://torch.ch>

сургалтын өгөгдөл хэдий бага ч, англи зэрэг хэлэнд туршсан туршилтаас бага зөрөөтэй байна [15].

VII. ӨМНӨХ АЖИЛ

Монгол хэлний хувьд Д.Золбоо нар цахим мэдээний бичвэрийг ангилах судалгааг анх хийсэн [16]. Уг ажлаар монголын хамгийн их хандалттай хоёр мэдээний веб сайтад ангилан оруулсан бичвэрийг цуглуулж Бэйсийн ангилагчаар машин сургалтын загвар үүсгэсэн. Нийт 10 ангилалд тэнцүү хуваасан 1000 бичвэрийг сургалтын өгөгдөлд ашигласан ба туршилтын өгөгдлийг зөв ангилсан хувь (accuracy) 75.45 болсон байна.

Уг ажлын хувьд анхны туршилт байсан ба 1000 бичвэрийг харьцангуй олон ангилалд хуваасан нь сургалтын өгөгдөл дутмаг байгааг харуулж байна. Нөгөө талаас өгүүлэлд туршилтын өгөгдлийн хэмжээ болон онцлогийг дурдаагүй учир туршилт хир үр дүнтэй болсныг хэлэхэд учир дутагдалтай байна.

VIII. ДҮГНЭЛТ

Энэ ажлаар нөөц багатай монгол хэлэнд олны хүч ашиглан жиргээний эерэг, сөрөг, саармаг сэтгэгдлийг тэмдэглэсэн хөмрөг үүсгэх аргыг санал болголоо. Уг аргаар сэтгэгдлийн тэмдэглэгээг хөмрөгийг олны хүчээр үүсгэх боломжтой бөгөөд зарим саармаг жиргээг хянах шаардлагатай нь харагдаж байна.

Жиргээний сэтгэгдэл нь уншигчийн мэдрэмжээс ихээхэн хамаарах учир жиргээг тэмдэглэгч нарын санал нийлэмж сайн ялгарахгүй байгаа нь батлагдсан. Бидний туршилтаар нэг жиргээг 30 оролцогчоор тэмдэглүүлсэн ба энэ нь сэтгэгдлийг нарийн ялгахад хангалттай их хэдий ч саармаг сэтгэгдэлтэй жиргээнд нэг талын шийдэл өгч чадахгүй байна.

Олны хүчээр тэмдэглэсэн жиргээнүүдээс үнэн тэмдэглэгээ гаргаж авахад математик дунджийн аргыг санал болгосон ба энэ нь дийлэнх олонхын саналын аргаас илүү үр дүнтэйг харуулсан. Уг аргаар тэмдэглэсэн 2645 жиргээ бүхий хөмрөг, 1908 үгтэй үгийн сан үүсгэсэн.

Үүсгэсэн хөмрөгтөө суурилан гүн сургалтын аргаар сэтгэгдлийг автоматаар тодорхойлох загвар боловсруулсан ба туршилтын өгөгдөлд 59 F1-онооны үр дүнд үзүүлсэн нь бага хэмжээтэй хөмрөгийн хувьд хангалттай үр дүн юм. Энэ удаагийн ажлаар үүсгэсэн хөмрөг болон загвар нь монгол хэлний бичвэрийг ангилах цаашдын судалгааны суурь болно гэдэгт найдаж байна.

ЗААЛТ

- [1] R.-E. Fan, K.-W. Chang, C.-J. Hsieh, X.-R. Wang, and C.-J. Lin, "LIBLINEAR: A Library for Large Linear Classification," *J. Mach. Learn. Res.*, vol. 9, no. 2008, pp. 1871–1874, 2008.
- [2] X. Zhang and Y. LeCun, "Text Understanding from Scratch," 2015.
- [3] Y. Kim, "Convolutional Neural Networks for Sentence Classification," pp. 1746–1751, 2014.
- [4] G. Weikum, *Foundations of statistical natural language processing*, 1st ed., vol. 31, no. 3. 2002.
- [5] М. Золжаргал, "Монгол хэлний нэрлэсэн нэгж таниур," Монгол Улсын Их Сургууль, 2017.
- [6] D. Jurafsky and J. Martin, *Speech and Language Processing*. New Jersey: Prentice Hall, 1999.

- [7] J. Howe, "The Rise of Crowdsourcing," vol. 14, 2006.
- [8] Crowdfunder, "Twitter US Airline Sentiment," kaggle, 2016. [Online]. Available: <https://www.kaggle.com/crowdfunder/twitter-airline-sentiment>. [Accessed: 01-Mar-2018].
- [9] X. Zhang, J. Zhao, and Y. LeCun, "Character-level Convolutional Networks for Text Classification," pp. 1–9, 2015.
- [10] T. Mikolov, G. Corrado, K. Chen, and J. Dean, "Vector Space," pp. 1–12.
- [11] A. Joulin, E. Grave, P. Bojanowski, and T. Mikolov, "Bag of Tricks for Efficient Text Classification," 2016.
- [12] S. Wang and C. Manning, "Baselines and Bigrams: Simple, Good Sentiment and Topic Classification," *Proc. 50th Annu. Meet. Assoc. Comput. Linguist.*, no. July, pp. 90–94, 2012.
- [13] А. Хүдэр, "Өгүүлбэр дэх үгийн аймгийг Марковын гинжээр тодорхойлох компьютерийн загвар боловсруулах нь," Компьютер Техник Менежментийн Сургууль, Шинжлэх Ухаан Технологийн Их Сургууль, 2011.
- [14] Г. Амарсанаа, "Монгол хэлний тэмдэглүүр," МУИС-ийн Мэдээллийн Технологийн Сургууль, 2006.
- [15] E. Dvondon and J. Saia, "ej-sa-2017 at SemEval-2017 Task 4: Experiments for Target oriented Sentiment Analysis in Twitter," *Proc. 11th Int. Work. Semant. Eval.*, pp. 642–645, 2017.
- [16] Z. Damiran, K. Altangerel, "Text Classification Experiments on Mongolian Language", IFOST 2013 conference, Ulaanbaatar, Mongolian, June 2013

Монгол хэлний нэрийн бүлгийг гараар тэмдэглэж машин сургалтанд ашиглах нь

Ч.Баярцацрал*, Ч.Алтангэрэл*

МУИС, ХШУИС

МКУТ

tsatsralt@gmail.com altangerelc@gmail.com

Хураангуй—Энэхүү өгүүлэлд монгол хэлний нэрийн бүлгийг өгүүлбэрт олж тодорхойлох хэл шинжлэлийн онол дээр тулгуурласан мөрдлөгөө түүний өгүүлбэрийн сан дээрх хэрэгжүүлэлт, тулгарсан асуудлын талаар авч үзсэн. Нэрийн бүлгийн тэмдэглэгээг монгол хэлний үгийн аймгийн тэмдэглэгээт хөмрөг дээр тулгуурлан хийсэн. Нийт 834 мөр өгүүлбэрт нэрийн бүлгийг тэмдэглэх 3 мөрдлөгийн дагуу гараар тэмдэглээ хийсэн бөгөөд тэмдэглэгээ хийсэн нэрийн бүлгийн тоо 1315 байв. Мөн гараар тэмдэглэсэн нэрийн бүлгийн санг машин сургалтын хэрэгсэл ашиглан сургаж туршсан үр дүнг багтаасан болно.

Түлхүүр үг— Нэрийн холбоо, холбоо үг, NP, нэрийн нийлэмж

I. ОРШИЛ

Компьютер хэл шинжлэлийн үндсэн судлагдахуун болох машиныг хэлжүүлэх, хэлний боловсруулалтыг автоматжуулах үйл ажиллагаа нь тухайн хэлний нөөцийг бий болгох, түүнийг хэрэглээнд нэвтрүүлэх ажлуудтай шууд холбогдоно. Их хэмжээний урьдчилан бэлдсэн тэдгээр өгөгдлийг хэл боловсруулалтын систем бүтээхэд ашиглахаас гадна тухайн хэлийг нарийн судлах багаж гэж үздэг. Тэмдэглэгээт сангийн үндсэн суурь нэгж нь үгийн аймгийн тэмдэглэгээ бөгөөд өгүүлбэрзүйн задлуурын гол хэрэглэгдэхүүн болно. Харин өгүүлбэрзүйн хамгийн том нэгж нь өгүүлбэр (S) бөгөөд тодорхой дүрэмд захирагдсан нэрийн бүлэг NP (noun phrase), үйлийн бүлэг VP(verb phrase) гэсэн 2 нийлэмжээс бүрдэнэ.

$$S \rightarrow NP VP$$

Нийлэмж (phrase) гэдэг нь өгүүлбэрийг бүтээж буй зохион байгуулалт бүхий үгийн бүлэг бөгөөд үндсэн нэгж болдог. Нэрийн бүлгийн нийлэмжийг тодорхойлж сан үүсгэх, машинд түүнийг танихтай холбоотой дүрэм, мөрдлөгөөг сургах нь тухайн хэл дээрх бичвэрээс нэр томьёо, мэдээлэл, мэдлэг гарган авахад чухал хэрэгцээтэй тул цаашдын хэрэглээ, үр дүнгийн хувьд нэн шаардлагатай хэлний нөөц болдог. Мөн өгүүлбэрзүйн задлуурын хамгийн энгийн хувилбар болох нэрийн бүлгийг задлах нь эх хэл ойлгох системийн (Зураг1) гол бүрдүүлбэрүүдийн нэг юм.



Зураг 1. Хэл боловсруулах системийн бүрдүүлбэрүүд

Системийн эдгээр бүрдэл хэрэгслүүдийг хөгжүүлэх нь хэлний нөөц багатай орнуудын хувьд чухал ач холбогдолтой ажил юм. Ялангуяа монгол гэх мэтийн залгамал бөгөөд илүү нарийн бүтэц, зүй тогтолтой хэлний хувьд томоохон сорил байдаг. Аливаа хэлний бүтэц зүй тогтлыг цахимд томьёолох судалгаанд хэрэглэгддэг дүрмийн болон эмпирик гэсэн үндсэн хоёр үзэл баримтлал байдаг бөгөөд эмпирик өгөгдөлд суурилсан арга нь дүрэмд суурилсан аргаас илүү их хэрэглэгдэж орчин үеийн төлөөлөгч нь болж байна. Дүрэмд суурилсан арга нь хэлний нарийн зүй тогтол бүрийг дүрмээр нэг бүрчлэн тогтоож, ажиллагаа их шаардах учир хөрөнгө санхүү болоод хугацааны хувьд асуудалтай байдаг. Харин эмпирик буюу өгөгдөлд суурилсан арга нь хэлний цахим баримт, бүртгэл дээр суурилсан, түүнээс зүй тогтлыг автоматаар гарган ашигладаг харьцангуй зардал багатай илүү динамик шинжтэй юм. Өгөгдөлд суурилсан аргаар эдгээр системийг хөгжүүлэхийн тулд тухайн хэлний нөөц болох хэлний төрөл бүрийн корпус чухал үүрэгтэй.

Аливаа хэлэнд нэрийн бүлэг байх бөгөөд эдгээр нь өгүүлбэрт өгүүлэгдэхүүн, өгүүлэхүүн, тусгагдахуун, тодотголын үүргээр ордог. Нэрийн бүлэг нь өгүүлбэр гэсэн ойлголтоос гарч буй харилцан уялдаа бүхий асуудал тул түүний өгүүлбэрт гүйцэтгэх үүргийн шинж чанарыг байнга харгалзан үзнэ. Хэл шинжлэлийн эрдэмтэн Э.Равдан “Хүмүүний бүх хэлний нэгэн онцлог нь үгс ижил төстэй чанараараа нэгдэн бүлэг үүсгэдэг явдал юм. Түүнийг өгүүлбэрзүйн ай гэнэ. Ангилал нь үгийн илэрхийлж байгаа утга, тэдгээрийн хэлбэр, зүүврүүдийн илэрхийлэл, өгүүлбэрийн бүтцийн хэв шинж зэрэг цөөнгүй хүчин зүйлийг тусгадаг.” [2] хэмээгээд өгүүлбэрзүйн үгийн айг үгийн сангийн болон үгийн сангийн бус гэсэн 10 ангилалтай

байна гэжээ. Жишээлбэл: Үгийн сангийн айд: Нэр үг, үйл үг ; үгийн сангийн бус айд: төлөөлөх үг, хүчлэл заасан үг зэрэг багтсан байна.

Англи, хятад гэх мэт монгол хэлтэй төрөл бус хэлнүүдийн хувьд ч дээр дурьдсанчлан нэрийн бүлэг байх бөгөөд эдгээр нь өөр өөрийн хэлний онцлогийг тусгасан өгүүлбэрзүйн шинж чанартай байна. Судалгааны зорилгоосоо хамаараад материалын сангийн багтаамж болоод хүрээ хэмжээ, төрөл зүйлийн хувьд харилцан адилгүй, тэр мөртөө өөрийн өөрийн өвөрмөц онцлогтой хэлний материалын хөмрөгүүд байгуулагдсаар байгаа юм.

А. МОНГОЛ ХЭЛНИЙ НЭРИЙН БҮЛГИЙН СУДЛАГДСАН БАЙДАЛ

Монгол хэл бол Азийн бусад хэлүүдтэй харьцуулахад харьцангуй бага судлагдсан, нөөц багатай хэл юм. Харин 2005 оноос эхлэн цахим хэл шинжлэл, эх хэл боловсруулалттай холбоотойгоор монгол хэлний нөөц үүсгэх асуудлууд яригдаж эхлэн 2007 онд МУИС-ийн дэргэд “Компьютер хэл шинжлэлийн судалгааны төв” байгуулагдаж тодорхой ажлуудыг хийж гүйцэтгээд байна.

Монгол хэлний нэрийн бүлгийн судалгааг Монгол улсын их сургууль дээр Ч.Алтангэрэл нар [3] хийсэн бөгөөд эх хэл ойлгох системийн гол бүрдүүлбэрийн нэг гэж үзэн нарийн судлаж гараар тэмдэглсэн модны сангаас автоматаар үүсгэсэн нэрийн бүлгийн санг ашиглан нэрийн бүлгийн задлуурьг сургаж туршсан байна. Энэ туршилт, судалгаа нь манай улсын хувьд өмнө нь ингэж цогц байдлаар хийгдэж, хэрэглээнд нэвтэрч байгаагүй юм.

Энэхүү ажлын дээрх судалгаанаас ялгаатай тал нь модны сангийн гүн бүтцээс бус зөвхөн үгийн аймгийн тэмдэглэгээт сангаас нэрийн бүлгийг гараар тэмдэглэж, тэмдэглэгээт сан дээр задлуурьг сургаж туршиж үзсэн явдал юм. Мөн нэрийн бүлгийн задлуурт үгийн аймгийн тэмдэглэгээг тусгаж үндсэн онцлог болгосон.

II. НЭРИЙН БҮЛГИЙГ ГАРААР ТЭМДЭГЛЭХ МӨРДЛӨГӨӨ

Нэрийн холбоо үг өгүүлбэрийн ямар ч гишүүний (өгүүлэгдэхүүн, өгүүлэхүүн, тодотгол, тусагдахуун, байц г.м) үүргийг гүйцэтгэж болдог. Гэхдээ энэ өгүүлэлд монгол хэлний өгүүлбэрзүйн шинжид тулгуурласан гишүүдийн тэмдэглэгээ тэр тусмаа өгүүлбэр дэх нэрийн нийлэмжийг таних, зөв олж тэмдэглэх тухай асуудлыг авч үзсэн. Өгүүлбэрзүйн гишүүдийн өгүүлэгдэхүүн, тусагдахуун, байц, тодотголын үүргээр орсон нэгжид хамааралтай нэрийн бүлгийн (noun phrase- NP) тэмдэглэгээг хийх нь үндсэн асуудал юм.

Англи хэл болон бусад төрөл бус хэлнүүдийн хувьд нэрийн бүлгийг тэмдэглэх нь харьцангуй тодорхой байж болох ажил. Харин монгол хэл нь залгамал шинж

чанартай хэл тул нэрийн бүлэгт бусад үгийн аймаг (өгүүлбэрзүйн ай) болоод дагалдах нөхцлүүд багтаж байдаг. Иймээс тэдгээрийг хэрхэх талаар тодорхой зохицуулалт бүхий мөрдлөг шаардлагатай болдог. Жишээлбэл англи хэлний “The answer was my book which has located in the table’s door” өгүүлбэрт байршил, чиглэл, эрэмбэ заасан үгнүүд тусдаа өгүүлбэрзүйн айд багтаж тодорхойлогдох боломжтой. Харин энэ өгүүлбэр монгол хэлэнд буухаар “Хариу нь миний ширээний хаалганд байх номон дотор байсан.” буюу байршил, харьяалал заасан утга нь тийн ялгалын нөхцөлүүдээр илэрч, нэр үгтэйгээ хамт бичигдсэн байна. Энэ мэтээр монгол хэлний онцлог болон илэрч буй хэлзүйн шинж чанаруудыг онолын болон практик нөхцөлд нь тулгуурлан үнэлж тодорхой мөрдлөгөөний дагуу нэрийн бүлгийг өгүүлбэрийн санд тэмдэглэх нь зүйтэй.

МӨРДЛӨГӨӨ 1. Хэлзүйн нөхцөл

Монгол хэлний хэлзүйн онцлогоос хамаарч зарим задлаг аргаар илэрсэн хэлзүйн нөхцлөөс бусад нөхцөл болох тийн ялгалын нөхцөл, олон тоо, хамаатуулах, аялга үг, чимэх үг, үгүйсгэх сул үг зэргийг хамтад нь нэрийн бүлэгт авна.

Жнь: Түр зуурын бороонд, гэр рүү, Бат гэдэг хүүтэй хамт, олон тооны морьд, Хүний сайн балчирыг, Аавын гэрийн хаяа, Должоон, Хулаан, чи ч, та нар л, Хаянхярваа гуай, юу ч биш, харгүй, нэг үгүй

МӨРДЛӨГӨӨ 2. Холбоо үг

Өгүүлбэрийн бүрэлдэхүүн хэсэг болсон нэрийн (NP) болон үйлийн (VP) нийлэмж хэмээх ойлголт монгол хэлний холбоо үгтэй ойролцоо бүтэцтэй тул нэрийн холбоо үгийг NP гэж үзнэ. [3]

Хоёр ба түүнээс дээш үг өгүүлбэрзүйн ямар нэг холбоогоор холбогдож нэрлэх үүрэгтэй нийлмэл дохиог үүсгэнэ. Үүнийг холбоо үг гэнэ.

Холбоо үгийн ангилал: Чөлөөт - хэлц бус

Чөлөөт бус - хэлц

Чөлөөт холбоо үг : Тогтвортой бус холбоо үг ч гэж нэрлэдэг бөгөөд бүрдүүлж байгаа үгс нь тус тусынхаа утгыг хадгалж холбоо үг үүсгэнэ. Жнь: Төмөр хүрз, модон хувин, чоно ба туулай

Мөн нэрийн холбоо үг, үйлийн холбоо үг гэсэн дотоод ангилалтай. Захирч буй үг нь нэр үг, үйл үг байхаас хамаарч тус тусын ангилалд багтана. Жнь: ахын ном, түүхийн дэвтэр (NP), кино үзэх, шүлэг цээжлэх (VP)

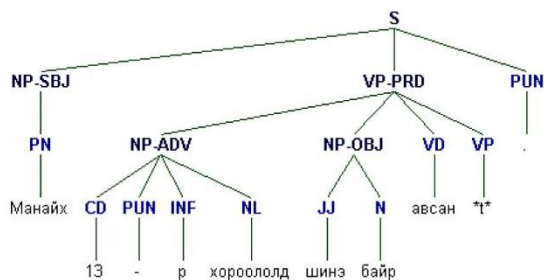
Чөлөөт бус холбоо үг : Хэлц холбоо үгийг бүрдүүлж байгаа үгс нь бие даасан утгаа алдаж, салгах аргагүй нэгдэн, нэг утга санааг илтгэх холбоо үгийг бий болгоно. Жнь: Эрх чөлөө, цагаан толгой, зүрх нь үхэх, дуу алдах

Чөлөөт бус холбоо үгийг утгын нэгдлээр: 1. Үгийнсанжсан (Шууд утгатай, дүрслэх ур маягаар бүтээгүй, нэр томьёоны шинжтэй, нэг ухагдахуун тэмдэглэнэ. Жнь: засаг дарга, номын сан, төмөр зам)

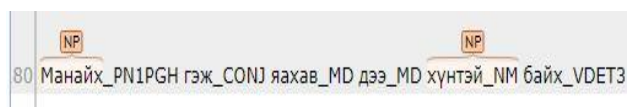
2. Утгазүйжсэн (шууд бус утгатай, дүрслэх хэв маягаар бүтнэ, түүхэн уламжлалын шинж, баймж утга илэрхийлнэ. Жнь: үхрийн нүд, тогооны хүн, хонин гүрвэл) 3. Хэлзүйжсэн (Аль нэг үг нь үгийн сангийн утгаа гээж туслах үүрэгтэй болсон, үндэс язгуурыг бүрэн ба бүрэн бус давтсан. Жнь: ув улаан, маш сайн, орой дээр, сурахын тулд) 4. Бүхэлзүйжсэн (Бүхэл хэсгийн утгыг заана, аль нэг нь тодорхой утга илэрхийлж, нэг нь нөгөөгүйгээр байхгүй, эцсийнх нь өмнөх үгийг тодотгоно. Жнь: Туул гол, би өөрөө, хөхөө шувуу, дөрвөн улирал)

МӨРДЛӨГӨӨ 3. Нэрийн бүлэгт оруулан тооцох өгүүлбэрзүйн айнууд

Жинхэнэ нэр N, тэмдэг нэр JJ, тооны нэр CD, орон цагийн нэр RB, цагт нэрийн дагавар болон үйлийн тийн ялгалаар хэлбэржсэн өгүүлэхүүн, тусагдахуун, тодотголыг нэрийн нийлэмж (NP) гэж нэрлэнэ. Хэрэглээнд жинхэнэ нэр, тэмдэг нэр, тооны нэр, орон цагийн нэрээр тохиолддог. Ш.Лувсанвандан багш “Үглэхүүний эцсийн үг нь нэрийн тийн ялгалаар хэлбэржсэн нэр үг, үйлийн тийн ялгалаар хэлбэржсэн үйл үг байж болдоггүй, заавал үйлийн цагийн хамаатуулах буюу үйлийн биед хамаатуулах нөхцөлөөр хэлбэржсэн байдгийн учир нь нэрийн, үйлийн тийн ялгалын нөхцөл нь төгс бус хэлбэр, мөн орон цагийг заадаггүй, цаг заах, захирах хүсэх хэлбэр бол төгс хэлбэр бөгөөд бас орон цагийг заах тул тэгж өгүлбэр төгсөж чадна.” гэжээ[4]. Иймээс жинхэнэ нэр N, тэмдэг нэр JJ, тооны нэр CD, орон цагийн нэр RB, цагт нэрийн дагавар болон үйлийн тийн ялгалаар хэлбэржсэн өгүүлэхүүнийг нэрийн нийлэмж гэж тэмдэглэнэ.



Зураг 2. Цагт нэрийн дагавраар төгссөн төгс бус өгүүлэхүүн (өгүүлбэрийн модны сангийн гүн бүтэц)



Зураг 3. Нэрийн бүлгийн тэмдэглэгээ хийж буй өгүүлбэрийн сан дахь цагт нэрийн дагаварт өгүүлэхүүн түүний харагдах байдал

Уг өгүүлэхүүн “манай гэр” гэсэн утгыг илэрхийлж нэрийн нийлэмж болж байна.

III. ТУРШИЛТ

Өгүүлбэрээс өгүүлбэрийн модны гүн бүтцийг (өгөгдөлд суурилсан өгүүлбэрийн задлуур програмыг

сургах үндсэн сан) үүсгэхгүйгээр нэг түвшин дэхь нэрийн бүлгийг ялган тэмдэглэх буюу өнгөн (shallow) түвшний шинжилгээ хийнэ.

Бичвэрт нэрийн бүлгийн тэмдэглэгээг хийх боломж бүхий вэб суурьт хэрэгсэл brat [6] (annotation tool for text document) ашиглан өгөгдсөн өгүүлбэрийн санд тэмдэглэгээг хийсэн болно.

Тэмдэглэгээг хийхэд дараах хүндрэлүүд үүссэн:

1. Өглөө, орой, шөнө, маргааш, өнөөдөр, нөгөөдөр, намар, өвөл, урьд, хожим, жаахан, арван хоёр удаа, гурав, гадаа, дотор г.м орон цагийн нэр, тооны нэрээр илэрсэн айнуудыг мөрдлөгөө 3-т дурьдсан нөхцлийг хангаж буй эсэхийг сайтар хянах шаардлага. NP болох тохиолдол нь :

Намар оройн бороо

Шөнийн тэнгэр

Жаахан хүүхэд

Сарамнай муу жаран долоогоороо

Найман зуугаар аятайхан шаахай олдono.

2. Тэнгэрт халих, царай алдах, ухаан тавих зэрэг үйлийн холбоо үгийг холбоо үг гэж таних асуудал. Эдгээр холбоо үг дэхь нэр үгийг нэрийн нийлэмж гэж тэмдэглэхгүй, утгазүйжсэн холбоо үг гэдэг зарчимаар танилт хийнэ. NP болох тохиолдол нь:

Тэнгэр дуугарах чимээ

Ухаан алдам царайлаг эмэгтэй

3. ааваа, Хулаан, Должоон Хаянхярваа г.м аялга үг, хүний нэртэй холбоотой тохиолдол бүрт тэмдэглэгээ хийх, олж таних шаардлага гарсан.

Нийт 834 мөр өгүүлбэрт нэрийн бүлгийг тэмдэглэх 3 мөрдлөгийн дагуу гараар тэмдэглээ хийсэн бөгөөд тэмдэглэгээ хийсэн нэрийн бүлгийн тоо 1315 байв.

Гараар тэмдэглэсэн корпусыг CRF++ (Conditional Random Field) хэрэгслээр сургаад 10 нугалаат туршилт хийхэд дараах үр дүн гарч байна.

processed 616 tokens with 130 phrases; found: 124; phrases; correct: 89.
accuracy: 89.26%; precision: 72.20%; recall: 68.32%; FB1: 70.18
NP: precision: 72.20%; recall: 68.32%; FB1: 70.18

Нарийвчлал нь 89.2 хувьтай байна. Энэ туршилтад хамгийн энгийн буюу үгийн аймгийн тэмдэглэгээг онцлог (feature) болгон ашигласан.

Цаашид үгийн аймгийн тэмдэглэгээг тухайн нэрийн бүлгийн өгүүлбэрт орсон үүргээр нь нарийн ялгаж NP-SBJ, NP-OBJ, NP-ADV, NP-CONJ, NP-COMP, NP-PRD гэдгийг нь тодорхойлох шаардлагатай бөгөөд холбогдох мөрдлөгийг гаргаж баримталсанаар

тэмдэглэгээт санг илүү боловсронгуй болгоно. Түүнчлэн онцлогийн сонголтыг сайжруулсанаар туршилтаар гарсан нарийвчлалын үр дүнг өсгөх боломжтой.

Өгүүлбэрт нэрийн бүлгийн үүргийг ингэж 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.

III. ДҮГНЭЛТ

Энэхүү ажлаар модны сангийн гүн бүтцээс бус зөвхөн үгийн аймгийн тэмдэглэгээт сангаас нэрийн бүлгийг гараар тэмдэглэж, тэмдэглэгээт сан дээр задлуурьг сургаж туршиж үзлээ. Хамгийн энгийн параметртэй туршилтын үр дүн 89.2 хувь байгаа нь боломжийн үр дүн бөгөөд тэмдэглэгээт сангийн хэмжээг ихэсгэх, мөн үгийн аймгийн тэмдэглэгээг нарийвчлан задалж, онцлогийн сонголтыг сайжруулсанаар өсгөх боломжтой гэж үзэж байна.

Өгүүлбэрийн модны гүн бүтцийг үүсгэхгүйгээр нэг түвшин дэх нэрийн бүлгийг ялган тэмдэглэх нь хамгийн эхний мөрдлөгөө байсан ба нэрийн бүлгийн тэмдэглэгээг өгүүлбэрийн үүргээр нарийн ялган тэмдэглэх эсвэл нарийн ялгалгүй тэмдэглэх үеийн үр дүнгийн харьцуулсан судалгааг хийж, туршилтаар баталгаажуулах шаардлагатай.

НОМ ЗҮЙ

- [1] P. Jamai and O. Chimeddorj, "Part of Speech Tagging for Mongolian Corpus," in Proceedings of the 7th Workshop on Asian Language Resources,
- [2] Э. Равдан, "Орчин цагийн хэл шинжлэлийн үүд", 2005
- [3] Ч.Алтангэрэл нар "Монгол хэлний нэрийн бүлгийн судалгаа" төсөл, 2016-2017, МУИС
- [4] Ш.Лувсанвандан, "Монгол хэлний өгүүлбэрзүйн асуудлууд", III дэвтэр, 2000
- [5] М.Базаррагчаа, "Монгол хэлний өгүүлбэр судлал", 2005
- [6] <http://172.104.34.197/brat/#/np-chunk/test2>

Ярианы дохиог гараар сегментчилэх бүтээмжийг дээшлүүлэх

Б.Янжинлхам, А.Мөнхбаясгалан, Д.Бямбажав

Электроник, Холбооны Инженерчлэлийн Тэнхим

Хэрэглээний Шинжлэх Ухаан, Инженерчлэлийн Сургууль

Монгол Улсын Их Сургууль

Yanjka244@gmail.com, mbayasa_1014@yahoo.com, byambajav@seas.num.edu.mn

Хураангуй—Энэхүү судалгааны ажлаар бид телевизийн өргөн нэвтрүүлгээс ярианы дохиог цуглуулан EMU програм дээр гар аргаар сегментчилээд текстийг гараар оруулан өгөгдлийн санг үүсгэсэн ба эдгээр үе шатуудад хүний бүтээмж хэр зэрэг болохыг тодорхойлсон. Ярианы өгөгдлийн санг ийнхүү үүсгэхэд хамгийн их цаг зарцуулдаг хэсэг нь ярианы дохионы сегментчилэл байсан ба түүнд зарцуулах хугацааг багасгах арга замуудыг эрэн хайсан.

Түлхүүр үг— EMU, сегментчилэл, чимээгүй үе, ярианы өгөгдлийн сан.

I. ОРШИЛ

Өнөө үед ярианы дохиог ашиглаж хүн ба машины харилцааны ухаалаг системийг бий болгох судалгааны ажил өргөн хийгдэж хэрэглээнд нэвтэрч үр дүнгээ өгч байна. Гэвч ийм систем монгол хэл ярианы хувьд хөгжиж практик хэрэглээ болоогүй байна. Иймээс монгол хэлний яриа танигч, монгол хэлээр яригч машиныг хөгжүүлэх зэрэгт юуны өмнө хангалттай хэмжээний өгөгдөл бүхий монгол хэлний ярианы өгөгдлийн санг үүсгэх шаардлагатай билээ. Ярианы өгөгдлийн санг автоматаар үүсгэдэг аргууд болон програмууд зохиогдсон байдаг[1][2][3][4]. Тухайлбал хамгийн түгээмэл арга болох нуугдмал Марковын загвар (НММ) [4] нь ярианы өгөгдлийн санд тулгуурлан ажилладаг. Өөрөөр хэлбэл ямар ч өгөгдлийн сангүй бол тэдгээрийг ашиглах боломжгүй.

Иймд өгөгдлийн санг эхлээд зайлшгүй гараар үүсгэх шаардлагатай. Өгөгдлийн санг гараар үүсгэхэд өгөгдлийн хэмжээ их байх тусам олон хүний олон цагийн хөдөлмөр зарцуулагдаж урт хугацааны ажил болдог. Энэхүү цагийг багасгахын тулд хүний бүтээмжийг судлан үнэлж юунд хамгийн их цаг зарцуулж байгааг тодорхойлох зорилтыг юуны өмнө тавьсан. Улмаар цаг их зарцуулж байгаа ажиллагааг багасгах буюу хөнгөвчлөх арга замыг хайж тодорхой үр дүнд хүрсэн. Ярианы өгөгдлийн санг дараах дарааллаар үүсгэсэн. Үүнд :

- Телевизийн өргөн нэвтрүүлгээс аудио файл цуглуулах буюу бичлэг хийн ялгалт хийх
- Аудио файлаа өгүүлбэр тус бүрээр нь таслах
- Өгүүлбэрийн текстийг оруулах
- EMU дээр сегментчилэх зэрэг орно.

II. БҮТЭЭМЖИЙГ ҮНЭЛЭХ БА ЯРИАГ ГАРААР СЕГМЕНТЧИЛЭХ

Хүний бүтээмжийг нэг цагт хэдэн үгийг аудио файл болон текст, сегментчилэлийн хамтаар үүсгэж

байгаагаар тодорхойлж болно. Эсвэл үүнийг нэг үгэнд зарцуулах хугацаа руу нь шилжүүлж болно.

Энэхүү судалгааны ажлаар телевизийн өргөн нэвтрүүлгээс цуглуулсан есөн мэдээний дууг цуглуулаад зөвхөн нэвтрүүлэгчийн яриа бүхий 190 өгүүлбэр 2498 үг бүхий 15 минутын үргэлжлэх хугацаатай ярианы аудио бичлэгийг түүвэрлэн авч монгол хэлний ярианы өгөгдлийн сан үүсгэсэн. Ярианы өгөгдлийн сан үүсгэхэд 7 оюутанг туршилтанд хамруулж оюутан бүрт адил мэдээ өгч өгөгдлийн санг үүсгэсэн. Эдгээр оюутнуудын өгөгдлийн санг үүсгэсэн дундаж хугацааг доорх хүснэгт 1-д харуулав.

Хүснэгт.1 ӨГӨГДЛИЙН САН ҮҮСГЭХЭД ЗАРЦУУЛАГДСАН ХУГАЦАА

№	Багийн гишүүд	EMU дээр өгөгдлийн сан үүсгэхэд зарцуулсан нийт хугацаа (минут)				
		Үгийн тоо	Текст оруулсан хугацаа (минут)	Сегментчилэхэд зарцуулсан хугацаа (минут)	Хугацааны нийлбэр (минут)	Нэг оюутны бүтээмж (үг/цаг)
1	Оюутан 1	2865	516	473	989	173
2	Оюутан 2	2773	468	342	810	205
3	Оюутан 3	2510	358	541	899	167
4	Оюутан 4	2839	425	573	998	170
5	Оюутан 5	2180	213	957	1170	111
6	Оюутан 6	1501	261	534	795	113
7	Оюутан 7	2819	274	407	681	248
Нийлбэр/дундаж		17487	2515	3827	6342	169

Дээрх хүснэгтээс харахад нийт хугацааны 39.6 %-ийг өгүүлбэрийн текстийг оруулахад, 60.4 %-ийг EMU дээр гараар сегментчилэхэд зарцуулсан ба 60 минутанд дунджаар 169 үг сегментчилсэн байна. Гэхдээ үүнд аудио файл цуглуулах болон өгүүлбэр өгүүлбэрээр таслах зэргийн хугацаа ороогүй болно. Аудио файл цуглуулах болон өгүүлбэр өгүүлбэрээр таслах хугацааг тооцвол нийт хугацааны 1 %-ийг аудио файл цуглуулах буюу бичлэг хийхэд, 11 %-ийг аудио файлаа өгүүлбэр тус бүрээр нь таслахад, 36 %-ийг өгүүлбэрийн текстийг оруулахад, 52 %-ийг EMU дээр гараар сегментчилэхэд зарцуулж байв. Энэхүү үр дүнгээс харахад гараар сегментчилэхэд хамгийн их хугацааг зарцуулж байгаа нь харагдаж байна.

Иймд хугацааг багасгаж хүний бүтээмжийг нэмэгдүүлэхийн тулд үг хоорондын хилийн байрлалыг тооцоолон таамаглаад дараа нь гараараа засах замаар сегментчилэх аргыг хэрэглэсэн бөгөөд ингэснээр бүтээмж дээшилсэн. Хилийн байрлалыг тооцоолон таамаглахад ярианы доторх чимээгүй үе таамаглалын алдааг ихэсгэж сегментчилэх үед сайн таамаглалаас арай их хугацаа зарцуулахад хүргэж байсан тул чимээгүй үеийг ярианы дохион дээр нь программын замаар боловсруулалт хийн илрүүлж таамаглалтандаа ашиглавал алдаа багасах ач холбогдолтой болох нь харагдсан.

III. ХЭРЭГЖҮҮЛЭЛТ

A. Сегментийн хилийг таамаглах

Нэг өгүүлбэр дэх үг бүрийн үсгийн тоонууд болон тухайн өгүүлбэрийн аудио файлын үргэлжлэх хугацааг үндэслэн үг хоорондын заагийг буюу сегментийн хилийг таамагласан. Тодруулбал тухайн үгийн хэлэгдэж буй хугацаа нь үсгийн тооноосоо шууд хамааралтай, өөрөөр хэлбэл олон үсэгтэй үгийн хэлэгдэх хугацаа урт байна гэсэн үг юм.

434 өгүүлбэр 5919 үг бүхий 34.2 минутын үргэлжлэх хугацаатай ярианы өгөгдлийн сан үүсгэх явцад шууд гараар сегментчилэхэд 1055 мин харин таамаглан сегментчилэхэд уг хугацааг 763 мин болгон 28%-аар бага хугацаа зарцуулж байна. Энэ нь нийт бүтээмж 15%-аар дээшилж болохыг харуулж байгаа юм.

Энэ туршилтын явцад өгүүлэгч зарим өгүүлбэрийг унших үедээ үг хооронд завсар авч чимээгүй үе үүсгэдэг нь таамаглалыг алдаатай болгож байсан.

B. Чимээгүй үеийн тооцоолол

Ярианы дохионы хэлбэрт анализ хийж дуутай, дуугүй, чимээгүй үеийг илрүүлэх судалгааны ажлууд эртнээс хийгдэж эхэлсэн ба түүнийг илрүүлэх олон аргууд байдаг[5][6][7][8]. Энэ аргуудаас богино хугацааны энерги (Short time energy -STE) болон тэгийг дайрах хурд (Zero crossing rate - ZCR) гэсэн хоёр аргыг ихэвчлэн хэрэглэдэг. Бид энэ ажлаар чимээгүй үеийг илрүүлэхдээ богино хугацааны энергийг ашигласан ба тэгийг дайрах хурдын аргыг ашиглаагүй. Учир нь бидний цуглуулсан ярианы өгөгдлийн сан телевизийн өргөн нэвтрүүлгээс аудио файлаа цуглуулсан тул дуу харьцангуй цэвэрхэн бөгөөд шуугиан бага байсан нь богино хугацааны энергийн аргыг ашиглахад хангалттай байв.

Чимээгүй үеийг тооцоолохын өмнө дууны дохиондоо чадлын хувьд нормчилох, түүвэрлэлтийн хувьд жигдлэх гэсэн хоёр урьдчилсан боловсруулалтыг хийсэн. Богино хугацааны энерги нь тухайн дууны чадлаас их хамааралтай байдаг ба нэвтрүүлэг бүрийн хувьд дундаж чадал өөр өөр байх нөлөөг арилгахын тулд нормчилсон юм. Мөн дууны бичлэг хийхдээ өөр өөр хурдаар түүвэрлэсэн байвал тооцооллыг хүндрүүлдэг тул түүвэрлэлтийг ижил хурдтай болгож жигдэлсэн.

Ярианы дохиог нормчилохдоо European Broadcasting Union (EBU)-ийн стандартын журмыг баримталсан бөгөөд дууны чадлын түвшин -23 дБ байхаар аудио дохиог нормчилсон.

Бидний программ ямарч түүвэрлэлтийн хурдтай аудио 16 kHz-ийн түүвэрлэлтийн хурдтай болгон

хувиргадаг. Энэ ажлаар 24 kHz, 44.1 kHz түүвэрлэх давтамжтай аудионуудыг ашигласан.

Богино хугацааны энергийг бодохдоо ярианы дохиог 0.02 секундын урттай давхцалгүй фрэймүүдэд хуваасан. Фрэйм бүр дэх энерги буюу богино хугацааны энерги (STE)-ийг дараах томъёо (1)-ээр бодсон.

$$E_N = \sum_{n=0}^{N-1} [x(n)]^2 \quad (1)$$

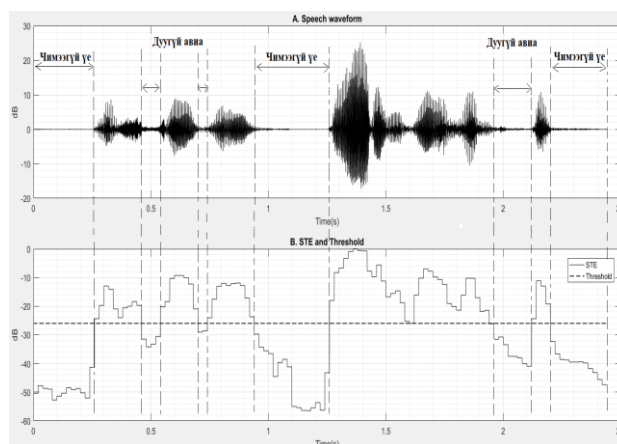
Үүнд N нь нийт фрэймийн тоо юм.

Бид авиан биш үгийн түвшинд сегментчилэл хийсэн тул фрэймийг давхцалгүйгээр авсан.

Чимээгүй үед дууны чадал буюу богино хугацааны энерги хамгийн бага байдаг шинж чанарыг ашиглан чимээгүй үеийг тодорхойлсон бөгөөд гол нь энэ үед дууны чадал хэдэн дБ-ээс доош байхыг тогтоох нь хамгийн чухал. Чимээгүй үеийн чадлыг цуглуулсан бичлэгээс судлахад -117дБ буюу нэг фрэймийн энергид дүйцүүлэн бодвол $2.5 \cdot 10^{-3}$ (децибеллээр илэрхийлбэл -26дБ) байсан.

Энэ утгыг босго утга болгон чимээгүй үеийг тооцоолон хайхад зарим авиа хоорондох агшинуудад болон энерги багатай дуугүй авианууд энерги бага байсан нь чимээгүй үе мэтээр гарч ирсэн. Гэхдээ эдгээр нь хугацааны хувьд чимээгүй үеэс богино тул үргэлжлэх хугацаагаар нь ялгаж тооцоолсон болно. Дууны дохионуудаа судалж үзээд чимээгүй үеийг 0.2 секундээс дээш байхаар авахад тэдгээрийг ялгаж чадаж байсан.

Дараах Зураг 1-д ярианы дохио болон богино хугацааны энергийг тооцоолж чимээгүй үеийг илрүүлсэн байдлыг харьцуулан харууллаа.



Зураг 1. А. Ярианы дохионы чимээгүй үеийн илрүүлэлт Б. Богино хугацааны энерги

Дараах хүснэгт 2-д 10-н өгүүлбэр дэх чимээгүй үеийн илрүүлэлтийн үр дүнгийн хувийг жишээ болгон харууллаа.

НОМ ЗҮЙ

Хүснэгт.2 10 ӨГҮҮЛБЭР ДЭХ ЧИМЭЭГҮЙ ҮЕИЙН ИЛРҮҮЛЭЛТ

Өгүүлбэрийн дугаар	Өгүүлбэрт байгаа нийт чимээгүй үеийн тоо	Чимээгүй үеийг зөв илрүүлсэн тоо	Илрүүлэлт		
			Чимээгүй үеийг зөв илрүүлсэн, %	Чимээгүй үеийг яриа гэж илрүүлсэн, %	Яриаг чимээгүй үе гэж илрүүлсэн, %
1	3	3	100	0	0
2	2	2	100	0	0
3	4	3	75	25	0
4	0	0	100	0	0
5	1	1	100	0	0
6	5	4	80	20	0
7	3	3	100	0	0
8	0	0	100	0	0
9	1	1	100	0	0
10	2	2	100	0	0
			95.5	4.5	0

IV. ДҮГНЭЛТ

Ярианы өгөгдлийн санг гараар үүсгэхэд хамгийн их хугацаа зарцуулагддаг сегментчилэх ажиллагааг үгийн хилийг урьдчилж тооцоолон таамаглаад гар сегментчилэлд ашигласнаар хүний бүтээмжийг 15 хувиар сайжрууллаа.

Алдаа багатай таамаглах тусам бүтээмж өндөр байх ба алдааг багасгахын тулд чимээгүй үеийг богино хугацааны энергийг ашиглан тооцоолоод 95.5 хувьтайгаар таньсан.

Цуглуулсан өгөгдлийн сангийн дуу нь студийн цэвэрхэн дуу байсан тул энэ аргын туршилтыг үр дүн өндөр байсан болно. Харин янз бүрийн орчинд бичсэн дууны чадлын хувьд өөр өөр, шуугиан бүхий аудио файлын хувьд үр дүн нь буурах нь тодорхой. Түүнийг дараагийн судалгааны ажлаар үргэлжлүүлэн хийх боломжтой.

- [1] Hioka Y and Namada N, "Voice activity detection with array signal processing in the wavelet domain" IEICE TRANSACTIONS on Fundamentals of Electronics, Communications and Computer Sciences, 86(11):2802-2811, 2003.
- [2] Beritelli F and Casale S, "Robust Voiced/ Unvoiced Classification using Fuzzy rules", In 1997 IEEE workshop on speech coding for telecommunications proceeding, pages5-6, 1997.
- [3] Qi Y and Hunt B, "Voiced-Unvoiced-Silence Classification of Speech using Hybrid Features and Network Classifier", IEEE Transactions on Speech and Audio Processing, 1(2):250-255, 1993
- [4] Basu S, "A linked-HMM model for Robust Voicing and Speech Detection", In IEEE international conference on acoustics, speech and signal processing (ICASSP'03), 2003.
- [5] Md.Mijanur Rahman and Al-Amin Bhuiyan, "Continuous Bangla Speech Segmentation using Short-term Speech Features Extraction Approaches, IJACSA Vol.3, No.11, 2012
- [6] Bachu R.G, Koppurathi S, Adapa B and Barkana B.D, "Separation of Voiced and Unvoiced using Zero Crossing Rate and Energy of the Speech signal"
- [7] Md.Shahadat Hossain and Md. RafiqulIslam, "Human Voice Activity Detection using Wavelet", ISSN: 2168-9679 JACM,
- [8] Abdillahi Hussein Omar, "Audio Segmentation and Classification", 2005

Кирилл Монгол бичвэрийн дуудлагын хөрвүүлэг

Туршилт үнэлгээ

Чагнаагийн Алтангэрэл
Монгол улсын их сургууль
Мэдээлэл компьютерийн ухааны тэнхим
Улаанбаатар хот, Монгол улс

Жаймайн Пүрэв
Монгол улсын их сургууль
Мэдээлэл компьютерийн ухааны тэнхим
Улаанбаатар хот, Монгол улс

Абстракт—Яриа боловсруулалтын үндсэн суурь нөөцийн нэг бол бичвэрийг дуудлагад хөрвүүлэх (БДХ) хэрэгсэл юм. Энэ ажлаар кирилл Монгол бичвэрт зориулсан БДХ загварын авиан олонлогийг өргөтгөж түүнийг яриа танилт болон яриа үүсгэх даалгаварт туршив. Туршилтын үр дүнд өмнөх хувилбараасаа илүү сайжирсан үр дүн үзүүлсэн. Яриа танилтын хувьд үгийн алдааны хэмжээ нь дунджаар 10 хувиар сайжирсан. Яриа үүсгэх даалгаврын хувьд мөн харьцангуй илүү бодит үр дүн өгсөн. БДХ загвараас гадна энэ ажилд шинээр үүсгэж буй Монгол хэлний ярианы сангийн нэг хэсгийг туршилтанд ашигласан.

Түлхүүр үгс—Бичлэгийг дуудлагад хөрвүүлэх; кирилл Монгол; яриа танилт

I. INTRODUCTION

Монгол хэл нь Алтайн хэлний бүлэгт багтдаг, олон янзын салаа аялгатай, олон газар тархсан яригч бүхий залгамал хэл юм. Энэхүү аялга болон яригчийн тархалтаас олон янз байдлаас гадна Монголчууд хуучин Монгол (ТМ) бичигээс эхлээд олон төрлийн бичиг үсгийг хэрэглэж иржээ. Одоо Монгол улсад кирилл Монгол (СМ) үсгийг албан ёсны бичиг болгон хэрэглэж байна. Энэхүү кирилл үсгийг 1940-өөд онд Орос үсгээс буулган авсан. ТМ үсгийг Өвөр Монголын Өөртөө Засах оронд хэрэглэж, энэ бичигт суурилсан хэл боловсруулалтын судалгааны ажлуудыг идэвхитэй хийж байна. Жишээлбэл уламжлалт Гауссын Холимог Загвараас илүү үр дүн үзүүлсэн гүний мэдрэс сүлжээг ашигласан Монгол хэлний яриа танилтын загварыг хөгжүүлжээ [7].

СМ бичгээр хэл боловсруулалтын чиглэлийн судалгаа харьцангуй цөөхөн хийгдсэн байна. Түүний дотроос яриа боловсруулалтын чиглэлээр хийгдэх ажлууд олон байна. Хамгийн сүүлийн үест тусгайрласан үгийн яриа танилтын судалгааг 6000 үгийн хүрээнд [3], том үгийн сант яриа танилт [12] болон яриа үүсгүүрийн [1] судалгаанууд хийгдсэн байдаг. Цаашид Монгол гэдгээр кирилл Монгол гэдгийг ойлгоно.

Яриа боловсруулалтын чиглэлийн судалгааны бичвэртэй холбогдох хэсэгт бичвэрийг дуудлагад хөрвүүлэх (БДХ) хэсэг гол цөм нь болж байдаг. Энэ өгүүлэлд Монгол хэлний БДХ загварыг авч үзнэ. Монгол хэлний БДХ талаар яриа үүсгүүр [2] болон БДХ харьцуулалт [13] зэргийг эс тооцвол өмнө нь тусгайлан судалж илтгэж байгаагүй. Монгол хэлний БДХ загвар, авиан олонлогийг дахин шинэчилж яриа танилт, яриа

үүсгүүр болон чиглүүлэгтэй сургалтын 3 өөр хүрээнд туршилтаар үнэллээ

Энэхүү өгүүлэл дараах бүтэцтэй. Дараагийн бүлэгт, Монгол хэлний авиазүй болон авиан олонлогийг танилцуулна. Удаах бүлэгт ярианы корпус, түүний туршилтад хэрэглэсэн дэд хэсгийн талаар танилцуулна. Туршилт ба үр дүнг 4 дүгээр бүлэгт танилцуулна. Төгсгөлийн бүлэг нь өгүүллийг тоймлон зарим ирээдүйн ажлуудыг тодорхойлсон.

TABLE I. Монгол хэлний эгшиг болон харгалзах дуудлага

Авиа	Дуудлагын тэмдэглэгээ IPA	Жишээ/ Дуудлага
a	a	авдар / a l v d a 0 r
e	э	эвэр / e l v e 0 r
i	и	ихэр / i l x e 0 r
o	о	овор / o l v o 0 r
u	у	ул / u l l
@	ө	Өр / @ l r
^	ү	Үр / ^ l r
y	ы	тавын / t a l v y n
ay	ай	аймаг / a y l m a 0 g
oy	ой	ойлголт / o y l l G o 0 l t
uy	уй	уйл / u y l l
ey	эй	ирээрэй / i l r e : 0 r e y
^y	үй	гүй / g ^ y 0
a:	аа	аадар / a : l d a 0 r
e:	ээ	ээдэм / e : l d e 0 m
i:	ий	хий / x i : 0
o:	оо	оосор / o : l s o 0 r
u:	уу	уудам / u : l d a 0 m
@:	өө	өөд / @ : l d
^:	үү	үүд / ^ : l d
A	a	даль / d A l L
O	o	боль / b O l L
U	y	урь / U l R

II. МОНГОЛ ХЭЛНИЙ АВИАЗҮЙ

Монгол хэлний авиан талаар олон янзын ангиллыг гадаад дотоодын эрдэмтэд гаргасан байдаг [4]. Хамгийн нарийн нь эгшгийн 25, гийгүүлэгчийн 31 янзаар ангилсан [5] байдаг. Монгол хэлний ярианы үүсгүүрийн судалдаанд [1], 33 гийгүүлэгч, 20 эгшгийг тодорхойлон ашиглажээ.

Энэхүү судалгаанд өмнөх авиан загварыг тагнайшсан гийгүүлэгчтэй ойр байрлах тагнайшсан эгшгийг нэмэн сайжруулж тодорхойлов. Нэмэн тодорхойлсон эгшгүүдийн дуудлагын тэмдэглэгээ нь А, О болон U болно. Жишээлбэл “харь” гэдэг үгийн дуудлага нь “х-А1-R” болно. Хуучин хувилбараар бол энэ үгийг “х-а1-R” гэж буулгаж байсан нь энэ үгийн 2 дахь эгшиг авиаг “хар” гэдэг үгийн “х-а1-r” хоёр дахь а авиатай адил тэмдэглэж байсан. Дараах хүснэгтэд зарим үгсийн дуудлагын тэмдэглэгээний жишээг үзүүлэв.

TABLE II. ЗАРИМ ҮГСҮЙН БДХ ЖИШЭЭ

Бичлэг	Дуудлага v1	Дуудлага v2
Аргаль	a1-r G-a0-L	a1-r G-A0-L
Архи	a1-r X-i0	A1-r X-i0
Говиор	G-o1 V-i0-o0-r	G-O1 V-i0-o0-r
Суурийн	s-U:1 R-i:0-ng	s-U:1 R-i:0-ng
Ярьдаг	j-a1-R d-a0-g	j-A1-R d-a0-g
Яриулсан	j-a1 R-i0-u0-l s-a0-ng	j-A1 R-i0-u0-l s-a0-ng

Энэхүү хувилбар нь Монгол хэлний авиан загварын эцсийн хувилбар биш бөгөөд үүнийг зөвхөн Халх аялгууны яриа таних болон яриа үүсгэх хэрэглээний хүрээнд туршиж байгааг дурдах нь зүйтэй. Дээр дурдсанчлан авиан олон янзын ангилал байгаа бөгөөд тэдгээрийг нарийн судалж илүү ерөнхий зориулалтын БДХ загварыг гаргах нь зүйтэй. Мөн ижил бичлэгтэй ч дуудлага өөр үгс (омограф) кирилл Монгол бичвэрийн хувьд бас тохиолдоно.

III. КОРПУС

Энэ бүлэгт туршилтад хэрэглэсэн хэлний нөөцүүдийг танилцуулна. Эдгээр нь яриа танилтын туршилтад хэрэглэсэн ярианы корпус болон үгийн сан болно.

A. Ярианы корпус

Аялалын салбарын ВТЕС [11] корпусын Англиас Монгол руу орчуулсан бичвэрийн 20 мянга гаруй өгүүлбэрийг 20 уншигчаар шуугиангүй бүхээгт уншуулан 44КГц давтамжтай ярианы корпус бичиж авав.

1) Яриа танилтын корпус

Дээрх том корпусаас эрэгтэй 6, эмэгтэй 6 нийт 12 яригчийн 16 мянга орчим үгэлбэрийг яриа танилтын туршилтад хэрэглэхээр таслан бэлдсэн. Дараах хүснэгтэд яригч бүрийн хүйс, уншсан үгэлбэрийн тоо, болон бичлэгийн уртыг харуулав.

Ярианы бичлэгийг 44КГц-ээс 16КГц моно болгон багасган түүвэрлэж wav форматаар бэлдсэн.

TABLE III. ТУРШИЛТАД ХЭРЭГЛЭСЭН ЯРИАНЫ КОРПУСЫН СТАТИСТИК

Яригч	Хүйс	Урт, цаг	#Үгэлбэр
1	m	8.39	2,711
2	f	6.55	2,849
3	m	0.61	1,006
4	m	1.14	708
5	f	2.63	1,007
6	f	0.96	1,000
7	m	0.52	471
8	f	1.12	982
9	m	2.40	1,996
10	f	1.70	1,000
11	m	1.55	1,230
12	f	6.08	1,500
Нийт	6+6=12	33.65	16,460

Нийт 33 цагийн 16 битийн түүвэрлэлттэй алдагдал шахалтгүй wave форматтай цэвэр бичлэг болов. Бичлэгийн дохио шуугианы харьцаа (signal-to-noise ratio, SNR) ойролцоогоор 30-40 dB.

B. Үгийн сан

Ярианы санг үүсгэсэн бичвэрээс ялгаатай үгсийг гаргаж тэдгээрийн дуудлагыг [1]-д ашигласан БДХ эхний хувилбараар гаргаж үгийн санг үүсгэв. Нийт 16 мянган үгэлбэрт 14 мянган ялгаатай үг байв. Энэхүү үгсээс 1,000 орчим үгсийн дуудлагыг шинэчлэн гараар нэмж үгийн сангийн шинэ 2 дугаар хувилбарыг гаргасан. Дараагийн туршилтуудад эдгээр 2 хувилбарыг харьцуулж үнэлсэн болно.

IV. ТУРШИЛТ

Кирилл Монгол бичгийн БДХ хувилбарыг яриа танилт, яриа үүсгүүр болон чиглүүлэгт сургалт гэсэн гурван өөр горимоор туршиж үнэлэв.

A. Яриа танилт

Энэхүү туршилтад Калди яриа танилтын хэрэгслийг [8] ашиглан өөрсдийн ярианы сан дээр туршив. Калди яриа танилтын хэрэгсэл нь CMU sphinx, Julius гэх мэт бусад хэрэгслүүдтэй харьцуулахад сүүлийн үед яриа боловсруулалтын судалгааны хүрээнд маш их ашиглагдаж буй, нээлттэй эхийн, маш олон төрлийн туршилтын цэстэй юм. Зөвхөн судалгааны зорилгоор төдийгүй бодит хэрэглээний горимд ажиллах чадвартай Си хэл дээр бичигдсэн, төгсгөлөг төлөвт хэрэгсэл дээр суурилсан хурдан ажиллагаатай хэрэгсэл юм.

Эхний энгийн харьцуулалт хийх үүднээс энгийн GMM загварыг Калдигийн gm цэс дээр сургасан. Хэлний загварыг SRI хэлний загварын хэрэгслээр (SRILM) зөвхөн сургалтын болон тест ярианы бичвэрээс гуравлсан дүрэмт загварыг үүсгэв.

Тест санг нийт ярианы сангийн уртын 10 хувь орчимтой дүйх 3 болон 5 дугаар яригчийг тусад нь авч сонгов. Үлдсэн 10 яригчийг сургалтын сангаар авав.

Дараах хүснэгтэд Калди сургалтын акустик загвар бүрээр харьцуулж буй БДХ-ийн үгийн алдааны хувь (Word error rate, WER) (багана 2 ба 3) болон сүүлийн

хувилбарын эхний хувилбартай харьцуулсан харьцангуй сайжралтыг (багана 3/ Харь.Сайжр.) харуулав.

TABLE IV. МОНГОЛ ХЭЛНИЙ ЯРИА ТАНИЛТЫН RM ЦЭСИЙН ҮР ДҮН

Калди акустик загвар	WER, үгийн сан v2	WER, үгийн сан v1	Харь. Сайжр.
combined	2.84	3.03	6.69%
sgmm2_4a	2.43	2.76	13.58%
tri3b	2.59	2.68	3.47%
tri2b	3.53	3.60	1.98%
tri2a	3.80	4.02	5.79%
tri1	3.78	4.04	6.88%
mono	7.89	10.74	36.12%
Дундаж	3.84	4.41	10.65%

БДХ сүүлийн загвараар үүсгэсэн үгийн сан хувилбар 2 нь энэ туршилтын ярианы сан дээр яриа танилтын үр дүнг дунджаар 10.65 хувиар өсгөж байна.

В. Яриа үүсгүүр

HMM суурилсан яриа үүсгэх хоолойг HTS [9] хэрэгслээр үүсгэж сонсголын тестээр үнэлэв. Хоолойг үүсгэхдээ бичвэрийг ярианд хөрвүүлэхэд [1] зориулсан 3,000 өгүүлбэр бүхий үүсгэсэн санг ашигласан.

Бичвэрийг ярианд хөрвүүлэх хоолойг сургасны дараа санамсаргүй 20 үг сонгон БДХ хувилбар бүрээр үүсгэж 55 хүнээс (18-аас 48 насны 33 эр, 22 эм) вэб интерфейсээр сонсгож үнэлүүлэв. Сонсогчид үүсгэсэн үгсийг сонсож хамгийн сайн гэсэн хувилбарыг нь сонгосон. Нийт 1,100 сонголт байв (хүн бүрийн 20).

TABLE V. ЯРИА ҮҮСГҮҮРИЙН ҮНЭЛГЭЭ

Тоо	БДХ v1	БДХ v2
Санал	470	630
Хувь	21.37	78.63

Үнэлгээ өгсөн сонсогчдын ихэнх нь БДХ хувилбар 2-ыг илүүд үзсэн байна. Энэхүү хувилбараар синтетикээр үүсгэсэн ярианд зарим нэгэн муу үүсэн үгс байсан. Энэ нь сургалтын корпус хангалттай хэмжээний түүвэр байгаагүйтэй нэг талаараа холбоотой гэж үзэж байна. Гэсэн хэдий ч нийт дунджаар хувилбар 2 нь хувилбар 1 ээсээ илүү үнэлгээтэй байв.

С. Чиглүүлэгтэй сургалт

Энэ хэсэгт БДХ хувилбар 2-ыг чиглүүлэгтэй сургалтаар үнэллээ. Энэхүү хувилбараар үүсгэсэн 14 мянган үгтэй дуудлагын толийг Sequitur [10] хэрэгслээр сургаж гараар үүсгэсэн 1 мянган үгтэй сангийн дуудлагатай харьцуулж шалгав.

Энэхүү Sequitur [10] хэрэгсэл нь холбоост-дарааллын загварт суурилсан, өгөгдөлд суурилсан бичвэрийг дуудлагад хөрвүүлэгч нээлттэй эхийн хэрэгсэл юм.

ярин	j A1 R i0 ng	(0 errors)
ярина	j A1 R i0 n a0	(0 errors)
яриулсан	j A1 R u:0/i0 [u0] l s a0 ng	(2 errors)
ярих	j A1 R i0 x	(0 errors)

Fig. 1. Sequitur output example with errors

Сургалтын өгөгдөл дээр загварыг 6 алхам сургасны дараа тэмдэгтийн алдаа 5.41% гарав.

Хамгийн их алдаж буй тохиолдол нь дээрх зурагт үзүүлсэнчлэн тагнайшсан гийгүүлэгчийн дараа орсон урт эгшгийн тохиолдол байна. Энэ нь уламжлалт хэл шинжээчдийн дунд ч гэсэн өөр өөрөөр тодорхойлогдсон байдаг [5].

TABLE VI. SEQUITUR ТУРШИЛТЫН ҮР ДҮН

Алхам	Тэмдэгтийн алдаа, %	Үгийн алдаа, %
3	5.51	22.93
4	5.39	23.03
5	5.40	23.43
6	5.41	23.52

Эдгээр асуудлуудыг цаашид дэлгэрүүлэн судалж шийдвэрлүүштэй.

V. ДҮГНЭЛТ

Кирилл Монгол бичвэрийг дуудлагад хөрвүүлэх модулийг анх амжилттай хөгжүүлж яриа үүсгүүрийн хүрээнд хэрэгжүүлж туршсан [1]. Энэ өгүүлэлд түүний шинэчилсэн загварыг танилцуулж яриа танилт, яриа үүсгүүр болон чиглүүлэгтэй сургалтаар үнэлгээ өглөө. Туршилтын үр дүн бүгд БДХ шинэ хувилбарын давуу байдлыг илэрхийлсэн.

Тагнайшсан гийгүүлэгчийн дараа орох урт эгшгийн загвар гэх мэт нэмэлт сайжруулалтыг хийж бүр ерөнхий зориулалтын БДХ загварыг сайжруулах шаардлагатай.

БДХ загварын зэрэгцээ Монгол хэлний яриа танилтын шинэ корпусыг танилцуулж туршилтад ашиглалаа. Энэн нь МУИС дээр хөгжүүлж байгаа томоохон хэмжээний корпусын нэг хэсэг нь болно. Цаашлаад яриа танилтын туршилт энэ том корпус дээр хийгдэнэ.

ТАЛАРХАЛ

Яриа танилтын корпусыг бэлдэхэд яриа бичүүлэх, үглэбэрээр таслах, гараар зэрэгцүүлэлтийг хянах зэрэг нүсэр ажилд гүн туслалцаа үзүүлсэн бүх хүнд талархал илэрхийлэе.

REFERENCES

- [1] Chagnaa Altangerel, Jaimai Purev, Chatchawarn Hansakunbuntheung: An Evaluation of Mongolian Data-Driven Text-to-Speech, Oriental COCSDA 2013.
- [2] Chatchawarn Hansakunbuntheung, Ausdang Thangthai, Nattanun Thatphithakkul and Altangerel Chagnaa: MONGOLIAN SPEECH CORPUS FOR TEXT-TO-SPEECH DEVELOPMENT, proc. Oriental COCSDA 2011, pp , Hsinchu, Taiwan, 26-28 Oct, 2011.
- [3] A. Altangerel, and, B. Damdinsuren, "Research Report on ASR Development for Mongolian", PAN localization Project Phase II, 2009.
- [4] Jan-Olaf Svantesson, Anna Tsendina, Anastasia Karlsson and Vivan Franzen, The Phonology of Mongolian, Oxford Linguistics, 2005.
- [5] Bulgantamir, S. Acoustic Analysis on the Palatalized Vowels of Modern Mongolian. *Advances in Language and Literary Studies*, 6(6), 107-110, (2015).
- [6] Мөмдөө, С. *Mongol xelnij avia züi*, Ulaanbaatar, Mongolia: National Press, (1979).
- [7] Zhang H., Bao F., Gao G. (2015) Mongolian Speech Recognition Based on Deep Neural Networks. In: Sun M., Liu Z., Zhang M., Liu Y. (eds) *Chinese Computational Linguistics and Natural Language Processing Based on Naturally Annotated Big Data*. Lecture Notes in Computer Science, vol 9427. Springer, Cham.
- [8] Povey, D., Ghoshal, A., Boulianne, G., Burget, L., Glembek, O., Goel, N., & Silovsky, J.: The Kaldi speech recognition toolkit. Workshop on automatic speech recognition and understanding (No. EPFL-CONF-192584). IEEE Signal Processing Society (2011).
- [9] K. Tokuda, T. Yoshimura, T. Masuko, T. Kobayashi, T. Kitamura, Speech parameter generation algorithms for HMM-based speech synthesis, Proc. of ICASSP, pp.1315-1318, June 2000.
- [10] M. Bisani and H. Ney: "Joint-Sequence Models for Grapheme-to-Phoneme Conversion". *Speech Communication*, Volume 50, Issue 5, May 2008, Pages 434-451.
- [11] Takezawa, T., Sumita, E., Sugaya, F., Yamamoto, H., Yamamoto, S.: Toward a broad-coverage bilingual corpus for speech translation of travel conversation in the real world. In: *Proceedings of the third International Conference on Language Resources and Evaluation (LREC)* 2002.
- [12] Nakagawa, Seiichi, et al. "Development of large vocabulary continuous speech recognition system for Mongolian language." *Spoken Language Technologies for Under-Resourced Languages*. 2012.
- [13] Hansakunbuntheung, Chatchawarn, and Sumonmas Thatphithakkul. "Unsupervised graphoneme alignment evaluation for grapheme-to-phoneme conversion on complex asian-language orthographies." *Coordination and Standardization of Speech Databases and Assessment Techniques (O-COCOSDA)*, 2016 Conference of The Oriental Chapter of International Committee for. IEEE, 2016.

Нутгийн Мэдлэгийн Цөмийг хамтын ажиллагаат олны хүчээр үүсгэх систем

Зундуйн Цолмон¹, Бямбадоржийн Эрдэнэбилэг², Ганболдын Амарсанаа³

Мэдээлэл, компьютерийн ухааны тэнхим

ХШУИС, Монгол Улсын Их Сургууль

Улаанбаатар, Монгол улс

Цахим шуудан: {tsolmonz¹, amarsanaa³}@num.edu.mn, erdenebileg.byambadorj@gmail.com²

Хураангуй—Энэ ажлаар үгийн утгазүйн цахим сан - Нутгийн Мэдлэгийн Цөмийг (НМЦ) (Local Knowledge Core) хамтын ажиллагаат олны хүчээр үүсгэх аргачлалыг хэрэгжүүлсэн нээлттэй эхийн системийг танилцуулах болно. Энэ аргачлал олон хэлээр илэрхийлсэн утгазүйн уялдаа холбоо бүхий багц ойлголтуудыг ямар нэг хэл рүү нутагшуулахад оролцогчдыг зохион байгуулж тэдний хувь нэмрийг үр дүнтэй нэгтгэж утгазүйн шинэ цахим сан үүсгэх зорилготой. Бид ойлголтыг нутагшуулах гурван-шатлалт хүний оюуны даалгаврыг, мөн оролцогчдод даалгаврыг оновчтой үүсгэж өгөх алгоритмыг зохиож хэрэгжүүлсэн.

I. УДИРТГАЛ

Семантик вэб [1] технологийг хөгжүүлэхэд өнөөгийн Вэб дэх бүтэцлэгдээгүй (тухайлбал, түүхий бичвэр), хагас бүтэцлэгдсэн болон бүтэцлэгдсэн өгөгдлийг илүү нарийн тодорхойлж үгийн утгазүйн түвшинд мета-өгөгдлөөр баяжуулж машинд ойлгогдох мэдлэг болгон хадгалах шаардлагатай байна. Ингэснээр эх хэлийг ойлгохуй (Natural Language Understanding), мэдээллийг утга агуулгаар хайх, бүтэцлэгдээгүй өгөгдлийг нэгтгэх зэрэг семантик технологийг илүү сайжруулах боломж бүрдэнэ. Ийм мэдлэгийг аливаа хэл соёлоор илэрхийлэх ойлголт (хот, суурин газар г.м), тэдгээрийн хоорондох утгазүйн холбоо хамаарлыг (хот *бол* суурин газар г.м) дүрсэлсэн онтологиор илэрхийлж болдог. Тодруулбал, ертөнц дээр орших нийтлэг ойлголтуудыг хэл соёл, орон нутаг бүрд өөр өөр үгээр – хэлний үгийн сангийн нэгжээр илэрхийлэх юм. Олон хэлээр илэрхийлэх нэгдмэл онтологи үүсгэхийн тулд ойлголтуудыг хэлнээс үл хамаарах логик давхаргад формаль хэлээр, ойлголтуудыг илэрхийлэх үгийн санг хэлний давхаргад дүрсэлдэг. Иймд аливаа ойлголтыг олон хэл соёлын үгийн сангийн нэгжээр илэрхийлж хооронд нь харгацуулах шаардлагатай. Үүнийг онтологи нутагшуулалтын Ontology localization ишлэл аргаар шийдвэрлэх боломжтой.

Ийм төрлийн хэлний нөөцийг үгийн сан зүйч, сэтгэц-хэл шинжээчид хамгийн өндөр чанартай [2] үүсгэж чадна. Гэвч ертөнц дээрх хэдэн зуун мянган ойлголтуудыг аль нэг хэл рүү нутагшуулах нь цаг хугацаа, өртөг их шаардана. Ийм мэргэжлийн ур чадвар, туршлага шаардсан ажлыг хамтын ажиллагаат олны хүчийг (collaborative crowdsourcing) ашиглан гүйцэтгэх судалгаа

сүүлийн үед эрчимжиж байна. Тухайлбал, DBpedia¹ онтологийн ойлголтуудыг Япон хэл рүү орчуулах [3], Ертөнцийн Мэдлэгийн Сангийн (EMC) ойлголтуудыг Монгол хэл рүү нутагшуулах [4], BabelNet² онтологийн утгазүйн холбоосуудыг үнэлэх видео тоглоом [5], Орос хэлний Wordnet хөгжүүлэх [6] зэрэг судалгаа онтологийг олны хүчээр нутагшуулах оролдлогууд юм. Эдгээр ажлууд ихэвчлэн үгсийг тэмдэглэх, орчуулах зэрэг хэл шинжлэлийн мэдлэг шаардсан даалгавруудыг оролцогчдод өгч гүйцэтгүүлдэг. Мэргэжлийн хүмүүсийн хийж чадах ажлыг мэргэжлийн бус оролцогчдоор гүйцэтгэхийн тулд даалгаврыг хэсэгчлэн хувааж улам хялбар, энгийн болгох; тухайн оролцогчийн сайн гүйцэтгэж чадах даалгаврыг олж оноох зэрэг асуудал хангалттай судлагдаагүй байна.

Энэ ажлын зорилго нь НМЦ-ийн ойлголтуудыг хамтын ажиллагаат олны хүчээр нутагшуулах аргачлалыг, мөн оролцогчдод нутагшуулалтын даалгавар үүсгэж оноох алгоритмыг хэрэгжүүлсэн системийг хөгжүүлэх юм. Аргачлал нь ойлголтыг илэрхийлэх ойролцоо утгатай үгс - синсенийг орчуулах; орчуулгын үр дүнд үүссэн үгсийг засах; ойлголтыг оновчтой илэрхийлэх үгсийг үнэлэх зэрэг 3 шатлалт хүний оюуны даалгавараас (human intelligence task) бүрдэнэ.

Оролцогч даалгавар гүйцэтгэхдээ тодорхой сэдвийн багцаас сонгож тухайн сэдэвтэйгээ холбогдох ойлголтуудтай ажиллана. Ингэснээр оролцогчдод даалгаврууд санамсаргүйгээр хуваарилахаас зайлсхийх юм.

Бид хөгжүүлсэн програм хангамжаа серверт байршуулсан³ бөгөөд оролцогчид ажиллахад бэлэн болсон байгаа. Бид энэ програм хангамжийг нээлттэй эхийнх⁴ болгосон нь энэ төрлийн ажилд оруулж буй хувь нэмэр бөгөөд хэн ч дотоод системдээ суулгаад өөрчлөн ашиглахад чөлөөтэй.

Энэ өгүүллийн II хэсэгт холбогдох ажлуудын дэлгэрэнгүй, III бүлэгт НМЦ-ийн тухай, IV бүлэгт хүний оюуны даалгаврын зохиомж, V бүлэгт даалгавар үүсгэх алгоритмыг, VI бүлэгт хэрэгжүүлэлтийн тухай, эцэст нь VII бүлэгт ажлын дүгнэлтийг тус тус хавсаргалаа.

¹<http://wiki.dbpedia.org/services-resources/ontology>

²<http://babelnet.org/>

³<http://lkc.num.edu.mn>

⁴<https://github.com/brainylark/lkc2>

II. ХОЛБОГДОХ АЖЛУУД

Мэргэжлийн бус оролцогчдоор зорилтот хэлэнд нутагшуулалтын аргаар хэлний нөөц үүсгэх нь хэд хэдэн дэд бүлгийн ажлуудтай уялдана. Аргачлал болоод зорилгын хувьд хамгийн ойрхон тусах нь Амарсанаа нарын гүйцэтгэсэн судалгаа юм [4]. Энэ ажлаар Англи хэлний 99 ойлголтыг Англи-Монгол хос хэлтэй 44 веб хэрэглэгчдээр хийлгэхэд 77 хувийн нарийвчлалтай 78 ойлголтыг нь орчуулсан. Үүгээр нутагшуулалтад веб хэрэглэгчдээр орчуулгын ажил хийлгэх нь боломжийн үр дүнтэй болохыг харуулжээ.

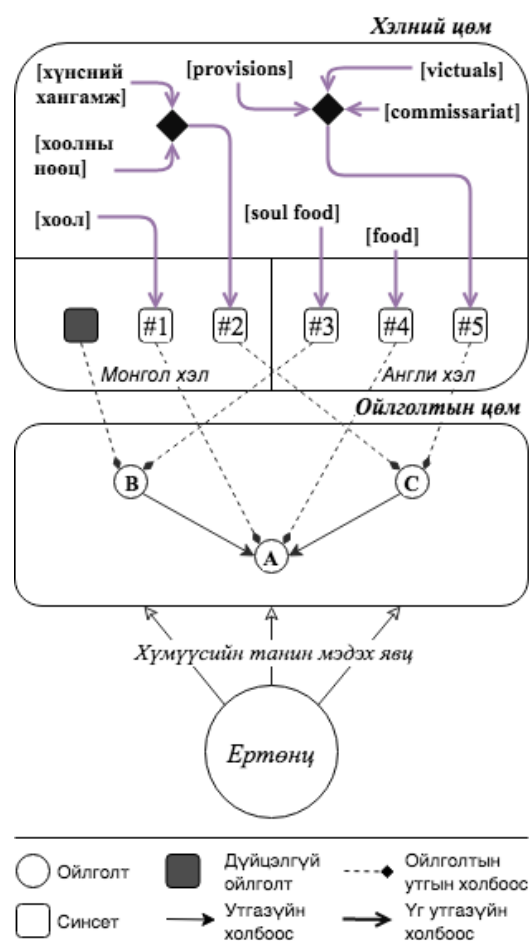
Мөн DBPedia [3] мэдлэгийн сангаас Англи хэлний онтологийн тодорхой хэсгийг Япон хэл рүү олны хүчээр орчуулах аргаар нутагшуулах туршилтын судалгааг Лансер нар [7] хийсэн байдаг. Энэ туршилтаар орчуулгын болон үнэлгээний хоёр үет ажлын дараалал бидний боловсруулж буй аргачлалтай төстэй. Цаашлаад сайн орчуулгыг сонгохын тулд судлаачид олон төрлийн орчуулгыг оролцогчдоор хийлгэн, аль орчуулга хамгийн сайн чанартайг таамаглах зорилготой загваруудыг зохиомжилдог [8], [9], [10] хандлага энэ ажилд төдийгүй бидний аргачлалд тусгагдсан байгаа нь нийтлэг чанар юм.

Орос хэлний Wordnet хөгжүүлэх зорилгоор Браславски нар [6] оролцогчдыг Wiktionary болон Wikipedia зэрэг үгсийн сангаас бэлэн байсан нөөцөөр хангаж, өгөгдсөн толгой үгсэд тэндээс ойролцоо үгсийг сонгуулах, эсвэл өөрөө үг үүсгэх замаар ойлголтын синсетийг үүсгэх туршилт явуулж 800 орчуулгын үр дүнгийн 434 нь маш сайн, 253 нь боломжийн ба 113 нь тааруу гэж үнэлэгдсэн нь тухайн ажлын дарааллыг чанартай зохиомжлогдсонг харуулж байна.

Оролцогчдын хэлний түвшинд тохирсон даалгавруудыг хуваарилах нь олны хүчээр үүсгэх орчуулгыг чанаржуулна гэж Амбати нар [11] дүгнэсэн байдаг. Тэд туршилтаандаа Тэлүгү-Англи, Тэлүгү-Энэтхэг тус бүр 100 өгүүлбэрүүдийг уламжлалт ба өөрсдийн боловсруулсан буюу хамтарсан аргачлалаараа туршилт явуулсан. Үр дүнд нь BLEU [12] хэмжигдэхүүнээр хамтарсан аргачлал нь уламжлалт аргачлалаасаа 6.60 дахин илүү оноо дүрсэлсэн билээ.

sloWCrowd ашиглан хэл шинжлэлийн даалгавруудад зориулсан олны хүчийг ашиглах нээлттэй эхийн системийг ашиглан, Фишер нар [13] автоматаар хөгжүүлсэн Словен хэлний ВордНетийн алдааг оролцогчдоор цохож тэмдэглүүлэх туршилт явуулсан байдаг. Улмаар оролцогчдын дундаж нарийвчлал нь 80.12%-аар дүгнэгдсэн нь хэлний бэрх, төвөгтэй утгазүйн даалгаврын хувьд өндөр үзүүлэлт байж. Үүнээс гадна, Клубика ба Лжубезик нар [14] оролцогчдоор Хорват хэлний стандарт бичвэрийн цуглуулгын үнэлүүлж байхдаа нэг оролцогч 90%, гурван оролцогчийн олонхийн хариулт нь дунджаар 97% нарийвчлалтай байсныг тогтоожээ.

Зөвхөн хэл шинжлэлийн хүрээгээр хязгаарлагдалгүй, олны хүчийг ашигласан орчуулгын ажлууд аливаа системийн бүрэлдхүүн хэсэг болж ажилласаар байгаа



Зураг 1. Ертөнцийн Мэдлэгийн Сангийн загвар

билээ. Жишээлбэл, сайн дурын ажилчид Facebook⁵ вебсайтыг олон хэлүүд рүү нутагшуулсан [15]. Мөн Duolingo⁶ платформ янз бүрийн баримтын орчуулгыг оролцогчдоор хийлгэдэг байсан ба тэдгээрийг хэл сурах тоглоомын нөөц болгон хувиргасан [16].

Дээрх ажлуудад хэрэгжүүлсэн аргачлалууд нь *орчуулах-үнэлэх* ба *орчуулах-засварлах* ангиудад хуваагдана. Гараар үнэлэх ажлыг оролцогчид маш сайн гүйцэтгэдэг нь сайн орчуулгыг ялган авахад зайлшгүй хэрэгтэй. Харамсалтай нь олон сонголттой үед үнэлээчид тун цөөхөн объектийг зөрж бөглөхөд санал нийцлийн коэффициент асар ихээр унадаг. Үнэлээчдэд үгийн сангийн алдаатай, ойлголтотдохиромжгүй үгс орчуулгын шатаас шууд нэгтгэгдэн ирэх нь энэ асуудалтай тулгарах үндэс юм. Тийм учраас бидний дэвшүүлж буй гурван шатлалт *орчуулах-засварлах-үнэлэх* ажлын урсгал нь уг асуудлыг шийдвэрлэхэд нэмэр болно гэж итгэж байгаа билээ.

III. НУТГИЙН МЭДЛЭГИЙН ЦӨМ

A. Ойлголт ба Синсет

Олон зууны турш хүмүүс бид орчлон ертөнцийг харж, сонсож, таньж мэдэж ирсэн. Энэ ертөнцөд олон дахин ажиглагдсаны үндсэн дээр бидний нэрлэж, зааж хэвшсэн ямар ч зүйлс нь **ойлголт** юм. Жиүнхилиа нар [17] ойлголтыг *ажиглагдаж байгаа зүйлийн оюуны дүрслэл* гэж тодорхойлсон байдаг.

Нэг **үг** олон **утга** илэрхийлж болдог. Харин утга ба ойлголт нь нэг-ба-нэг холбоосоор хамааралтай. Миллерийн томъёолол нь [18] *"хэрвээ хүн тайлбарыг нь уншаад ойлголтоо авчирсан бол түүнийг тодорхойлоход ойролцоо үгс л хангалттай"* гэсэн дифференциал онолд түшиглэдэг. Жишээлбэл, {'сонсох', 'чагнах', 'дуулах'} зэрэг үгс манай хэлэнд нэг ойлголтыг заана. Иймд нэг ойлголтыг илэрхийлж байгаа ойролцоо үгсийг **синсет** гэнэ.

Принстон Ворднет ⁷ ба олон хэлний ВордНет ⁸ ойлголтуудаа синсетээр дүрсэлдэг. Гэвч тэдгээрийн Англи хэл рүү хэт хазайсан онтологи нь бусад орны өв соёлын онцгой ойлголтуудыг хамруулж чадахгүй. Олон хэлний нөөц нь универсаль шинж чанараа авч үлдэхийн тулд ойлголтыг үгийн сангаас салгасан архитектуртай байх хэрэгтэй. Жишээ нь, 'монгол гэр' ойлголт нь манайхаас өөр хэл соёлд байхгүй ч гэсэн гарцаагүй ертөнцийн ойлголтуудын нэг учраас хэлний нөөцөд орох учиртай.

Энэ шаардлагыг хангах мэдлэгийн сан нь **Ертөнцийн Мэдлэгийн Сан** (EMC) (Universal Knowledge Core) [19] аж. EMC нь хэлнээс хамаарахгүй ойлголтууд ба ойлголтуудын утгазүйн холбоо хамаарлыг формаль хэл дээр буулгасан **ойлголтын цөм** (ОЦ) (Concept Core), ойлголтуудыг ялгаатай хэлүүдэд тохирсон үгийн сангаар нь илэрхийлэх **эх хэлний цөмийг** (ЭХЦ) (Natural Language Core) агуулсан онтологи билээ.

Зураг 1 дээр EMC-ийн жишээ загварыг үзүүлэв. ОЦ-д А, В ба С гурван ойлголтыг үзүүлжээ. Ойлголт хоорондын утгазүйн холбоос нь ойлголтуудын эцэг-хүү хамаарлыг дүрслэнэ (В бол А, С бол А). Энд жишээ нь С ойлголтыг ЭХЦ-д Монгол хэлээр #2, Англи хэлээр #5 дугаартай синсетээр тус тус илэрхийлж байна. Тодорхой үгсийг үг-утгазүйн холбоосоор синсеттэй холбосон нь тухайн ойлголтыг төлөөлөх синсенийн үгс гэдгийг харуулна. Энгийнээр, {'хүнсний хангамж', 'хоолны нөөц'} (С ойлголт) бол {'хоол'} (А ойлголт) гэсэн логикийг ОЦ ба ЭХЦ-ийн давхаргад ангилсан байдал юм.

ЭХЦ-д оршиж байгаа аль нэг хэлний синсетүүдийг багтаасан сан нь тухайн хэлнийхээ **Нутгийн Мэдлэгийн Цөм** болно. Иймд Монгол НМЦ-г үүсгэх бол чухамдаа ОЦ-д орших ойлголтуудыг заах монгол синсетүүдийг үүсгэх ажил. Харин үүсгэх аргачлал нь аль хэдийн үүссэн (эсвэл үүсэж байгаа) хэлнүүдийн синсенийн үгсийг

Монгол хэл рүү орчуулан буулгах замаар гүйцэтгэгдэнэ. Энд *орчуулан буулгана* гэдэг нь эх хэлний (Англи ба бусад) синсенийн үгсийг зорилтот (Монгол) хэл рүү үг бүрийг нь орчуулна гэсэн үг биш. Харин тухайн синсенийн илэрхийлж байгаа ойлголтыг манай хэл соёлд ямар үгээр нэрлэдэг болохыг *оноож бичих* гэсэн утгатай юм.

B. Анхдагч ойлголтууд

Олны хүчийг ашиглах нь төрөл бүрийн хүмүүсийн оюуны ашгийг хүртэж буй явдал. Үр шимтэй орчуулга гарган авахад тухайн оролцогчид тохирсон ойлголтыг оноох нь зүйн хэрэг. Гэвч оролцогчдоо таньж мэдсэний үндсэн дээр даалгавар үүсгэж, хуваарилагчийг автоматжуулах нь ямар ч өгөгдөлгүй эхлэх системийн хувьд ярвигтай. Тиймээс оролцогч өөрийн сайн гүйцэтгэл харуулж чадна гэж дүгнэсэн сэдэвтэйгээ холбоотой ойлголтуудаа сонгож ажиллах нь үр дүнтэй.

ОЦ-д бүх нэр үгийн ойлголт удамшдаг 25 анхдагч ойлголтууд байдаг. Тэдгээрийг 25 ширхэг дэд модуудын үндэс гэж төсөөлбөл зохино. Үндсээс доош удамшиж явах зангилаанууд нь эцэг зангилааныхаа илүү онцлог шинжийг тусгасан ойлголтуудыг заана. Жишээлбэл, 6 гүнтэй айг авч үзвэл, *ачааны тэрэг-бол-машин-бол-моторт унаа-бол-жолоодлоготой унаа-бол-унаа-бол-тээврийн хэрэгсэл-бол-бүтээгдэхүүн* нь модны нэг зам юм. Бид үндэс ойлголтыг өөрчлөн **ай** гэж нэрлэсэн. Оролцогч айг өөрөө сонгох нь харьцангуй боломжийн гүйцэтгэл үзүүлэх магадлалтайгаас гадна, нэр үгийн төстэй ойлголтуудын ялгааг гаргаж ажиллахад хэрэгтэй.

Дараагийн бүлэгт оролцогчдын системд гүйцэтгэх *орчуулах, засварлах, үнэлэх* даалгавруудыг дэлгэрэнгүй тайлбарлах болно. Харин оролцогчдод айн ойлголтуудыг ямар дарааллаар үүсгэж өгөхийг V хэсэгт тайлагнасан.

IV. ХҮНИЙ ОЮУНЫ ДААЛГАВАР

A. Орчуулах

Өмнөх бүлэгт дурьдсанчлан, гадны хэлүүд дээр байгаа синсенийн үгсийг Монгол руу орчуулах даалгавруудыг үүсгэж, оролцогчдын гүйцэтгэлийн үр дүнг нь хадгалах нь манай системийн зорилго. Бид даалгаврыг үүсгэхдээ Англи, Испани, Итали, Хятад ба Индонез зэрэг хэлүүдийн синсетүүдийг эх хэлний хувьд авч үүсгэсэн. Ингэснээр оролцогч зөвхөн Англи хэлнээс орчуулах хязгаарлалтыг үгүй болгож байгаа юм.

Хүний оюуны даалгаврын (ХОД) зохиомж нь ээдрээтэй, олон хэмжээст байх нь оролцогчдоос сайн үр дүн гаргадаггүй [20], харин тэдгээр даалгавруудыг харьцангуй энгийн, хялбар үе шатуудад хуваах нь бүтээмж өндөртэйг онцолсон судалгаанууд байдаг [21], [22].

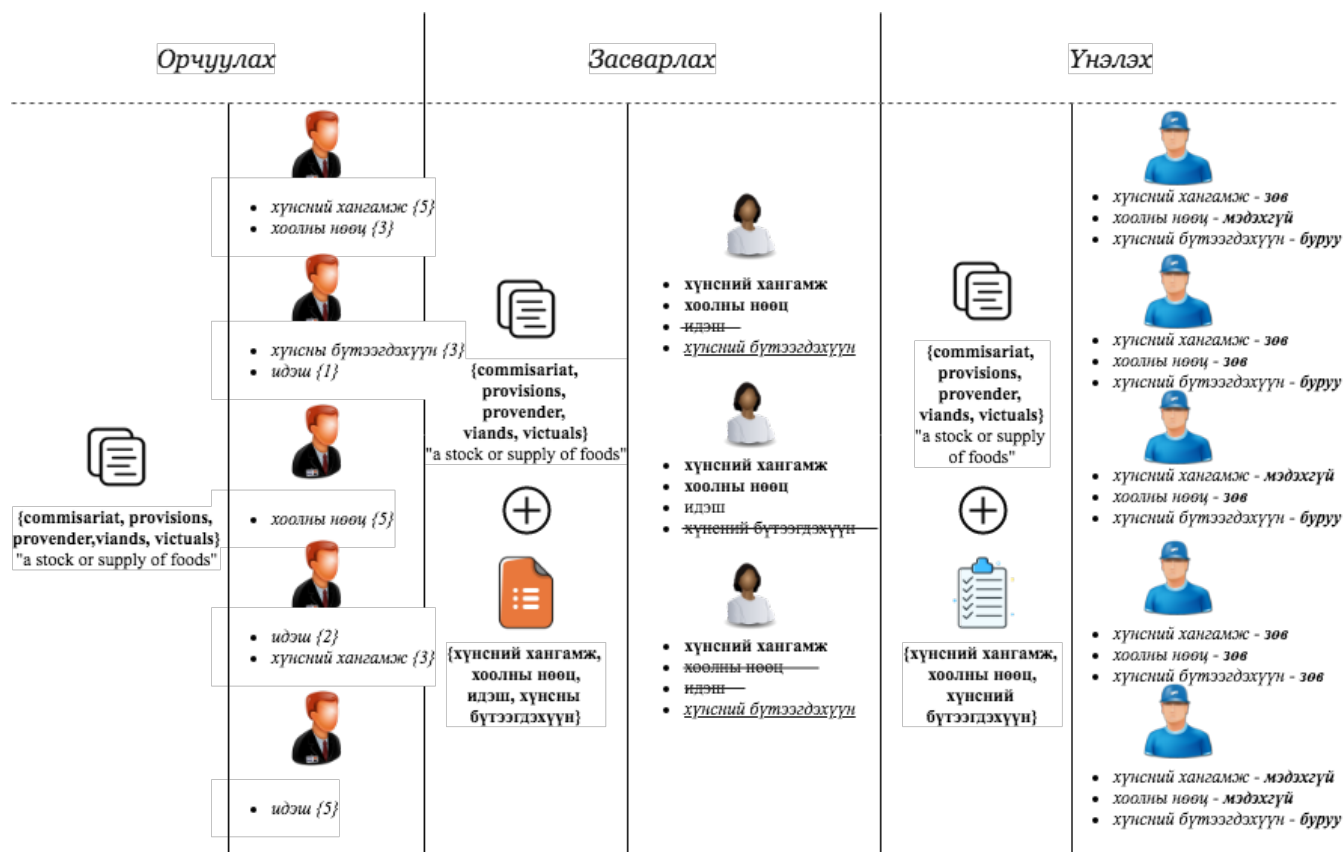
Дээрх учир шалтгаанд суурилж, системд гүйцэтгэх даалгавруудыг задалж **орчуулах, засварлах ба үнэлэх** гурван төрөлд ангилсан. Даалгавруудыг тодорхой тооны оролцогчид гүйцэтгэснээр систем тэдгээрийн үр дүнг нэгтгэсэн дараагийн шатны шинэ даалгаврыг үүсгэдэг. Жишээлбэл, нэг синсенийг 5 оролцогч орчуулахад тэдний хариултыг нэгтгэж нэг засварын даалгавар

⁵<https://www.facebook.com>

⁶<https://www.duolingo.com>

⁷<http://wordnetweb.princeton.edu/perl/webwn>

⁸<http://multiwordnet.fbk.eu/>



Зураг 2. Нэг синсетийг гурван шатлалаар боловсруулахад оролцогчдын үзүүлэх хувь нэмэр

үүсгэнэ. Засварын даалгавар 3 оролцогчоор засагдаж нэг үнэлгээний даалгавар үүснэ. Үнэлгээний даалгавар тус бүрийг 5 оролцогч гүйцэтгэнэ. Өөрөөр хэлбэл, нэг орчуулгын даалгаврын хувьд 13 ялгаатай нэгж ХОД-ын үр дүнг олж авч байна (Зураг 2).

Оролцогч өөрийн сонирхсон нэр үгийн айг сонгоход систем оролцогчид урьдчилан үүсгэсэн даалгавруудаас хуваарилна. Жишээлбэл, оролцогч орчуулгын даалгавар дотроос 'food' айг сонгоход систем {'commisariat', 'provisions', 'provender', 'viands', 'victuals'} үгстэй, 'a stock or supply of foods' тайлбартай синсетийг хуваарилсан гэж үзье. Энэ үед оролцогчид гурван сонголт байгаа: 1) Синсетийн үгсийг орчуулаад илгээх; 2) Даалгаврыг алгасах; 3) Тухайн ойлголт Монгол хэлэнд байхгүй гэж үзэх буюу дүйцэлгүй ойлголтоор тэмдэглэх. Гурван сонголт гурвуулаа оролцогчийг дараагийн даалгаварт хөтлөнө. Хэрэв оролцогч {'хүнсний хангамж', 'хоолны нөөц'} гэсэн үгсээр синсетийг Монгол хэлэнд төлөөлүүлсэн гэж үзье. Үр дүнг илгээхийн өмнө оролцогч өөрийн хувийн үнэлгээг үг бүрийн хувьд өгөх шаардлагатай. Хувийн үнэлгээ 1-5 хүртэлх онооноос тогтоно. Энэ нь оролцогч тэр үг тухайн синсетийг илэрхийлж чадна гэдэгт өөрөө хэр итгэлтэй байгаагаа дүрслэх үнэлгээ юм. Орчуулгыг илгээснээр дараагийн орчуулгын даалгавар хуваарилагдаж ирэхэд оролцогч саяны болоод түүнээс урагш орчуулгуудаа сөхөж харж

болно. Энэ нь ижил төстэй ойлголтуудад тодорхой үгсийг давтамжтай ашиглахаас сэргийлэх буюу Монгол хэлэнд төрөл ойлголтуудын ялгааг тодруулахад нэмэртэй хэмээн таамаглаж байна.

В. Засварлах

Систем орчуулгын шатанд бий болсон үр дүнгүүдийг нэгтгэснээр засварын даалгаврыг үүсгэдэг. Синсетийг энэ фазаар боловсруулснаар үгзүйн алдаа, ойлголтыг илэрхийлэхэд тохиромжгүй үгс болон хөнөөлт хэрэглэгчдийн ташаа өгөгдлүүдээс ангижрана гэж итгэж байгаа. Жишээ нь: оролцогчид өмнөх шатанд жишээ болгож авсан синсет, мөн орчуулгын үр дүнгүүдээс үүссэн Монгол синсетийн үгс {'хоолны нөөц', 'хүнсний хангамж', 'идэш', 'хүнсний бүтээгдэхүүн'} хуваарилагдаж иржээ. Энэ нөхцөлд оролцогч, алгасах ба дүйцэлгүй ойлголтоор тэмдэглэхийг эс тооцвол, боломжит 3 үйлдэл гүйцэтгэнэ: 1) синсетийн үг(с) алдаатай бол засаж бичих; 2) синсетийн үг(с) алдаагүй бол засах шаардлагагүй гэж тэмдэглэх; 3) синсетийн үг ойлголтыг илэрхийлэхэд тохиромжгүй бол хасах. Синсетийн үгс болон тайлбарыг үзвэл 'хоолны нөөц', 'хүнсний хангамж' нь ойлголтыг төлөөлж чадахын зэрэгцээ үгзүйн алдаагүй учраас хэвээр үлдэнэ. Харин 'идэш' нь мал амьтны тэжээлийг нэрлэхэд түлхүү хэрэглэдэг учраас хасаж болно. Сүүлчийн үг алдаатай бичигдсэн учраас засаж бичвэл зохих юм.

С. Үнэлэх

Үнэлэх даалгавар нь синсетийн орчуулсан үгсийг гаргаж авах сүүлийн шат. Энэ шатанд оролцогчид өөрт оноогдсон даалгаварт байгаа синсетийн үг тус бүрийг дараах 3 тэмдэглэгээний аль нэгээр дугуйлна: 1) Зөв; 2) Буруу; 3) Мэдэхгүй. Өмнө жишээ болгож авсан синсетийн үнэлгээний даалгаварт {'хоолны нөөц', 'хүнсний хангамж', 'хүнсний бүтээгдэхүүн'} үгс иржээ гэж төсөөлье. Оролцогчийг Монгол хэлний дундаж хавьцаа мэдлэгтэй гэж дүгнэвэл 'хоолны нөөц' гэдэг тийм ч танил сонсогдохгүй учраас мэдэхгүйгээр дугуйлах нь зүйн хэрэг. Харин 'хүнсний хангамж' гэдэг үг бидний өдөр тутмын амьдралд тодорхой хэмжээнд хэрэглэгддэг, дуулддаг тул зөвөөр ангилахад нийцнэ. Нөгөөтгэйгүүр, 'хүнсний бүтээгдэхүүн' нь хоол хүнсээр хангах нөөц гэх ойлголтыг заахад тохиромжгүй тул буруу гэж оноовол зохиж байна.

V. НУТАГШУУЛАЛТЫН ДААЛГАВАР ҮҮСГЭХ АЛГОРИТМ

Засварлах болон үнэлэх даалгаврууд үүсэх дараалал нь өмнөх шатнаас нэгтгэгдэж ирэх дарааллаараа үүснэ. Жишээ нь, засварын даалгаврууд аль дарааллаар үүссэн нь хамаагүй, харин түрүүлж 3 оролцогчоор гүйцэтгэгдсэн даалгавар нь үнэлгээний даалгаврууд руу цуварч орно. Харин орчуулах даалгаврыг айн модноос үүсгэнэ.

Алгоритм 1 Даалгавар үүсгэх алгоритм

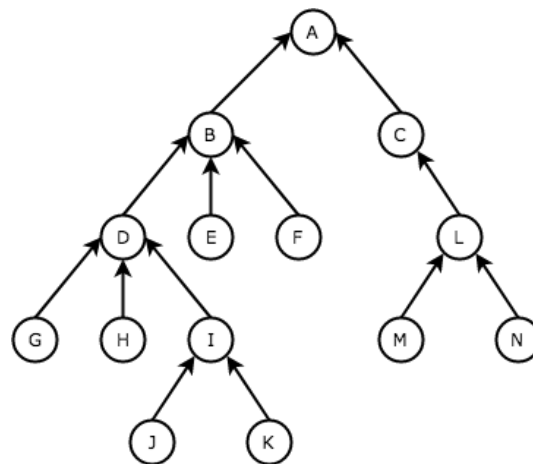
```

1: function traverse(parentId) ▷ parentId-эцэг ойлголтын дугаар
2:   children ← getChildConceptIds(parentId)
3:   childCount ← children.count
4:   if childCount == 0 then
5:     return
6:   for i = 0 to childCount do
7:     generateTask(childreni) ▷ Орчуулгын даалгавар үүсгэх
8:   for i = 0 to childCount do
9:     traverse(childreni)

```

Даалгавар үүсгэх дарааллыг алгоритм 1 дээр үзүүлжээ. Төсөөтэй ойлголтуудаас дараалан даалгавар үүсгэхийн тулд модоор аялах *түвшний* болон *гүний* нэвтрэлтийн алгоритмыг хослуулсан. Энэ функц анх дуудагдахад *parentId* нь айн үндэс зангилааны ойлголтын дугаар байна. Эцэг ойлголтын хүүхэд ойлголт бүрт даалгавар үүсгээд, дараагаар хүүхэд бүрийг нь эцэг ойлголт гэж үзээд функц өөрийгөө дуудна.

Жишээ модноос даалгаврууд үүсгэж байгаа дарааллыг зураг 3-т харууллаа. Энд А зангилааг үндэс ойлголт гэж үзвэл эхлээд В, С зангилаагаар гүйнэ. Дараа нь В зангилааны хүүхдүүдээр гүйгээд эхний хүүхэд болох D зангилааны хүүхдүүдээр аялна. Н, I зангилаанууд хүүхэдгүй тул буцаад J зангилааны хүүхдүүд М, N дээр очих маягаар явна.



Зураг 3. Модноос даалгавар үүсэх дараалал

Нэг эцэгтэй ойлголтуудаас дараалан даалгавар үүсгэх хандлага нь оролцогчдыг ижил төстэй ойлголтуудтай ажиллуулан, тэдний нарийн зааг ялгааг илэрхийлэх үгсийг оноолгоход оршино.

VI. ХЭРЭГЖҮҮЛЭЛТ

A. Програм хангамжийн архитектур

Бидний хөгжүүлсэн системийн програм хангамжийн архитектур нь 7 бүрэлдэхүүн хэсгээс тогтоно. Үүнд:

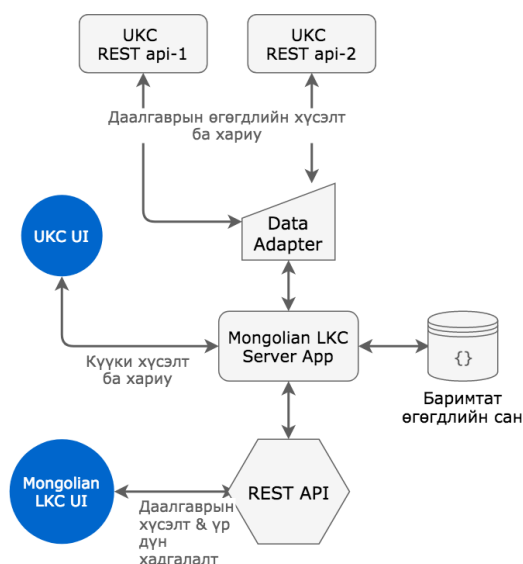
- 1) **UKC REST-1**: Модны эцэг хүү ойлголтуудын дугаарыг авах API; модоор гүйхэд ашиглагдана
- 2) **UKC REST-2**: Аливаа ойлголтын дугаарт харьяалагдах олон хэлний синсетийг авах API
- 3) **Data Adapter**: UKC REST API руу хүсэлт явуулах, ирсэн өгөгдлийг даалгаврын загварын дагуу хувиргах бүрэлдэхүүн
- 4) **Mongolian LKC Server App**: Сервер дээр ажиллаж буй back-end аппликейшн
- 5) **UKC UI**: UKC-ийн хэрэглэгчийн интерфэйс; нэвтэрч орон күүкиг нь олж авснаар UKC REST API руу хандах эрхтэй болно
- 6) **REST API**: Системийн өгөгдлүүдийг UI руу илгээх, хүлээн авах интерфэйсийг програмчилсан системийн API
- 7) **Mongolian LKC UI**: REST API ашиглан backend-ээс даалгаврын өгөгдөл авах, үр дүн хадгалах, нэвтрэх бүхий хэрэглэгчийн интерфэйс

зэрэг багтана (Зураг 4-г харна уу).

B. Ашигласан технологи

Системийг бүхэлд нь MEAN (MongoDB, ExpressJS, Angular, NodeJS) фреймвөркээр кодлов. Цаашид даалгаврын өгөгдлийн бүтэц боломжит шаардлагуудын өөрчлөлтөөс үүдэн өөрчлөлт ороход өгөгдлийн хадгалалтыг уян хатан шинж чанартай байлгах зорилгоор NoSQL санг сонгосон.

Орчин үед Javascript хэлээр дан ганц front-end гэлтгүй back-end талыг ч програмчилдаг болжээ. Маш хялбар



Зураг 4. Mongolian LKC системийн програм хангамжийн архитектур

аргаар, хурдан хугацаанд бидний шаардлагад нийцсэн RESTful API-г хөгжүүлэх үүднээс ExpressJS фреймвөркээр кодлосон юм. Цаашлаад, баримтат өгөгдлийн сан, гадны API-тай харьцахад зориулсан олон олон модулиуд нь ашиглахад тун энгийн агаад өндөр хүчин чадалтай юм.

Эцэст нь системийн front-end-ийг Angular 5 front-end архитектураар, TypeScript хэлээр програмчилсан. Angular-ын *component*, *service*, *data-binding*, *event-binding* зэрэг элементүүд нь front-end хэсгийг цэгцтэй, салангид зохион байгуулах хамгийн оновчтой суурь юм. Мөн Angular Material загвараар харагдацийг Google Translate Community-тай төстэй болгож зохиомжилсон билээ.

VII. ДҮГНЭЛТ

Энэ ажлаар Монгол НМЦ-ийн синсетүүдийг үүсгэх аргачлалыг хэрэгжүүлсэн програм хангамжийн системийг хөгжүүлээ. Бид үүгээр олны хүчийг ашигласан нутагшуулалтын ажлуудад түгээмэл орхигддог оролцогчдод зориулсан даалгавар үүсгэх аргачлалыг, мөн нутагшуулалтын цогц ажлыг цааш улам жижигчилсэн гурван шатлалт хүний оюуны даалгаврыг зохиомжилж хэрэгжүүлсэн юм. Улмаар бид системд оролцогчдыг ажиллуулсны дүнд үүсэх өгөгдлүүдэд шинжилгээ хийн синсетүүдийн чанарыг үнэлэх, цаашлаад аргачлалаа үнэлэх сонирхолтой байгаа. Түүгээр зогсохгүй, синсенийн тайлбарыг орчуулах, синсенийн үгс аль утгаараа өргөн хэрэглэгддэгийг эрэмбэлэх синсенийн үгийн эрэмбэ тогтоох зэрэг ажлууд нь дараа дараагийн шатанд яригдах асуудлууд билээ.

ТАЛАРХАЛ

Энэ судалгааг Монгол улсын их сургуулийн Залуу судлаачийн P2017-2383 дугаартай төслөөс санхүүжүүлсэнд талархаж байна.

Заалт

- [1] T. Berners-Lee, J. Hendler, and O. Lassila, "The semantic web," *Scientific American*, vol. 284, pp. 34–43, May 2001.
- [2] N. Savage, "Gaining wisdom from crowds," *Commun. ACM*, vol. 55, pp. 13–15, Mar. 2012.
- [3] S. Auer, C. Bizer, G. Kobilarov, J. Lehmann, R. Cyganiak, and Z. Ives, "Dbpedia: A nucleus for a web of open data," pp. 722–735, 2007.
- [4] Амарсанаа and Алтангэрэл, "Онтологи нутагшуулахад олны хүчийг ашиглах туршилт," in *Монголын Мэдээллийн Технологийн Эрдэм Шинжилгээний Хурал*, 2015.
- [5] D. Vannella, D. Jurgens, D. Scarfani, D. Toscani, and R. Navigli, "Validating and extending semantic knowledge bases using video games with a purpose," in *ACL*, 2014.
- [6] P. Braslavski, D. Ustalov, M. Mukhin, and Y. Kiselev, "Yarn: Spinning-in-progress," 2017.
- [7] B. Lanser, C. Unger, and P. Cimiano, "Crowdsourcing Ontology Lexicons," 2016.
- [8] O. F. Zaidan and C. Callison-Burch, "Crowdsourcing translation: Professional quality from non-professionals," pp. 1220–1229, 2011.
- [9] M. Benjamin and P. Radetzky, "Multilingual lexicography with a focus on less-resourced languages: Data mining, expert input, crowdsourcing, and gamification," 2014.
- [10] M. G. Rui Yan, E. Pavlick, and C. Callison-Burch, "Are two heads better than one? crowdsourced translation via a two-step collaboration of non-professional translators and editors," *Proceedings of the 52nd Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics (Volume 1: Long Papers)*, vol. 1, pp. 1134–1144.
- [11] V. Ambati, S. Vogel, and J. Carbonell, "Collaborative workflow for crowdsourcing translation," pp. 1191–1194, 2012.
- [12] K. Papineni, S. Roukos, T. Ward, and W. jing Zhu, "Bleu: a method for automatic evaluation of machine translation," pp. 311–318, 2002.
- [13] D. Fišer, A. Tavčar, and T. Erjavec, "slowcrowd: A crowdsourcing tool for lexicographic tasks," 2014.
- [14] N. L. Filip Klubicka, "Using crowdsourcing in building a morphosyntactically annotated and lemmatized silver standard corpus of croatian," 2014.
- [15] TechCrunch, "Facebook taps users to create translated versions of site. spanish, french and german available now," 2008.
- [16] L. von Ahn, "Duolingo: Learn a language for free while helping to translate the web."
- [17] F. Giunchiglia and M. Fumagalli, "Concepts as (recognition) abilities," in *Formal Ontology in Information Systems: Proceedings of the 9th International Conference (FOIS 2016)*, p. 153, 2016.
- [18] G. A. Miller, R. Beckwith, C. Fellbaum, D. Gross, and K. Miller, "Wordnet: An on-line lexical database," *International Journal of Lexicography*, vol. 3, pp. 235–244, 1990.
- [19] K. B. Fausto Giunchiglia and A. A. Freihart, "One world-seven thousand languages," in *19th International Conference on Computational Linguistics and Intelligent Text Processing*, 2018.
- [20] P. G. Iztok Kosem and S. Krek, "Automation of lexicographic work: an opportunity for both lexicographers and crowd-sourcing," in *Electronic Lexicography in the 21st Century: Thinking Outside the Paper. Proceedings of the eLex*, pp. 17–19.
- [21] C. Biemann and V. Nygaard, "Crowdsourcing wordnet," in *Proceedings of the 5th Global WordNet Conference*, (Mumbai, India), 2010.
- [22] A. Rumshisky, "Crowdsourcing word sense definition," in *Proceedings of the 5th Linguistic Annotation Workshop, LAW V '11*, (Stroudsburg, PA, USA), pp. 74–81, Association for Computational Linguistics, 2011.

Төрийн цахим үйлчилгээг төгөлдөржүүлэх зарим асуудалд

Зохиогчийн нэр : Чулуунбаатарын Даариймаа
Докторант, Нийгмийн ухааны тэнхим, БАТС, ШУТИС,
УБ хот, Монгол Улс
Chdaariimaa@must.edu.mn

Хамтран зохиогч: Санжаагийн Байгалтөгс
Доктор(Ph.D), Профессор, Мэдээлэл харилцааны
менежментийн сургууль, ХИС, УБ хот, Монгол Улс
Baigaltugs@gmail.com

Хураангуй— МХХТ-ийг нийгэм, эдийн засгийн бүхий л салбарын үйл ажиллагаанд оновчтой, үр ашигтай хэлбэрээр нэвтрүүлэх хэрэгтэй бөгөөд хүн амын дунд багагүй хувийг эзэлдэг хөгжлийн бэрхшээлтэй иргэд рүү ч гэсэн чиглэсэн байх шаардлагатай. Жил ирэх тусам тэдний тоо нэмэгдэж байгаа нь энэ бүлгийн хүмүүст зориулсан хэрэгцээтэй үйлчилгээг хүссэн үед нь үзүүлэх боломжоор хангах шаардлага бий болж байна. Хөгжлийн бэрхшээлтэй иргэдийн хэрэгцээ нь жирийн иргэдийнхээ эрс ялгаатай бөгөөд тэдгээр хүмүүсийн хязгаарлагдмал чадварын хүрээ нь жирийн стандарт үйлчилгээний арга хэлбэрт хүрч чаддаггүй.

Иймээс тэдгээр иргэдэд төрийн үйлчилгээг хурдан шуурхай хүргэж, төрийн боломжит үйл ажиллагаанд оролцох бололцоог бүрдүүлснээр өөрсдийгөө нийгмээс тусгаарлахгүй байж, алагчлалд өртөх байдал буурч, нийгмийн хөгжил дэвшилтэй хөл нийлүүлэн алхах боломжийг нээн өгнө гэдгийг өмнө хийгдсэн судалгааны дүн харуулсан. Тиймээс тэдгээр иргэдийн хөгжлийн бэрхшээлд нь тохирсон, төрийн үйлчилгээг авахад хүндрэл бэрхшээлийг бууруулах боломжит технологийн шийдлийн аргачлалыг боловсруулахад судалгааны ажлын зорилго оршино.

Түлхүүр үг—Төрийн үйлчилгээ, хөгжлийн бэрхшээл, цахим технологи

I. ОРШИЛ

Сүүлийн жилүүдэд дэлхий нийтэд төдийгүй манай оронд захиргааны шинэтгэлийн хүрээнд олон чухал өөрчлөлтийг хийсний нэг нь төрийн үүргийг хязгаарлаж, төрийн үйлчилгээг сайжруулах явдал байлаа. Төр өөрөө гүйцэтгэх шаардлагагүй ажил үйлчилгээгээ хувийн хэвшил болон иргэний нийгмийн байгууллагуудад шилжүүлэх (outsourcing), төр-хувийн хэвшлийн түншлэл (PPP)-ийг хөгжүүлж зарим томоохон төсөл, хөтөлбөрүүдийг хувийн аж ахуйн нэгжүүдээр концессийн гэрээгээр гүйцэтгүүлэх, зарим ажил үйлчилгээг хувьчлах зэргээр ачааллаа хөнгөвчилж байна.

Монгол Улсын төрийн захиргаа, төрийн албаны өөрчлөлт, шинэчлэлээр иргэдэд чанартай төрийн үйлчилгээ үзүүлэх, үйлчилгээний шинэ хэлбэр нь цахим үйлчилгээ юм. Улс орнууд иргэддээ төрийн үйлчилгээг цахимаар дамжуулан хурдан, шуурхай, байрлал үл харгалзан хүргэх, төрийн байгууллагуудын хоорондын үйл ажиллагаа зардал хэмнэсэн шуурхай явагдах боломж

олгодог гэдэг үүднээс цахим засаглалыг хөгжүүлэхэд анхаарлаа хандуулах болсон.

Тэгвэл төрөөс цахим үйлчилгээг хүргэхдээ хүн амын дунд багагүй хувийг эзэлдэг хөгжлийн бэрхшээлтэй иргэдийг ч тэгш анхаарах ёстой. Тэдний өмнө төрийн үйлчилгээг авахад тулгамдаж буй асуудлыг шийдвэрлэх, тэдэнд чиглэсэн төрийн бодлого, хөтөлбөр боловсруулах шаардлагатай арга хэмжээг авахдаа тусгайлан авч үзэх, улмаар технологийн дэмжлэг үзүүлэх зайлшгүй шаардлагатай.¹

II. ҮНДСЭН ХЭСЭГ

А. Монгол Улсад төрийн цахим үйлчилгээг хүргэж буй өнөөгийн байдал

♣ *Цахим үйлчилгээ гэж юу вэ?*

Мэдээлэл холбооны технологийн орчин үеийн ололтыг төрийн албаны үйлчилгээнд ашиглахыг хэлэх бөгөөд шинэ арга барил нэвтрүүлэх, зохион байгуулалтын өөрчлөлт.

Монгол улсад өнөөгийн байдлаар төрөөс давхардсан тоогоор 262 гаруй үйлчилгээг иргэдэд хүргэж байна. Цахим үйлчилгээ өндөр хөгжсөн улс орнуудын туршлагыг судалж үзэхэд төр, засгийн зүгээс онцгой анхаарч тэргүүлэх чиглэлээ болгон тодорхойлон үе шаттай, олон талт арга хэмжээ хэрэгжүүлсэн нь шийдвэрлэх үүрэг гүйцэтгэсэн байдаг.

1. Хуулийн хүрээнд зохицуулсан байх шаардлагатай харилцаа

- * Төрийн захиргааны байгууллагын ил тод байдал, иргэдийн мэдээлэл авах эрхийг хангах;
- * Хувь хүний нууцлал, хувь хүнийг нууцлалаар нь таних;
- * Төрийн мэдээлэл авах, ашиглах;
- * Цаасгүй баримт, цахим гарын үсэг бий болгох;
- * Баримт бичгийн найдвартай итгэлтэй байдлыг баталгаажуулах;

¹ Үндэсний Хөгжлийн Хүрээлэн. Монгол Улсын төрийн үйлчилгээг цахимжуулахтай холбоотой эрх зүйн орчны өнөөгийн байдлын судалгаа. УБ.: 2014 он

2. Хуулийн хүрээнд зохицуулсан байх шаардлагатай харилцаа

- * Төрийн баримт бичгийг архивлах;
- * Төрийн байгууллагууд мэдээллээ солилцох;
- * Төрийн байгууллагууд дотоод ажлаа стандартжуулах, технологижуулах;
- * Төрийн үйлчилгээ сонголттой байх;
- * Цахим баримт бичгийн тогтолцоо, стандарт гаргах;
- * Зөвлөмжийн шинжтэй эрх зүйн актууд гаргах;
- * Цахим болон цаасан материал адил хүчинтэй байх.

Төрийн бодлого, үйл ажиллагаа, үйлчилгээг иргэдэд цахим хэлбэрээр хүргэхтэй холбоотой эрх зүйн зарим харилцааг зохицуулсан заалт бүхий хууль 33, УИХ-ын тогтоол 7, Засгийн газрын тогтоол 7 байна. Эдгээр хууль тогтоомжуудаар дараах харилцааг зохицуулжээ. Үүнд:

1. Мэдээлэл үйл ажиллагаатай холбоотой харилцааг зохицуулах
2. Харилцаа тогтоохтой холбоотой харилцааг зохицуулах
3. Үйлчилгээ хүргэхтэй холбоотой харилцааг зохицуулах
4. Оролцоог дэмжихтэй холбоотой харилцааг зохицуулах

2018 оны байдлаар хэрэгжиж байгаа зарим хууль тогтоомжуудыг дараах хүснэгтэнд оруулав.

ХҮСНЭГТ 1. Өнөөгийн байдлаар төрийн үйлчилгээг цахимжуулахтай холбоотой хэрэгжүүлж буй хууль эрх зүйн баримт бичгүүд

№	Хуулийн нэр	Батлагдсан огноо
1	Радио долгионы тухай хууль	1999
2	Харилцаа холбооны тухай хууль	1996,2001,2008,2011,2014 он
3	Шуудангийн тухай хууль	2003,2008,2014 он
4	Мэдээллийн ил тод байдал ба мэдээлэл авах эрхийн тухай	2011.06.16 өдөр
5	Цахим Гарын Үсгийн тухай хууль	2011.12.15 өдөр
6	Шилэн дансны тухай хууль	2014.07.01 өдөр
№	Тогтоол	Батлагдсан огноо
1	Мэдээллийн технологийг хөгжүүлэх дунд хугацааны хөтөлбөр	Монгол Улсын Их Хурлын 2002 оны тогтоолын хавсралт
2	Монгол улсад бүртгэл мэдээллийн нэгдсэн тогтолцоог бий болгох үндэсний хөтөлбөр	Монгол Улсын Засгийн Газрын 2008 оны 78 дугаар тогтоолын хавсралт
3	Мэдээллийн аюулгүй байдлыг хангах үндэсний хөтөлбөр	Монгол Улсын Засгийн Газрын 2010 оны 141 дугаар тогтоолын хавсралт

4	Радио, телевизийн өргөн нэвтрүүлгийн сүлжээг тоон технологид шилжүүлэх үндэсний хөтөлбөр	Монгол Улсын Засгийн Газрын 2010 оны 275 дүгээр тогтоолын хавсралт
5	Өрх бүрт шуудан үндэсний хөтөлбөр	Монгол Улсын Засгийн Газрын 2011 оны 126 дугаар тогтоолын хавсралт
6	Өндөр хурдны өргөн зурвасын сүлжээ үндэсний хөтөлбөр	Монгол Улсын Засгийн Газрын 2011 оны 145 дугаар тогтоолын хавсралт
7	Цахим Засаг үндэсний хөтөлбөр /2012-2016 он/	Монгол Улсын Засгийн Газрын 2012 оны 101 дүгээр тогтоолын хавсралт
8	Төрийн үйлчилгээний цахим машины талаар авах зарим арга хэмжээний тухай	Монгол Улсын Засгийн Газрын 2015 оны 23 дугаар тогтоолын хавсралт

ХҮСНЭГТ 2. Төрийн үйлчилгээг цахимжуулахтай холбоотой зарим бодлогын баримт бичгийн тойм

(Эх сурвалж: Харилцаа Холбооны зохицуулах хороо)

Батлагдсан огноо	Хэрэгжүүлэх хугацаа	Бодлогын баримт бичгийн үндсэн зорилго
1. Монгол улсад бүртгэл мэдээллийн нэгдсэн тогтолцоог бий болгох үндэсний хөтөлбөр		
Засгийн Газрын 2008 оны 78 дугаар тогтоол 2008.02.27	2008-2012	Төрөөс иргэд, байгууллагад үзүүлэх үйлчилгээг хүртээмжтэй, шуурхай болгох, түүний чанарыг сайжруулах, бүртгэлийн төгөлдөршлийг бүрдүүлэх, улмаар хүнд суртал, авилгатай тэмцэх зорилготой.
2. Мэдээллийн аюулгүй байдлыг хангах үндэсний хөтөлбөр		
Засгийн Газрын 2010 оны 141 дүгээр тогтоол 2010.06.02	2010-2015	Монголын Улсын төрийн байгууллага, төрийн бус байгууллага, иргэд, аж ахуйн нэгж, байгууллагын цахим мэдээллийн сан, мэдээлэл түүнийг дэмжих дэд бүтцийн цахим аюулгүй байдлыг хангах арга хэмжээг үе шаттайгаар хэрэгжүүлэх замаар үндэсний аюулгүй байдал, иргэдийн үндсэн эрх, эрх чөлөөг баталгаажуулахад оршино.
3. Радио, телевизийн өргөн нэвтрүүлгийн сүлжээг тоон технологид шилжүүлэх үндэсний хөтөлбөр		
Засгийн Газрын 2010 оны 275 дугаар тогтоол 2010.10.27	2010-2015	Монгол Улсын радио, телевизийн өргөн нэвтрүүлгийн сүлжээг тоон технологид бүрэн шилжүүлснээр, өргөн нэвтрүүлгийн үйлчилгээг бүх иргэдэд чанартай, хүртээмжтэй, илүү их мэдээллийг хүртээх, мэдээлэл харилцаа холбооны шинэ төрлийн үйлчилгээг нэвтрүүлж, хэрэглээг нэмэгдүүлэх, Монгол Улсын Засгийн газрын үйл ажиллагааны хөтөлбөрийг хэрэгжүүлэхэд оршино.
4. Өрх бүрт шуудан үндэсний хөтөлбөр		
Засгийн Газрын 2011 оны 126 дугаар тогтоол 2011	2011 оноос хойш	Монгол Улсад шуудангийн үндсэн сүлжээг бий болгох, үндсэн сүлжээний дамжуулах чадварыг сайжруулж, сүлжээгээр дамжих уламжлалт үйлчилгээний нэр төрлийг нэмэгдүүлж мэдээллийн технологид тулгуурласан шинэ нэр төрлийн үйлчилгээ, хэрэглээг нэвтрүүлэх, шуудангийн үйлчилгээг хүртээмжтэй, шуурхай, найдвартай хүргэх боломжийг бий болгоход энэхүү хөтөлбөрийн зорилго оршино.
5. Өндөр хурдны өргөн зурвасын сүлжээ үндэсний хөтөлбөр		
Засгийн Газрын 2011 оны	2011-2015	Мэдээлэл, харилцаа холбооны өндөр хурдны өргөн зурвасын сүлжээ байгуулах, өргөтгөх, ашиглах,

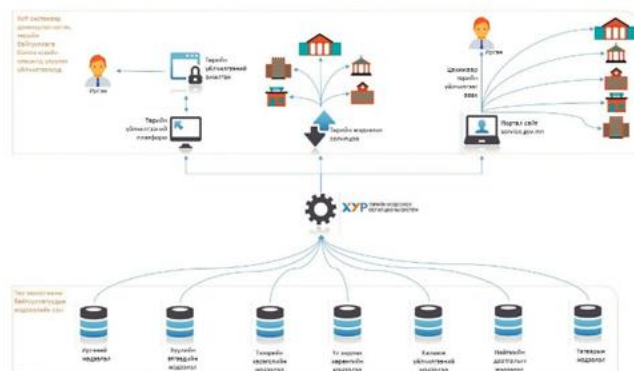
145 дугаар тогтоол 2011.05.03		ээмших, хөгжүүлэх хууль эрх зүй, зохицуулалтын таатай орчин бүрдүүлэх, цаашид хийх арга хэмжээг нарийвчлан тодорхойлсон.
6. Цахим засаг үндэсний хөтөлбөр		
Засгийн Газрын 2012 оны 101 дүгээр тогтоол 2012.04.04	2012-2016	Төрийн байгууллагын үйл ажиллагааг ил тод, нээлттэй байлгах, төрийн бодлого боловсруулахад иргэдийн оролцоог нэмэгдүүлэх, төрийн үйлчилгээг хүртээмжтэй, чирэгдэлгүй болгож, цахим үйлчилгээг хөгжүүлж нэвтрүүлэх зорилго, зорилтуудыг тодорхойлсон болно.

Баримт бичгүүд хэрэгжсэнээр тодорхой салбар, байгууллагуудад шат дараалалтай ажлууд хийгдэж зарим үр дүнд хүрсэн байна. Тухайлбал, зарим томоохон үр дүнгээс дурьдвал:

- * Үндэсний дата төв байгуулагдсан;
- * Цахим үйлчилгээг бий болгох тухай хууль эрх зүйн орчин сайжирсан;
- * Бүх нийтийг компьютержүүлэх хөтөлбөрүүд хэрэгжиж, компьютерийн хүрэлцээ хангамж сайжирсан;
- * Интернетийн үйлчилгээ сайжирч, хямд үнээр интернет хэрэглэх боломжтой болсон;
- * Төрийн байгууллагуудын веб порталын үйл ажиллагаа сайжирсан;
- * Аймаг, нийслэл, дүүргийн бүртгэлийн үйл ажиллагааг онлайн сүлжээнд холбосон;
- * Аж ахуйн нэгжүүд татварын тайлангаа цахим хэлбэрээр өгдөг болсон;
- * Нэг цэгийн үйлчилгээг бий болгосон;
- * Иргэдийн санал, гомдлыг утсаар болон цахим хэлбэрээр авч шийдвэрлэдэг болсон (11-11 төв)
- * Улаанбаатар хотод болон 21 аймгуудад ТҮЦ машинуудыг ажиллуулж эхэлсэн;
- * Монгол Улсын иргэний цахим бүртгэлийн санг цахим хэлбэрт хөрвүүлэх, бүртгэлийн нэгдсэн санд нэгтгэх ажлууд хийгдсэн байна.²
- * [Www.e-zasag.mn](http://www.e-zasag.mn) төрийн үйлчилгээний цахим системийн веб порталыг нээн ажиллуулж эхэлсэн;
- * Хамгийн сүүлд 2016 онд “Төрийн мэдээлэл солилцооны системийн талаар баримтлах бодлогын чиглэл” батлагдсантай холбогдуулан “ХҮР” мэдээллийн системийг бий болгоод байна. Төрийн бүх байгууллагууд уг системд нэгдэж, мэдээллээ солилцох боломжийг бүрдүүлснээр иргэд төрийн ямар ч үйлчилгээг нэг доороос авах боломжийг бий болгосон. Төрийн мэдээлэл солилцооны системийг технологийн шийдлийн

² Үндэсний Хөгжлийн Хүрээлэн “Монгол Улсын төрийн үйлчилгээг цахимжуулахтай холбоотой эрх зүйн орчны өнөөгийн байдлын судалгаа” УБ.,

хувьд нээлттэй эхийн платформ дээр суурилан хөгжүүлэлтийг хийж эхэлсэн. Мэдээлэл солилцооны системийн “Enterprise Service Bus” архитектурт тулгуурлан хөгжүүлснээр аюулгүй байдал, найдвартай ажиллагааг хангах ба төрийн байгууллага хооронд мэдээлэл солилцоход хурдан шуурхай, хялбар болно.



Зураг.1. ХУР мэдээллийн системийн ерөнхий бүтэц

ХҮР мэдээллийн системийг нэвтрүүлэхдээ манай хүн амын дунд багагүй хувийг эзэлдэг хөгжлийн бэрхшээлтэй иргэдийг хамруулан мэдээллэл хүлээн авах боломжийг нь бүрдүүлж шаардлагатай. Жил ирэх тусам тэдний тоо нэмэгдэж байгаа нь энэ бүлгийн хүмүүст зориулсан хэрэгцээтэй үйлчилгээг хүссэн үед нь үзүүлэх боломжоор хангах шаардлага бий болж байна. Төрөөс бүх иргэддээ хүргэх, иргэд хүссэн үедээ шуурхай уг үйлчилгээг хүртэж байх нь үйлчилгээ үзүүлэгч, хүртэгч хоёрын аль алинд нь чухал байх болно.

Хөгжлийн бэрхшээлтэй иргэдийн хэрэгцээ нь жирийн иргэдийнхээс эрс ялгаатай бөгөөд тэдгээр хүмүүсийн хязгаарлагдмал чадварын хүрээ нь жирийн стандарт үйлчилгээний арга хэлбэрт хүрч чаддаггүй. Иймээс тэдгээр иргэдэд төрийн үйлчилгээг хурдан шуурхай хүргэж, төрийн боломжит үйл ажиллагаанд оролцох бололцоог бүрдүүлснээр өөрсдийгөө нийгмээс тусгаарлахгүй байж, алагчлалд өртөх байдал буурч, нийгмийн хөгжил дэвшилтэй хөл нийлүүлэн алхах боломжийг нэгэн өгнө гэдгийг өмнө хийгдсэн судалгааны дүн харуулсан.

III. Хөгжлийн бэрхшээлтэй иргэдэд үзүүлж буй төрийн цахим үйлчилгээний өнөөгийн байдал

Монгол Улсад хөгжлийн бэрхшээлтэй иргэдийн талаарх статистик мэдээлэл учир дутагдалтай байгаа ч 2017 онд Монгол Улсын Үндэсний Статистикийн Хорооноос 103630 иргэн амьдардаг гэсэн судалгааг гаргажээ. Үүнээс Улаанбаатар хотод 34246 иргэд амьдарч байна. Жилд хөгжлийн бэрхшээлтэй иргэдийн тоо 4-5 хувиар нэмэгддэг байна. Олон улсын түвшинд болон

манай улсад Дэлхийн Эрүүл Мэндийн Байгууллагаас гаргасан зөвлөмжийн дагуу хөгжлийн бэрхшээлийг зургаа ангилан авч үздэг.

ХҮСНЭГТ 3. Монгол Улсад амьдарч буй хөгжлийн бэрхшээлтэй иргэдийн тоо /16 ба түүнээс дээш/

(Эх сурвалж: Үндэсний Статистикийн хороо)

№	Хөгжлийн бэрхшээлийн хэлбэр	Залуу үе 16-35 нас		Насанд хүрэгчид 36-60 нас		Хөгшчүүд 60-аас дээш		Нийт
		Эр	Эм	Эр	Эм	Эр	Эм	
1	Харааны	1727	1753	3256	2731	2044	2281	16631
2	Сонсгол	1462	1400	1676	1703	935	939	12633
3	Хэл яриа	641	586	1264	1285	658	751	5999
4	Хөдөлгөөн	2409	1859	4401	3154	1196	1450	28874
5	Сэтгэцийн	1352	1133	1713	1605	573	613	18848
6	Хавсарсан бусад	3663	3362	8271	7983	2119	1883	20645
Нийт								103630

2017 оны улсын хэмжээнд хийгдсэн хөгжлийн бэрхшээлийн иргэдийн талаарх судалгаанд харааны бэрхшээлтэй 16631 (16.1%), ярианы бэрхшээлтэй 5999 (5.9%), сонсголын бэрхшээлтэй 12633 (12.1%), хөдөлгөөний бэрхшээлтэй 28874 (27.8%), сэтгэцийн 18848 (18.2%), хавсарсан бусад төрлийн бэрхшээлтэй 20645 (19.9%) иргэд амьдарч байна.

Хөгжлийн бэрхшээлтэй иргэдийн 55.2 хувийг эрэгтэйчүүд үлдсэн 44.8 хувийг эмэгтэйчүүд эзэлдэг бөгөөд тэдний 50.1 хувь нь хөдөө орон нутагт амьдардаг байна. Түүнчлэн хөгжлийн бэрхшээлтэй нийт иргэдийн 35.5 хувь нь төрөлхийн, үлдсэн 64.5 хувь нь олдмол хөгжлийн бэрхшээлтэй байна. Олдмол хөгжлийн бэрхшээлтэй иргэдийн 62.6 хувь нь ердийн өвчнөөр, 8.7 хувь нь мэргэжлээс шалтгаалах өвчнөөр, 2.7 хувь нь үйлдвэрлэлийн ослоор, 10.2 хувь нь бусад шалтгаанаар хөгжлийн бэрхшээлтэй болжээ. Нийт хөгжлийн бэрхшээлтэй хүмүүсийн 20.5 хувь нь бүрэн бус дунд, 19.5 хувь нь бага боловсролтой бөгөөд боловсролгүй хүмүүсийн 72.6 хувь нь бичиг үсэг мэдэхгүй байна.

Мэдээлэл харилцаа, холбооны технологийн тусгай хэрэгцээнд зориулсан технологи нь маш олон төрөл байдаг боловч үндсэн гурван төрлүүдэд ангилагддаг.

Үүнд:

1. Орлуулах;
2. Сурган хүмүүжүүлэх;
3. Харилцаа холбооны хэрэгцээнд зориулагдсан гэж ангилна.³

* Орлуулах хэрэгцээнд зориулсан МХХТ

Ямарваа нэгэн шинэ технологийг харааны бэрхшээлтэй иргэн өөрт хэрэгцээний туслах технологи болгон ашиглах явдал юм. Өөрөөр хэлбэл ямар нэгэн чадварын дутмаг байдлыг технологи орлож чадаж байна гэсэн үг юм.

* Сурган хүмүүжүүлэх үйл ажиллагаанд зориулсан МХХТ

Хувь хүнийг хүмүүжүүлэх хийгээд боловсролын бүхий л төрлийн сургалтын төлөвлөгөө нь хувь хүн бүрийн өөр өөр хэрэгцээ шаардлага, чадвартай бүрэн зохицож чаддаггүй учраас үүнийг дэмжих зохистой арга хэлбэрийг сонгох нь чухал болсон.

* Харилцаа холбооны үйл ажиллагаанд зориулсан МХХТ

Технологи нь харааны бэрхшээлтэй хүмүүсийн харилцаа холбооны зуучлах хэрэгсэл болж байгаа бөгөөд туслах технологи болон програмууд нь өөр өөр зориулалттай байна.⁴

ХҮСНЭГТ 4. Өнөөгийн байдлаар ХБИргэдэд төрийн үйлчилгээг цахим хэлбэрээр хүргэж буй талаарх хэрэгжүүлж буй баримт бичгүүд

№	Хуулийн нэр	Хуулийн заалт	Тайлбар	Хэрэгжиж байгаа эсэх
1	Цахим Засаг үндэсний хөтөлбөр	5.2.7. Технологийн шинэчлэл, үүлэн тооцооллын технологи нэвтрүүлж эхлэх. 5.3.1. төрийн байгууллагын вэбсайтын контентийн чанарыг сайжруулж, тухай бүрт нь баяжилт, шинэчлэлт хийж хэвших; 5.3.2. төрийн байгууллагын дотоод үйл ажиллагааг илүү хяналттай, өндөр бүтээмжтэй болгох зорилгоор гүйцэтгэлд тулгуурласан үнэлгээний мэдээллийн системийг нэвтрүүлэх; 5.3.3. эрэлт ихтэй, иргэдэд чирэгдэл учруулан ачааллыг үүсгэдэг төрийн үйлчилгээг үе шаттайгаар цахим хэлбэрт шилжүүлэх; 5.4.5. цахим засгийн үйлчилгээг хөгжүүлэхэд чиглэсэн судалгаа, шинжилгээний ажлыг бүх талаар дэмжих; Гэрийн ажилтай эмэгтэйчүүд, өндөр настан болон хөгжлийн бэрхшээлтэй иргэдэд хандсан цахим болон явуулын сургалт зохион байгуулах.	Төрийн байгууллагын үйл ажиллагааг ил тод, нээлттэй байлгах, төрөөс үзүүлж байгаа үйлчилгээг хүртээмжтэй, чирэгдэлгүй болгоход чухал хөтөлбөр болсон. Мөн цахим хэлбэрээр мэдээлэл солилцох харилцааг хангах, цахим засгийг хөгжүүлэх нэг алхам болж байгаа ч харааны бэрхшээлтэй иргэдийн төрийн мэдээ, мэдээлэл, үйлчилгээг авах хэрэгцээг хангах цахим тоног төхөөрөмжийг тусгайлан нэмж оруулах шаардлагатай байна.	+
2	Төрийн үйлчилгээний цахим машины талаар авах зарим арга хэмжээний тухай	1.Төрийн үйлчилгээний цахим машинаар хүргэж байгаа үйлчилгээний хөлсний хэмжээг Мэдээллийн ил тод байдал ба мэдээлэл авах эрхийн тухай хуулийн 16.2-г заасны дагуу тогтоох; 2.ТҮЦ машины ашиглалт, үйлчилгээг Засгийн газрын тухай хуулийн 19 дүгээр зүйлийн 1 дэх хэсэг, Төсвийн тухай хуулийн 30 дугаар зүйлд заасны дагуу явуулах;	Төрийн үйлчилгээний цахим машинаар хүргэж байгаа үйлчилгээний хөлсний хэмжээг Мэдээллийн ил тод байдал ба мэдээлэл авах эрхийн тухай хуулийн 16.2-г заасны дагуу тогтоох;	+

³ Монгол Улсын Шинжлэх Ухааны академи. Хөгжлийн бэрхшээлтэй иргэд //сэдэвчилсэн судалгаа. УБ.: 2010 он

⁴ Монгол Улсын Шинжлэх Ухааны академи. Хөгжлийн бэрхшээлтэй иргэдэд зориулсан гарын авлага. УБ.: 2008, 2011 он. с. хх.5 – 20

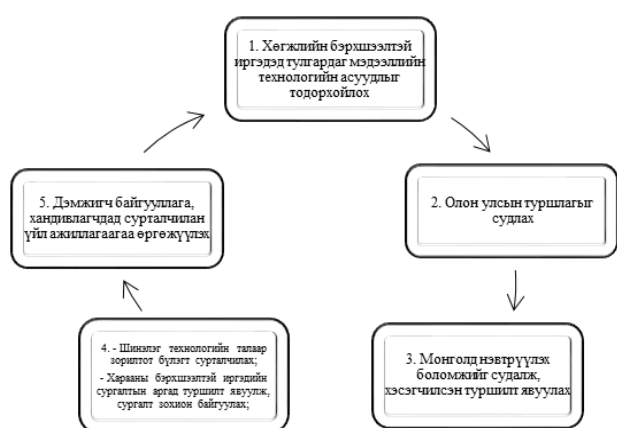
Тайлбар: Дээрх хүснэгтэнд өнөөгийн байдлаар ХБИргэдэд төрийн үйлчилгээг цахим хэлбэрээр хүргэж буй талаарх хэрэгжүүлж буй хууль тогтоомжуудын зүйл, заалтуудыг оруулсан. Төрийн үйлчилгээг хөгжлийн бэрхшээлтэй иргэдэд хүргэхдээ шаардлагатай нэмэлт үйлчилгээг үзүүлэх, сургалт зохион байгуулах зэргээр хуульчилж өгсөн байна.

IV. ЦАХИМ ТЕХНОЛОГИТОЙ ХОСЛУУЛАН ТӨРИЙН ҮЙЛЧИЛГЭЭГ ХҮРГЭХ БОЛОМЖУУД

Хөгжлийн бэрхшээлтэй иргэдийн хэрэгцээ нь жирийн иргэдийнхээс эрс ялгаатай бөгөөд хязгаарлагдмал байдлаасаа болж стандарт үйлчилгээг тэр бүр авч чаддаггүй. Иймээс тэдгээр иргэдэд төрийн үйлчилгээг цахим хэлбэрээр хүргэхэд мэдээлэл, харилцаа холбооны технологи голлох үүргийг гүйцэтгэх ба шаардлагатай технологийг нэвтрүүлэх нь тэдгээр иргэд нийгмээс өөрсдийгөө тусгаарлахгүй байж, алагчлалд өртөх байдал нь буурч, нийгмийн хөгжил дэвшилтэй хөл нийлүүлэн алхах боломжийг нээн өгнө гэдгийг өмнөх судалгааны дүн харуулсан.

Хөгжлийн бэрхшээлтэй иргэд ихэвчлэн Нийгмийн халамж, Эрүүл мэндийн байгууллага, Төрийн анхан, дунд шатны хороо, дүүрэг зэрэг байгууллагуудаар ихэвчлэн үйлчлүүдэг бөгөөд сардаа 1-2 удаа бэрхшээлийн төрлөөс хамааран ганцаараа эсвэл асран хамгаалагчтай хамтаар очин үйлчлүүлдэг байна. Миний судалгааны ажлын зорилгоор бие даан төрийн үйлчилгээг авах боломжтой хөгжлийн бэрхшээлтэй иргэдийг эхний ээлжинд сонгон авсан. /Үүнд: Харааны бэрхшээлтэй, сонсголын бэрхшээлтэй, хөдөлгөөний бэрхшээлтэй иргэд орно./

Хөгжлийн бэрхшээлтэй иргэдэд зориулсан үйлчилгээнд МХХТ-ийг нэвтрүүлэх үе шатуудыг зураг 2-д харуулав.

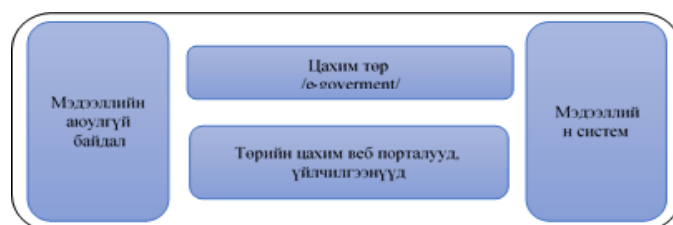


Зураг.2. Хөгжлийн бэрхшээлтэй иргэдэд зориулсан үйлчилгээнд МХХТ-ийг нэвтрүүлэх үе шатууд

Өнөөгийн байдлаар ХҮР мэдээллийн системийг нэвтрүүлснээр төрийн байгууллагууд хоорондоо холбогдож мэдээлэл солилцон, нээлттэй байдал үүсэж байгаа боловч манай улсад цахим засгийн болон мэдээллийн аюулгүй байдлын тухай хууль байхгүй байгаа нь мэдээлэл алдагдах байдал үүсэж болзошгүй юм. Мэдээллийн аюулгүй байдал - “Control Case” компаний судалгаагаар төрийн үйлчилгээ нь хамгийн өндөр түвшинд хамгаалагдах ёстойг тодорхойлсон байдаг. Дэлхийн ISO/IEC 27001:2005 стандартын дагуу мэдээллийн технологийн аюулгүй байдлыг хангаж ажиллах шаардлагатай. Тиймээс дараах хуулиудыг яаралтай батлах шаардлага үүсэж байна.

Шинээр боловсруулах шаардлагатай байгаа хуулиуд:

1. Өгөгдөл хамгаалах тухай хууль
2. Кибер гэмт хэргийн тухай хууль
3. Цахим засгийн тухай хууль
4. Мэдээллийн аюулгүй байдлын тухай хууль
5. Цахим гүйлгээ, төлбөр тооцооны тухай хууль



Зураг.3. Цахим засаглалын систем

V. ДҮГНЭЛТ

Төрөөс харааны бэрхшээлтэй иргэдэд анхаарсан төрөл бүрийн арга хэмжээ авч байгаа хэдий ч амьдрал дээр тэр болгон бүрэн хэрэгжихгүй саад тотгортой учирсаар байна. Харааны бэрхшээлтэй иргэдээ орхилгүй тэдгээр иргэдэд хүртээмжтэй төрийн цахим үйлчилгээг хүргэх шаардлагатай байна.

Харааны бэрхшээлтэй иргэн нийгмийн амьдралд үл үзэгдэгч байдлаар амьдарч байгаа нь тэднийг алагчлаж, тэгш боломж эдлүүлж чадахгүй байгаагаар холбоотой. Тийм учраас ядаж төрийн үйлчилгээг цахим хэлбэрээр авах боломжийг бүрдүүлэхэд эрэлхийлэн ажиллах шаардлагатай. Тэдгээр иргэдийн мэдээлэл авах байдал нь жирийн иргэдээс эрс ялгаатай учраас онцлог чадварт нь тулгуурласан техник технологийг гадаад орнуудын туршлагаас судлан, Монголд нэвтрүүлж болох юм. Мөн харааны бэрхшээл үүсэх шалтгаан нөхцлийг судлах, тодорхой хэмжээгээр бууруулах асуудлыг төр анхаарах нь зүйтэй.

Энэхүү судалгааны ажлаараа хөгжлийн бэрхшээлтэй иргэдэд төрийн цахим үйлчилгээг хэрхэн хүртээмжтэй хүргэх асуудлыг хөндөж тавьсанаараа төрийн үйлчилгээг сайжруулах ач холбогдолтой болж байна. Харааны бэрхшээлтэй иргэдэд төрөөс тэтгэвэр, тэтгэмж, мөнгөн тусламж олгож байгаа хэдий ч хөгжлийн бэрхшээлийн

онцлогт нь тохирсон, хэрэгцээнд нь нийцсэн үйлчилгээ шаардлагатай.

НОМ ЗҮЙН ЖАГСААЛТ

- [1] Үндэсний Хөгжлийн Хүрээлэн. Монгол Улсын төрийн үйлчилгээг цахимжуулахтай холбоотой эрх зүйн орчны өнөөгийн байдлын судалгаа. УБ.: 2014 он. с. хх.15 –20
- [2] Мэдээлэл, харилцаа холбоо, технологийн газар. Мэдээллийн технологийн цаашдын зорилт. УБ.: 2005 он. с. хх.15–19
- [3] Монгол Улсын мэдээлэл, холбооны технологийн хөгжлийн 2010 он хүртэлх үзэл баримтлал. Монгол Улсын Их Хурлын тогтоол. УБ.: 2010 он.
- [4] Харилцаа холбооны зохицуулах хороо. Интернетийн үйлчилгээ үзүүлэгч байгууллагуудын судалгаа. УБ.: 2013 он.
- [5] Монгол улсын хүний эрхийн үндэсний комисс. Хөгжлийн бэрхшээлтэй хүний эрх УБ.: 2006 он. с. хх.5 –15
- [6] Японы Нийгмийн Халамжийн Их Сургууль, МУБИС-ийн Нийгмийн ажлын тэнхим, Хүүхдийн эрхийн төв, Хөгжлийн бэрхшээлтэй иргэд, тэдний гэр бүлийн амьдралын нөхцөл байдал //Сэдэвчилсэн судалгаа. УБ.: 2006 он. с. хх.3 – 20
- [7] Ханнс Зайделийн Сан, Монголын Хөгжлийн бэрхшээлтэй Иргэдийн Холбоо, Хөгжлийн бэрхшээлтэй иргэдийн холбогдолтой хууль тогтоомжууд. УБ.: 2009 он. с. хх.7 – 10
- [8] Монгол Улсын Шинжлэх Ухааны академи. Хөгжлийн бэрхшээлтэй иргэдэд зориулсан гарын авлага. УБ.: 2008, 2011 он. с. хх.5 – 20
- [9] Монгол Улсын Шинжлэх Ухааны академи. Хөгжлийн бэрхшээлтэй иргэд //сэдэвчилсэн судалгаа. УБ.: 2010 он. с. хх.15 – 20
- [10] Болороо.Н. Хамтдаа харъя. УБ.:2008 он. с. хх. 6-26
- [11] Батцэнгэл.Г. Хөгжлийн бэрхшээлтэй хүүхдийн сурган, сэтгэл зүйн зарим асуудал. УБ.:2007 он. с. хх.50 – 65
- [12] Ишикура.К., Исава.Ш., Батцэнгэл.Г. Хөгжлийн бэрхшээлтэй хүүхэдтэй ажиллах онол арга зүйн зарим асуудал. УБ.:2010 он. с. хх.12 – 15
- [13] Монгол Улсын Үндэсний Статистикийн Хороо. Хараагүй иргэдийн статистик тоо баримтууд. Интернет: <http://www.nso.mn>,
- [14] UNESCO Institute for Information Technologies in Education (IITE). “Information and communication technology in special education” Analytical Survey, Moscow, 2001 World Summit on the Information Society. 2013
- [15] ICTs and the Millennium Development Goals. UN 55th General Assembly. 2000

Preliminary Study for Curriculum Development in Software Engineering

Ankhtuya Ochirbat
Department of Information and Computer Science
National University of Mongolia
Mongolia
ankhaa8@gmail.com

Abstract— An industry in software development is rapidly growing every year with new technologies and emerging innovations. As results, employees who have been in the ICT industry for eras regularly need to acquire new skills and to update with new technologies. With the growing knowledge and vast variety of different jobs available to graduates, it is not possible to educate students with all necessary skills that they will need for different potential jobs. However, one of the main duties for universities is to prepare students for their future careers and to ensure that they are equipped with the knowledge and skills necessary to succeed after graduation. In order to bridge the gap between graduate competency and industry expectation as well as revising curriculums, we evaluated current computing curriculums in our university according to their course description and learning outcome with ACM/IEEE-CS Joint Task Force's curriculum guideline and announced job dataset. In this study, we introduce a software engineering curriculum as a case study.

Keywords— *academia-industry gap, learning outcome, software engineering curriculum, CDIO, bloom taxonomy*

I. INTRODUCTION

Computing is a rapidly arising domain and will continue to change for the foreseeable future. It has compelled educational intuitions to update existing curricula of computing degree programs to meet the needs of the time. Institutions are trying to address how to meet the needs of the students studying in computing and other newly emerging disciplines as they are being considered responsible of producing well-rounded computing graduates equipped with professional competencies ready to work. The practice of developing a model curriculum in the computing domain started in 1965 when the Association for Computing Machinery (ACM) for Computer Science curriculum published their recommendations [1].

CDIO (Conceive, Design, Implement, and Operate) is Innovative educational framework, applied in engineering education programs, based on engineering fundamentals of Conceiving, Designing, Implementing, and Operating real world systems and products to produce next generation engineers [2]. The general objective of the CDIO Syllabus is to summarize formally a set of knowledge, skills and attitudes that alumni, industry and academia desire in a future generation of young engineers. The Syllabus can be used to define expected

outcomes in terms of learning objectives of the personal, interpersonal and system building skills necessary for modern engineering practice. The required skills of engineering are best defined through the examination of the practice of engineering for which we prepare our students.

The main goal of this research is to identify a current situation of a software engineering curriculum of our university using computing curricula and industrial skills in order to polish the SE curriculum for curriculum development continuously and keep it up with emerging ICT development.

The rest of the paper is organized as follows. Section II presents background. In Section III, we introduce datasets and the methodology. Section IV provides results and discussions. Finally, Section V contains the conclusion and future work.

II. BACKGROUND

A. Software engineering curriculum 2014 (SE2014)

SE2014 updated version of the curriculum guidelines was created by a joint effort of the ACM and the IEEE-computer society [3]. A main purpose of the guideline is to supply guidance to academic institutions and accreditation agencies about what should constitute an undergraduate software engineering education. 477 software engineering educators and practitioners in 42 different countries attended an online anonymous survey on that subject.

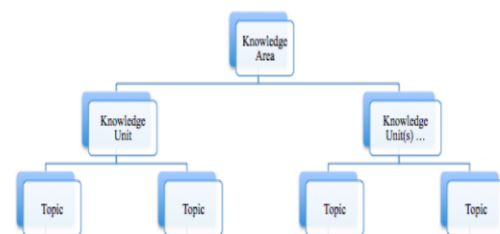


Fig 1. Knowledge area structure

The Software Engineering Education Knowledge is organized hierarchically into three levels (See Fig. 1). The highest level of the hierarchy is the education *knowledge area*, representing a particular sub-discipline of software engineering that is generally recognized as a significant part of the software

engineering knowledge that an undergraduate should know. Knowledge areas are high-level structural elements used for organizing, classifying, and describing software engineering knowledge. Each area is broken down into smaller divisions called *knowledge units*, which represent individual thematic modules within an area. Each unit is further subdivided into a set of *topics*, which are the lowest level of the hierarchy.

B. Current curriculum

National University of Mongolia (NUM) is one of the leading university in Mongolia. There are 154 bachelor programs in 5 component and 2 branch schools with about 16000 undergraduate and 4000 graduate students. Department of Information and Computer Science, NUM offers four majors: computer science, software engineering, information technology, and information system. Software engineering and information technology programs are ASIIN accredited in 2017.

In this study, we consider only software engineering program. The software engineering program prepares its graduates for many types of careers in the computing industry as well as for graduate study in software engineering and in closely related disciplines. It consists of four main parts: general education, core, major, and free elective. But we eliminated courses of general education part from our analyzation of contents in order to prevent noises of contents.

C. Bloom taxonomy

A Classification of Educational Goals was established in 1956 by Dr. Benjamin Bloom, an educational psychologist, and is often referred to as Bloom's Taxonomy [4]. This classification divided educational objectives into three learning domains: Cognitive (knowledge), Affective (attitude) and Psychomotor (skills). In 2000, Lorin Anderson and David Krathwohl updated Bloom's seminal framework to create Bloom's Revised Taxonomy, focusing on the Cognitive and Affective Domains [5] (see Fig. 2).



Fig 2. Bloom taxonomy [9]

In computing curricula, the ACM Committee for Computing Education in Community Colleges uses the Cognitive domain to assess student mastery of learning outcomes. There are six levels in the taxonomy for the Cognitive domain, progressing from the lowest order processes to the highest (see Fig. 3).

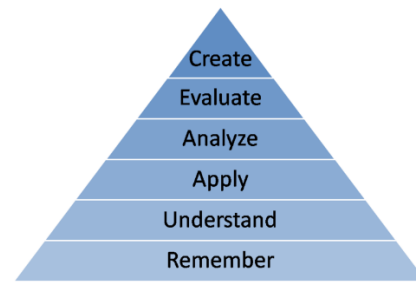


Fig 3. Bloom's revised taxonomy

III. METHODOLOGY

A. Dataset

Job data. The main job dataset involves 12000 entries for job representation, which includes the following fields: Id is a unique identifier for each job, Title is a job title, Description is a full text of the job, Location is the location of a company, Company is the name of an employer, Category is a job class, such as IT jobs, Salary is the annualized salary of the job, and Source Name is the reference to the job website.

SE2014. SE2014 is categorized into 10 Knowledge Areas (KAs). Each KA comprises Knowledge Units (KUs). There are 37 KU in total. Each KU has topics. 217 topics were identified in KUs entirely. Topics are identified to relevance to the core as Essential (E = 204) and Desirable (D = 13). The cognitive skill level for each topic is specified as Knowledge (k = 64), Comprehension (c = 65), and Application (a = 75) in Essential.

Skill data. A skill dataset consists of 2,800 entries, which are related to computer sciences. Descriptions of each skill are extracted from Wikipedia. Then we matched each job skill to knowledge units of SE2014 using TF-IDF and Cosine-Similarity.

B. Text pre-processing

Pre-processing techniques include: Tokenization, stop word removal, and Stemming of NLP employed in our work for removing noise and unwanted textual content. This step can be divided into four steps.

1) Parser of HTML tags: if extracted contents enclosed in HTML tags, we use PHP HTML DOM Parser for finding wanted contents (or separating unwanted parts).

2) Tokenization: It is a segmentation process of chopping textual contents unit up into words, phrases, and symbols. In this study, word tokenization is performed to separate sentences into words.

3) Stop word removal: Stop words are common words such as too frequent/ too rare words that do not convey useful information. Removal of these words helps to reduce the features in the feature vector.

4) Stemming: Stemming is a suffix stripping method, which is a process of identifying the root of certain word. After performing Stop word removal, stemming is applied separately for the resulted words. Text pre-processing is applied in whenever we work on text content.

C. Methods

Term Frequency-Inverse Document Frequency (TF-IDF) [6-8] method evaluates how important a word is to a document in a collection. Let term x within document y , $tf_{x,y}$ is frequency of x in y , df_x is number of documents containing x , N is total number of documents. TF-IDF weight calculated as:

$$w_{x,y} = tf_{x,y} \times \log\left(\frac{N}{df_x}\right) \quad (1)$$

In our case x is the term, $y = (y_1, y_2, \dots, y_N)$ is documents. Then similarities between the terms and documents are calculated using Cosine similarity is given by

$$sim(x, y) = \frac{\sum_{i=1}^K w_{i,x} w_{i,y}}{\sqrt{\sum_{i=1}^K w_{i,x}^2} \sqrt{\sum_{i=1}^K w_{i,y}^2}} \quad (2)$$

IV. RESULTS AND DISCUSSIONS

In this section, we present our experimental results of mapping our SE curriculum with ACM SE 2014 curricular guideline and Bloom taxonomy.

A. Current SE courses aligned to SE 2014 curriculum guideline

We employed descriptions of course contents and its learning outcomes to link the knowledge areas of SE 2014 curricular guidance by using above mentioned methods. As can be seen in Table 1, we have covered 9 knowledge areas except QUA – Software quality in our SE curriculum. But we have software quality and testing courses in our SE curriculum. From this result, we could differentiate courses of software quality and testing and Software verification and validation.

TABLE I. CURRENT SE COURSES ALIGNED TO SE 2014 BODY OF KNOWLEDGE

No	Knowledge area	No. of KU
CMP	Computing essentials	1
DES	Software design	4
FND	Mathematical and engineering fundamentals	1
MAA	Software modeling and analysis	1
PRF	Professional practice	1
PRO	Software process	3
REQ	Requirements analysis and specification	2
SEC	Security	2
VAV	Software verification and validation	1

B. Curriculum Mapping between Courses and Bloom Taxonomy

In its computing curricula, the ACM Committee uses the cognitive domain to assess student mastery of learning outcomes. There are six levels in the taxonomy for the cognitive

domain, progressing from the lowest order processes highest. Hence, we evaluated the learning outcomes of 59 courses in our SE curriculum with Bloom taxonomy and Bloom revised taxonomy based on their keywords. Six levels in both taxonomies with average scores of total courses can be seen in Table 2.

TABLE II. MAPPING BETWEEN COURSES AND BLOOM TAXONOMY

Bloom's level of old/ revised	Bloom	Revised Bloom
1. Knowledge/ Remembering	28.48% (39)	27.65% (38)
2. Comprehension/ Understanding	33.17% (40)	36.41% (39)
3. Application/ Applying	61.49% (57)	63.41% (56)
4. Analysis/ Analyzing	26.88% (34)	27.53% (39)
5. Synthesis/ Evaluating	49.75% (56)	27.51% (31)
6. Evaluation/ Creating	21.33% (30)	43.88% (53)

V. CONCLUSION

Consequently, we proposed to explore current situation of our SE curriculum through content-based recommendation method and evaluated it with SE 2014 curriculum guideline and Bloom Taxonomies. In the future, we will cover other curriculums such as computer science, information technology, and information system and analyze those more deeply and broadly in different degrees.

REFERENCES

- [1] Conte, S. D., Hamblen, J. W., Kehl, W. B., Navarro, S. O., Rheinboldt, W. C., Young Jr, D. M., & Atchinson, W. F. (1965). An undergraduate program in computer science—preliminary recommendations. *Communications of the ACM*, 8(9), 543-552.
- [2] Karen E. Willcox and Luwen Huang (2017). Mapping the CDIO Curriculum with Network Models. *13th International CDIO Conference in Calgary, Canada*, 2017.
- [3] Ardis, M., Budgen, D., Hislop, G., Offutt, J., Sebern, M., & Visser, W. (2014). Software Engineering 2014: Curriculum Guidelines for Undergraduate Degree Programs in Software Engineering. *joint effort of the ACM and the IEEE-Computer Society*.
- [4] Bloom, B. S. (1956). Taxonomy of educational objectives. Vol. 1: Cognitive domain. *New York: McKay*, 20-24.
- [5] Airasian, P. W., Anderson, L. W., Cruikshank, K. A., Krathwohl, D. R., Mayer, R. E., Pintrich, P. R., ... & Wittrock, M. C. (2000). Taxonomy for Learning, Teaching, and Assessing. *A: A Revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives*. Boston: Allyn & Amp.
- [6] Salton, G., Wong, A., & Yang, C. S. (1975). A vector space model for automatic indexing. *Communications of the ACM*, 18(11), 613-620.
- [7] Salton, G., Fox, E. A., & Wu, H. (1983). Extended Boolean information retrieval. *Communications of the ACM*, 26(11), 1022-1036.
- [8] Wu, H. C., Luk, R. W. P., Wong, K. F., & Kwok, K. L. (2008). Interpreting tf-idf term weights as making relevance decisions. *ACM Transactions on Information Systems (TOIS)*, 26(3), 13.
- [9] Г.Орхон. (2017). ДЭЭД БОЛОВСРОЛЫН СУРГАЛТЫН ХӨТӨЛБӨРИЙГ ЦОГЦООР БОЛОВСРУУЛАХ НЬ. Workshop on Department of Information and Computer Science.

Хүүхдийн Хөдөлгөөний Хурдыг Харьцуулсан Судалгаа

Жамъяндорж Нарантуяа¹, Цэнд Ганбат², Санжаа Байгалтөгс³

¹Улаанбаатарын Их Сургууль, Математик програм хангамжийн тэнхим

²Шинжлэх Ухаан Технологи Их Сургууль, Мэдээллийн технологийн тэнхим

³Хүмүүнлэгийн Их сургууль, Мэдээлэл харилцааны тэнхим

Улаанбаатар, Монгол улс

¹ narantuya@usu.edu.mn, ² ganbat@must.edu.mn, ³ baigaltugs@gmail.com

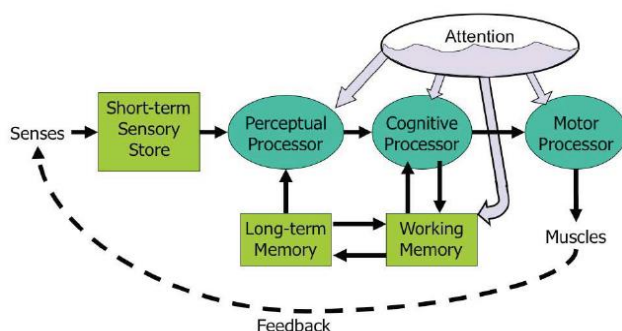
Хураангуй— Сургуулийн өмнөх насны хүүхдийн сургалтын хөтөлбөрт хүүхдэд дүрснийг заах, сонгох, шилжүүлэх дасгалуудыг цаас ашиглан хийлгэдэг. Гэтэл өнөөгийн хүүхдүүд ухаалаг утас, таблет компьютер зэрэг мэдрэмтгий дэлгэцтэй хөдөлгөөнт төхөөрөмжийг ашигладаг болжээ. Эдгээр төхөөрөмжүүдэд зориулсан бага насны хүүхдийн танин мэдэхүй, оюун ухаан, сэтгэхүйг хөгжүүлдэг олон тооны аппликейшин, програм хангамжууд бий болж байна. Хүүхдийн эдгээр програм хангамж нь хүүхдийн хараа, сонсгол, даралт мэдрэх мэдрэхүй, таних процесст тулгуурласан хөдөлгөөний хурдтай байх ёстой. Бидний энэ судалгаа 3-5 насны цэцэрлэгийн хүүхдүүдийн хөдөлгөөний хурд ухаалаг төхөөрөмж, цаасан дээр хэр ялгаатай болохыг тогтоох, насны ангилал бүрт хэрхэн өөрчлөгддөг мөн хүйсний ялгаа байгаа эсэхийг тогтоохыг зорилгоо.

Түлхүүр үг— Хүүхэд ба компьютерийн харилцаа; Хүүхэд ба танин мэдэхүй; Таблет; Мэдрэгч дэлгэц

I. ОРШИЛ

Ухаалаг утас, таблет компьютер зэрэг хөдөлгөөнт төхөөрөмжийн хэрэглээ ихсэх тутам мэдрэмтгий дэлгэцтэй төхөөрөмжтэй харилцах хэрэглэгчдийн онцлогийг нас, хүйс, өсөж бойжсон орчноос хамааруулан нарийвчлан судлаж тогтоох хэрэгтэй. Мэдрэмтгий дэлгэцтэй төхөөрөмжид тулгуурласан програм хангамжуудын ихэнх нь хэрэглэгчийн эдгээр онцлогийг бодолцолгүйгээр нийтлэг хэрэглэгч буюу насанд хүрэгсдэд зориулан хөгжүүлсэн байдаг. Гэтэл хүүхдийн өөрийнх нь хөгжлийн онцлогт тааруулсан танин мэдэхүйн процессыг насанд хүрэгсдээс тусгайлан судлах шаардлагатай. (Зураг 1-т хүний мэдээлэл боловсруулах үе шатыг харуулав).

Human Information Processing



Зураг 1. (Card, Moran, Newell, The Psychology of Human-Computer Interaction, Lawrence Erlbaum Associates, 1983)

Хүн нүд, чих, арьс зэрэг мэдрэхүйгээр гаднаас мэдээллийг бүхлээр нь хүлээн авч ойрын ойд хадгалдаг. Энэ ойн бүхэл мэдээллийг хамааралтай процессийг холын ойг хэсэгчлэн таних оролдлого хийдэг. Холын ойд буюу өмнө нь хадгалагдсан мэдээлэл дараа нь танин мэдэх процесс танигдсан мэдээллүүдээ харьцуулаад шийдвэр гаргадаг. Түүнийгээ ойрын ойд хадгалана. Тэгээд мотор луу даалгавар илгээхэд мотор булчин руу хөдлөх үүрэг өгнө.

Насанд хүрэгсдийн хувьд эдгээр ойн багтаамж, ойд хандах хугацаа, хадгалагдах хугацаа, ойгоос мэдээлэл хайх сэргээх болон процессоруудын цикло хугацааг судлаачид тогтоосон ($T_p=50-200ms$, $T_c=30-100ms$, $T_m=25-170ms$) байдаг боловч хүүхдийн сэтгэхүй бүрэн бүрэлдэж тогтоогүй байдаг учраас насанд хүрэгчдийнхээс өөр байна.

Хүүхдийн оюун ухааны хөгжлийг судласан нилээд хэдэн судалгааны ажил байдаг бөгөөд тэдгээрээс хамгийн түгээмэл тархсан бүтээл бол Швейцарын эрдэмтэн Жан Пиажегийн[2] танин мэдэхүйн онолд хүүхдийн ертөнцийг ойлгох гэсэн идэвхтэй үйл ажиллагаа ба танин мэдэхүйн хөгжлийн дөрвөн үе шатанд авч үздэг гэжээ.

- Мэдрэхүй хөдөлгөөний шат (0-2)
- Үйлдэл төлөвшихөөс өмнөх шат (2-7)
- Үйлдэл төлөвших шат (7-11)
- Хийсвэр сэтгэхүйн шат (11-15)

Танин мэдэхүйн хүүхдийн хөгжлийг Ж.Годфура[1], Мюллер, Георг Элиас (Герман)[5], Лев Семёнович Выготский (Орос)[3], Анри Валлон (Франц) [4], Ж.Батдэлгэр (Монгол)[16] зэрэг эрдэмтдийн судалгаануудаас шинжилгээ хийж үзэхэд бага насны хүүхдийн сэтгэхүйн ялгаануудыг судлан харуулсныг харахад 3-5 насны хүүхдийн сэтгэхүйн (Үйлдэл төлөвшихөөс өмнөх шат)[2] хөгжлийн хөдөлгөөний тогтолцооны хурд нь илүү хөгжиж байгаа нь техник технологитой илүү хурдтай сонирхон ажиллаж байгаа нь бидний сонирхолыг татсан юм.

II. СУДЛАГДСАН БАЙДАЛ

Хэрэглэгчийн хөдөлгөөний хурдыг компьютерийн төрөл бүрийн оролт ба гаралтын төхөөрөмж дээр судласан олон тооны судалгааны ажил байдаг бөгөөд

тэдгээрээс хамгийн түгээмэл тархсан бүтээл бол АНУ-ын эрдэмтэн Paul M.Fitt-ын Human and Computer Interaction (HCI) бүтээл юм[6]. Үүн дээр тулгуурлан нилээд судалгааны өргөтгөсөн ажил хийгдсэн бөгөөд тухайлбал АНУ-ын эрдэмтэн Scott MacKenzie[8], Welford[9], Хятад улсын эрдэмтэн Haixia Zhao[10] нар өөрсдийн бүтээлдээ хэрэглэгч компьютерийн харилцаа нь програм хангамжийн чухал үзүүлэлт болохыг харуулсан байдаг.

Нөгөөтэйгүүр бага насны хүүхдийн техник технологитой холбоотой онолын бүтээл, эх сурвалжид дүн шинжилгээ хийж үзэхэд судлаачид гол төлөв сүүлийн үеийн дэвшилтэд төхөөрөмжүүд болох iPad, iPhone, PDA болон ухаалаг гар утас, мэдрэмтгий дэлгэцтэй төхөөрөмжүүдтэй харилцах харилцааны судалгааг хүүхдийн насны үечлэл бүрээр авч үзэж судалжээ.

Тухайлбал АНУ-ын эрдэмтэн Lisa Anthony, Learning from (HCI):Child and Computer Interaction судалгаа[10,11], Abdul Aziz[12], Brewer[13], McKnight, Fitton[14], Radu-Daniel[15] зэрэг эрдэмтдийн судалгааны ажлуудыг нэрлэж болно.

Эндээс бага насны хүүхэд техник, технологитой илүү хурдтай сонирхон ажиллаж байна.

Харин манай улсын хувьд бага насны монгол хүүхдийн танин мэдэхүйг хөгжүүлэх iPad, tab, smart phone, хөдөлгөөнт төхөөрөмжүүдтэй харилцах судалгаа хомс байна. Ийм учраас бид бага насны хүүхэд ухаалаг төхөөрөмж болон цаасан дээрх ижил дасгалыг гүйцэтгүүлж хүүхдийн хөдөлгөөний хурдыг хэмжиж авсан.

III. ТУРШИЛТ, СУДАЛГААНЫ АЖИЛ

Дасгал: Өгөгдсөн цэгээс 14 см зайнд буй 1.5 см диаметртэй тойрогт хүрэх

Оролцогч: Дасгалыг А5 цаас болон ухаалаг төхөөрөмж дээр 3-5 насны 60 хүүхдээр хийлгүүлсэн. Үүнд нас тус бүрт 20 (эр-10, эм - 10) нийт 30 эрэгтэй, 30 эмэгтэй. Хүүхдүүдээс зөвхөн 1 солгой гартай, бусад нь баруун гараар гүйцэтгэсэн.

Цаас: Балын харандаа ашиглан анхны байрлалаас эхлүүлэн бай хүртэл зуруулах

Төхөөрөмж: Samsung Galaxy Tab4 таблет компьютер ашигласан. Түүний дэлгэцийн хэмжээ 10.1 inch, дэлгэцийн нягтрал 1280x800 pixels

Програм хангамж: Хуруугаараа зааж дарснаас хойш байг заасан хугацааг тэмдэглэх болон явсан замыг зурах

Туршилтыг Улаанбаатар хотын СБД-ийн 17-р хорооны цэцэрлэгийн хүүхдүүд дээр 2018-03-30-д явуулсан.



Зураг 2. төхөөрөмж дээр ажиллаж буй 3 настай оролцогч

А5 хэмжээний цаасан дээр дасгал хийж буй оролцогч



Зураг 3. цаасан дээрх дасгал ажил хийж буй 4 настай оролцогч

IV. ТУРШИЛТ, СУДАЛГААНЫ АЖЛЫН ҮР ДҮН

Дасгалыг оролцогчид хэр хугацаанд гүйцэтгэснийг тэмдэглэн авснаар нас тус бүрт хүүхдийн гүйцэтгэх дундаж хурд, насны ангилалд хүүхэд хэрхэн хурдтай өөрчлөгддөг болохыг тогтоох, үүн дотор эрэгтэй, эмэгтэй хүүхдүүдийн ялгааг гаргах, цаасан дасгал, төхөөрөмж дээрх дасгал хоёрын ялгааг тогтоохыг зорилоо. Эрэгтэй, эмэгтэй хүүхдийн хөдөлгөөний хурдын корреляцийг гаргаж хамаарлыг гаргав.

Цаасан дээрх дасгалын гүйцэтгэл

Жишээ нь: 3 настай оролцогчдын А5 цаасан дээр дасгалын гүйцэтгэсэн хөдөлгөөний хурдыг хүснэгтэн өгөгдлийг харуулав.

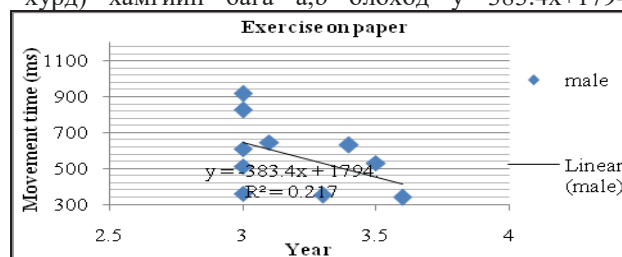
Хүснэгт I. 3 настай оролцогчдын цаасан дахь дасгал гүйцэтгэсэн хөдөлгөөний хурд(миллисекунд)

нас	Шилжүүлэх хурд(миллисекунд)	
	эрэгтэй	Эмэгтэй
3.2	360	103
3.3	350	512
3.4	630	328
3.5	530	718
3.0	610	102
3.1	645	856
3.0	512	910
3.6	340	1023
3	823	956
3	914	945
Дундаж		571.4
		645.3

3 настай оролцогчдын нас, хөдөлгөөний хурд хоорондоо хамааралтай эсэхийг (1) бодож гаргав.

$$\text{correl}(x, y) = \frac{\sum(x - \bar{x})(y - \bar{y})}{\sqrt{\sum(x - \bar{x})^2 \sum(y - \bar{y})^2}} \quad (1)$$

correl=-0.5 гарчээ. Иймээс хамааралтай гэж үзээд $y = a \cdot x + b$ регрессийн шулуунг гаргав. Үүнд (x =нас, y =хурд) хамгийн бага a, b олоход $y = -383.4x + 1794$



Зураг 4. 3 настай эрэгтэй оролцогчдын хөдөлгөөний хурдын регрессийн шулуун.

Төхөөрөмж дээрх дасгалын гүйцэтгэл

Жишээ нь: 5 настай оролцогчдын төхөөрөмж дээрх дасгал ажлын хөдөлгөөний хурдыг хүснэгтэн өгөгдлөөр харуулав.

Хүснэгт II. 5настай оролцогчдын төхөөрөмж дахь хөдөлгөөний хурд (миллисекунд)

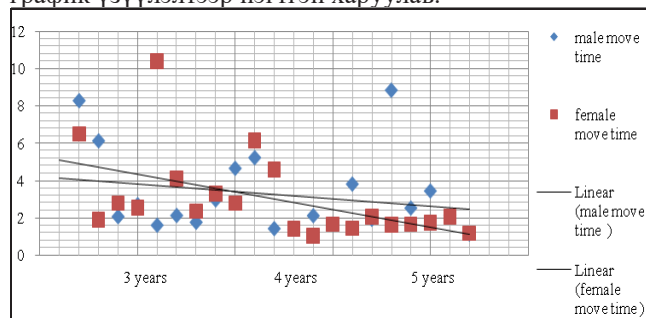
нас	Шилжүүлэх хурд(миллисекунт)	
	эрэгтэй	Эмэгтэй
5.1	115	117
5.2	093	234
5.1	138	116
5.3	185	074
5.1	266	123
5.3	170	191
5.6	139	168
5.4	203	102
5.2	260	267
5.8	120	371
Дундаж	168.9	176.3

5 настай оролцогчдын нас, хөдөлгөөний хурд хоорондоо хамааралтай эсэхийг (1) бодож гаргав.

$\text{corr} = -0.44$ гарчээ. Иймээс сул хамааралтай гэж үзээд $y = a \cdot x + b$ регрессийн шулуунг гаргав. Үүнд x - нас, y - хурд хамгийн бага a, b олоход $y = -148.8x + 930.1$

Төхөөрөмж дээрх дасгалын гүйцэтгэлийн график

Жишээ нь: 3-5 настай нийт оролцогчдын төхөөрөмж дээрх дасгал ажлын хөдөлгөөний хурдыг график үзүүлэлтээр нэгтгэн харуулав.



Зураг 5. 3-5 насны оролцогчдын төхөөрөмж дахь хурд(миллисекунд)

3-5 насны эрэгтэй, эмэгтэй хүүхдийн хөдөлгөөний хурдын корреляцийг гаргаж хамаарлыг гаргав

Цаасан дээрх ажлын корреляцийн хамаарал

Үүнд: 3-5 насны эрэгтэй, $\text{corr} = -0.71$ $y = -212x - 1222$

3-5 насны эмэгтэй $\text{corr} = -0.67$ $y = -222.9x + 1276$

Төхөөрөмж дахь ажлын корреляцийн хамаарал

Үүнд: 3-5 насны эрэгтэй,

$\text{corr} = -0.36$ $y = -79.32x + 619.0$

3-5 насны эмэгтэй

$\text{corr} = -0.35$ $y = -86.20x + 652.5$

ДҮГНЭЛТ

Энэ судалгааны ажлаар бид 3-5 насны оролцогчдын хөдөлгөөний хурдыг цаас болон төхөөрөмж дээр туршиж хамаарлыг гаргалаа.

- 3-5 настай 60 оролцогчдын цаас дээрх хөдөлгөөний хурдаас ажиглахад 3.5 насаас эхлэх эрэгтэй хүүхдүүд 641.5(мс) хурдтай байна. Харин 3.5 насаас эхлэх эмэгтэй хүүхэд 635,3(мс) илүү хурдтай байна. Төхөөрөмж дээрх хөдөлгөөний хурдаас ажиглахад 3.5 насаас эхлэх эрэгтэй хүүхдүүд 376,2(мс) хурдтай, эмэгтэй хүүхэд 427,1(ms) хурдтай байна.
- Нийт 60 оролцогчдоос харахад эрэгтэй нь цаасан дээрх хурд 323.3(мс), төхөөрөмж дээрх хурд 283.03(мс) хурдан байна. Эмэгтэй нь цаасан дээрх хурд 332.3(мс), төхөөрөмж дээрх хурд 287.3 (мс) хурдтай байна.
- Эндээс харахад эрэгтэй хүүхдүүд нас нэмэгдэх тусам хөдөлгөөний хурд нь эмэгтэй хүүхдүүдээс илүү хурдан болж байгаа нь нотлогдож байна.
- Өнөө үед ихэнх таблет компьютерийн дэлгэц A5 цаасны хэмжээтэй байгаа тул хэвлэмэл дасгалын цаасны хэмжээ таблеттэй ижил байхыг зөвлөж байна.

ЗААЛТ

- [1] Ж.Годфура, "Что такое психология", Москва <Мир> 1999
- [2] Жан, "Пиаже, Speech and thinking of the child", 1963
- [3] Л.С. Выготский, "Judgement and a reasoning of the child", 1981
- [4] Анри Валлон, "Происхождение характера", 1934
- [5] Мюллер, Георг Элиас, "On the theory of sensory attention", 1873
- [6] Paul, M.Fitts, "Information capacity of discrete motor Responses", 1964
- [7] I.Scott MacKenzie, Fitts Law as a Research and "Design Tool in Humman – Computer Interaction", 1992
- [8] Welford, A. T. "The Fundamentals of Skill". Distributed in the USA by
- [9] Haixia Zhao, Fitts Law: "Modeling Movement Time in HC", 2002
- [10] Lisa Anthony, Quincy Brown, Jaye Nias, Berthel Tate, "Interaction and Recognition Challenges in interpreting children's touch and gesture input on mobile devices", November 11–14, 2012, pp. 225-234, Cambridge, Massachusetts, USA.
- [11] <http://lisa-anthony.com>
- [12] Abdul Aziz, N., Batmaz, F., Stone, R., Chung, P., 2013. "Selection of touch gestures for children's applications". In: Proceedings of the Science and Information Conference. SCI '13. pp. 721726.
- [13] Brewer, R., Anthony, L., Brown, Q., Irwin, G., Nias, J., Tate, B., 2013. "Using gamification to motivate children to complete empirical studies in lab environments". In: Proceedings of the 12th International Conference on Interaction Design and Children. IDC '13. ACM, New York, NY, USA, pp. 388-391. URL <http://doi.acm.org/10.1145/2485760.2485816>
- [14] J McKnight, L., Fitton, D., 2010. "Touch-screen technology for children: Giving the right instructions and getting the right responses". In: Proceedings of the 9th International Conference on Interaction Design and Children. IDC '10. ACM, New York, NY, USA, pp. 238-241. URL <http://doi.acm.org/10.1145/1810543.1810580>
- [15] Radu-Daniel, Vatu, Gabriel Cramariuc, Doina Maria Schipor. "Touch Interaction for Children Aged 3 to 6 Years: Experimental Findings and Relationship to Motor Skills", *International Journal of Human-Computer Studies* 74, 54-76, (2015).
- [16] Ж.Батдэлгэр, "Хүүхдийн оюун ухааны хөгжлийн ерөнхий түвшинг тодорхойлох сорил" УБ., 1996

АШУҮИС –д хэрэгжүүлж буй “Мэдээлэл зүйч, эрүүл мэндийн” хөтөлбөрт өгсөн сэтгэл ханамжийн судалгаа

Ч.Галбадрах, Л.Пүрэвдолгор, Ц.Жавзмаа, Р.Оюунбилэг, Т.Ахыт, Ч. Баасандорж
Б. Байгаль, Б.Одгэрэл, П.Жаргалбат, Т.Цэрэнлхам, С.Баттулга, Л.Ажнай
Ерөнхий эрдмийн тэнхим Био-Анагаахын сургууль АШУҮИС
И-мэйл: galbadrakh@mnums.edu.mn

Хураангуй–Монгол дахь Дэлхийн Эрүүл Мэндийн Байгууллага болон судлаач С.Энхболдын судалгаанд эрүүл мэндийн мэдээ, мэдээллийг цахим байдлаар дамжуулж, эмнэлгийн тусламж, үйлчилгээг хүн амд чанартай, түргэн, шуурхай, тэгш, хүртээмжтэй хүргэх үндэслэлээр эрүүл мэндийн байгууллага хоорондын мэдээллийн урсгал, дэд бүтэц, хүний нөөцийн болон програм хангамжийн өнөөгийн байдлыг судлах шаардлагатай гэж үзжээ [1, 2].

Мэдээлэл зүй, эрүүл мэндийн хөтөлбөрийн сэтгэл ханамжийг судлах зорилгын хүрээнд 20 ажил олгогч, 25 оюутан, 41 төгсөгчдийг хамруулан статистик ба *кластер* шинжилгээний *k-mediods* аргаар үнэлэв[3, 4]. Мэргэжилтэн бэлтгэж эхэлснээс хойш 163 мэргэжилтэн төгсгөснөөс 73% нь одоо мэргэжлээрээ ажиллаж байгаа бөгөөд үүний 84% нь II, III шатлалын эмнэлэг, их дээд сургууль болон эрдэм шинжилгээний байгууллагад, 17% нь хувийн хэвшил ба бусад салбарт ажиллаж байна

Оюутнаас авсан судалгааны дүнгээс үзэхэд багшийн ур чадвар, заах аргагүй, сургалтанд өгсөн сэтгэл ханамжын үнэлгээ 3.85- *сэтгэл ханамж сайн*, сургалтын үйлчилгээний чанар, хүртээмжид 3.1-*дундаж*, харин сургуулийн удирдлага, сургалтын орчин, үйлчилгээний чанарт өгсөн оюутны сэтгэл ханамжийн үнэлгээ 3.72-*сэтгэл ханамж дундачаас дээгүүр* байна.

Төгсөгчдийн судалгааны дүнгээс үзвэл төгсөгчдийн 27% нь өөрийн сонирхлын дагуу мэргэжлээ сонгон суралцсан бөгөөд мэргэжлээрээ ажиллаж байгаадаа 59% нь сэтгэл ханамж маш *сайн, сайн* гэсэн үнэлгээ өгсөн. Төгсөгчдийн хөтөлбөрт өгөх ерөнхий дундаж үнэлгээ 3.5-*дундаж*, хөтөлбөрөөр

эзэмшсэн ур чадварын үнэлгээ 3.7 *дунджаас дээгүүр* байна. Хөтөлбөрийн зах зээлийн хэрэгцээ шаардлага, нийцтэй байдалд *кластер* шинжилгээ хийхэд *кластер I - сэтгэл ханамж сайн* бүлэгт 27 (49.8%) хичээл, *кластер II - сэтгэл ханамж дунд* бүлэгт 28 (50.2%) хичээл багтсан бөгөөд кластер шинжилгээний дундаж үнэлгээ 3.5 байна.

Ажил олгогчдын судалгааны дүнгээс үзвэл 20 ажил олгогч хамрагдсанаас 90% нь төрийн өмчийн 10% нь хувийн хэвшлийн байгууллага байна. Төгсөгчийг үнэлсэн ажил олгогчдын сэтгэл ханамжийн түвшиний ерөнхий дундаж 3.94 *сайн* гарсан байна,

Эндээс дүгнэхэд суралцагч, төгсөгч, ажил олгогчдын сэтгэл ханамжын үнэлгээний ерөнхий дундаж нь дундаас дээгүүр байгаа нь “Мэдээлэл зүй, эрүүл мэнд” хөтөлбөрт сэтгэл ханамжтай байгаа бөгөөд бэлтгэгдсэн мэргэжилтэн нь ажлын байрны хэрэгцээ шаардлагыг хангах мэдлэг, чадвартай, хөдөлмөрийн зах зээлд байр сууриа олсон, орчин үеийн хөгжлийн чиг хандлагад нийцэж байгааг харуулж байна. Сонирхогч талуудын саналыг мэргэжлийн хөтөлбөрт тусган шэнэчлэн сайжруулах нь хөтөлбөрийн хөгжилд эерэг нөлөөтэй.

Түлхүүр үг - ЭММЗ хөтөлбөр, хөтөлбөрт оролцогч талуудын үнэлгээ, хөтөлбөрийн хөгжилт, шинэчлэлт.

I. ОРШИЛ

Мэдээллийн технологийн дэвшлийг анагаах ухааны салбарын оношилгоо, эмчилгээ, судалгаа шинжилгээ, эмнэлгийн тусламж үйлчилгээнд өдөр тутам байнга хэрэглэж байна. Иймд эрүүл мэндийн мэдээлэл зүйч мэргэжилтэн нийгмийн зүгээс шаарагдагдаж байна. Өнөөгийн эрүүл мэндийн салбарын хэрэгцээ шаардлагад нийцхүйц

мэргэжилтэн бэлгэх зорилгийн хүрээнд “Мэдээлэл зүй, эрүүл мэнд”-ийн хөтөлбөрийн төгсөгч, суралцагчийн сэтгэл ханамжийн өнөөгийн түвшинг судлах, уг хөтөлбөрөөр төгссөн төгсөгчид өгсөн ажил олгогчидын сэтгэл ханамжийн түвшинг тодорхойлох, хөтөлбөрийг хөгжүүлэн сайжруулахад оролцогч талуудын саналыг харгалзан үзэх зайлшгүй шаардлага гарч ирч байна.

II. МАТЕРИАЛ БА АРГА ЗҮЙ

Судалгааг тооны болон чанарын судалгааны аргыг ашиглан гүйцэтгэв. Судалгааны асуулт тус бүр Ликертийн хэмжүүрээр 5 хүртлэх оноогоор үнэлэн сэтгэл ханамжийн түвшинг тодорхойлсон. Судалгаанд АШУҮИС-ийн “Мэдээлэл Зүй, Эрүүл Мэнд”-ийн мэргэжилтэн 25 суралцагч, 41 төгсөгч, 20 ажил олгогч хамрагдав.

A. Суралцагч оюутны судалгаа

Суралцагчийн судалгаанд 3 болон 4-р дамжааны 25 оюутнаас (8 эрэгтэй, 17 эмэгтэй) дөрвөн бүлэг бүхий нийт 32 асуултаар сэтгэл ханамжийг судлав.

- I бүлэг судалгаанд оролцогчдын мэдээлэл 2 асуулт
- II бүлэгт багш оюутан хоорондын хамтын ажиллагаа, үр дүнгийн талаар 8 асуулт (багшийг үнэлэх 3, багш нарын сургалтын идэвхитэй, бүтээлч аргын тухай 5) асуултаас бүрдэнэ.
- III бүлэгт сургалтын үйлчилгээ, чанар, хүртээмжийн тухай 17 (сургалтын мэдээллийн хүртээмжийн тухай 5, номын сангийн үйлчилгээтэй холбоотой 6, удирдлага, сургалтын орчин, чанарын үйлчилгээний талаар 6) асуултаас бүрдэнэ.
- IV бүлэгт хөтөлбөрийн зах зээлийн хэрэгцээ шаардлага нийцтэй байдлыг тусгасан 5 асуулт бүхий асуумжийг ашиглав.

B. Хөтөлбөрөөр төгсөгчийн судалгаа

Судалгаанд Мэдээлэл Зүйч Эрүүл Мэндийн мэргэжилтэн мэргэжлээр төгссөн 41

төгсөгчөөс дөрвөн бүлэг бүхий 42 асуумжаар судалгаа авав.

- I бүлэг асуулт: судалгаанд оролцогчийн ерөнхий мэдээлэл болон ажлын байрны тухай, мөн төгсөгчийн ажлын байранд судалсан хичээлүүдийн хэрэгцээ шаардлагын тухай 18 асуулт,
- II бүлэг асуулт: төгсөгчийн хөтөлбөрийг үнэлэх (хичээлийн агуулга, сургалтыг үнэлэх 3, дадлагыг үнэлэх 4) 7 асуултаас бүрдэнэ
- III бүлэг асуулт: төгсөгчийн хөтөлбөрөөр эзэмшсэн ур чадварын үнэлгээний 12 асуулт
- IV бүлэг асуулт: төгсөгчийн хөтөлбөрөөр хөтөлбөрийн зах зээлийн хэрэгцээ, нийцтэй байдлын тухай хөтөлбөрт орсон хичээл тус бүрээр 5 асуулт бүхий сэтгэл ханамжийн судалгаа хийсэн.

I-III бүлгийн өгөгдлийг статистик боловсруулалтын аргаар, IV бүлгийн өгөгдлийг кластер шинжилгээний аргуудаар тус тус боловсруулав. Кластер шинжилгээнд кластерын тоог нугалах болон дундаж дүрслэлийн аргуудаар тооцоход оновчтой үр дүн нь 2 гарсан. Иймээс кластер шинжилгээний k-medoids аргаар 2 кластер байгуулсан.

C. Ажил олгогчийн судалгаа

20 ажил олгогчоос I-III бүлэг бүхий 31 асуумжаар судалгаа авч өгөгдлийг статистик боловсруулалтын аргаар үнэлэв.

- I бүлэг асуулт: оролцогч байгууллагын ерөнхий мэдээлэл болон ажил олгогч байгууллагаас төгсөгчийн ажлын байран дахь сул болон давуу талын тухай 10 асуулт,
- II бүлэг асуулт: Мэргэжилтний ажлын байрны шаардлага, нийцтэй байдал, мэргэжилтний мэдлэг чадварыг үнэлэх 22 асуулт,
- III бүлэг асуулт: Мэргэжилтний зах зээлийн хэрэгцээ, цаашдын хандлагын тухай 5 асуултаар ажил олгогчийн сэтгэл ханамжийг судлав.

ханамж 3.94 – сэтгэл ханамж сайн байгаа бол III бүлэг асуумжийн судалгаагаар багш нарын сургалтын идэвхитэй, бүтээлч чадварыг судлахад 3.71-сэтгэл ханамж дундачаас дээгүүр байна. Судалгаагаар сургалтын үйлчилгээний чанар, хүртээмжийг судлахад оюутны сэтгэл ханамж 3.2 дунд дүнтэй гарлаа. Номын сангийн үйлчилгээнд нийт оюутнуудын 48.0% - сэтгэл ханамж сайн

III. ҮР ДҮН

A. Суралцагчийн судалгааны үр дүн

Мэдээлэл Зүйч, Эрүүл Мэндийн мэргэжилээр суралцаж буй оюутны сэтгэл ханамжийн судалгааны үр дүнгээс харахад II бүлэг асуумжийн судалгаагаар багш нарын урчадвар,заах арга зүйг судлахад оюутны сэтгэл

,32.0% - сэтгэл ханамж дунд , 20.0%-сэтгэл ханамжгүй гэж үнэлсэн байна. Багш оюутны хоорондын хамтын ажиллагааны үр дүнгээс харвал оюутнуудын 68% сэтгэл ханамж маш сайн ба сайн, 26% дунд, 6% нь муу, оюутны сэтгэл ханамж 3.8 – *сэтгэл ханамж сайн* байгааг илтгэж байна. Судалгаагаар. Сургалтын үйлчилгээ, чанар, хүртээмжид өгсөн сэтгэл ханамжийн үнэлгээ сэтгэл ханамжтай - 39%, сэтгэл ханамж дунд-37%,

сэтгэл ханамжгүй –24% гэж хариулжээ ерөнхий дундаж нь 3.2 *сэтгэл ханамж дундаж* байгааг харуулж байна. Хөтөлбөрийн зах зээлийн хэрэгцээ шаардлага нийцтэй байдлын дүнгээс үзвэл оюутнуудын 18% сэтгэл ханамж маш сайн, 33% сайн, 32% дунд, 11% муу, 6% маш муу сэтгэл ханамжийн ерөнхий дундаж 3.5 – *сэтгэл ханамж* дунджаас дээгүүр байгааг илтгэж байна.

Хүснэгт 1. Суралцагчийн судалгааны үр дүн.

Асуулт	Маш сайн	Сайн	Дунд	Муу	Маш муу	Оноо
1. Багш оюутны хоорондын хамтын ажиллагааны үрдүн	20%	48%	26%	6%	0%	3.8
2. Сургалтын үйлчилгээ чанар хүртээмж	9%	30%	37%	20%	4%	3.2
3. Хөтөлбөрийн зах зээлийн хэрэгцээ шаардлага нийцтэй байдал	18%	33%	32%	11%	6%	3.5
Дундаж	17%	37%	31%	12%	3%	3.5

Асуумжийн бүлэг тус бүрийн дундаж үнэлгээнээс үзвэл нийт оюутны 54% сэтгэл ханамж сайн, 31% дунд, 12% муу, 3% маш муу ерөнхий дундаж үнэлгээ 3.5- дунджаас дээгүүр үнэлгээ өгсөн байна.

А. Төгсөгчдийн судалгааны үр дүн

Судалгааны үр дүнгээс харахад мэргэжилтэн бэлтгэж эхэлснээс хойш нийт 163 төгсөгч бэлтгэсэнээс судалгаанд 41 төгсөгч хамрагдсаны 27% нь өөрийн сонирхлын дагуу мэргэжлээ

сонгон суралцсан бөгөөд мэргэжлээрээ ажиллаж байгаадаа сэтгэл ханамж 25% маш сайн, 34% сайн үнэлгээ өгсөн нь 3.8 буюу дунджаас дээгүүр байна. Төгсөгчдийн хөтөлбөрт өгөх ерөнхий дундаж үнэлгээ 3.5 буюу дундаж, хөтөлбөрөөр эзэмшсэн ур чадварт 10% маш сайн, 55% сайн, 33% дунд, 2% нь муу үнэлгээ өгсөн байгаа ба ерөнхий дундаж үнэлгээ 3.7 буюу дунджаас дээгүүр байна.

Хүснэгт 2. Төгсөгчийн судалгааны үр дүн.

Асуулт	Маш сайн	Сайн	Дунд	Муу	Маш муу	Оноо
1. Мэргэжлээрээ ажиллаж байгаадаа сэтгэл хангалуун байж чаддагуу	25%	34%	34%	7%	0%	3.8
2. Хичээлийн агуулга, сургалтын талаар	6%	37%	41%	12%	4%	3.3
3. Сургалтын дадлагын талаар	5%	35%	41%	17%	2%	3.2
4. Эзэмшсэн ур чадварын үнэлгээний талаар	10%	55%	33%	2%	0%	3.7
5. Хөтөлбөрийн зах зээлийн шаардлага, нийцтэй байдал	9%	24%	37%	21%	9%	3.3
6. Дундаж	11%	37%	37%	12%	3%	3.5

Хичээлийн агуулга, сургалтанд өгсөн сэтгэл ханамжийн үнэлгээний үр дүнгээс харвал 6% маш сайн, 37% сайн, 41% дунд, 19% нь муу, маш муу үнэлгээ өгсөн байна. Хөтөлбөрийн зах зээлийн хэрэгцээ шаардлага, нийцтэй байдалд *кластер шинжилгээ хийхэд кластер I - сэтгэл ханамж сайн* бүлэгт 27 (49.8%) хичээл, *кластер II - сэтгэл*

ханамж дунд бүлэгт 28 (50.2%) хичээл багтсан байна.

В. Ажил олгогчдын судалгааны үр дүн

Мэдээлэл зүй, Эрүүл мэндийн хөтөлбөрөөр төгссөн төгсөгчид өгсөн ажил олгогчидын сэтгэл ханамчийн судалгааны үр дүн. 20 ажил олгогч оролцсоноос 90% нь төрийн өмчийн 10% нь хувийн байгууллага байна. Ажил олгогчдын судалгааны үр дүнгээс харахад 15% нь маш сайн,

66% нь сайн, 18% нь дунд, 1.2% нь муу ерөнхий дундаж үнэлгээ 4- сэтгэл ханамж сайн, мэргэжилтний ерөнхий ба мэдлэг чадварын түвшинг тодорхойлох үнэлгээний дүнгээс харвал

3.7-4 (69%<) сэтгэл ханамжийн түвшин сайн байна. Уг судалгааны дүнд ерөнхий дундаж үнэлгээ 3.9 (79%) буюу сэтгэл ханамж сайн байгааг илтгэж байна.

Хүснэгт 3. Ажил олгогчийн судалгааны үр дүн.

Асуулт	Маш сайн	Сайн	Дунд	Муу	Маш муу	Дундаж оноо
1.Та манай төгсөгчдийг ажилжуулж байгаадаа хэр сэтгэл хангалуун байдаг вэ?	10	75	15	0	0	4.0
2. Мэргэжилтний ерөнхий мэдлэг чадварыг тодорхойлох	7	62	28	3	0	3.7
3.Мэргэжилтний мэдлэг чадварын түвшинг тодорхойлох	17	67	15	1	0	4.0
Дундаж	11	68	19	1	0	3.9

IV. ХЭЛЦЭМЖ

Монгол улсад мэдээллийн технологийн чиглэлээр ШУТИС, МУИС, МУБИС, АШУҮИС зэрэг төрийн өмчийн сургуулиуд мэргэжилтэн бэлтгэж байна [5, 6]. ЭМШУИС-ийн Анагаахын Физик Мэдээлэл зүйн тэнхим 2003 онд “Мэдээлэл зүй, эрүүл мэнд”-ийн мэргэжлийн анхны элсэлтээ авсан бөгөөд сургалт явуулж эхэлсэнээс хойш 15 удаа элсэлт авч, 11 дахь удаагийн төгсөлтөө хийгээд байна [5]. 2015 онд мэдээлэл зүй, эрүүл мэндийн мэргэжлийн (2007-2014 онд төгссөн) нийт 119 төгсөгчийг судалгаанд хамруулхад сэтгэл ханамжийн түвшин дунджаас дээгүүр буюу 3.71 судалгаанд хамрагдагчдын 93,05 хувь нь хөтөлбөрийн төлөвлөлт, хэрэгжилт, үр дүн сэтгэл ханамжтай байна хэмээн үзжээ[7]. 2012 онд уг хөтөлбөрөөр суралцагч оюутны дунд хийгдсэн судалгааны үр дүнгээс үзвэл сэтгэл ханамжийн түвшин дунджаас дээгүүр буюу 3.56 сэтгэл ханамжтай гэж дүгнэжээ [7]. 2015 онд “Мэдээлэл зүй, эрүүл мэнд”-ийн мэргэжилтэн хөтөлбөрөөр төгссөн төгсөгчдийг ажил олгогчидын зүгээс үнэлсэн судалгааны ажил хийгдсэн байна [5]. Уг судалгааны ажлын үр дүнд ажил эрхлэлтийн байдал 67%, төгсөгчийн цогц чадамжыг хангалдтай сайн гэж дүгнэсэн байна. Био-Анагаах ухааны мэргэжилтэн бэлтгэх хөтөлбөрийн сэтгэл ханамжын судалгааны дүнгээс харвал ажил олгогч байгууллагаас мэргэжилтэнийг сэтгэл ханамж дундажаас дээгүүр 3.84, суралцаж буй оюутны сэтгэл ханамж дунд 3.33, төгсөгчдийн сэтгэл ханамж дундажаас дээгүүр 3.7 хэмээн үнэлсэн бол уг хөтөлбөрөөр төгсөгчдийн 80% нь үр бүтээлтэй ажиллаж байгаа хэмээн дүгнэсэн байна [8]. Бидий судалгааны дүнгээс үзвэл “Мэдээлэл зүй, эрүүл мэнд”-ийн мэргэжилтэн хөтөлбөрөөр суралцагч оюутан ба төгсөгчдийн сэтгэл ханамж дундаас дээгүүр гэж дүгнэсэн бол

ажил олгогчдын сэтгэл ханамж сайн бөгөөд ажил эрхлэлтийн байдал 84% байна. Мөн өөрсдийн мэргэжлийн багш нарын боловсруулсан хөтөлбөрийг дотоодын их дээд сургуулиудын мэдээллийн технологийн чиглэлээр бакалаврын зэрэг олгодог ШУТИС-ийн МХТС, МУИС-ийн ХШУҮИС-ийн мэдээллийн технологийн мэргэжил, МУБИС-ийн Математик, Байгалийн Ухааны сургуулийн мэдээлэл зүйн багшийн сургалтын хөтөлбөртэй харьцуулан судалсан судалгааны үр дүнд ШУТИС-мэдээллийн технологийн мэргэжилтэн хөтөлбөрт мэдээлэл холбоо, сүлжээний чиглэл, МУИС-ийн мэдээллийн технологийн мэргэжилтэн хөтөлбөрт байгалийн шинжлэлийг программчлалтай холбосон хичээлүүд, МУБИС-ийн мэдээлэл зүйн багшийн сургалтын хөтөлбөрт багшийн боловсролын хичээлүүд давамгайлсан байгаа бол АШУҮИС-ийн “Мэдээлэл зүй, эрүүл мэнд”-ийн мэргэжилтэн хөтөлбөрт анагаах ухаан, нийгмийн эрүүл мэндийн зарим хичээлүүд нэмэгдсэнээрээ онцлогтой байна [9].

V. ДҮГНЭЛТ

1. Суралцагч оюутны хөтөлбөрт өгсөн судалгааны үр дүнгээс харвал нийт оюутны 54% сэтгэл ханамж сайн, 31% дунд, 15% муу, маш муу ерөнхий дундаж үнэлгээ 3.5-дундажаас дээгүүр үнэлгээ өгсөн байна. АШУҮИС-д бэлтгэгдэж байгаа эрүүл мэнд, мэдээлэл зүй мэргэжилтэн багш оюутан хоорондын хамтын ажиллагаа сайтай, сургалтын үйлчилгээ, чанар, хүртээмж сайн хэмээн үнэлэгдсэн.
2. Төгсөгчдийн судалгааны дүнгээс үзвэл мэргэжлээрээ ажиллаж байгаадаа 59% (3.8) нь сэтгэл ханамж маш сайн, сайн гэсэн үнэлгээ өгсөн нь мэргэжлээрээ ажиллаж байгаад сэтгэл

ханамжтай байгааг харуулж байна. Уг хөтөлбөрөөр төгссөн төгсөгчид эзэмшсэн ур чадвар хангалдтай сайн (3.7), хөтөлбөрийн зах зээлийн хэрэгцээ, шаардлага, нийцтэй байдал дунджаас дээгүүр гэж үнэлсэн байна

3. Ажил олгогчдын судалгааны үр дүнгээс харахад манай төгсөгчидийн ур чадвар өндөр (4), ажиллуулж байгаадаа сэтгэл ханамж сайн (3.9), багаар ажиллах болон харилцааны чадвар сайтай мэргэжилтэн бэлтгэж байна хэмээн үнэлсэн байна.
4. Эндээс дүгнэхэд суралцагч, төгсөгч, ажил олгогчдын сэтгэл ханамжын үнэлгээний ерөнхий дундаж нь дундаас дээгүүр байгаа нь “Мэдээлэл зүй, эрүүл мэнд” хөтөлбөрт сэтгэл ханамжтай байгаа бөгөөд бэлтгэгдсэн мэргэжилтэн нь ажлын байрны хэрэгцээ шаардлагыг хангах мэдлэг, чадвартай, хөдөлмөрийн зах зээлд байр сууриа олсон, орчин үеийн хөгжлийн чиг хандлагад нийцэж байгааг харуулж байна. Сонирхогч талуудын саналыг мэргэжлийн хөтөлбөрт тусган шэнэчлэн сайжруулах нь хөтөлбөрийн хөгжилд эерэг нөлөөтэй.

VI. АШИГЛАСАН МАТЕРИАЛ

- [1] С. Энхболд, Д. Гончигсүрэн, Н. Хүрэлбаатар, О. Чимэдсүрэн, "Эрүүл мэндийн мэдээллийн

тогтолцооны өнөөгийн байдал," *Монголын анагаах ухаан*, р. 2(160), 2012.

- [2] Б.Сод-Од, А. Эрдэнэбаатар "Эмнэлгийн мэдээллийн систем ба тэдгээрийн харьцуулсан судалгаа," <https://sodstarcom.wordpress.com/2013>.
- [3] Бат-Энх О., Жавзмаа Ц, Ажнай Л, Ахыт Т, "Монгол улс дахь халдварт бус өвчлөлийн тархалтыг өгөгдөл тандалтын анализын аргаар боловсруулсан зарим үр дүн," *ММТ-2016 эрдэм шинжилгээний хурлын эмхэтгэл* pp. 6-10, 2016.
- [4] Б.Одгэрэл, Л.Пүрэвдолгор, Ц.Жавзмаа, Р.Оюунбилэг, Т.Ахыт, Ч.Галбадрах, П.Жаргалбат, Т.Цэрэнлхам, С.Баттулга, and Л.Ажнай, "Мэдээлэл зүйн хөтөлбөрөөр төгсөгчдийн сэтгэл ханамжийн судалгаа," *Био-АС эрдэм шинжилгээний хурлын эмхэтгэл*, 2018.
- [5] М. Солонго, "Эрүүл мэндийн мэдээлэл зүй мэргэжлээр төгсөгчдийн сэтгэл ханамж, ажил эрхлэлтийн өнөөгийн байдал," in *Нэг сэдэвт бүтээл*, ed, 2015.
- [6] "Мэдээллийн технологийн цагаан ном" Мэдээллийн технологи, харилцаа холбооны газар, pp. "4-10," 2014.
- [7] Солонго М, "Эрүүл мэндийн мэдээлэл зүйч мэргэжлийн сургалтын хөтөлбөрийн үнэлгээ: Суралцагчийн сэтгэл ханамж," *Эрүүл Мэндийн Шинжлэх Ухаан сэтгүүл*, pp. 153-155, Улаанбаатар 2012.
- [8] Б.-А. АШУҮИС, "Био-Анагаах ухааны мэргэжилтэн хөтөлбөрийн тайлан," 2016.
- [9] Б.-А. АШУҮИС, "'Мэдээлэл зүй, эрүүл мэнд'-ийн хөтөлбөрийн тайлан," Улаанбаатар. 2018.

Програм зохиогчийн зан төлөвийн судалгаа

Б.Батзолбоо

ШУТИС, МХТС, Компьютерийн ухааны салбар
b.batzolboo@must.edu.mn

Хураангуй— Програм хангамжийн бүтээгдэхүүн бол хүний ажлыг хөнгөвчилсөн, хүмүүсийн хамтын ажиллагааны үр дүнд бий болдог оюуны бүтээгдэхүүн юм. Өнөө үед чадварлаг баг, богино хугацаанд бүтээгдэхүүн үйлдвэрлэх чадвараар өрсөлдөх болсон. Програм хангамж хөгжүүлэх үйл ажиллагаанд хүний зан төлөв, тэдгээрийн нэгдэл чухал нөлөө үзүүлдэг нь нотлогджээ. Иймээс өндөр үр ашигтай бүтээгдэхүүн үйлдвэрлэх чадвартай багийн хэрхэн бүрдүүлэх вэ гэдэг асуудал програм хангамж үйлдвэрлэгч компаниудын хүний нөөцийн бодлого болжээ. Гэтэл програм зохиогчид маань ямар зан төлөвтэй хүмүүс байх боломжтой вэ гэдэг асуудал маань одоо болтол бүрэн шийдэгдээгүй байна. Энэхүү өгүүлэлд програм хангамж хөгжүүлэлтийн багт олон үүрэгтэй гишүүд байдгаас зөвхөн програм зохиогчийн зөн төлөвийг бусад улсын судлаачдын хийсэн судалгаан дээр авч үзлээ. Програм зохиогчийн зан төлөвийг тодорхойлохдоо MBTI загварыг хамгийн өргөн ашигласан байдаг бөгөөд энэ нь нийт 16 зан төлөвийн төрөлд хуваагдаж байна. Эдгээр зан төлөвийн төрлүүдийг багийн гишүүн, хувь хүн, оюутан, ажилтан гэсэн дөрвөн ангилалд судалж үзэхэд 4 зан төлөвийн төрөлд олон програм зохиогчид олон ажиглагдаж, 5 зан төлөвийн төрөлд цөөн ажиглагдаж, 6 зан төлөвийн төрөлд огт ажиглагдаагүй байна. Дуу цөөнтэй, илүү бодитой мэдээлэл дээр бодож байж шийдвэр гаргадаг, зохион байгуулалт сайтай, мэдээлэл хангалттай цуглуулж, цаг баримталдаг хүмүүс програм зохиогч байхад хамгийн тохиромжтой байна. Монгол мэргэжилтнүүдээс тохирох судалгааны асуултуудыг боловсруулж, авах шаардлагатай гэж дүгнэлээ.

Түлхүүр үг— Програм зохиогч, зан төлөв, баг, хамтын ажиллагаа

I. ОРШИЛ

Орчин үеийн нийгэмд аж үйлдвэрлэл болон бүтээгдэхүүн хөгжүүлэлтийн бүх салбарт бүтээмж, чанарын шаардлага өсөн нэмэгдэж байна. Програм хангамжийн үйлдвэрлэл үүнд мөн хамаарна. Програм хангамж бол хүнд зориулж, хүмүүс зохион бүтээдэг бүтээгдэхүүн[1]. Програм хангамжийг хөгжүүлэх болон хэрэглэх нь хүнээс хамааралтай үйл ажиллагаа байдаг. Иймээс програм хангамжийн төслийн амжилт нь хүний хүчин зүйлээс шууд хамааралтай байдаг [2, 3]. Програм хангамжийн бүтээгдэхүүн хүмүүсийн хоорондын харилцааны тусламжтай бий болдог учраас програм хангамжийн хөгжүүлэлтийн үйл ажиллагаанд хүний араншин зэрэг зан чанар, тэдгээрийн нэгдэл нь нөлөөлдөг байна.

Програм хангамжийн зах зээлд богино хугацаанд, чанартай гүйцэтгэх чадвараараа өрсөлддөг болсон өнөө үед програм хангамжийн бүтээгдэхүүнийг багаар гүйцэтгэдэг болсон. Мөн баг дах чадварлаг хувь хүн нь

эцсийн бүтээгдэхүүний чанарт чухал нөлөө үзүүлдэг нь тодорхой болсон [4, 5, 6]. Манай улсад програм хангамжийн салбарын эдийн засагт эзлэх хувь 0,001 хүрэхгүй байгаа нь програм зохиогчид маань хамтарч багаар ажиллан дэлхийн зах зээлд гарч чадахгүй байгаатай холбоотой. Манай улсад энэ төрлийн судалгааг хийж байгаагүй тул энэхүү өгүүлэлд бусад улсын судлаачдын хийсэн судалгааг тойм байдлаар танилцуулж, өөрийн улсад энэ төрлийн судалгааны ажлыг эхлүүлж байна.

Багийн гишүүдийн зан төлөв нь програм хангамжийн бүтээгдэхүүний чанарыг харуулдаг [7, 8, 9]. Хэрэв зан төлөвийн зохицол бүхий, зөв бүрдсэн програм хангамж хөгжүүлэх багт хамтарч ажиллаж чадахгүй бол тухайн програм зохиогчийг багийн орчинд ажиллах чадваргүй гэж үзнэ [10]. Програм зохиогчийг ажилд шалгаруулан авахдаа зан төлөвийг үндэслэлтэйгээр судалж үзээгүй байдгаас болж програм хангамжийн хөгжүүлэлтэд зан төлөв шууд бус байдлаар саад болж байдаг. Зарим судлаачид зан төлөв нь ажилдаа сэтгэл ханамжтай байх эсэхэд нөлөөлдөг гэж үздэг тул энэ нь бүтээгдэхүүний чанарт муугаар нөлөөлдөг [11, 12]. Иймээс илүү үр ашигтай, бүтээмжтэйгээр өндөр чанартай програм хангамжийн бүтээгдэхүүн үйлдвэрлэх чадвартай багийг хэрхэн бий болгох асуудал нь чухал асуудал болсон [13, 14].

Өнгөрсөн хугацаанд програм хангамжийн инженерчлэлд багийн үүрэг болон зан төлөвийн төрлүүдийн чухал ач холбогдлыг илрүүлсэн боловч ямар зан төлөвийн төрөл бодитой, үр дүнтэй багийн хувьд үр ашигтай, тохиромжтой бэ ? гэдэг асуудал хэвээр байна. Үр дүнтэй багийн олон тооны загваруудыг санал болгодог боловч тэдгээр нь тодорхой байгууллага болон судлаачдаар батлагдаагүй байна [10].

Компанийн програм хангамж хөгжүүлэлтийн үйл ажиллагаануудад шинжилгээ хийгээд багийн амжилт нь багийн гишүүн бүрийн тодорхойлсон зорилго, тэдгээрийн зохион байгуулалт, багийн ажилд мөрдөх стандартууд, бизнесийн дүрэм дээр тогтдог гэж дүгнэжээ [15]. Эдгээр хүчин зүйлсийг авч үзэхийн тулд сайн баг бүрдүүлэхэд гишүүдийн зан төлөв ямар байхыг илрүүлэх шаардлагатай. Ингэхдээ хүний хувийн зан чанар болон мэргэжилтэн бүрийн гүйцэтгэх үйл ажиллагаа хоорондын холбоо хамаарлыг энд авч үзэхгүй.

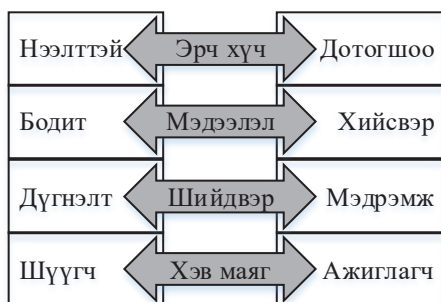
Баг бүрдүүлэх загваруудад байдаг эргэлзээтэй асуудлын нэг нь судлаачид ялгаатай хувь хүний төрлүүдийг багийн гишүүний тохиромжтой, үр дүнтэй төрөл гэж тодорхойлсон байдаг. Жишээлбэл: Горла, Лам нар програм зохиогч нарт нээлттэй шинж чанар тохиромжтой гэж байсан [16] бол Каптрез Ахмед нар дотогшоо шинж илүү тохиромжтой гэж үзсэн [17].

Судалгаанаас үзвэл програм зохиогчдын зан төлөвийн давуу тал дээр нэгдсэн өгүүлэл нэг ч алга. Иймээс нийтлэг зан төлөвийн шинж чанарууд болон төрлүүдийг олохын тулд энэхүү сэдвээр нарийвчлан авч үзэв. Програм хангамж хөгжүүлэлтийн багт багийн ахлагч, систем аналит, програм хангамжийн архитектор, програм зохиогч, шалгалт (tester) гэсэн үүрэгтэй гишүүд байдаг боловч энэхүү өгүүлэлд зөвхөн програм зохиогчийн зөн төлөвийг авч үзлээ.

ЗАН ТӨЛӨВ БА ТҮҮНИЙГ ТОДОРХОЙЛОХ

Зан төлөв гэдэг нь тодорхой нөхцөл байдлын үед ялгардаг хүний араншингийн дотоод хүчин зүйлийн нэгдэл юм [18]. Мөн энэ нь үйлдэл, мэдрэмж, бодол санаа болон зохицлоор бий болдог. Хүний хувийн зан төлөв нь хүмүүсийн араншин хэрхэн шийдвэр гаргах, мэдээллийг хүлээн авах чадамж, маргаан өрнүүлэхэд чухал нөлөө үзүүлдэг. Онолын хувьд энэ нь төрөлхийн бөгөөд өөрчлөгддөггүй боловч зуршил болон зан чанараа хөгжүүлж болдог. Програм хангамж хөгжүүлэгчийн хувийн зан чанарыг шинжлэхэд хамгийн өргөн ашиглагддаг загвар бол MBTI юм. Энэ загварыг програм зохиогчийн зан төлөв тодорхойлоход хамгийн өргөн ашигласан байдаг [15]. Мөн Big 5 болон Five Factor Model (FFM) загварууд цөөн тохиолдолд ашигласан.

MBTI (Myers-Briggs Type Indicator) нь 1923 онд хэвлэгдсэн Jung-ийн “Сэтгэлзүйн төрлүүд” хэмээх номноос санаа авч, Катарин Коок Бриг болон түүний охин Изабель Бриг Мэйр хоёрын 1956 онд зохиосон загвар бөгөөд одоо хүртэл өргөн ашиглагдаж байна. Энэ загвар нь Five Factor Model загвартай харилцан хамааралтай байдаг [19]. Энэ загвар нь эсрэг утга бүхий 4 хос онцлог шинжийг тодорхойлдог бөгөөд Зураг 1-т эдгээрийг нэгтгэж харуулав.



Зураг. 1. MBTI загварын 4 хос.

Хандлага илэрхийлэх Ха-Нэ хос: Дотогшоо (Introversion): бодлыг илүү авч үзэх хандлагатай. Тэд хийхээсээ өмнө бодохыг илүүд үздэг. Тэдэнд бодох болон эрч хүчээ сэргээх цаг хэрэгтэй, Ерөнхийдөө тэд нийтэч биш. Нээлттэй (Extroversion): үйл хөдлөлийг илүү авч үздэг. Үйлдэл гүйцэтгэснээр сэтгэл ханамжтай байдаг. Эхэлж хийгээд дараа нь боддог. Идэвхгүй үед тэдний эрч хүч буурдаг. Ерөнхийдөө нийтэч байдаг.

Мэдээлэл цуглуулах байдлыг илэрхийлэх Бо-Хи хос: Бодит (Sensing): илүү бодит, тодорхой зүйл, мэдрэмтгий мэдээлэлд найддаг. Тэд нарийвчлах, нотлох баримтуудыг илүүд үздэг. Тэдний хувьд утга учир өгөгдөлд байдаг. Тэдэнд их мэдээлэл хэрэгтэй. Хийсвэр (Intuition): тэд бусад

мэдээлэлтэй холбогдож чадах хийсвэр, онолын мэдээллийг илүүд үзнэ. Тэд өмнөх мэдлэг дээр суурилж өгөгдлийг тайлбарлах дуртай. Тэд бүрэн бус, гаргалгаа шаардлагатай мэдээлэлтэй сайн ажилладаг.

Шийдвэр гаргахдаа байдлыг илэрхийлэх Дү-Мэ хос: Дүгнэлт (Thinking): логик дээр үндэслэж, оновчтой дүгнэлт хайж олоод шийдвэр гаргадаг. Тайвнаар, дүн шинжилгээ хийж, бодитоор шийдвэр гаргадаг. Мэдрэмж (Feeling): тэд сэтгэл хөдлөлөөсөө илүү өөрийн мэдрэмж дээр үндэслэж шийдвэр гаргадаг.

Амьдралын хэв маягийг илэрхийлэх Шү-Аж хос: Шүүгч (Judgment): зорилгодоо хүрэхээс өмнө шийдвэр гаргах хангалттай өгөгдөл цуглуулахыг илүүд үздэг. Шийдвэр гаргаж тайвширдаг. Мэдээлэл зохион байгуулалттай, бүтэцлэгдсэн байх үед тэд амжилт гаргадаг. Тэд асуудлыг шийдэхийн төлөө даалгавраа биелүүлэх хүсэл эрмэлзэлтэй байдаг. Цаг баримтлах дуртай. Ажиглагч (Perception): нөхцөл байдлын өөрчлөлтөд тохируулж шийдвэр гаргадаг. Асуудлыг нээлттэй орхиж чаддаг. Сүүлийн мөч хүртэл зохион байгуулалтгүй, найдвараа алдсан мэт харагддаг. Шинэ сонирхолтой санаа бүхий уян хатан орчинд өсөн дэвждэг. Хоцрох эсвэл хойшлуулах хандлагатай.

Эдгээр 4 хосын нийлэмжээр хувь хүний 16 ялгаатай зан чанар гарч болохыг Зураг 2-т харуулав. Иймээс хүний зан төлөвийн төрлийг 4 үсгээр тэмдэглэж болно. Эхний үсэг нь нээлттэй эсвэл дотогшоо эсэхийг, дараагийн үсэг нь мэдээлэл цуглуулахдаа бодит эсвэл хийсвэрээр, 3 дах нь шийдвэр гаргахдаа дүгнэлт хийдэг эсвэл мэдрэмжээр гаргадаг, сүүлийн үсэг нь амьдралын хэв маяг нь шүүгч эсвэл ажиглагч эсэхийг заана.

ДоБоДүШү	ДоБоМэШү	ДоХиМэШү	ДоХиДүШү
ДоБоДүАж	ДоБоМэАж	ДоХиМэАж	ДоХиДүАж
НэБоДүАж	НэБоМэАж	НэХиМэАж	НэХиДүАж
НэБоДүШү	НэБоМэШү	НэХиМэШү	НэХиДүШү

Зураг. 2. MBTI зан төлөвийн төрлүүд.

Зан төлөв тодорхойлох сэтгэл зүйн сорилыг буруу ашиглавал зөрчилтэй үр дүн гардаг гэдгийг МакДоналд болон Эдвардс нар дүгнэсэн бөгөөд зан төлөв тодорхойлох тохиромжтой сорилд дараах зүйлсийг хөндсөн асуултууд багтах ёстой гэжээ [20]. Үүнд:

- Ямар сорил ашиглагдах ?
- Энэ нь танигдсан бөгөөд батлагдсан уу ?
- Сорил өгөгч мэргэжлээ бүрэн эзэмшсэн болон үйл ажиллагааг удирдах чадвартай юу ?
- Сорил явуулах үйл ажиллагаа хэрхэн зохион байгуулагдах вэ ?

II. СУДАЛГАА

MBTI загварыг нэг хүн, групп, оюутнууд, чадварлаг програм хангамж хөгжүүлэгчдэд хэрэглэсэн байдаг. Шинжилгээ хийсэн ихэнх судалгаа нь ганцаарчлан ажиллах болон багаар ажиллах, ажлын сэтгэл ханамжтай холбоотой хөгжүүлэгчийн зан төлөвийн нөлөөг харьцуулсан байдаг. Судалгааны ажилд програм зохиогчид MBTI загварын ямар зан төлөвтэй байгааг судалж үзсэн

байна. Ингэхдээ програм хангамжийн багийн гишүүн болон ганцаарчилсан програм зохиогч хоёрын зан төлөвийн ялгааг авч үзсэн байна. Мөн оюутнууд болон ажил дээр байгаа мэргэжлийн програм зохиогчдын ялгааг авч үзжээ. Судалгааг програм зохиогчдоос авсан, 2000 оноос 2014 он хүртэлх IEEE, ACM, Science direct, Springer зэрэг онлайн өгөгдлийн сангаас авсан судалгаануудын үр дүнг Зураг 3, 4-т үзүүлэв [10].

Зан чанар	Баг.гиш.	Хувь хүн	Зан чанар	Оюутан	Ажилтан
Хаалттай	79	63	Хаалттай	71	62
Дотогшоо	21	37	Дотогшоо	29	38
Бодит	64	78	Бодит	85	54
Хийсвэр	36	22	Хийсвэр	15	46
Дүгнэлт	86	90	Дүгнэлт	79	91
Мэдрэмж	14	10	Мэдрэмж	21	9
Шүүгч	64	52	Шүүгч	43	69
Ажиглагч	36	48	Ажиглагч	57	31

Зураг 3. Багийн гишүүн болон хувь хүний зан чанарууд.

Зураг 3 –д багийн гишүүн болон хувь хүний хувьд тухайн зан чанар хэдэн хувьтай байгааг, харин Зураг 4 –т оюутан болон компанийн ажилтны хувьд тухайн зан чанар хэдэн хувьтай байгааг үзүүлэв. Зураг 3-аас үзвэл дотогшоо, бодит, дүгнэлт гэсэн шинж чанарууд багийн гишүүн болон хувь хүн дээр адилхан өндөр хувьтай байна. Харин энэ хоёр дээр шүүмжлэгч шинж чанар нь ажиглагч шинж чанараас арай өндөр хувьтай байна. Баг дээр шүүмжлэгч чанар хувь хүнийг бодвол арай өндөр байна. Магадгүй энэ нь багийн гишүүн зохион байгуулалттай, өгсөн үүрэг даалгаврыг цагт нь биелүүлдэгтэй холбоотой [21].

Судалгаанаас үзвэл оюутнуудаас нийт 14 зан төлөвийн төрөл, харин компанийн ажилтнуудаас 13 зан төлөвийн төрөл тодорхойлогдсон. Зураг 4-өөс харахад мөн дотогшоо, бодит, дүгнэлт шинж чанар оюутан болон ажилтан дээр адилхан өндөр хувьтай байна. Харин ажилтан шүүмжлэгч зан чанартай байхад оюутанд ажиглагч зан чанар илүү байна. Нөгөө талаас хариуцлагын мөн чанараас хамаараад оюутнууд нь ерөнхийдөө урсгалаараа буюу ажиглаад байж байдаг бол ажилтнууд хариуцлагатай байдаг [21].

МВТИ зан төлөвийн 16 төрөл дээр багийн гишүүн, хувь хүн, оюутан, ажилтан гэсэн 4 ангилал тус бүрд хэдэн хувьтай байгааг Зураг 5-т харуулав [10]. Ингэхдээ 16 төрлийг зан төлөвийн эзлэх хувиас хамааран дараах 3 хэсэг хуваав. Үүнд: хүчтэй ажиглагдах, сул ажиглагдах, ажиглагдахгүй байх. Хүчтэй ажиглагдах гэдэг нь 4 ангилалд зан төлөв өндөр хувьтай ажиглагдахыг хэлнэ. Үүнтэй адилаар сул ажиглагдах нь тухайн зан төлөвийн төрлүүд зарим ангиллууд ажиглагдана. Ажиглагдахгүй хэсэгт тухай зан төлөвийн ангилалд 4 ангиллаас огт байхгүй байна.

Ангилал	2	Бодит	Хийсвэр	1
Төрөл	Дотогш	Дотогш	Дотогш	Дотогш
Баг.гиш.	31.0	13.0	0.0	19.0
Нэг хүн	33.0	4.8	0.0	4.8
Оюутан	28.0	11.0	0.0	0.0
Ажилтан	38.0	7.7	0.0	23.0
Төрөл	Дотогш	Дотогш	Дотогш	Дотогш
Баг.гиш.	19.0	6.3	0.0	6.3
Нэг хүн	9.5	4.8	0.0	4.8
Оюутан	17.0	11.0	0.0	5.6
Ажилтан	0.0	0.0	0.0	7.7
Төрөл	Нэб	Нэб	Нэб	Нэб
Баг.гиш.	0.0	0.0	0.0	6.3
Нэг хүн	14.0	0.0	0.0	9.5
Оюутан	11.0	0.0	0.0	4.6
Ажилтан	7.7	0.0	0.0	15.0
Төрөл	Нэб	Нэб	Нэб	Нэб
Баг.гиш.	0.0	0.0	0.0	0.0
Нэг хүн	9.5	4.8	0.0	0.0
Оюутан	5.6	5.6	0.0	0.0
Ажилтан	0.0	0.0	0.0	0.0
	Дүгнэлт	Мэдрэмж	Мэдрэмж	Дүгнэлт
				3

Зураг 5. Бүх ангилалд МВТИ –ийн зан төлөвүүдийн эзлэх хувь.

Дотогш, Дотогш, Дотогш, Нэб гэсэн 4 төрлийн зан төлөвийн төрөл хүчтэй ажиглагдаж байсан. Өөрөөр хэлбэл эдгээр зан төлөвийн төрлүүд нь 4 ангиллын бүгдэд нь нийтлэг байв. Эдгээр 4 ангиллаас Дотогш нь хамгийн олон давтамжтай програм зохиогчдын зан төлөвийн төрөл байв. Эдгээр төрлүүд дээр үндэслэн програм зохиогчид нь бага ярьдаг, бодолт дээр үндэслэн шийдвэр гаргадаг. Эцсийн мөчид ажлаа дуусгадаг хүн програмчлалын ажилд илүү тохиромжтой байна.

Дотогш, Дотогш, Нэб, Нэб, Нэб, Нэб гэсэн 6 төрлийн зан төлөвүүд огт ажиглагдаагүй. Эндээс хийсвэр мэдээлэлтэй, мэдрэмжээр дүгнэлт гаргадаг хүмүүс огт хамаарахгүй байна. Харин Нэб, Нэб, Нэб төрлүүдэд яагаад огт ажиглагдахгүй байгаа нь тодорхойгүй байна.

3 ангилалд сул ажиглагдсан Дотогш, Дотогш, Дотогш, Нэб, Нэб, Нэб 4 төрөл байна. 2 ангилалд сул ажиглагдсан Дотогш, Нэб, Нэб төрөл байна. Хувь хүн болон оюутнуудад бараг ижил үр дүнтэй боловч Дотогш төрөл оюутнуудад харагдсангүй.

III. ПРОГРАМ ЗОХИОГЧ МЭРГЭЖИЛД ХҮЙС НӨЛӨӨЛӨХ НЬ

Зан төлөвийг хүний зан араншингийн сэтгэлзүйн онцлог шинж гэдгээр мэддэг. Мөн сэтгэл зүйд эр хүйсийн онцлог шинж эм хүний онцлог шинжээс эрс ялгаатай байдаг [22]. Үүнтэй ижлээр эрэгтэй эмэгтэй хүмүүсийн зан төлөвүүд хооронд мэдэгдэхүйц ялгаа байдаг.

Судалгаануудад энэ талаар өгүүлдэг, цөөхөн судалгаанд хүйсийн талаар сорилдоо оруулсан боловч ганц судалгаанд хүйсийн талаар дүгнэлтдээ оруулжээ. Ингэхдээ эрэгтэй, эмэгтэй хөгжүүлэгчдийн хооронд Бодит – Хийсвэр болон Дүгнэлт – Мэдрэмж хосууд дээр өндөр ялгаа мэдрэгдсэн байна. Эндээс үзвэл програм зохиогчдын зан төлөвийн хүйсийн ялгаатай шинж чанаруудын талаар нотолгоо гаргах боломжгүй байна.

IV. ДҮГНЭЛТ

Судалгаанаас үндэслэн дараах дүгнэлтийг гаргав. Үүнд:

1. Зураг 5-аас үзвэл програм зохиогчдын зан төлөв ДоБоДүШү төрөлд хүчтэй ажиглагдаж байгаа нь дуу цөөнтэй, илүү бодитой мэдээлэл дээр бодож байж шийдвэр гаргадаг, зохион байгуулалт сайтай, мэдээлэл хангалттай цуглуулж, цаг баримталдаг хүн гэдгийг харуулж байна.

2. Зураг 3, 4-өөс үзвэл хаалттай, бодит, дүгнэлт гэсэн 3 шинж чанар нь багийн гишүүн, хувь хүн, оюутан, ажилтан гэсэн бүх ангилалд ижилхэн өндөр байгаа нь Зураг 5 дах зан төлөвийн ДоБоДүШү, ДоБоДүАж төрлүүд өндөр хувь эзэлж байгаатай тохирч байна. Зураг 3, 4-өөс харахад шүүмжлэгч чанар нь багийн гишүүн болон ажилтан дээр хувь хүн, оюутан дээрхээс харьцангуй их байна.

3. Бусдаас үл хамаарсан даалгавар биелүүлж байгаа програм хангамж хөгжүүлэгчид бүтээлч ба дотогшоо тодорхой түвшинд байхыг шаарддаг гэж зарим судлаачид үздэг [23], харин хамтын ажиллагаа, манлайлал шаардлагатай даалгавар гүйцэтгэж байгаа хөгжүүлэгч нээлттэй байх хандлагатай байдаг [24] гэсэн боловч Зураг 5-аас харахад хаалттай хүмүүс хамгийн үр дүнтэй програм зохиогчид болох нь харагдаж байна.

4. Зураг 5-аас үзвэл хийсвэр онолын мэдээлэлд дуртай, мэдрэмжээрээ шийдвэр гаргадаг хүмүүс програм зохиогчийн ажилд тохиромжгүй болох харагдаж байна. Мөн НэБоМэАж, НэХиДүШү төрлийн зан төлөвтэй хүмүүс тохиромжгүй байгаа нь сонирхолтой байна.

5. Програм зохиогчид хаалттай байх хандлагатай байгаа нь багаар хамтарч ажиллахад хүндрэлтэй байх боломжтой. Иймээс монгол хүний онцлогт тохирсон багийн ажиллагааны тохиромжтой загвар, зарчмуудыг тодорхойлох шаардлагатай.

6. Манай улсад програм хангамж мэргэжлээр сурч байгаа оюутан болон тэдгээрийн амжилтын хамаарлын судалгаа, 5-аас дээш жил мэргэжлээрээ ажиллаж байгаа програм зохиогчдоос зан төлөвийн судалгаа гаргах шаардлагатай байна. Англи хэл дээр зан төлөв тодорхойлдог үнэгүй вэб хуудсууд олон байдаг боловч өгүүлэлд оруулсан асуултуудын шаардлагыг хангасан асуултууд боловсруулах хэрэгтэй. Мөн монгол хэл дээр хүний зан төлөв тодорхойлох вэб хуудас хөгжүүлэх боломжтой байна. Ингэснээр ерөнхий боловсролын сургууль төгсөгчдөд зан төлөв дээр үндэслэн зөв мэргэжил сонгоход тусална.

АШИГЛАСАН МАТЕРИАЛ

- [1] L. F. Capretz, "Bringing the human factor to software engineering" IEEE Software, Vol. 31, 2014.
- [2] T. Dingsøyr, S. Nerur, V. Balijepally, N. B. Moe, "A decade of agile methodologies: Towards explaining agile software development," Journal of Systems and Software, Vol. 85, 2012.
- [3] L. G. Martínez, G. Licea, A. Rodríguez-Díaz, J. R. Castro, "Experiences in software engineering courses using psychometrics with RAMSET," in Proceedings of the 15th Annual Conference on Innovation and Technology in Computer Science Education, 2010.
- [4] Brooks, Jr., F. P. No Silver, *Bullet Essence and Accidents of Software Engineering*. Computer, 1987.
- [5] Sudhakar, G. P., Farooq, A., Patnaik, S. *Measuring Productivity of Software Development Teams*. Serbian Journal of Management, 2012.
- [6] Meyer, A. N., Fritz, T., Murphy, G. C., Zimmermann, T. *Software Developers' Perceptions of Productivity*. In Proceedings of the 22nd ACM SIGSOFT International Symposium on Foundations of Software Engineering, FSE 2014.
- [7] A. R. Gilal, J. Jaafar, M. Omar, M. Z. Tunio, "Impact of personality and gender diversity on software development teams' performance," in Proceedings of IEEE International Conference on Computer, Communication, and Control Technology, 2014.
- [8] A. R. Gilal, J. Jaafar, M. Omar, S. Basri, I. Din, "Balancing the personality of programmer: Software development team composition," Malaysian Journal of Computer Science, Vol. 29, 2016.
- [9] A. R. Gilal, J. Jaafar, M. Omar, S. Basri, A. Waqas, "A rule-based model for software development team composition: Team leader role with personality types and gender classification," Information and Software Technology, Vol. 74, 2016.
- [10] A. R. Gilal, J. Jaafar, A. Abro, M. Omar, S. Basri, M. Q. Saleem "Effective personality preferences of software programmer", Journal Of Information Science And Engineering, 2017.
- [11] Mourmant, G., Gallivan, M. "How Personality Type Influences Decision Paths in The Unfolding Model of Voluntary Job Turnover: An Application to IS Professionals", In Proc. of the ACM SIGMIS CPR Conf. 2007.
- [12] Salleh, N., Mendes, E., Gru, J. *The Effects of Openness to Experience on Pair Programming in a Higher Education Context*. In 24th IEEE-CS Conference on Software Engineering Education and Training, 2011.
- [13] Richardson, I., Casey, V., McCaffery, F., Burton, J., Beecham, S. *A Process Framework for Global Software Engineering Teams*. Information and Software Technology, 2012.
- [14] Yilmaz, M., O'Connor, R. V., Clarke, P. *Effective Social Productivity Measurements during Software Development - An Empirical Study*. International Journal of Software Engineering and Knowledge Engineering, 2016.
- [15] Anderson S. Barroso, Jamille S. Madureira da Silva, Michel S. Soares, Rogerio P. C. do Nascimento, *Influence of Human Personality in Software Engineering*, In Proceedings of the 19th International Conference on Enterprise Information Systems (ICEIS 2017), 2017
- [16] N. Gorla, Y. W. Lam, "Who should work with whom?" Communications of the ACM, Vol. 47, 2004.
- [17] L. F. Capretz, F. Ahmed, "Making sense of software development and personality types," IT Professional, Vol. 12, 2010.
- [18] I. L. Child, "Personality in culture," E. F. Borgatta and W. W. Lambert, ed., *Personality Theory and Research*, Rand McNally, Chicago, 1968.
- [19] https://en.wikipedia.org/wiki/Myers-Briggs_Type_Indicator
- [20] S. McDonald, H. M. Edwards, "Who should test whom?" Communications of the ACM, Vol. 50, 2007.
- [21] L. F. Capretz, "Personality types in software engineering," International Journal of Human-Computer Studies, Vol. 58, 2003.
- [22] E. M. Bennett, L. R. Cohen, "Men and women: Personality patterns and contrasts," Genetic Psychology Monographs, Vol. 59, 1959.
- [23] Capretz, L. F. *Personality Types in Software Engineering*. International Journal of Human-Computer Studies, 2003.
- [24] Salleh, N., Mendes, E., Grundy, J., Burch, G. S. J. *An Empirical Study of The Effects of Personality in Pair Programming Using The Five-Factor Model*. In Proc. of the 3rd Int. Symp. on Emp. Software Engineering and Measurement, 2009.

Хүний нүүрний төрхөөр угсааг тодорхойлох судалгаа

Б.Зориг, Э.Нарангэрэл, Ч.Лодойравсал

Машин Оюуны Лаборатори, Хэрэглээний Шинжлэх Ухаан, Инженерчлэлийн сургууль, МУИС

Электроник, Холбооны Инженерчлэлийн Тэнхим

zorig@seas.num.edu.mn, enaraalfc@gmail.com, lodoiravsal@seas.num.edu.mn

Хураангуй – Хүний царайг төрхөөр нь 4 үндсэн угсаанд хуваадаг. Энэ судалгаагаар чиглүүлсэн машин сургалт ашиглан хүний нүүрний зургаар угсааг хэр сайн тодорхойлж болохыг судлав. Олон улсын иргэдийн нүүрний зургаас VGG-Face (Visual Geometry Group) CNN, PCA (Principal Component Analysis), LBP (Local Binary Patterns), HOG (Histogram of Oriented Gradients) гэсэн дөрвөн аргаар хүний царайны онцлогуудыг тодорхойлсон. Эдгээр онцлогуудыг KNN (K-Nearest Neighbors), BayesNet, Random Forest, Euclidian Distance гэсэн дөрвөн машин сургалтын аргаар ангилахад VGG-Face-ээр онцлогоо тодорхойлж Random Forest аргаар ангилахад хамгийн өндөр 88%-тай хүний нүүрний төрхөөр нь угсааг зөв тодорхойлж байна. Туршилтаар монгол хүний нүүрний төрхийг 97-100 хувь ази угсааны гэж таньсан үр дүнд хүрсэн.

Түлхүүр үгс – *Face recognition, Convolution Neural Network-CNN, VGG-Face (Visual Geometry Group), Histogram of Oriented Gradients-HOG, Random Forest.*

I. УДИРТГАЛ

Хүнийг нүүрний зургаас нь хэн болохыг танихаас гадна нас, хүйс, сэтгэл хөдлөл, угсаа гэх мэт бусад мэдээллийг тодорхойлох боломжтой байдаг. Одоогоор хүний угсаа гарвалиар нь ангилсан нээлттэй өгөгдлийн сан Америкийн Карнеги-Меллоны Их Сургуулийн Таррлаб Лабораторид[1] хүн төрөлхтний үндсэн 4 угсааны (Африк, Ази, Европ, Хиспаник – буюу Испани гаралтай) 200 хүний сан, Англи Улсын Глазго Их Сургуулийн Нүүр судлалын Лаборатори[2] улс бүрийн хүний нүүрний дундажласан эрэгтэй эмэгтэй 83 хүний сан болон FEI[3] санг энэ судалгаанд ашигласан.

Бид туршилтыг дараах 4 үе шаттай хэрэгжүүлсэн. Үүнд:

1. Угсаа гарвалийг нь тодорхойлсон эгц урдаас нь авсан нүүрний зургийн сан цуглуулах
2. Цуглуулсан сангаараа чиглүүлсэн машин сургалтын аргаар сургах
3. Олон улсын хүний царайны дундажласан зургийн сангаар угсааг тодорхойлж турших
4. Монгол хүний зургийн сангаар угсааг тодорхойлж турших

Хоёрдугаар хэсэгт онцлогоо тодорхойлох аргуудаа, гуравдугаар хэсэгт ямар дарааллаар туршилтаа хийснээ, дөрөвдүгээр хэсэгт туршилтын үр дүнг тайлбарласан.

II. ДҮРСИЙН ОНЦЛОГ БА АНГИЛАЛ

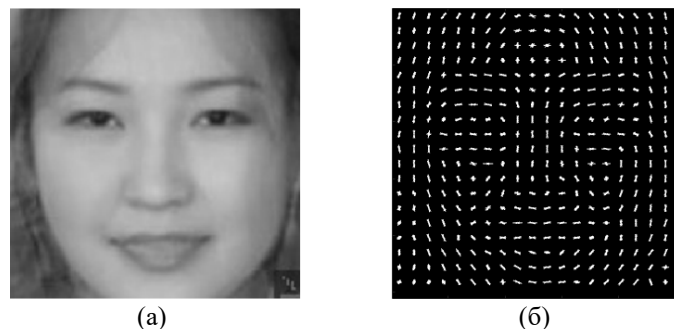
Дүрсээс аливаа нэг дүрсийн онцлогийг тодорхойлох олон арга байдгийг доор дурдав.

A. Дүрсээс онцлог ялгах PCA арга

Өгөгдлийн шинжилгээнд өргөн ашиглагддаг PCA[4] арга нь эх өгөгдөл дээр шугаман ортогонал хувиргалт хийж улмаар шинэ координатын системд өгөгдлүүдийг байршуулдаг. Үндсэн бүрэлдэхүүн шинжилгээ (PCA) гэдэг статистик үйлдэл нь ортогонал хувиргалтыг ашиглан хамааралтай байх боломжтой утгуудын бүрдлийг үндсэн бүрэлдэхүүн гэж нэрлэгддэг хамааралгүй шугаман хувьсагч болгон хөрвүүлдэг юм.

B. Дүрсийн онцлог ялгах HOG арга

HOG нь обект илрүүлэх зорилготойгоор компьютерийн хараа ба дүрс боловсруулалтад ашигладаг онцлог шинжийг илрүүлдэг арга юм. Энэ арга нь дүрсийн орон зайн хэсгүүдэд градиент чиглэлийн илрэх тоог харуулдаг. Хүний нүүрний хэлбэрийг хэрхэн илэрхийлэхийг Зураг 2.1-т харуулав.



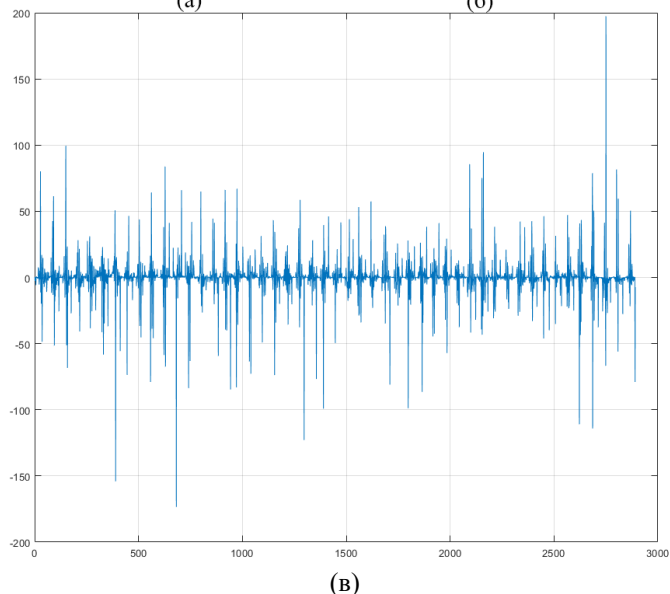
Зураг 2.1 Хүний нүүрний онцлогийг HOG аргаар тодорхойлсон жишээ. (a) Жишээ зураг 255x255 цэг; (б) Уг зургийн 13x13 хэсэг тус бүрийн гистограмм утгын зөрүүнээс нүүрний векторыг илэрхийлсэн зураг

C. Дүрсийн онцлог ялгах LBP арга

Дүрсийн матриц утгын тодорхой хэсэгт, хөрш цэгийн тоон утгаар ойролцоох утгуудын харилцан хамаарал буюу их багын хэмжээнээс хамаарч хоёртын 0 эсвэл 1 гэсэн утгуудыг өгөх арга. Зураг 2.2-ын (a) ба (б)-д зурагт хоёр өөр угсаатай хүний царайны зургийг жишээ болгон харуулсан бол (в)-д уг зургуудын LBP аргаар гарсан онцлогуудын зөрүүг харуулав.

D. Дүрсийн онцлог ялгах VGG-face тодорхойлогчууд

VGG-Face[5] тодорхойлогчууд нь Labeled Faces in the Wild ба the YouTube Faces өгөгдлийн санг ашиглан VGG-Deep-16 CNN архитектурыг ашиглан CNN-ийг хэрэгжилтийг ашиглан тооцоолон гаргасан бөгөөд болон өгөгдлийн сан. Хүснэгт 2.1-д уг аргаар их хэмжээний онцлогийг хэдэн давхаргаар гарган авж байгааг хүснэгтлэн харуулав. Оролтон өгөх зураг нь 255x255 болно.



Зураг 2.2 Дүрсийн онцлогийн LBP аргаар хоёр хүний нүүрний зургийг харьцуулж буй жишээ. (а) Монгол эмэгтэйн дундаж царай; (б) Итали эмэгтэйн дундаж царай; (в) LBP аргаар тодорхойлсон онцлогоор нь харьцуулсан үр дүн

ХҮСНЭГТ 2.1

VGG-FACE ГҮН УДИРДЛАГАТАЙ МАШИН СУРГАЛТЫН АРГААР НҮҮР ТАНИХ АЛГОРИТМЫН ДАВХАРГА БА ОНЦЛОГИЙН ХЭМЖЭЭСНИЙ ХАРЬЦАА (МАНАЙ ТОХИОЛДОЛД 32 ДАВХАРГААР СУРГИЙН ОНЦЛОГИЙГ ГАРГАЖ АВСАН)

Давхрага	Төрөл	Нэр	Support	Шү. хэмж	Шү. too	Stride	Pad
0	оролт	-	-	-	-	-	-
1	Conv	Conv1	1	3	64	1	1
2	Relu	Relu1	1	1	-	-	0
3	Conv	Conv1	2	3	64	64	1
4	Relu	Relu1	2	1	-	-	0
5	Mpool	Mpool1	2	-	-	2	0
6	Conv	Conv2	1	3	128	128	1
7	Relu	Relu2	1	1	-	-	0
8	Conv	Conv2	2	3	128	128	1
9	Relu	Relu2	2	1	-	-	0
10	Mpool	Mpool2	2	-	-	2	0
11	Conv	Conv3	1	3	256	256	1
12	Relu	Relu3	1	1	-	-	0
13	Conv	Conv3	2	3	256	256	1
14	Relu	Relu3	2	1	-	-	0
15	Conv	Conv3	3	3	256	256	1
16	Relu	Relu3	3	1	-	-	0
17	Mpool	Mpool3	2	-	-	2	0
18	Conv	Conv4	1	3	512	512	1
19	Relu	Relu4	1	1	-	-	0
20	Conv	Conv4	2	3	512	512	1
21	Relu	Relu4	2	1	-	-	0
22	Conv	Conv4	3	3	512	512	1
23	Relu	Relu4	3	1	-	-	0
24	Mpool	Mpool4	2	-	-	2	0
25	Conv	Conv5	1	3	512	512	1
26	Relu	Relu5	1	1	-	-	0
27	Conv	Conv5	2	3	512	512	1
28	Relu	Relu5	2	1	-	-	0
29	Conv	Conv5	3	3	512	512	1

30	Relu	Relu5	3	1	-	-	1	0
31	Mpool	Mpool5	2	-	-	-	2	0
32	Conv	Fc6	7	512	4096	1	0	
33	Relu	Relu6	1	-	-	1	0	
34	Conv	Fc7	1	4096	4096	1	0	
35	Relu	Relu7	1	-	-	1	0	
36	Conv	Fc8	1	4096	2622	1	0	
37	Softmx	Prob	1	-	-	1	0	

III. ХЭРЭГЖҮҮЛЭЛТ

Дүрсийн онцлогуудийг ялгах дараах 4 аргыг ашигласан. Үүнд:

- PCA (Principal Component Analysis),
- HOG (Histogram of Oriented Gradients)
- LBP (Local Binary Patterns),
- VGG-Face (Visual Geometry Group),

Энд VGG-Face нь гүн сургалт deep learning алгоритм, үлдсэн 3 нь гүехэн сургалт shallow learning алгоритм болно.

Сангаараа сургахдаа чиглүүлсэн машин сургалтын ангилах аргад дараах 4 аргыг ашигласан. Үүнд:

- KNN (K-Nearest Neighbors) K = 3 ба K = 5
- BayesNet
- Random Forest
- Euclidian Distance-KNN (K-Nearest Neighbors) K = 1

Энд KNN-ын k=1 буюу Euclidian Distance-г MATLAB дээр хэрэгжүүлсэн. Бусдыг нь WEKA[6] програм дээр гүйцэтгэсэн.

A. Гүйцэтгэл

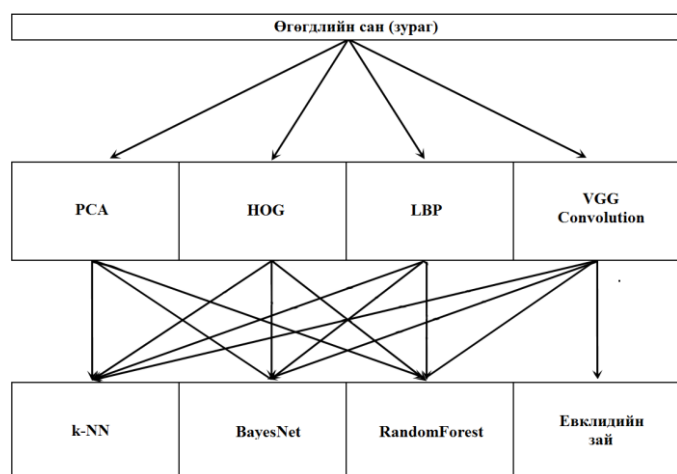
Хүнийг царайг угсаагаар нь ангилсан, эгц урдаас гэрэл туссан үеийн (front-face) цээж зургуудын санг цуглуулсан. Хүн төрөлхтний үндсэн 4 угсааны 200 хүний зураг бүхий Америкийн Карнеги-Меллоны Их Сургуулийн Таррлаб Лабораторийн [3] санг интернетээс нээлттэй лицензтэй 200 зургаар баяжуулан энэ судалгаанд ашигласан. Өгөгдлийн санг Африк, Ази, Европ (Caucasian төрх), Хиспаник төрх гэсэн угсаагаар ангилан аль болох олон улсын иргэдийн зургаар бүрдүүлэн тэнцвэртэй байдлыг хангасан.

Хүний нүүрний онцлогуудийг ялган ангилах сургалтын хэсэгт K-NN, BayesNet, RandomForest ба “pdis2” функцийг ашиглан Евклидийн зайг олох аргуудыг ашигласан. Алгоритмуудыг ашиглан сургахдаа өгөгдлийн 50, 60, 70, 80, 90 гэсэн таван хувиар сургаж хамгийн өндөр дүнтэй хувиар Cross-validation[7] буюу шалгах өгөгдлийг солбих аргаар туршсан. K-NN-ын хувьд хамгийн хялбар бөгөөд энгийн тооцооллоор тухайн өгөгдлийг ангилан онцлогийг үүсгэдэг. BayesNet-ын хувьд өгөгдлийн магадлал дээр суурилж хийгддэг бөгөөд манай тохиолдолд Тэгшитгэл (1)-ээр илэрхийлэгдэх болно. U нь 4 угсаа бүхий 4 өөр өгөгдлийн онцлогийг илтгэх болно.

$$P(X, e) = \sum_{U \setminus X} P(U, e) = \sum_{U \setminus X} \prod_i P(U_i | pa(U_i)) e \quad (1)$$

RandomForest алгоритмын хувьд өгөгдлүүдээс сонгогдож байгуулагддаг шийдвэрийн мод (Decision Tree)-ын графикуудыг олноор нь багцлан дүн шинжилгээ хийдэг арга бөгөөд өгөгдлөөс онцлог дутах үзэгдлийг арилгах, ангилалтын оновчтой байдлын хувьд болон өгөгдлийн хэмжээ их нөхцөлд тун сайн ажилладаг. Уг алгоритмыг Майкрософт компани Xbox Kinect [8] гүний ба өнгөний мэдээлэл хосолсон объект таних, дагах зорилготой төхөөрөмждөө ашигласан нь дүрс боловсруулалтын чиглэлд уг алгоритмыг ашигласан том жишээ болсон. Өгөгдлийн график дээр Евклидийн зайгаар нь тооцоолон ангилах аргын хувьд K-NN-тэй төстэй боловч илүү сайжруулсан хувилбар нь байсан тул сонгон ашигласан.

Өгөгдлийн сан нь хүний цээж зургаас бүрдсэн тул нүүр таньж ялгах эхний алхмыг Viola Jones[9] алгоритмаар гүйцэтгэсэн. Нүүрний хэсгийг блок зураг үүсгэн тайран авч 255x255 цэг болгон дараагийн шат буюу онцлогүүдийг олоход бэлтгэсэн. Онцлогүүдийн матрицыг Бүлэг 2-д дурдсан аргуудаар гарган авсан. Улмаар онцлогүүд бүхий матриц дээр дүн шинжилгээ хийн үр дүнгээ хувиар тодорхойлсон. Зураг 3.1-т гүйцэтгэлийн ерөнхий алгоритмыг харуулав.



Зураг 3.1 Хэрэгжүүлэлтийн ерөнхий схем, дараалал

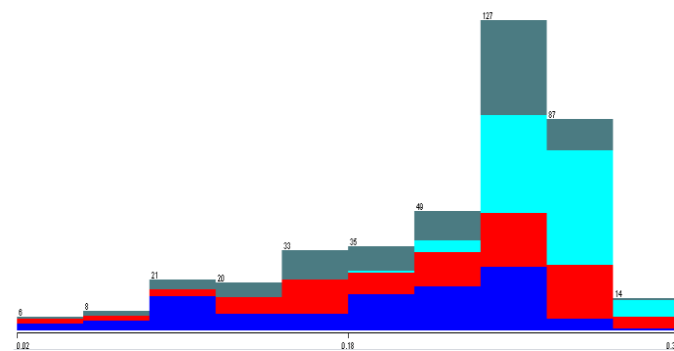
Онцлогүүдийг PCA аргаар тодорхойлохдоо хамгийн их утга 323 болон шууд оноож өгдөг 50 гэсэн хоёр утгаар шалган улмаар 50 утгатай байх нь манай тохиолдолд илүү үр дүнтэй болохыг тогтоосон. HOG аргаар онцлогүүдийг олохдоо, утгын тоог 5184 байхаар буюу 19x19 хэмжээтэй маск матрицыг сонгон авсан. LBP аргаар онцлогүүдийг тодорхойлохдоо 5900 утгатайгаар байхаар харьцуулах матрицаа 25x25 хэмжээтэй байхаар сонгосон. VGG-Face Конволюцийн хувьд давхаргын тооноос хамаарч онцлогийн хэмжээ өөрчлөгдөх тул хамгийн их тоотой байгаа 32-р давхаргаар нь таслан авч, 4096 онцлог авсан. Хүснэгт 3.1-т онцлогийг олох арга ба харгалзах хэмжээг илтгэв.

ХҮСНЭГТ 3.1 Онцлогийн хэмжээсийн хүснэгт	
Онцлог олох арга	Хэмжээ
PCA	50
HOG	5184
LBP	5900
VGG-Face конволюць	4096

Онцлогийн тоо бүрийг хувьсагч болгон авах ёстой. Ази, африк, европ (Caucasian төрхтэй), хиспаник төрхтэй 4 ангилсан, тус бүр 100 зургуудын онцлог бүхий өгөгдлийг холбож чиглүүлсэн машин сургалтын алхамд шилжсэн. Уг програмд өгөгдлийн шинжилгээ, өгөгдөлд суурилсан сургалтын олон алгоритм, боломжууд бий тул бид өөрсдийн өгөгдлийг олон янзаар туршин үзсэн.

С. Туршилт

Туршилтууд өгөгдлөөсөө хамаарч сурах алгоритмууд харилцан адилгүй ажиллаж буйг илтгэсэн. Өгөгдөл буюу онцлогүүдээ KNN-ын $k=3, 5$; BayesNet, RandomForest ба Евклидийн зайгаар олох аргаар танилтыг шалгасан. Өгөгдөл тус бүрд сургах алгоритмаа туршиж үзэх зарчмаар KNN ($k=3, 5$), BayesNet, RandomForest гэсэн дарааллаар туршиж байсан бөгөөд яг ийм дарааллаар PCA, HOG, LBP, VGG-Face-аар олсон онцлогүүдийг үзсэний эцэст хамгийн сайн онцлог олох арга буюу VGG-Face-ээр олсон утгаар Евклидийн зайн хэмжээнээс хамаарч сурах аргыг нэмж туршсанаар 5 сурах хувилбартай болсон. Зураг 3.2-т өгөгдлийн онцлог бүрийг харьцуулж буйг харуулав, сургалтын туршилтын жишээг Хүснэгт 3.2-т Confusion матрицаар илтгэв.



Зураг 3.2 HOG аргаар тодорхойлогдсон онцлогүүдийн жишээ. 1 зургаас 5184 онцлог үүсэж байгаа бөгөөд нийт 400 зургийн 4 ангиллаар нь харьцуулсан график харагдах болно

Хүснэгт 3.3 нь туршилтын өгөгдөл танигдахдаа ямар угсаа болж танигдаж буйг илтгэнэ. Уг туршилтад 23 африк, 16 ази, 26 европ, 15 хиспаник угсаатай зургуудыг тест өгөгдөл болгон шалгасан. Үр дүнд нь 80 туршилтын зургийн 70%-ийг нь зөв таньсан байна.

ХҮСНЭГТ 3.2

VGG-FACE ТОДОРХОЙЛОГЧООР БОЛОВСРУУЛСАН ОНЦЛОГУУД ДЭЭР
RANDOM FOREST АЛГОРИТМЫГ 80-20-ТОЙ ХЭРЭГЖҮҮЛСЭН ҮЕИЙН ҮР
ДҮН

Африк	Ази	Европ	Хиспаник	
19	2	2	0	Африк
3	10	3	1	Ази
0	2	17	4	Европ
1	2	4	10	Хиспаник

IV. ҮР ДҮН

Туршилтын үр дүнд RandomForest алгоритм бусад алгоритмоос илүү сайн таньж буй нь харагдсан. Гэвч бүх өгөгдлийн төрөл буюу онцлогийн төрлүүд дээр тийм үр дүн гараагүй бөгөөд өгөгдлийн төрлөөс хамаарч өөр өөр үр дүнг алгоритмууд маань гаргасан. Хүснэгт 4.1, 4.2, 4.3, 4.4-д туршилтуудын үр дүнг харуулав.

Хүснэгт 4.1

PCA АРГААР БОЛОВСРУУЛСАН ОНЦЛОГ УТГА БҮХИЙ ӨГӨГДӨЛ ДЭЭРХ KNN, BAYESNET, RANDOMFOREST АЛГОРИТМУУДЫН ТУРШИЛТЫН ҮР ДҮН

	KNN		BayesNet	RandomForest
	k=3	k=5		
PCA	50-50	50%	56%	53.00%
	60-40	51.25%	55.63%	49.38%
	70-30	57.50%	62.50%	46.67%
	80-20	66.25%	57.50%	53%
	90-10	57.50%	57.50%	57.50%
	Cross 10			67%
	Cross 5			65%
	Cross 2			67.25%

Хүснэгт 4.1

HOG АРГААР БОЛОВСРУУЛСАН ОНЦЛОГ УТГА БҮХИЙ ӨГӨГДӨЛ ДЭЭРХ KNN, BAYESNET, RANDOMFOREST АЛГОРИТМУУДЫН ТУРШИЛТЫН ҮР ДҮН

	KNN		BayesNet	RandomForest
	k=3	k=5		
HOG	50-50	66%	74%	68.00%
	60-40	68.75%	76.25%	69.38%
	70-30	71.67%	77.50%	67.50%
	80-20	70.00%	76.25%	67.50%
	90-10	58%	75.00%	67.50%
	Cross 10		71.50%	70.00%
	Cross 5		72%	69.75%
	Cross 2		69.25%	68.25%

Хүснэгт 4.2

LBP АРГААР БОЛОВСРУУЛСАН ОНЦЛОГ УТГА БҮХИЙ ӨГӨГДӨЛ ДЭЭРХ KNN, BAYESNET, RANDOMFOREST АЛГОРИТМУУДЫН ТУРШИЛТЫН ҮР ДҮН

	KNN		BayesNet	RandomForest
	k=3	k=5		
LBP	50-50	58.50%	64.50%	55%
	60-40	63.13%	66.88%	55.00%
	70-30	67.50%	70.00%	56.67%
	80-20	66%	71%	55.00%
	90-10	65%	65%	50.00%
	Cross 10			65.25%
	Cross 5			70.50%
	Cross 2			68.50%

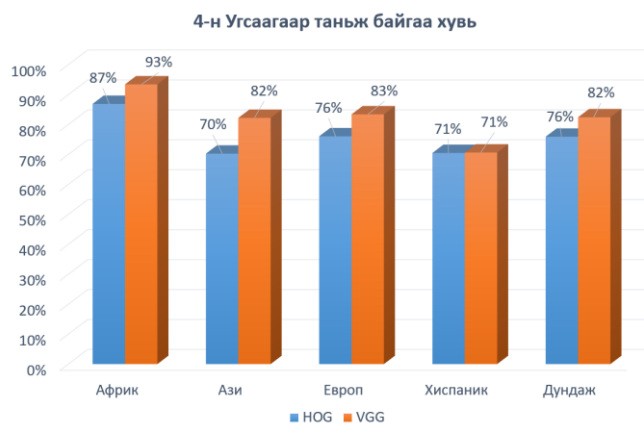
Хүснэгт 3.4

VGG Конволюць АРГААР БОЛОВСРУУЛСАН ОНЦЛОГ УТГА БҮХИЙ ӨГӨГДӨЛ ДЭЭРХ KNN, BAYESNET, RANDOMFOREST, EUCLIDIAN DISTANCE АЛГОРИТМУУДЫН ТУРШИЛТЫН ҮР ДҮН

VGG	KNN		BayesNet	RandomForest	Euclidean Distance
	k=3	k=5			
50-50	50.50%	48.00%	79.00%	76.50%	70%
60-40	56.25%	51.88%	80.63%	80.63%	66.25%
70-30	54.17%	56.67%	83.33%	80.33%	70%
80-20	61.25%	63.75%	86.25%	88.75%	72.50%
90-10	58%	63%	88%	80%	75%
Cross 10			83.25%	83.67%	
Cross 5			81.50%	87.76%	
Cross 2			83.75%	79.59%	

HOG, VGG-Face тодорхойлогчоор онцлог тодорхойлсон үед нүүрний 4-н үндсэн угсааг KNN3,

KNN5, BayesNet, RandomForest Euclidean Distance, Cross-5, Cross-10, Cross-20 нийт 8 аргаар ангиласнаар танилтын дундаж хувь ямар байгааг Зураг 4.1-д үзүүлэв. Ер нь Африк хүний төрхийг таньж байгаа дундаж хувь нь бусад төрхийг таньж байгаа хувиас 10%-аар илүү байгаа нь харагдаж байсан.



Зураг 4.1 HOG, VGG-Face-ээр онцлог авч 4 ангилах арга ба 3 кросс нийт, машин сургалтын үр дүнгийн угсаа гарлаар нь таньж байгаа дундаж утгыг үзүүлэв.

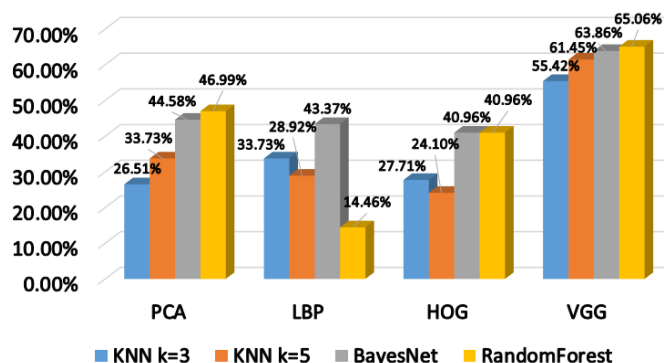
Туршилтын хувьд өгөгдлийн бүрэн солбиж сургах, шалгах аргыг туршилтуудын үр дүнд сайн байсан алгоритм дээр дахин шалгаж. Бодит үнэн эсэхийг магадлан. Солбиж сургах, шалгах аргыг хэрэгжүүлсэн үр дүнг Хүснэгт 4.5-д харуулав.

Хүснэгт 4.2-д буй үр дүн буюу HOG аргаар боловсруулагдсан онцлогууд дээрх туршилтын хувьд k=5 үеийн KNN алгоритм ба RandomForest алгоритмууд сайн бөгөөд хоорондоо ойролцоо үр дүн гаргаж байсан. Улмаар туршилтын 400 зургийг сургалтын өгөгдөл байдлаар ашиглан улс орнуудын дундаж царайны зургуудын сан бүхий 83 зураг, зөвхөн монгол хүмүүсийн царайны 100 зурагтай хоёр санг угсааг тодорхойлуулж шалгах туршсан.

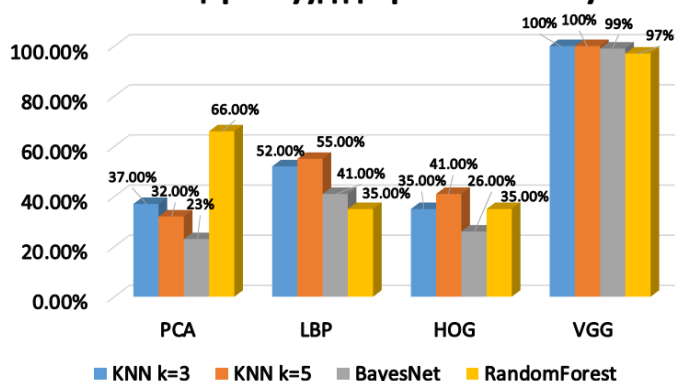
Хүснэгт 4.5

ОНЦЛОГ БОЛОВСРУУЛАХ АРГУУДЫН ҮР ДҮНД ГАРСАН ӨГӨГДӨЛ ДЭЭР KNN, BAYESNET, RANDOMFOREST АЛГОРИТМУУДЫН СОЛБИН ТУРШСАН ҮР ДҮН

	Cross	KNN	BayesNet	RandomForest
	methods	k=5		
PCA	C 10	63.50%	55.25%	67%
	C 5	61.75%	50.25%	65%
	C 2	58%	52.25%	67.25%
HOG	C 10	71.50%	63%	70.00%
	C 5	72%	62.50%	69.75%
	C 2	69.25%	62.00%	68.25%
LBP	C 10	68.75%	53.25%	65.25%
	C 5	66.75%	53%	70.50%
	C 2	68.50%	53.00%	68.50%
VGG-Face	C 10	59.25%	83.25%	83.67%
	C 5	58.25%	81.50%	87.76%
	C 2	54.50%	83.75%	79.59%

Дундаж царайнууд дээрх танилтын хувь

Зураг 4.2 Нэг улсын олон иргэний царайнаас үүсгэсэн дундаж царай бүхий олон улсын хүмүүсийн зургийг шалгасан туршилтын үр дүн

Монгол царайнууд дээрх танилтын хувь

Зураг 4.3 Монгол хүмүүсийн царайны зургийг шалгасан туршилтын үр дүн

Зураг 4.2-д улс орнуудын дундаж царайг таних туршилтын үр дүнг харуулсан бол Зураг 4.3-д Монгол хүмүүсийн зургийг уг туршилтад оролцуулахад гарсан үр дүнг харуулав.

Туршилтуудын үр дүнд онцлогийн төрөл, сургах болон шалгах өгөгдлийн тоо чухал нөлөөтэй нь тодорхой болсон.

Дүгнэлт ба цаашид хийх ажил

Хүний нүүрний зургаас онцлог өгөгдлүүдийг нэгтгэн сургах замаар тухайн хүний угсааг таних энэхүү судалгаанд шаардлагад нийцсэн, олон үндэстний нээлттэй лицензтэй зургийн олдоц тааруугаас 400 зургийн сан үүсгэсэн нь хангалтгүй юм.

Туршилтын хувьд 4 өөр угсааны тус бүр 100 зургаар буюу нийтдээ 400 зургаар сурган улс орнуудын эрэгтэй эмэгтэй холилдсон дундаж царай бүхий 83 зураг болон Монгол эрэгтэй эмэгтэй нийт 100 зургаар шалгах үйлдлийг хийсэн бөгөөд уг туршилтад Монгол нийг Ази угсааны хүн гэж сайн ялгаж байгаа бол дундаж царайгаар тухайн иргэний угсааг танихад муу буюу дунджаар 49 хувьтай таньж байна.

Энэхүү судалгааны ажлын хувьд нүүрний бүтэц, хэлбэр, ирмэг гэх зэрэг мэдээллүүдийг онцлог болгон авах замаар сургалтын алгоритмуудыг харьцуулсан туршилтууд бүхий ажил болсон. Дараагийн шатанд нүүрний гүний мэдээллүүдийг харьцуулах боломжтой,

мөн хүний нүүрний онцлог авахдаа хэд хэдэн аргыг цувруулан ашиглах нэгдсэн нэг том утгаар сургах боломж бий. Хүний нүүрний угсааг танихад VGG-Face-ээр онцлог өгөгдлөө авч, RandomForest аргаар ангилан сургахад дажгүй үр дүнг гаргаж авах нь 4-р бүлэгт буй хүснэгтүүдээс харагдаж байна.

АШИГЛАСАН МАТЕРИАЛ

- [1] Micheal J. Tarr, Face Place, Center of the Neural Basis of Cognition and Department of Psychology, Carnegie Mellon University, http://wiki.cmbc.cmu.edu/Face_Place.
- [2] Face Research, Average Face програм хангамж, дата сан, <http://www.faceresearch.org/demos/average>.
- [3] Dr. Carlos Eduardo Thomaz, FEI face database, Image Processing Laboratory, Department of Electrical Engineering, Centro Universitario da FEI, Sao Bernardo do Campo, Sao Paulo, Brazil, <http://fei.edu.br/~cet/facedatabase.html>.
- [4] Deng Cai, Xiaofei He, Jiawei Han, and Hong-Jiang Zhang, "Orthogonal Laplacianfaces for Face Recognition", in IEEE TIP, 2006.
- [5] O. M. Parkhi, A. Vedaldi, A. Zisserman, Deep Face Recognition, British Machine Vision Conference, 2015.
- [6] Eibe Frank, Mark A. Hall, and Ian H. Witten (2016). The WEKA Workbench. Online Appendix for "Data Mining: Practical Machine Learning Tools and Techniques", Morgan Kaufmann, Fourth Edition, 2016.
- [7] Stone M. Cross-validated choice and assessment of statistical predictions. J. Royal Stat. Soc., 36(2):111–147, 1974.
- [8] A. Criminisi, J. Shotton, E Konukoglu, Microsoft Research Ltd, "Decision Forests for Classification, Regression, Density Estimation, Manifold Learning and Semi-Supervised Learning" https://www.microsoft.com/en-us/research/wp-content/uploads/2016/02/decisionForests_MSR_TR_2011_114.pdf
- [9] P. Viola, M. J. Jones, "Robust Real-Time Face Detection", International Journal of Computer Vision. 57(2), 137-154, 2004.

Зураг дахь онцгой цэгүүд, түүнийг тодорхойлох аргууд

Г.Гэрэлттулга*, Д.Болормаа*

* Монгол Улсын Их Сургууль,

Хэрэглээний Шинжлэх Ухаан Инженерчлэлийн Сургууль,

Электроник, холбооны инженерчлэлийн тэнхим

* ggerlee88@gmail.com * bolormaa@seas.num.edu.mn

Хураангуй—Энэхүү судалгааны ажилд зураг дахь онцгой цэгүүдийг олж илрүүлэх арга болоод тэдгээр онцгой цэгүүдийг тодорхойлогч хүчин зүйлийг судалсан. Ингэж онцгой цэг олж илрүүлэн, түүнийг тодорхойлох хэд хэдэн арга байдаг. Дурдвал SIFT, KAZE, AKAZE, ORB, BRISK гэх мэт. Эдгээр аргуудаас судалж, хоорондын харьцуулалт хийсэн. Зураг дахь онцгой цэгүүдийг олж илрүүлснээр өөр өөр өнцгөөс авсан зургийн ижил онцгой цэгүүдийг холбох, үүнийгээ ашиглан 3 хэмжээст объект эсвэл бүтэц үүсгэхэд ашигладаг.

Түлхүүр үг—Онцгой цэг, Онцгой цэг илрүүлэх арга, Feature point detection, SIFT, AKAZE.

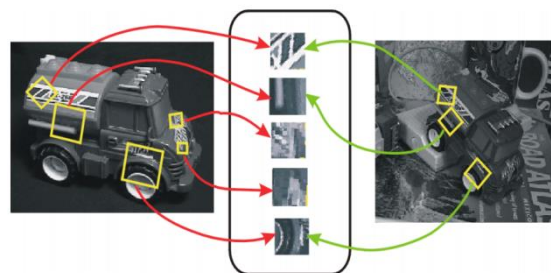
I. УДИРТГАЛ

Онцгой цэгийг олж илрүүлэх ба тэдгээрийг тодорхойлох нь компьютер вишин болон дүрс боловсруулалтын салбарт чухал нөлөө үзүүлдэг. Онцгой цэг нь дүрсийг эгнүүлэх (панорам зураг), объект таних, 3-н хэмжээст сэргээх, хөдөлгөөн бүртгэх, роботийн салбар зэрэгт хэрэглэгддэг.

Онцгой цэг нь инвариант шинж чанартай байх бөгөөд дүрсийн эргэлт болон хэмжээст инвариант шинж чанараа хадгалдаг. Харин гэрлийн өөрчлөлт, 3-н хэмжээст камерын харагдацад бараг инвариант байна [1]. Зураг 1-д жишээ болгон үзүүлсэн машиныг тодорхойлох боломжтой онцгой цэгүүдийг харуулав. Онцгой цэгийг олж илрүүлэн тодорхойлох, цаашлаад өөр бусад байрлалаас авсан зурагтай харьцуулан холбох хэд хэдэн арга байдаг. Үүнд: SIFT, KAZE, AKAZE, ORB, BRISK.

Өөр өөр байрлалд оршин байх камераас авсан зургуудаар 3 хэмжээст объект сэргээдэг Structure from Motion аргаар объект сэргээхийн тулд онцгой цэг илрүүлэн, түүнийг тодорхойлох аргуудыг зайлшгүй судлах шаардлагатай байдаг.

Энэ өгүүлэлд онцгой цэгийг олж илрүүлэх ба тодорхойлох процессыг судалсан бөгөөд дээрх аргуудыг туршиж, харьцуулалт хийсэн. Мөн судалсан аргуудаас дараагийн судалгаанд аль аргыг нь ашиглахаа шийдвэрлэсэн.



Зураг 1: Тоглоомон машиныг тодорхойлж буй онцгой цэгүүд

II. ОНЦГОЙ ЦЭГИЙГ ОЛЖ ИЛРҮҮЛЭХ БА ТЭДГЭЭРИЙГ ТОДОРХОЙЛОХ АРГЫН ЕРӨНХИЙ ЗАРЧИМ

Онцгой цэг гаргаж авах эхний алхам нь түүнийг олох ба дараагийн алхам нь онцгой цэгийг тодорхойлогч хүчин зүйлүүдийг дүрслэх юм. Онцгой цэг олоход шаардлагатай нэг гол асуулт бол ямар цэгийг онцгой цэг гэх вэ? Хялбархнаар хэлбэл тухайн зургийн хамгийн их сонирхол татсан, өвөрмөц хэсэг юм. Хамгийн эхлээд онцгой цэг инвариант байх хэрэгтэй бөгөөд зургийн бүх төрлийн хувиргалтуудад тогтвортой байх хэрэгтэй. Гэрэлтүүлэг, хэмжээс, эргэлт, аффин, алслал гэх мэт зургийн хувиргалтууд байдаг. Эдгээр хувиргалтуудад онцгой цэг нь тогтвортой, бат бөх байх хэрэгтэй.

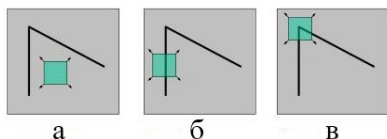
Онцгой цэг илрүүлэх үндсэн 3 төрөл байдаг. Үүнд: ирмэг илрүүлэгч, өнцөг ирүүлэгч, блоб илрүүлэгч. Эдгээрийн түгээмэл хэрэглэгддэг илрүүлэгчүүдийг Хүснэгт 1-д ангилан үзүүлэв.

Хүснэгт 1

Түгээмэл онцгой цэг илрүүлэгчүүд ба түүний ангиллууд

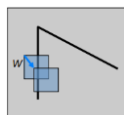
Онцгой цэг илрүүлэгч	Ирмэг	Өнцөг	Blob
Canny	●		
Sobel	●		
Harris & Stephens	●	●	
Shi & Tomasi		●	
FAST		●	●
Laplacian of Gaussian		●	●
Difference of Gaussians		●	●
Determinant of Hessian		●	●
MSER			●
PCBR			●
Grey-level blobs			●

Ирмэг илрүүлэгч нь зурагт байгаа хоёр өөр хэсгийн зааг буюу ирмэг хэсгийг илрүүлнэ. Өнцөг илрүүлэгч нь тухайн онцгой цэгийг илрүүлдэг бол харин блоб илрүүлэгч нь онцгой цэгийн эргэн тойрны хэсгийг илрүүлдэг. Зургийн нэгж хэсгийг хавтгай, ирмэг, өнцөг гэж ангилах ба аль ч чиглэлд өөрчлөлтгүй бол хавтгай (Зураг 2.а), зөвхөн ирмэгийн чиглэлийн дагуу өөрчлөлттэй байвал ирмэг (Зураг 2.б), бүх чиглэлд өөрчлөлттэй байвал өнцөг (Зураг 2.в) байна гэж үзнэ.



Зураг 2: Зургийн нэгж хэсэг, түүний төрлүүд

Эдгээр хэсгүүдийг илрүүлэхэд нэгж хэмжээ бүхий цонх сонгож аваад, тухайн цонхны төвийг болзошгүй онцгой цэг гэж үзнэ. Энэ нэгж цонхыг бүх чиглэлд шилжүүлэх боломжтой бөгөөд ингэснээр онцгой цэгийн хайлт хийх явц эхэлнэ. Нэгж хэмжээ бүхий цонхыг “ W ” гэж нэрлэе. “ W ” цонхны шилжилтийг Зураг 3-т үзүүлэв.



Зураг 3. Онцгой цэгийг тодорхойлогч цонхны шилжилт

А. Өнцөг илрүүлэгч

Өнцөг гэдэг нь 2 болон түүнээс дээш ирмэгийн огтлолцлын цэг юм. Объектын өөр өөр хэсгүүдийн эсвэл 2 объектын хоорондын хил заагийг ирмэг гэнэ. Тэдгээр ирмэгийн дагуу хайлт хийснээр өнцөг олдох боломжтой. Өнцөг илрүүлэгч нь зөвхөн өнцөг илрүүлээд зогсохгүй шулууны төгсгөл гэх мэт бусад онцгой цэг байж болзошгүй цэгүүдийг мөн илрүүлдэг. Өөрөөр хэлбэл өнцөг илрүүлэгч гэдэг нь янз бүрийн зурагт дүрслэгдсэн, илрэх өндөр магадлалтай ижил өнцгийг олох чадварыг хэлнэ[2]. Хэрхэн өнцөг илрүүлдэг вэ? Жишээ болгож энд Гаррисийн өнцөг илрүүлэгчийг тайлбарлая. Энэ нь сайн онцгой цэг олоход хэрэглэгддэг түгээмэл арга юм. Дээр дурдсанчлан зургийн нэгж хэсэг бүхий цонхны төв цэгийг олох гэж байгаа өнцөг гэж үзнэ. Аль ч чиглэлд шилжсэн “ W ” цонхны маш бага шилжилт нь тухайн пикселийн эрчмийн дундаж өөрчлөлтөөр тодорхойлогддог. Ингэснээр аль ч чиглэлд шилжиж буй “ W ” цонхонд пикселийн эрчмийн том өөрчлөлт харагдана. “ W ” цонх шилжихэд хэрэв хавтгай хэсэг байх юм бол аль ч чиглэлд пикселийн эрчмийн өөрчлөлт харагдахгүй. Гэхдээ ирмэгийн чиглэлийн дагуу пикселийн эрчмийн өөрчлөлт байхгүй байвал түүнийг ирмэг хэсэг гэж илрүүлнэ. Харин чиглэл бүрт пикселийн эрчмийн тодорхой өөрчлөлт байвал түүнийг өнцөг гэж илрүүлнэ. Тухайн хэсгийг өнцөг, ирмэг, хавтгай хэсэг эсэхийг тодорхойлох математик арга нь Гаррисийн өнцөг илрүүлэгч алгоритм юм. Хэмжээсийн хувьд инвариант биш байж болох ч эргэлтэнд инвариант байна. Шилжилт $[u, v]$ дэх пикселийн эрчмийн өөрчлөлтийг Томьёо 1-д үзүүлэв.

$$E(u, v) = \sum_{(x, y) \in W} [I(x + u, y + v) - I(x, y)]^2 \quad (1)$$

Энд $W(x, y)$ -цонхны функц

$I(x, y)$ -тухайн пикселийн эрчим

$I(x + u, y + v)$ -шилжилтийн дараах пикселийн эрчим.

Гаррисийн өнцөг илрүүлэгч алгоритм нь доорх дарааллаар хийгдэнэ. Үүнд:

i. Зургийн (x, y) пиксель бүрт автокорреляцийн матриц M -ийг Томьёо 2-оор тооцно.

$$M = \sum_{x, y} \begin{bmatrix} I_x^2 & I_x I_y \\ I_x I_y & I_y^2 \end{bmatrix} \quad (2)$$

ii. Зургийн пиксель бүрт M матрицыг ашиглан Гауссын шүүлтүүр үүсгэх ба дискрет 2 хэмжээст тэг утга бүхий Гауссын функцыг Томьёо 3-т үзүүлэв.

$$Gauss = \exp(-u^2 + v^2) / 2\sigma^2 \quad (3)$$

iii. (x, y) пиксель бүрт өнцгийг хэмжих R хэмжигдэхүүнийг Томьёо 4-өөр тооцно.

$$R = \det(M) - k * \text{trace}(M)^2 \quad (4)$$

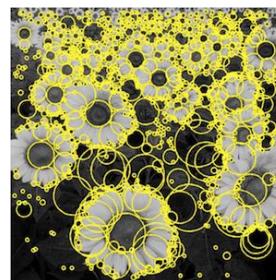
iv. Одоо дотоод хамгийн их утга бүхий цэгийг сонгоно. Дотоод хамгийн их утга бүхий цэгтэй харгалзах пикселийн утгын онцгой цэгүүдийг Гаррисийн өнцөг илрүүлэх аргаар тооцно үзнэ.

v. Босгочлох утгыг тохируулснаар өнцөг бүхий цэгүүдийг олж илрүүлнэ[3].

Б. Блоб илрүүлэгч

Ижил шинж чанар бүхий пикселүүдийг агуулсан хэсгийг блоб гэнэ. Тухайн хэсэг блоб бүр бусад зэргэлдээх хэсгүүдээс өөр шинж чанартай байна. Блобыг давтамжийн домэйнд peak утгыг гаргах минимакс цэг болон экстрема цэгээс бүрдсэн хосоор илэрхийлнэ.

Блоб илрүүлэгч нь математик аргаар ангилдаг. Гауссын Лаплас (Laplacian of Gaussian) гэх мэт өөр өөр аргууд дээр суурилсан илрүүлэгч нь тухайн байрлалд хамаарах функцыг тодорхойлсноор блобыг илрүүлдэг. Блоб илрүүлэхэд түгээмэл хэрэглэгддэг цэцгийн зураг ашиглан түүнийг илрүүлсэн байдлыг Зураг 4-д үзүүлэв. Зурагт шар дугуйгаар хүрээлсэн хэсгүүд нь тус тусдаа ижил шинж чанар бүхий блоб юм. Илрүүлсэн шар дугуй хэсэг бүр ялгаатай хэмжээтэй байгаагаас ижил шинж чанар агуулсан хэсэг хэр тархалттай байгааг харж болно. Дотоод экстрема аргад суурилсан илрүүлэгч нь функцийн дотоод максимум ба минимум утгыг олно. Өөр өөр арга дээр суурилан блоб илрүүлэхэд хэрэглэгддэг алгоритмуудын нэг нь SIFT(Scale Invariance Feature Transform) алгоритм юм.



Зураг 4. Блоб илрүүлэгч

III. SIFT АЛГОРИТМ

Удиртгал хэсэгт дурдсан онцгой цэгийг олж илрүүлэн тодорхойлох аргуудын нэг болох түгээмэл хэрэглэгддэг SIFT алгоритмын зарчмыг энд авч үзнэ. SIFT алгоритм нь объект танилганд хамгийн түгээмэл болсон алгоритмуудын нэг юм. SIFT нь дотоод онцгой цэгүүдэд хамаарах шугаман хэмжээсийн хувьд инвариант координат руу дүрсийн өгөгдлийг хөрвүүлдэг. Энэ алгоритм нь блоб илрүүлэгч ашиглан зураг дахь олон тооны онцгой цэгийг үүсгэдэг. Энэ арга нь үндсэн 4 алхмын дагуу хийгддэг ба эдгээр аргуудыг Зураг 5-д схемчилэн үзүүлэв. Эдгээр үндсэн алхмуудыг тус тусад нь авч үзэе.



Зураг 5. SIFT аргын үндсэн бүтэц, зарчим

А. Хэмжээсийн орон зайн экстрема илрүүлэх

Тооцооллын хамгийн эхний шат нь бүх хэмжээс болон байршлын дагуу хайлт хийж онцгой цэг байх боломжтой цэгийг илрүүлнэ. Үүнийг Гауссын дифференциал функц ашиглан гүйцэтгэж болно. Гауссын дифференциал функц нь хэмжээс болон чиглүүлэгчийн хувьд инвариант байх онцгой цэг байж болзошгүй цэгийг (цаашид болзошгүй цэг гэнэ) тодорхойлдог. Гауссын дифференциал функц (DoG) нь хэмжээсийн хувьд нормчлогдсон Гауссын Лаплас функц (LoG) $\sigma^2 \nabla^2 G$ -ийн ойролцоолсон утга юм. Зургийн LoG функцын экстрема (хамгийн их ба бага утга бүхий цэг) цэг нь онцгой цэг байх магадлал хамгийн өндөр байдаг. DoG функцээр гарсан экстрема цэгийн байршил нь хэмжээсийн өөрлөлтөнд хамгийн тогтвортой байх онцгой цэгтэй таарч тохирно. Ингэж онцгой цэг байх магадлалтай цэгийг тодорхойлно.

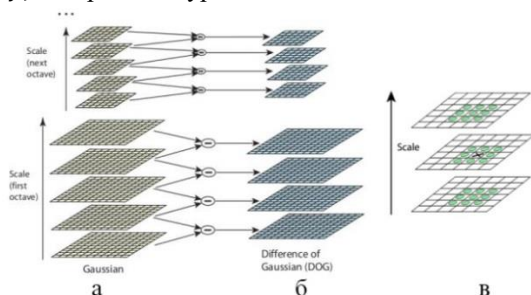
Онцгой цэг илрүүлэхийн тулд эхлээд хэмжээсийн орон зайн зургийг $L(x, y, \sigma)$ функцээр тодорхойлно. Энэ функцээр тооцохын тулд Гауссын хэмжээсийн орон зайн кэрнел буюу Гауссын функц (Томьёо 5) хэрэглэнэ. Ингэж Гауссын функц ашиглан эх зургийн өөр өөр толийлгосон зургуудыг бий болгосноор хэмжээсийн орон зайн зургийг Томьёо 6-г ашиглан тооцоолж болно. Үүнийг Зураг 6.а-д үзүүлэв.

$$G(x, y, \sigma) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} e^{-(x^2+y^2)/2\sigma^2} \quad (5)$$

Энд σ нь Гауссын өргөн

$$L(x, y, \sigma) = G(x, y, \sigma) * I(x, y) \quad (6)$$

Энд $L(x, y, \sigma)$ нь хэмжээсийн орон зайн зураг буюу толийлгосон зураг, $G(x, y, \sigma)$ нь Гауссын конволююц, $I(x, y)$ нь оролтын зураг юм.



Зураг 6. а) Зургийг толийлгох, б) Гауссын дифференциал функц в) ба зургийн пиксель бүрийг харьцуулан түүвэрлэх

Ингэж толийлгосон зураг үүсгэсний дараа шугаман тархалт ашиглан DoG зураг үүсгэдэг (Томьёо 7). Энэ үйл явцыг Зураг 6.б-д үзүүлэв.

$$D(x, y, \sigma) = (G(x, y, k_1\sigma) - G(x, y, k_2\sigma)) * I(x, y) = L_1(x, y, k_1\sigma) - L_2(x, y, k_2\sigma) \quad (7)$$

L_1 нь эх зургийг k_1 коэффициентээр толийлгосон хувилбар, L_2 нь эх зургийг k_2 коэффициентээр толийлгосон хувилбар юм.

Дараа нь бууруулан түүвэрлэлт хийгдэнэ. Үүнийг Зураг 6.в-д үзүүлэв. DoG зургийн түүвэрлэх пиксель бүрийг одоогийн зураг дахь хөрш 8 пиксельтэй, мөн дээд доод ялгаатай хэмжээс бүхий зураг бүрийн хөрш 9, 9 пиксельтэй харьцуулна. Энэ нь пиксель бүрийг хэд хэдэн өөр хэмжээс бүхий зургийн пиксельтэй харьцуулан шалгана гэсэн үг. Ийм байдлаар онцгой цэг байх өндөр магадлалтай цэгийг гаргаж авна. Хэмжээсийн хувьд инвариант байх учраас тухайн цэгийг агуулсан хэмжээс нь дамтамжийн хэмжээст хамгийн өндөр хэмжилттэй байна.

Б. Болзошгүй цэгийн байршил

Дээрхи алхмаар олон тооны онцгой цэг олдоно. Тэдгээр онцгой цэгүүдээс баттай биш гэж үзсэн цэгээ хасах шаардлагатай. Баттай биш цэг гэдэг нь ялгагдах байдал багатай эсвэл ирмэгийн дагуу ядмагхан байрласан цэгийг хэлж байгаа юм.

Болзошгүй цэг бүрийн нарийвчилсан загварыг байршил, хэмжээс ба үндсэн муруйн харьцаанд тохирох өгөгдөлд ойролцоо байхаар тааруулна. Энэ мэдээллийг ашиглан дээр дурдсан баттай биш цэгүүдийг болзошгүй цэгээс хасна. Мөн шуугианд мэдрэг цэгүүдийг хасах хэрэгтэй. Нарийвчлан түүвэрлэх байршил болон хэмжээсийг хэмжээсийн орон зайн DoG функцид квадрат олон гишүүнтийг тохируулснаар (Томьёо 8), мөн экстрема цэгийг олсноор болзошгүй цэг бүрт тооцоолдог. Үүнийг Томьёо 9-д үзүүлэв.

$$D(x) = D + \frac{\partial D}{\partial x} x + \frac{1}{2} x^T \frac{\partial^2 D}{\partial x^2} x \quad (8)$$

$$\hat{x} = \frac{\partial^2 D^{-1} \partial D}{\partial x^2 \partial x} \quad (9)$$

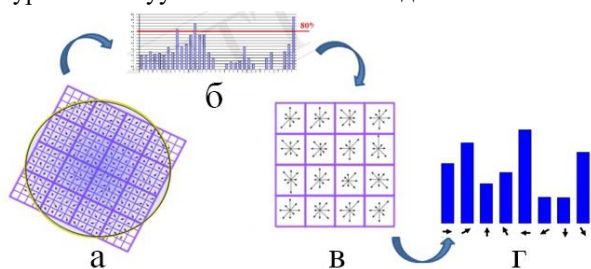
Энд $\hat{x} = (x, y, \sigma)^T$ нь нарийвчлалт байршил, хэмжээс бүхий экстрема цэгийн байршил. Онцгой цэгийг тэдгээр тогтвортой байдлын хэмжигдэхүүнд үндэслэн сонгох бөгөөд хэрэв тогтвортой биш бол хасна. Гаррисийн булан илрүүлэгчийг ашиглан болзошгүй цэгүүдийн эргэн тойрны цэгүүдийг шалган хасалт хийж болдог. Үүний үр дүнд олон градиент олдоно.

В. Чиглүүлэгчийг тодорхойлох

Дотоод градиентын чиглэлд үндэслэн болзошгүй цэгийн байршил бүрт нэг болон хэд хэдэн чиглүүлэгчийг тодорхойлж болно. Чиглүүлэгчийг тооцож гаргаснаар зургийн эргэлтэнд инвариант байх нөхцлийг бүрдүүлдэг. Онцгой цэг бүрт тодорхойлогдсон хэмжээс, чиглүүлэгч, байршилд хамааран хувирах зургийн өгөгдөл дээр дараа дараагийн үйлдлүүд хийгдэнэ. Тэдгээрийг тодорхойлсноор зургийн хувирлуудад инвариант байх шинж чанарыг бий болгодог.

Энэ алхамд зургийн дотоод градиентын чиглэлд суурилан онцгой цэг бүрийн үндсэн чиглүүлэгчийг тооцоолно. Энэ тооцоолол нь зургийн дотоод градиентын чиглэл болон хэмжээнд суурилан

хийгддэг. Үндсэн чиглүүлэгчийг онцгой цэгийн хөрш цэг, Гауссын функцийн нөлөөлөл, градиентийн хэмжээнээс шалтгаалах градиентын чиглүүлэгчийн гистограмыг байгуулж тодорхойлдог. Чиглүүлэгчийн гистограм нь болзошгүй цэг бүрийн эргэн тойрны бүх градиентаар үүсдэг (Зураг 7.а). Гистограм дахь хамгийн их утгын 80%-аас их утга бүр нь тухайн онцгой цэгийн чиглүүлэгчийг илэрхийлдэг. Үүнийг Зураг 7.б-д үзүүлэв. Хэрвээ ижил хэмжээтэй хэд хэдэн утга олдвол өөр өөр чиглүүлэгч бүхий олон болзошгүй цэг гэж ойлгоно. Гэхдээ тэр утганд ижил байрлал болон хэмжээс үүснэ. Тодорхойлогдсон чиглүүлэгч, хэмжээс, байршил нь зургийн хувирлуудад инвариант байх онцгой цэгийн бодит дүр зургийг байгуулах боломжийг олгодог.



Зураг 7: а) Болзошгүй цэг ба түүний эргэн тойрны цэгүүдийн градиент, б) гистограм, в) онцгой цэгийн тодорхойлогч градиент г) ба түүний гистограм.

Г. Болзошгүй цэгийг тодорхойлогч

Дотоод градиент нь болзошгүй цэг бүрийн эргэн тойронд сонгогдсон хэмжээс дотор илэрхийлэгддэг. Сүүлийн энэ алхамд болзошгүй цэг бүрийн тодорхойлогчийг тооцож гаргах бөгөөд түүнийг вектороор илэрхийлнэ. Тодорхойлогчийг тооцсоноор гажилт, ялгагдах байдал, гэрэлтүүлгийн өөрчлөлтөнд бат бөх, тогтвортой байх нөхцөл бүрдэнэ. Тодорхойлогч гэдэг нь сонгогдсон хэмжээст орших болзошгүй цэгийн ойролцоох дотоод градиентүүд юм. Өөрөөр хэлбэл онцгой цэгийн эргэн тойрны 16×16 хөрш цэгүүдээс градиентын хэмжээ болон чиглүүлэгчийг түүвэрлэж, 4×4 пиксельтэй 16 дэд хэсгүүд болгон хуваана. Үүнийг Зураг 7.в-д үзүүлэв. Нэг дэд хэсгийн пиксель бүрт бусад пикселийн градиентыг төвлөрүүлнэ. Ингээд чиглүүлэгчийн гистограмд градиентыг үндсэн 8 чиглэлд вектор нийлбэрээр нэгтгэгдэнэ. Үүнийг Зураг 7.г-д үзүүлэв. Градиент векторууд нь 0-ээс 1-ийн хоорондох. Ингэснээр зургийн градиент векторын утга нь гэрлийн нөлөөлөлд тогтвортой байх нөхцөл бүрдэнэ. Тус бүр 8 чиглүүлэгч бинтэй гистограмын 4×4 арга нь хөрш ойролцоох хэсгийн бүтцийг тодорхойлж байгаа юм. Энэ 128 элемент бүхий вектор нь онцгой цэгийн тодорхойлогч болдог ба өмнө хэлсэнчлэн нэгж уртад нормчлогдсон байна.

IV. AKAZE АЛГОРИТМ

AKAZE алгоритм нь KAZE алгоритмын хурдасгасан хувилбар бөгөөд энэ алгоритмыг ярихын тулд эхлээд KAZE алгоритмыг тайлбарлах хэрэгтэй. Үүн дээр нэмээд энэ аргыг хэрхэн хурдасгасныг тайлбарлах нь оновчтой. KAZE алгоритм нь анх 2012 онд гарсан бөгөөд гол санаа нь шугаман бус хэмжээсийн орон зайн экстрема дахь 2 хэмжээст онцгой цэгийг олж илрүүлэн дүрслэх юм. Ингэж орон зайн байршлын нарийвчлал, онцлог шинж чанарыг

илүү сайн олох зорилготой. Гауссын толийлголт нь объектын хил заагийг харгалзаж үздэггүй бөгөөд бүх хэмжээсийн түвшинд ижил градусар зургийн нарийвчилсан хэсэг болон шуугианыг дардаг.

KAZE алгоритм нь зургийг бүрсийлгэхийн тулд AOS (Adaptive Operator Splitting) аргын дагуу шугаман бус диффузын шүүлтүүр ашигладаг. Энэ шүүлтүүрийн тусламжтай дүрсийн шуугиан багасдаг. Объектын хүрээ нь хэвээрээ байдаг. KAZE нь SIFT-тэй адилхан үндсэн 4 алхамтай бөгөөд алхам бүр нь SIFT-ээс бага зэрэг ялгаатай.

А. Хэмжээсийн орон зайн экстремаг шугаман бус аргаар илрүүлэх

Энэ эхний алхамд SIFT алгоритм нь Гауссын кернэл хэрэглэдэг бол KAZE нь дамжуулалтын функцтэй нэгтгэсэн шугаман бус диффузын шүүлтүүр хэрэглэдэг. Үүнд Perona ба Malik-ийн дамжуулалтын функц ашигладаг бөгөөд энэ нь хугацааны функцын нэгэн адил эх зураг дээр Гауссын толийлголт хийсэн зурагны градиентыг олно. Үүний зорилго нь SIFT-ээс илүү тогтвортой бөгөөд онцлог шинж чанар бүхий онцгой цэг гаргаж авах юм. Perona ба Malik-ийн дамжуулалтын функцыг Томьёо 10-д үзүүлэв.

$$c(x, y, t) = g(|\nabla L_{\sigma}(x, y, t)|) \quad (10)$$

Энд t нь хугацаа, L нь эх зургийг тус тус илэрхийлнэ.

Дээр дурдсанчлан SIFT-ийн ялгаатай тал нь бүрсийлгэсэн зураг гаргаж авахын тулд Гауссын дифференциал (DoG) хэрэглэдэг явдал юм. Харин KAZE бол AOS схем хэрэглэдэг. Ингэснээр зургийг PDE (partial differential equations) системд байгуулна. Мөн KAZE нь бүрсийлгэсэн зураг гаргаж авахын тулд эх зургийг хэрэглэдэг ба SIFT шиг бууруулан түүвэрлэлт хийдэггүй.

Б. Нормчлогдсон болзошгүй цэгийн байршил

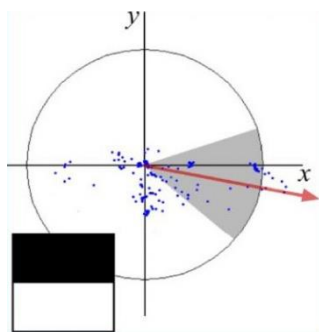
KAZE нь хэмжээсийн хувьд нормчлагдсан Гэссиан тодорхойлогч (DoH) матрицын response-ийг тооцдог. Гэссиан тодорхойлогч матриц нь хэмжээс сонголтыг автоматаар хийдэг глоб илрүүлэгч арга юм. Хамгийн их утга бүхий response нь болзошгүй цэг байх магадлалтай. Томьёо 11-д Гэссиан тодорхойлогчийг илэрхийлэв.

$$L_{Hessian} = \sigma^2 (L_{xx}L_{yy} - L_{xy}^2) \quad (11)$$

Энд L_{xx} нь хэвтээ дифференциал, L_{yy} нь босоо дифференциал, L_{xy} нь σ хэмжээс дэхь хөндлөн дифференциал юм.

В. Векторон чиглүүлэгчийг тодорхойлох

Энэ хэсгийн тооцоолол нь SIFT алгоритмтай ижил аргаар хийгддэг. Бага зэргийн ялгаатай тал нь градиентыг гистограмд илэрхийлэхийн оронд вектор орон зайд цэгээр илэрхийлдэг. Зонхилогч чиглүүлэгч бүхий хамгийн урт векторыг тухайн болзошгүй цэгийн чиглүүлэгч гэж тооцно. Үүнийг Зураг 8-д үзүүлэв. Зураг дахь дугуй хүрээ нь болзошгүй цэгийн эргэн тойрныг илэрхийлж байна. Харин сумтай улаан шугамаар чиглүүлэгчийг илэрхийлэв. Дугуй хүрээн төв цэгээр болзошгүй цэгийг дүрсэлсэн. Хар цагаан дөрвөлжин дүрсээр давтамжийн домэйн дахь у тэнхлэгийн дифференциалыг илэрхийлсэн.



Зураг 8: Болзошгүй цэгийн чиглүүлэгчийг вектороор, градиентыг цэгээр илэрхийлсэн байдал.

Г. Сайжруулсан SURF онцгой цэгийн тодорхойлогч

Энэ алхамд SURF(Speeded Up Robust Features) аргын хялбаршуулсан хувилбарыг ашиглан тодорхойлогчийг олдог бөгөөд тодорхойлогч нь шугаман бус хэмжээсийн орон зайн загварт ажилладаг байх ёстой. Дифференциал response-ийг тооцож гаргаад, болзошгүй цэгийг тодорхойлогч векторт нэмдэг. Векторыг болзошгүй цэгийн төвд байрлуулна. Төгсгөлд нь тодорхойлогчийг нэгж хэсгийн векторт нормчилдог.

Түүнчлэн KAZE нь пиксель бүрт градиентын олон хэмжээст дифференциалийг тооцоолдог. Ингэснээрээ SURF алгоритмаас илүү тооцоолол өндөртэй болсон ба SIFT алгоритмтай харьцуулах боломжтой болсон юм. Мөн болзошгүй цэгийн тодорхойлогчийг тооцсон үр дүнгээ хадгалдаг. Учир нь болзошгүй цэгийг тодорхойлоход дифференциалийн ижил бүрдлийг ашигладаг.

Д. Хурдасгасан KAZE буюу AKAZE

PDE-ийн цувааг шийдвэрлэхэд шугаман бус диффузын шүүлтүүрийг хэрэглэдэг KAZE-ийн арга шаардлагатай. Үүнийг шийдэхийн тулд аналитик аргаар хүчлэн KAZE алгоритмыг гүйцэтгэж чадахгүй. Тиймээс AOS схем гэж нэрлэгддэг тоон аргыг хэрэглэдэг. Гэхдээ энэ процесс нь тооцооллын хувьд нүсэр учраас KAZE-ийн хурдасгасан хувилбар гарсан юм. Үүнийг хурдасгасан KAZE буюу AKAZE гэж нэрлэдэг.

Энэ хурдасгасан KAZE алгоритм нь энгийн KAZE алгоритмтай ижил аргаар ажилладаг бөгөөд ялгаатай тал нь шугаман бус хэмжээсийн орон зайг гаргахын тулд FED(Fast Explicit Diffusion) гэж нэрлэгддэг илүү хурдан арга хэрэглэдэг. FED нь хайрцаган шүүлтүүрийн задрал бөгөөд эхний циклд эх зургийг хэрэглэдэг. Үүнээс гарсан үр дүнгийн зургийг дараагийн циклд хэрэглэнэ. Мөн FED аргыг хэрэглэхээс гадна хурдаа нэмэгдүүлэхийн тулд binary тодорхойлогчийг хэрэглэдэг. Болзошгүй цэгийн тодорхойлолт гаргахын тулд AKAZE алгоритм нь LDB(Local Difference Binary) тодорхойлогчийн сайжруулсан хувилбарыг ашиглана. LDB нь зарчмын хувьд BRIEF гэх алгоритмтай адилхан боловч онцгой цэгийн эргэн тойрны хэсгийн binary тестийг тооцоолдог.

V. ORB АЛГОРИТМ

ORB(Oriented Fast and Rotated Brief) алгоритм нь SIFT алгоритмын хурдан бас үр дүнтэй хувилбар байхаар анх зохиогдсон бөгөөд онцгой цэг илрүүлэхдээ FAST аргыг, түүнийг тодорхойлохдоо

BRIEF аргыг тус тус ашиглаж гүйцэтгэдэг. Эдгээр хоёр алгоритм нь хоёулаа тооцооллын хувьд хурдан. SIFT-ээс ялгаатай тал нь лицензгүй бөгөөд хурдан тооцоолдог учраас бага чадлын төхөөрөмжүүдэд хэрэглэж болно.

А. Болзошгүй цэгийг илрүүлэх FAST арга

ORB алгоритмын процесс нь FAST аргыг хэрэглэн болзошгүй цэгийг илрүүлснээр эхэлдэг. Илэрсэн үр дүнд Гаррисын булан илрүүлэгчийг ашиглан булан биш цэгүүдийг хасна. FAST арга нь чиглүүлэгчийг тодорхойлодоггүй учраас үүнийг тодорхойлоход Intensity Centroid(IC) техник хэрэглэдэг. Энэ техник нь булангийн төвөөс төв цэг рүү вектор байгуулснаар чиглүүлэгчийг тооцоолдог.

Б. Болзошгүй цэгийг тодорхойлох BRIEF арга

BRIEF тодорхойлогч нь болзошгүй цэгийн binary тодорхойлолтыг үүсгэдэг. Энэ нь болзошгүй цэгийг хадгалах болон харьцуулах хурдан, үр дүнтэй зам юм. Гэхдээ чиглүүлэгчийн гүйцэтгэл муутай. Үүнийг сайжруулахын тулд чиглүүлэгчийн өнцөг бүхий binary тодорхойлогч матрицын үржвэрээр BRIEF-ийн удиртлагат хувилбар үүсдэг.

VI. ТУРШИЛТ, ҮР ДҮН

Өмнөх бүлгүүдэд дурдсанчлан онцгой цэг нь зургийн хэмжээ, эргэлт, алслалт гэх мэт хүчин зүйлд инвариант байх нь гол үзүүлэлт учраас эдгээр хүчин зүйлсийг агуулсан зургууд дээр туршилт хийж гүйцэтгэсэн. Жишээлбэл Зураг 9-н 2 дугаартай зураг нь 90 хэмээр эргэсэн байна.



Зураг 9: Туршилт хийсэн зурагнуудын хэсгээс.

Мөн эдгээрээс гадна нягтаршил бага болон өндөр зургуудыг сонгон авч туршилт хийсэн бөгөөд Зураг 9-т үзүүлсэн 1-4 дугаартай зургуудын нягтаршил нь 4928×3264 пиксель, 5-6 дугаартай зургуудынх 1280×1024 пиксель, 7 дугаартай зургийнх 1280×720 пиксeltэй. Туршилтын үр дүнг Хүснэгт 2-т нэгтгэн үзүүлэв. Энэ хүснэгтийн эхний баганад дээрх зургуудын дугаарыг оруулсан. Хоёр дугаар багана дахь Keypoint-1 нь эхний зургийн, Keypoint-2 нь хоёр дахь зургийн онцгой цэгүүдийн тоог харин “matching” нь тус хоёр зураг дээрхи хоорондоо тохирч буй цэгүүдийн тоог илэрхийлнэ. Хүснэгтийн 3, 4, 5-р багануудад эдгээр тоон утгуудыг арга тус бүрт илэрхийлэв. Үр дүнг ойлгомжтой байдлаар харуулахын тулд “matching” хийсэн туршилтын үр дүнг Зураг 10-д харуулав.

Туршилтын үр дүнгээс харахад ORB алгоритм харьцангуй муу ажиллагаатай байгаа нь Хүснэгт 2-оос харагдаж байна. Харин SIFT, AKAZE аргууд нь үр дүн сайн байгаа ч AKAZE алгоритм илүү сайн илрүүлж байна. Гэхдээ зургийн нягтаршил бага ч

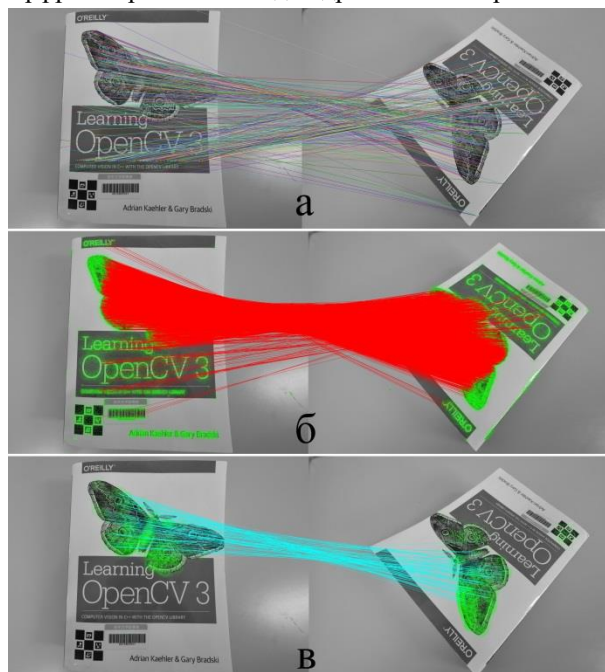
байсан, өндөр ч байсан ORB алгоритм тогтвортой ажиллаж байна. Зургийн нягтаршил буурахад бусад 2 алгоритмын илрүүлэх чадвар илт буурах үзүүлэлт харагдаж байна.

ХҮСНЭГТ 2

SIFT, ORB, AKAZE АЛГОРИТМУУДЫН ТУРШИЛТЫН ҮР ДҮН

Зургийн дугаар		SIFT	ORB	AKAZE
1-2	Keypoint-1	11166	1500	35176
	Keypoint-2	15489	1500	49879
	Matching	1415	601	10486
1-3	Keypoint-1	11166	1500	35176
	Keypoint-2	7163	1500	21208
	Matching	405	190	4372
1-4	Keypoint-1	11166	1500	35176
	Keypoint-2	8831	1500	26634
	Matching	567	211	9776
5-6	Keypoint-1	1242	1375	2420
	Keypoint-2	1390	1404	2665
	Matching	197	458	1480
5-7	Keypoint-1	1242	1375	2557
	Keypoint-2	2582	1500	2420
	Matching	140	310	1185

Зураг 9-д үзүүлсэн 1 ба 4 дугаартай зургууд дээрээс илрүүлсэн онцгой цэгүүд ба тэдгээрийн “matching” үр дүнг шулуунаар холбож үзүүлэв. Тус зургийн а-д SIFT алгоритмын, б-д AKAZE алгоритмын, харин в-д ORB алгоритмын үр дүнг тус тус харуулав. Зураг дугаар 4 нь цагийн зүний эсрэг 45 орчим хэмээр эргэсэн мөн алслалттай зураг юм. Эндээс үзэхэд SIFT болон AKAZE аргууд нь туршилтын зураг дахь номны бүх талбараас “match” хийгдэх боломжтой онцгой цэг илрүүлж харин ORB алгоритм нь глоб төрлийн онцгой цэгийг сайн илрүүлж харин алслалтад мэдрэг байгааг харж болно.



Зураг 10: Туршилтын үр дүн.

VII. ДҮГНЭЛТ

Энэ судалгааны хүрээнд SIFT, ORB, AKAZE алгоритмуудыг тус бүрт нь судалж, тэдгээрийг харьцуулан туршилт хийсэн.

Үр дүнгээс харахад ORB алгоритмыг бодвол SIFT болон AKAZE алгоритмууд сайн үр дүн үзүүлсэн. Эдгээр аргуудын хувьд онцгой цэг олж илрүүлэхэд адилхан чадвартай мэт боловч тааруухан алгоритмын хувьд илрүүлсэн онцгой цэгүүдийн нилээд хэсэг нь буруу, алдаатай илрүүлсэн байсан бөгөөд мөн өөр зургийн ижил онцгой цэгтэй тааруулахад алдаатай байгаа юм. AKAZE алгоритмын хувьд энэ тохиолдолд хамгийн сайн үр дүнтэй байгаа учраас цаашдын судалгаандаа сонгож хэрэглэсэн.

REFERENCES

- [1] David G.Lowe, “Distinctive Image Features from Scale-Invariant Keypoints,” *International Journal of Computer Vision*. 60, pp. 91-100, 2004.
- [2] D. Parks and D.P. Gravel, Corner Detection, University of McGill, 2004
- [3] Ethan Rublee, Vincent Rabaud, Kurt Konolige and Gary Bradski, ORB: an efficient alternative to SIFT and SURF, Willow Garage, Menlo Park, California, 2011
- [4] Pablo F. Alcantarilla, Adrien Bartoli, and Andrew J. Davison, KAZE Features, Universited’Auvergne, Clermont Ferrand, France, 2012
- [5] Pablo F. Alcantarilla, Jesus Nuevo and Adrien Bartoli, Fast Explicit Diffusion for Accelerated Features in Nonlinear Scale Spaces, Bristol, UK, 2013
- [6] Herbert Bay, Andreas Ess, Tinne Tuytelaars and Luke Van Gool, Speeded-Up Robust Features, 2008
- [7] Seymour Papert, The Summer Vision Project, Massachusetts Institute of Technology, 1966
- [8] Anne Kaspers, Blob Detection, Image Science Institute, UMC Utrecht, 2011

Хүний идэвхтэй хөдөлгөөний төрлийг динамик аргаар илрүүлэх судалгаа

Тогоочийн Амартүвшин *, Дамдинсүрэнгийн Эрдэнэчимэг †

* ШУТИС, Мэдээлэл, Холбооны Технологийн Сургууль,

† Электроникийн Салбар

* amartuvshin@must.edu.mn † chimeg@must.edu.mn

Хураангуй—Энэхүү өгүүлэлд гурван хэмжээт (3D) акселерометрийг хэрэглэн хүний биеийн идэвхтэй хөдөлгөөнийг динамик аргаар тодорхойлох талаар хийсэн судалгааны зарим үр дүнг танилцуулна. Өмнөх судалгаагаар мэдрэгчийн түүхий дохионоос шуугианыг шүүх туршилтуудыг хийн Баттервордын хоёрдугаар эрэмбийн нам давтамжийн шүүрийг сонгосон. Тэнхлэг тус бүрийн шугаман хурдатгалын шүүгдсэн дохионд дараах аргуудаар шинжилгээ хийлээ. 19.53msec тутмын шугаман хурдатгалаас интеграл авч хурд, шилжилтийн векторыг тодорхойлсон. Хэмжилт бүрийн болон хэмжилт хоорондох хурдатгал, хурд, шилжилтийн өөрчлөлтөнд R, XLSTAT програмуудаар статистик шинжилгээ хийн тэдгээрийн хоорондох хамаарлын жин, дундаж утгыг тодорхойлов. Хүний хөдөлгөөний циклийн үргэлжлэх хугацааг үндэслэн хэмжилтийг секунд секундээр багцалж статистик шинжилгээ хийсний үр дүнд хөдөлгөөний төрөл таних алгоритмыг гаргалаа. Бидний судалгааны үр дүнд эрүүл мэндийн салбарт тухайлбал, зүрхний цахилгаан бичлэг (ЗЦБ)-ийг бодит хугацааны хөдөлгөөний төрөлтэй холбох боломж бий болсон.

Түлхүүр үг—Хөдөлгөөний төрөл, шүүр, хугацааны болон давтамжийн шинжилгээ, хурдатгалын вектор, LabView.

I. ОРШИЛ

Хүний идэвхтэй хөдөлгөөний төрлийг таних талаар хийсэн олон судалгааны ажлын үр дүнг эрүүл мэнд, спортын салбарт өргөн хэрэглэдэг. Хөдөлгөөн таних зорилгоор акселерометр, гироскоп, компас зэрэг мэдрэгч элементүүд бүхий инерцлэг хэмжилтийн систем (MEMS, Micro-Electro-Mechanical System)-ийг агуулсан гар утас, мэдрэгч систем, модулийг ашигладаг. Хөдөлгөөн таних дохионы боловсруулалтанд статистик шинжилгээ хийхээс гадна сүүлийн үеийн технологиор дүрсийн боловсруулалт, машин сургалтын аргуудыг ашиглаж байна. Тухайлбал, Массачусетсийн их сургуулийн судлаачид гар утсыг халаасанд эсвэл цээжинд барьсан байрлалд гурван тэнхлэгийн хурдатгалыг 50ms-ээр хэмжээд, түүний 1.28sec бүрийн өгөгдлийн дундаж, хамгийн их, бага утга зэрэг 24 төрөл параметруудийг тооцоолон босго тогтоох замаар гүйх, хурдан удаан алхах, шатаар өгсөх болон уруудах, аэробик зэрэг 6 хөдөлгөөнийг 90% - 91.15% таньсан [1].

Харин Ferhat Attel-ын судлаачдын баг шагай, бугалга, цээжинд мэдрэгч Xbus Kit модулийг зүүлгэн 25Hz-ийн давтамжтайгаар 9 ширхэг MEMS мэдрэгчээс өгөгдөл цуглуулаад, 2sec тутамд хугацааны, давтамжийн 169 параметруудийг тооцоолон гаргасан.

Тэдгээр параметруудээс машин сургалтын k-NN, HMM аргуудаар 12 хөдөлгөөнийг 60.2% - 84% таньсан [2].

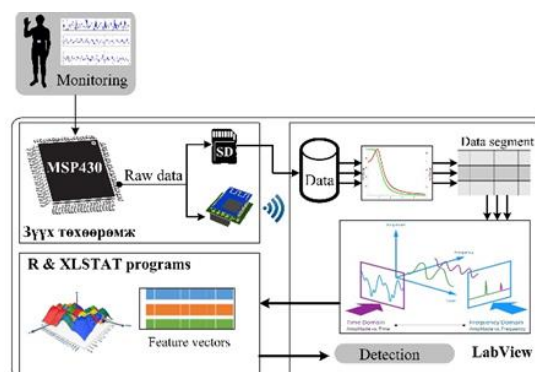
Flo Harrison-ы баг зөвхөн нэг ширхэг GT1M маркын акселерометр ашиглан 7-8 насны хүүхдүүдийн усан сэлэлт болон дугуйгаар явах хурдатгалыг шинжсэн байдаг [3].

Бид 19 - 84 насны 38 хүний цээжин хэсэгт зүүсэн нэг ширхэг MMA7361 акселерометрээр алхах, гүйх, шатаар өгсөх ба уруудах, суугаа, зогсоо эсвэл хэвтэж буй гэсэн 7 идэвхтэй хөдөлгөөний хурдатгалыг хэмжин судалгаандаа хэрэглэсэн. Хэмжилтийн өгөгдлүүдийг ашиглан хүний идэвхтэй хөдөлгөөний төрлийг динамик аргаар илрүүлсэн судалгааны ажлын үр дүнг энд танилцуулж байна.

II. СИСТЕМИЙН БҮТЭЦ

Хүн дунджаар 1.6 - 2.1 Hz-ээр алхдаг, 1.41 – 2.13 Hz-ээр шатаар явдаг [4] учир $\pm 1.5g$ -ээс $\pm 6g$ мэдрэмжтэй акселерометрээр хүний хөдөлгөөнийг таних боломжтой [5, 6].

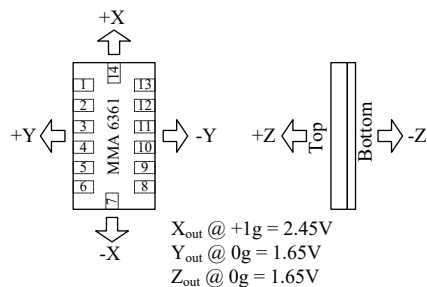
Бид MMA7361 MEMS хэрэглэн $\pm 1.5g$ мэдрэмжтэй хэмжсэн хурдатгалаар хөдөлгөөний төрлийг илрүүлэх судалгаа хийхдээ Зураг 1-д үзүүлсэн системийг бүтээсэн.



Зураг 1. Хөдөлгөөний төрлийг илрүүлэх судалгаа хийсэн систем

3D акселерометрийн хэмжилтийн өгөгдлүүдийг MSP430F1611 микроконтроллер (МК) нь SD картанд хадгалахын зэрэгцээ утасгүй технологиор компьютерт дамжуулна. Компьютерт LabView, R програм, XLSTAT програмуудыг ашиглан дохионы боловсруулалтын тооцоо, судалгаа, туршилт хийж, үр дүнг гаргана.

$\pm 1.5g$ мэдрэмж, 51.2Hz-ийн давтамжтайгаар x , y , z тэнхлэгийн шугаман хурдатгалыг хэмжих мэдрэгч хэсгийг хүний цээжинд зүүсэн үед түүний байрлалаас хамаарсан тэнхлэгүүдийн утгуудыг Зураг 2-т үзүүлэв [7].



Зураг 2. MMA 7361 мэдрэгчийн босоо байрлалын утгууд.

Компьютерт мэдрэгчийн өгөгдлийг хүлээн авахаас өмнө МК-ын аналог-тоон хувиргуур (АТХ)-аар 3 сувгийн аналог дохиог 12 битийн тоон дохионд хувиргасан [8, 9]. Мэдрэгч элементийн тэжээлийн хүчдэл, тоон дохионы битийн тооноос АТХ-ын хувиргалтын алхамыг тодорхойлно (Томьёо (1)).

$$\text{Хувиргалтын алхам} = \frac{V_{cc}}{2^{12}-1} = \frac{3.3V}{4095} = 0.8mV \quad (1)$$

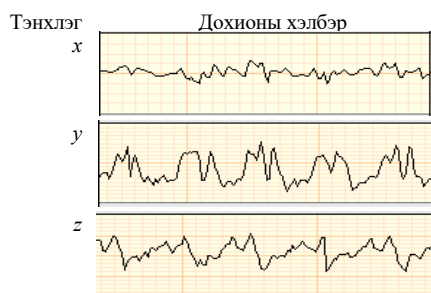
Энд, V_{cc} – МК-ын тэжээлийн хүчдэлийн түвшин

III. ДОХИО БОЛОВСРУУЛАЛТ

Гурван тэнхлэгийн хурдатгалын дохиог 19.53ms тутамд 12 битээр компьютерт хүлээн авсны дараа хөдөлгөөн илрүүлэлтэнд зориулан дараах дарааллаар боловсруулалт хийв.

A. УРЬДЧИЛСАН БОЛОВСРУУЛАЛТ

$\pm 1.5g$ буюу $0.8V/g$ мэдрэмжээр хурдатгал хэмжсэн нь үндсэн дохионоос гадна шугамын шуугиан, амьсгалах үеийн цээжний төвийлт, хотойлт зэрэг өндөр давтамжтай нэмэлт дохиог агуулна. Зураг 3-т үзүүлсэн түүхий дохионы өндөр давтамжийг Чебышевийн I ба II, Эллипсег, Бесселийн болон Баттервордын аналог шүүрээр шүүхэд Томьёо (2) бүхий дамжууллын функцтэй Баттервордын II эрэмбийн шүүр [10] хүссэн үр дүнг гаргасан.

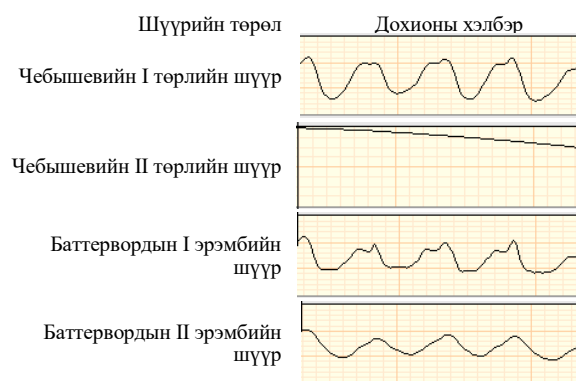


Зураг 3. Акселерометрийн түүхий дохио.

Зураг 4-өөс дээрх шүүрүүд болон Баттервордын нэгдүгээр эрэмбийн нам давтамжийн шүүрээр шүүсэн дохионы хэлбэрийг харж болно.

$$|H| = (s^2 + 1.414s + 1) \quad (2)$$

Энд: $|H| = \frac{V_o}{V_i}$ - шүүрийн гаралтын дохиог оролтын дохионд харьцуулсан харьцаа буюу дамжуулалтын коэффициент, $s = j\omega = j2\pi f$ - давтамжаас хамаарсан оператор



Зураг 4. Шүүрийн сонголт.

B. ДИНАМИК БОЛОВСРУУЛАЛТ

1. Эхлээд хэмжилт бүрийн тоон утгаас мэдрэгчийн байрлал, мэдрэмж, тэжээлийн хүчдэлийн түвшин, АТХ-ын алхам, хэмжилтийн алдаа зэргийг тооцоолон m/s^2 нэгжээр илэрхийлсэн бодит хурдатгалын утгыг тооцоолон гаргав. Уг шугаман хурдатгалаас хурд, шилжилтийг тодорхойлсон. Хурд нь шилжилтээс хугацаагаар авсан нэгдүгээр эрэмбийн, хурдатгал нь хурдаас нэг, шилжилтээс хугацаагаар авсан хоёрдугаар эрэмбийн уламжлал авсантай тэнцүү тул эгшин бүрийн хурдатгалаас хурд, шилжилтийг олохдоо Томьёо (3) ба (4) –аар интеграл авах шаардлагатай.

$$v(t_2) = v(t_1) + \int_{t_1}^{t_2} a(u) du; \quad (3)$$

Энд: $v(t_2)$ ба $v(t_1)$ – t_1, t_2 хугацааны эгшин дэх хурдны утгууд

$$s(t_2) = s(t_1) + \int_{t_1}^{t_2} v(u) du; \quad (4)$$

Энд: $s(t_2)$ ба $s(t_1)$ – t_1, t_2 хугацааны эгшин дэх шилжилтийн утгууд

Гэвч хэмжилтийн өгөгдөл нь тогтмол тасалдалтай дискрет тоон функц учраас Томьёо (5) ба (6)-аар интегралчилсан [11].

$$v_i = v_{i-1} + \frac{1}{3}(a_{i-1} + 4 \cdot a_i + a_{i+1}) \cdot t_s \quad (5)$$

$$s_i = s_{i-1} + \frac{1}{3}(v_{i-1} + 4 \cdot v_i + v_{i+1}) \cdot t_s \quad (6)$$

Энд: $t_s = 19.53ns$ - хэмжилтийн тасалдлын хугацаа

- Дээрх тооцоогоор олсон x, y, z гурван тэнхлэгийн хурдатгал, хурд, шилжилтийн утгаас тус бүрийн векторуудын модуль утга, чиглэлийг Томьёо (7)-оор тооцоолсон [12].

$$\begin{aligned} \vec{a} &= \vec{a}_x + \vec{a}_y + \vec{a}_z; & a &= \sqrt{a_x^2 + a_y^2 + a_z^2}; \\ \cos(\angle a_x, a) &= a_x/a; & \cos(\angle a_y, a) &= a_y/a; \\ \cos(\angle a_z, a) &= a_z/a; \end{aligned} \quad (7)$$

Энд: a_x, a_y, a_z – огторгуйн $\vec{a}$ хурдатгалын векторын x, y, z тэнхлэгийн проекцууд, a – векторын урт буюу хурдатгалын тоон утга, $\cos(\angle a_x, a)$ - $\vec{a}$ векторын x тэнхлэгтэй

үүсгэсэн өнцөг буюу векторын чиглэл.

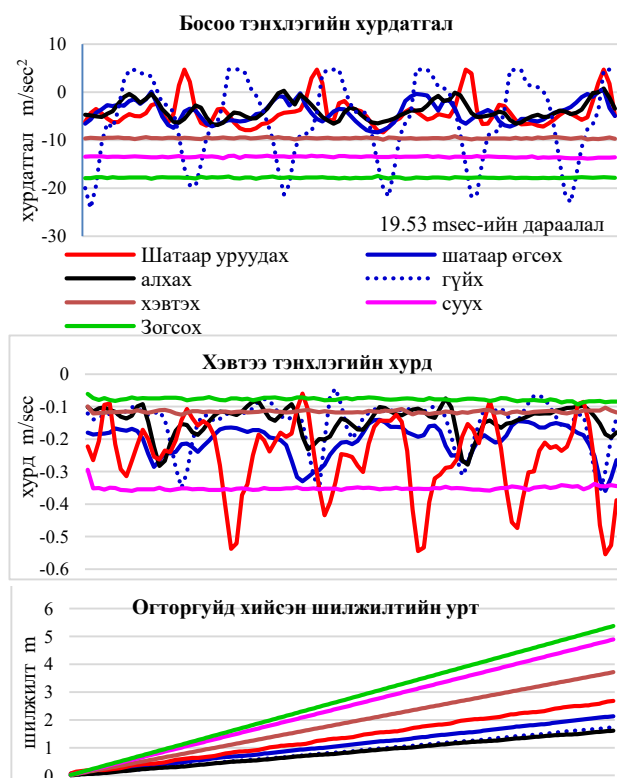
Хэмжилт хоорондох утгуудын зөрүүг Хүснэгт 1-д үзүүлэв.

Хүснэгт 1
ХЭМЖИЛТ ХООРОНДЫН УТГУУДЫН ӨӨРЧЛӨЛТИЙН ДУНДАЖ

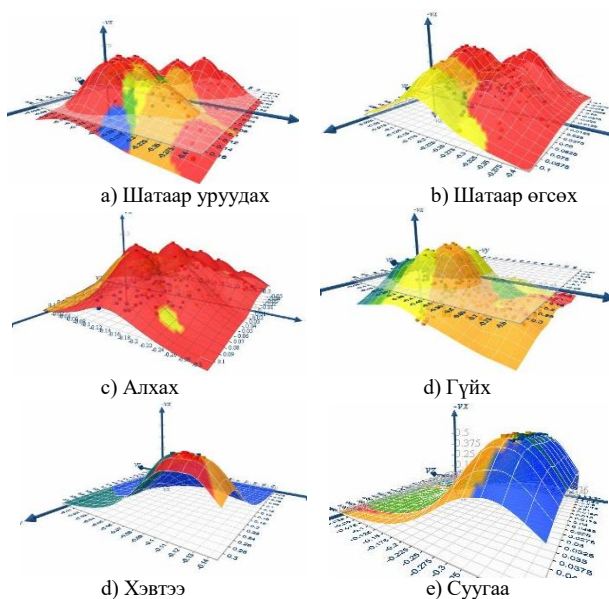
Хөдөл. төрөл	Тоон утгын өөрчлөлт				Чиглэлийн өөрчлөлт [°]		
	<i>Хурдатгал</i>						
	<i>dax</i>	<i>day</i>	<i>daz</i>	<i>d($\vec{a}$)</i>	<i>d(ax$\wedge$a)</i>	<i>d(ay$\wedge$a)</i>	<i>d(az$\wedge$a)</i>
алхах	4.824	2.190	4.255	4.258	0.145	0.029	-0.149
гүйх	28.415	22.812	15.207	27.792	0.078	0.003	-0.011
өгсөх	6.796	3.359	4.158	5.355	-0.011	-0.012	0.007
уруудах	14.127	6.003	6.339	8.099	-0.080	-0.015	0.029
хэвтээ	3.108	2.489	1.509	3.773	0.010	-0.070	-0.035
суугаа	3.886	0.704	3.021	4.583	0.011	0.002	-0.011
зогсоо	5.039	0.717	1.133	5.073	-0.001	0.002	0.001
<i>Хурд</i>							
	<i>dvx</i>	<i>dvy</i>	<i>dvz</i>	<i>d($\vec{v}$)</i>	<i>d(vx$\wedge$v)</i>	<i>d(vy$\wedge$v)</i>	<i>d(vz$\wedge$v)</i>
алхах	0.162	0.070	0.138	0.141	-0.006	-0.005	-0.001
гүйх	0.757	0.539	0.411	0.659	-1.355	-0.391	0.382
өгсөх	0.212	0.091	0.131	0.170	-0.017	-0.008	0.006
уруудах	0.423	0.154	0.194	0.238	-0.076	-0.020	0.038
хэвтээ	0.095	0.074	0.039	0.117	0.010	-0.070	-0.035
суугаа	0.121	0.017	0.089	0.143	0.011	0.002	-0.011
зогсоо	0.158	0.017	0.030	0.159	-0.001	0.002	0.002

Энд: $dax, day, daz, dvx, dvy, dvz$ – хугацааны дарааллаар хэмжсэн x, y, z тэнхлэгийн хурдатгал, хурдны зөрүү;
 $d(|\vec{a}|), d(|\vec{v}|)$ – бүрэн хурдатгал, хурдны өөрчлөлт;
 $d(ax^{\wedge}a), d(ay^{\wedge}a), d(az^{\wedge}a), d(vx^{\wedge}v), d(vy^{\wedge}v)$ – чиглэлийн өөрчлөлтүүд

Хөдөлгөөн тус бүрт харгалзах хурдатгал, хурд, шилжилтийн өөрчлөлтийн хамаарлыг Зураг 5-д; тэнхлэг тус бүрийн бүрэн хурдатгал, хурд, шилжилтийн векторын тоон утга болон тухайн вектор гурван тэнхлэгтэй үүсгэх өнцгийн буюу чиглэлийн өөрчлөлтийн зөрүүг Зураг 6-д үзүүлэв.



Зураг 5. Хөдөлгөөн бүрийн хурдатгал, хурд, шилжилтийн өөрчлөлт



Зураг 6. Хөдөлгөөн бүрийн огторгуйн хурдны өөрчлөлт.

С. СТАТИСТИК БОЛОВСРУУЛАЛТ

Хүний хөдөлгөөний бүтэн хэлбэлзэл 1Hz давтамжаас бага гэдгийг үндэслэн 50 хэмжилт буюу сек тутам дахь тоон утгуудаас дундаж утга, хазайлт, хамгийн их болон бага утгууд, итгэх завсрын утгууд гэсэн параметруудийг тооцоолоод, тэдгээрийн корреляцийн хамаарал, мультирегрессийн шинжилгээ зэргийг R програм ашиглан гүйцэтгэсэн. Хүснэгт 2-т хөдөлгөөний төрөл бүрийн дундаж хурдатгал, хурд, шилжилтийн тоон утгуудыг үзүүлэв. Хүснэгтээс, хүн хэвтээ, суугаа, зогсоо үедээ илт шилжилт хөдөлгөөн хийдэггүй мэт санагддаг ч биеэ нэлээд өндөр хурдатгалтайгаар хөдөлгөдөг болохыг харж болно.

Хүснэгт 2
1 СЕК ДЭХ ХУРДАТГАЛ, ХУРД, ШИЛЖИЛТИЙН ДУНДАЖ УТГА

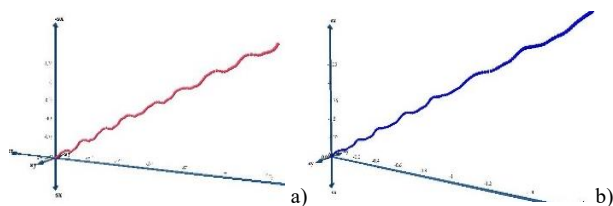
Хөд. төрөл	Хурдатгал [m/sec²]				Хурд [m/sec]			
	ax	ay	az	$ \vec{a} $	vx	vy	vz	$ \vec{v} $
алхах	-4.035	0.374	-3.964	6.043	-0.153	0.019	-0.153	0.231
гүйх	-6.087	-1.201	-7.000	12.956	-0.217	-0.048	-0.248	0.454
өгсөх	-0.455	0.420	-6.009	8.719	1.181	0.068	-1.198	1.882
уруудах	-30.839	0.647	-4.352	33.437	-1.169	0.033	-0.191	1.297
хэвтээ	-10.268	2.114	-4.632	13.091	-0.397	0.079	-0.179	0.505
суугаа	-13.866	0.747	-8.841	16.467	-0.534	0.031	-0.337	0.632
зогсоо	-17.771	0.585	-2.284	17.930	-0.680	0.022	-0.089	0.687
Хөд. төрөл	Шилжилт [m]							
	sx	sy	sz	$ \vec{s} $				
алхах	-2.058	0.189	-2.035	2.912				
гүйх	-1.045	-0.244	-1.204	1.723				
өгсөх	-0.397	0.083	-1.474	2.005				
уруудах	-10.446	0.190	-1.312	10.949				
хэвтээ	-3.087	0.365	-1.384	3.918				
суугаа	-4.174	0.239	-2.730	4.994				
зогсоо	-5.428	0.194	-0.678	5.473				

Энд: $ax, ay, az, vx, vy, vz, sx, sy, sz$ – 1 сек дэх хөдөлгөөний хурдатгал, хурд, шилжилтийн x, y, z тэнхлэгийн утгууд;
 $|\vec{a}|, |\vec{v}|, |\vec{s}|$ – бүрэн хурдатгал, хурд, шилжилтийн дундаж утгууд

Энд зөвхөн хурдатгалын хувьд тооцоолсон томъёог жишээлэн оруулсан бөгөөд шилжилт, хурдны тухайд ижил болно.

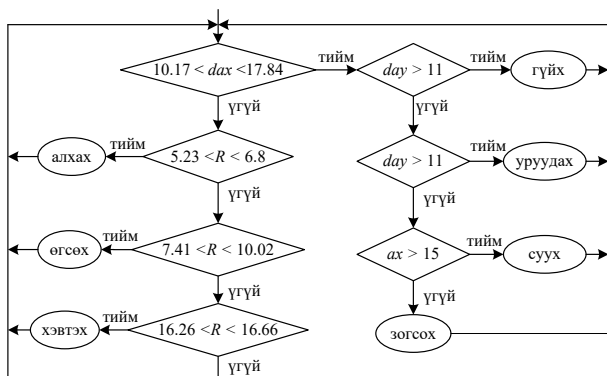
IV. ХӨДӨЛГӨӨН ТАНИЛТЫН АЛГОРИТМ

Хүн шатаар өгсөх болон уруудах үед хэдийгээр босоо тэнхлэгийн дагуу эсрэг чиглэлд хөдөлгөөн хийдэг ч уг хөдөлгөөнийг хийхэд эерэг сөрөг аль ч чиглэлд хурдатгалтай хөдөлдөг болохыг дээрх Хүснэгт 2-оос харж болно. Хурдатгалаас хоёрдугаар эрэмбийн интеграл авсан утгуудаар шилжилтийн графикийг зурвал Зураг 7-д үзүүлснээр ижил чиглэлд зурагдана.



Зураг 7. а) Шатаар уруудах б) шатаар өгсөх хөдөлгөөний шилжилт

Дээрх бүх боловсруулалт, судалгааны үр дүнд хөдөлгөөний төрөл илрүүлэлтийн алгоритмыг гаргалаа (Зураг 8). Алгоритмд 19.53 мс-ийн хэмжилт хоорондох x ба y тэнхлэгийн хурдатгалын dax , day өөрчлөлтийн хэмжээ; секунд тутам дахь бүрэн R ($|\vec{R}| = |\vec{a}|$) хурдатгалын утга; x тэнхлэгийн ax хурдатгал гэсэн параметруудийг ашигласан. Бусад параметруудийг хөдөлгөөний эрчмийг тодорхойлоход ашиглаж болно.



Зураг 8. Энгийн аргаар хөдөлгөөний 7 төрлийг илрүүлэх алгоритм

V. ДҮГНЭЛТ

Энэхүү судалгааны ажил нь

1. Зөвхөн ганц 3D акселерометрээр хэмжсэн хугацааны параметрууд, тэдгээрийн өөрчлөлтийн утгуудаас хамаарсан хөдөлгөөн танилтын алгоритм гаргасан нь онцлог болсон.
2. Дээрх хэмжилт туршилтын үр дүнг LabView програм дээр боловсруулсан хүний зүрхний цахилгаан бичлэгийг бодит хугацааны төрөл, идэвхжилттэй холбосон нь үндсэн давуу тал, ач холбогдол нь болно.

Цаашид хөдөлгөөний төрөл, чиглэл, эрчмийг бүрэн тодорхойлох зорилгоор судалгааны ажлаа үргэлжлүүлэн хийж байгаа болно.

REFERENCES

- [1] Akram Bayat, Marc Pomplun and Duc A. Tran, "A Study on Human Activity Recognition Using Accelerometer Data from Smartphones," SciVerse Science Direct, Procedia Computer Science, vol 00, pp. 000–000, 2014. (The 11th International Conference on Mobile Systems and Pervasive Computing (MobiSPC-2014))
- [2] Ferhat Attal et al, "Physical Human Activity Recognition Using Wearable Sensors," in Journal of Sensor MDPI, vol. 15, Issue 12, 2015.
- [3] Flo Harrison, Andrew J. Atkin, Esther M.F. van Sluijs and Andy P. Jones, "Seasonality in swimming and cycling: Exploring a limitation of accelerometer based studies," Preventive Medicine Reports, vol. 7, pp 16 – 19, 2017.
- [4] Adil Mehmod Khan, "Human Activity Recognition using A Single Tri-axial Accelerometer," Thesis for the Degree of Doctor of Philosophy, University Seoul, Korea, Feb 2011.
- [5] Ilkay Orhana, Nese Toktas Toruna and Kamil Ozerb, "Intermonitor variability of RT3 accelerometer during different activities," Procedia - Social and Behavioral Sciences, vol. 174, pp. 3397-340412, Feb 2015.
- [6] Aikaterini Pachi and Tianjian Ji, "Frequency and velocity of people walking," The Structural Engineer, vol. 1, Feb 2005.
- [7] "±1.5g, ±6g Three Axis Low-g Micromachined Accelerometer," Freescale Semiconductor, Technical Data, Rev 0, Apr 2008.
- [8] T. Amartuvshin, D. Erdenechimeg, N. Chuluunbaatar, T. Enkhbaatar and D. Enkhzul., "Preprocessing techniques for daily healthcare device using SHIMMERTM wireless sensor platform", in Proceeding of The 11th International Forum on Strategic Technology, vol1, pp. 558-562, 2016
- [9] Д. Энхзул, Н. Чулуунбаатар, Д. Эрдэнэчимэг, Т. Амартүвшин, "Хүний зүрхний цахилгаан бичлэг болон хөдөлгөөний төрөл танилтын дохио боловсруулалтын судалгаа", ШУТИС-ын магистрант, докторантын эрдэм шинжилгээний хурлын эмхэтгэл -2017, х-383, 8/213.
- [10] Б.Дамдинсүрэн, "Тоон дохионы боловсруулалт", Ном хур хэвлэл, 2017.
- [11] <http://personal.bgsu.edu/~zirbel/5920/calculator/>, "Numerical integration .pdf,"
- [12] Т. Амартүвшин, Д.Эрдэнэчимэг ба Н.Чулуунбаатар, Утасгүй Мэдрүүрийн Сүлжээнд Суурилсан Эрүүл Мэндийн Хяналтын Төхөөрөмжийн Дохио Боловсруулалтанд," ШУТИС ЭШ-ий эмхтгэл, 2018.

Хяналттай машин сургалтын алгоритмд суурилсан НЭГ СЭНСТ ХЭВТЭЭ ДҮҮЖИНГИЙН туршилт

Амарын Батмөнх
Электроникийн салбар
Шинжлэх Ухаан Технологийн Их Сургууль
Улаанбаатар, Монгол
abatmunkh@must.edu.mn

Цэрэндондогийн Тэнгис
Электроникийн салбар
Шинжлэх Ухаан Технологийн Их Сургууль
Улаанбаатар, Монгол
tengis@must.edu.mn

Хураангуй—Өнөө үед роботын удирдлагад олон төрлийн удирдлагын сонгодог аргуудыг хэрэглэхийн зэрэгцээ түүхий өгөгдлөөс робот бие даан мэдлэг олж авах чадвартай алгоритмыг нилээд эрчимтэй хэрэглэдэг болоод байна. Энэхүү өгүүлээр тогтворгүй системийн удирдлагад хяналттай машин сургалт (SML)-ын аргыг хэрэглэн судалгаа хийж туршсан ажлын зарим үр дүнг танилцуулж байна. Тогтворгүй системийн жишээ болох нэг сэнст дүүжингийн хөдөлгүүрийн хурдны удирдлагын дохио PWM болон үйлчилж буй хүчнээс үүсэх өнцгийн харилцан хамаарлыг тодорхойлоход хяналттай машин сургалтын алгоритмыг хэрэглэснээр өгөгдсөн тодорхой өнцгөөр дүүжинг тогтвортой барих боломжтой болохыг тус туршилтаар харуулав.

Түлхүүр үг—машин сургалт; дүүжин; үнэлгээний функц; градиент;

I. ОРШИЛ

Эрт дээр үеэс хүмүүс хүн төст сэтгэн бодох чадвартай машин бүтээхийг хүсэж байжээ. Хиймэл оюун ухааны тухай ойлголт бий болсон цагаас эхлэн энэ сэдэв судалгааны ажлын гол талбар болж ирсэн байдаг.

Өнөөдөр хиймэл оюун (AI) гэсэн ойлголт нь ШУ - ны нэгэн салбар болтлоо хөгжиж чадсан төдийгүй, хүмүүс өдөр тутмынхаа амьдралд ч ашиглаад эхэлсэн байна. Сүүлийн арваад жилийн хугацаанд машин суралцах аргыг өөрийгөө жолоодох машин, ярианы чадварыг таних, вэб хайлтыг үр дүнтэй болгох, хүний геномыг илүү гүнзгий ойлгох зэрэг судалгааны чиглэлд хэрэглэн компьютерийн чадварыг сайжруулж байна [1]. Машин сургалт (*machine learning*, ML) нь нарийвчилсан програмчлалгүйгээр компьютер өөрөө суралцах асуудлыг судалдаг шинжлэх ухааны салбар юм [2]. Түүхий өгөгдлөөс компьютер мэдлэг олж авах буюу бие даан алгоритмд суралцах, өөрийгөө автоматаар сайжруулан туршлага хуримтлуулах энэ чадварыг **machine learning** буюу машины суралцах чадвар гэнэ. Машин сургалтын алгоритмыг доорх үндсэн 2 хэсэгт хувааж байна [3].

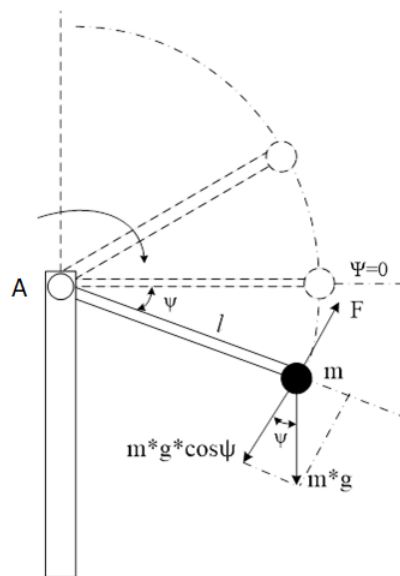
- хяналтгүй (*Unsupervised*)
- хяналттай (*Supervised*)

Хяналтгүй сургалтын зорилго нь ангилаагүй буюу тэмдэггүй (unlabeled) өгөгдөл дотроос тус өгөгдлийн далд бүтцийг хайж олоход оршдог бол хяналттай сургалтын

зорилго нь ангилсан буюу тэмдэгтэй (labeled) өгөгдлийг ашиглан таамаглалын функц (hypothesis function)-ийг тодорхойлоход оршино [4, 5, 14]. Хяналттай сургалт нь сургалтын өгөгдөл болох оролт-гаралтын өгөгдлөлд дүн шинжилгээ хийж хамаарлын функцийг үүсгэнэ [12-19]. Үүний тулд регрессийн функцийн тусламжтайгаар хамаарлыг тодорхойлох ба оролтыг хэрхэн гаралт болгон хувиргаж буй функцийг таамаглана.

II. СУДАЛЖ БУЙ ОБЪЕКТ

Бидний өмнөх судалгааны ажлуудаар нэг сэнст дүүжинг тодорхой өнцөгт тогтвортой барихын тулд PID болон төлөвийн гэдрэг холбоо бүхий удирдлагын аргуудыг тус тус хэрэглэн удирдлагыг амжилттай туршиж үзсэн болно [6-11]. Дээрх удирдлагын аргуудыг хэрэглэхдээ юуны өмнө, тухайн системийн динамик болон кинематикийн загварыг тодорхойлох шаардлагатай байдаг.



Зураг 1. Нэг сэнст дүүжин

Зураг 1-д манай лабораторид бүтээсэн туршилтын бодит загварын кинематикийг харуулсан ба энд l -мөчний урт, ψ -мөчний үүсгэж буй өнцөг, m -мөчний төгсгөлд бэхэлсэн хөдөлгүүрт сэнсний масс, g -дэлхийн татах хүчний хурдатгал, F -хөдөлгүүрийн өргөх хүч тус тус байна. Сэнст

хөдөлгүүрт гэжээл өгснөөр өргөх хүчийг үүсгэж савлуурыг эргүүлнэ. Ньютоны II хуулийн дагуу савлуур дээр үүсэх мушгих хүчийг илэрхийлбэл,

$$-lF + lmg \cos \psi = -l^2 \ddot{\psi} m \quad (1)$$

гэж гарах юм. Энд $\ddot{\psi}$ - өнцөг хурдатгал, $l^2 \ddot{\psi} m$ гэсэн гишүүн нь тэнцүүгийн зүүн талын мушгих хүчнүүдийн ялгавараас үүсэж буй мушгих хүч байна. Динамикийн тэгшитгэл (1)-ийг ашиглан гэдэрэг холбоо үүсгэх замаар хүссэн өнцгийг тогтоож болно.

Энэхүү судалгаагаар судалж буй объектын (Зураг 1-д үзүүлсэн нэг сэнст буюу хэвтээ дүүжин) хөдөлгөөний математик загварын дээрх гаргалгааг үл хэрэглэх бөгөөд энэ системийн зөвхөн оролт болон гаралтын хэмжилтийн утгуудыг ашиглан компьютерыг сургах замаар хяналттай машин сургалт дээр суурилсан бодит удирдлагын системийг (Зураг 8) туршсан юм.

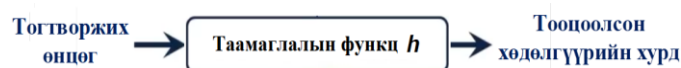
III. Үнэлгээний функцийг тодорхойлох нь

Зураг 2-т хяналттай сургалтын аргын алгоритмыг үзүүлэв. Оролт-гаралтын өгөгдлийг цуглуулж сургалтын багцыг үүсгэсний дараа сурахуйн алгоритмд оруулна. Сурахуйн алгоритм нь эдгээр өгөгдлийг ашиглан оролт-гаралтын хамаарлын таамаглалын функц h -н харгалзах коэффициентүүдийг тодорхойлно.



Зураг 2. Сургалтын алгоритм

Ингэснээр, манай тохиолдолд тодорхой болсон таамаглалын функц h -г ашиглан оролтонд өгсөн өнцгийг тогтвортой барихад шаардлагатай хөдөлгүүрийн эргэлтийн хурдыг тооцоолох юм (Зураг 5).



Зураг 3. Таамаглалын функцийг ажиллагааг шалгах нь

PWM дохио болон өнцгийн харилцан хамаарлыг нэг сэнст савлуурын систем дээр шугаман функц гэж үзвэл,

$$h_{\theta}(x) = \theta_0 + \theta_1 x \quad (2)$$

Энд, $h_{\theta}(x)$ -таамаглалын функц, θ_0 , θ_1 - тус функцийг тогтмол параметрууд ба энэ нь x буюу ψ -ийг y - буюу PWM дохионы өргөнд дүрслэн буулгах функц болно.

Дээр томъёолсон илэрхийлэл (2)-ийн θ_0 , θ_1 параметруудийг тодорхойлохын тулд Зураг 3-т үзүүлсэн сургах өгөгдлүүдтэй хамгийн ойр дайрч гарах шулууныг тодорхойлно. Үүний тулд таамаглалын функц ба гаралтын утгын ялгавар хамгийн бага байх шаардлагатай.

$$h_{\theta}(x^{(i)}) - y^{(i)}$$

Бидний сонгосон таамаглалын функцийг үнэн зөвийг үнэлгээний функцээр шалгах бөгөөд энэ функц нь x оролт дахь таамаглалын функцийг бүх утгуудыг бодит гаралтын бүх утгуудын ялгаварын квадратуудын нийлбэрийн дундаж буюу үнэлгээний функц J -ийн (3) илэрхийллээр тодорхойлогдоно.

$$J(\theta_0, \theta_1) = \frac{1}{2m} \sum_i^m (h_{\theta}(x^{(i)}) - y^{(i)})^2 \quad (3)$$

Өөрөөр хэлбэл, $J(\theta_0, \theta_1)$ функцийг минимум үеийн θ_0 , θ_1 параметруудыг тодорхойлно гэсэн үг юм.

$$\min_{\theta_0, \theta_1} J(\theta_0, \theta_1) \quad (4)$$

Тухайн параметруудээс хамаарсан функцийг хэлбэр нь хотгор хэлбэртэй (Зураг 4) байдаг ба энэ хотгорын хамгийн ёроолын утга нь $\min_{\theta_0, \theta_1} J(\theta_0, \theta_1)$ байх юм.

IV. ПАРАМЕТРИЙГ ТОДОРХОЙЛОХ БУЮУ ГРАДИЕНТЫН БУУРАЛТ

Үнэлгээний функцийг параметруудийн минимум $\min_{\theta_0, \theta_1} J(\theta_0, \theta_1)$ утгыг тодорхойлох шаардлагатай болохыг дээр авч үзсэн билээ. Үүний тулд градиент бууралтын алгоритмыг ашиглана.

Эхлээд θ_0 , θ_1 параметруудийг дурын байдлаар сонгож авна. Ихэвчлэн $\theta_0 = 0$, $\theta_1 = 0$ байхаар сонгож авдаг ба $J(\theta_0, \theta_1)$ функцийг утга багасах байдлаар параметруудийн утгыг өөрчилнө. Програмын алгоритм хэлбэрээр дүрсэлбэл,

давхцал үүсгэл давт()

$$\{\theta_j := \theta_j - \alpha \frac{\partial}{\partial \theta_j} J(\theta_0, \theta_1) \} \quad (5)$$

Энд, $j = 0$ ба $j = 1$

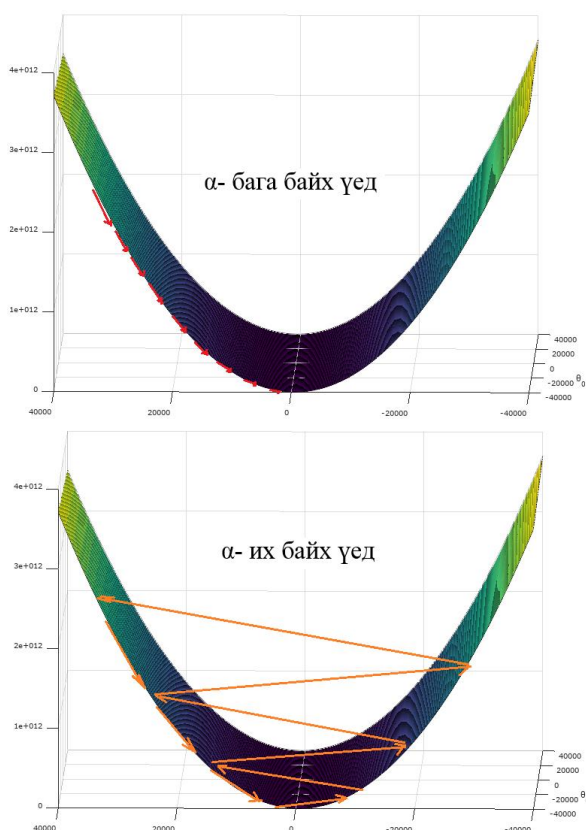
Давталт хийх явцад параметруудийн утгыг нэгэн зэрэг өөрчлөх шаардлагатай байдаг.

for (;)

$$\left\{ \begin{array}{l} t\theta_0 := \theta_0 - \alpha \frac{\partial}{\partial \theta_0} J(\theta_0, \theta_1) \\ t\theta_1 := \theta_1 - \alpha \frac{\partial}{\partial \theta_1} J(\theta_0, \theta_1) \\ \theta_0 := t\theta_0 \\ \theta_1 := t\theta_1 \end{array} \right. \quad (6)$$

Энд, α нь сурах хурдыг тодорхойлсон коэффициент юм. α -н утга бага үед сурах хурд удаан байх ба α -н утга хэт их үед

үсрэлтүүд үүссэний улмаас параметрийн минимум утгыг олох боломжгүй болно (Зураг 4).



Зураг 4. Сурах хурдны хамаарал

Параметрийн минимум утгыг олохын тулд үнэлгээний функц J -ээс хэсэгчилсэн уламжлалыг $\frac{\partial}{\partial \theta_1} J(\theta_0, \theta_1)$ авна.

$$\frac{\partial}{\partial \theta_j} J(\theta_0, \theta_1) = \frac{\partial}{\partial \theta_j} * \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m (h_{\theta}(x^{(i)}) - y^{(i)})^2 \quad (7)$$

$$\frac{\partial}{\partial \theta_j} J(\theta_0, \theta_1) = \frac{\partial}{\partial \theta_j} \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m (\theta_0 + \theta_1 x^{(i)} - y^{(i)})^2 \quad (8)$$

$$\theta_0: \frac{\partial}{\partial \theta_0} J(\theta_0, \theta_1) = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m (h_{\theta}(x^{(i)}) - y^{(i)}) \quad (9)$$

$$\theta_1: \frac{\partial}{\partial \theta_1} J(\theta_0, \theta_1) = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m (h_{\theta}(x^{(i)}) - y^{(i)}) (x^{(i)}) \quad (10)$$

(7) - (10) илэрхийллийг тооцоолохдоо дараах програмын алгоритмыг гүйцэтгэж болно.

Repeat until ()

$$\left\{ \begin{array}{l} \theta_0 := \theta_0 - \alpha \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m (h_{\theta}(x^{(i)}) - y^{(i)}) \\ \theta_1 := \theta_1 - \alpha \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m (h_{\theta}(x^{(i)}) - y^{(i)}) (x^{(i)}) \end{array} \right. \}$$

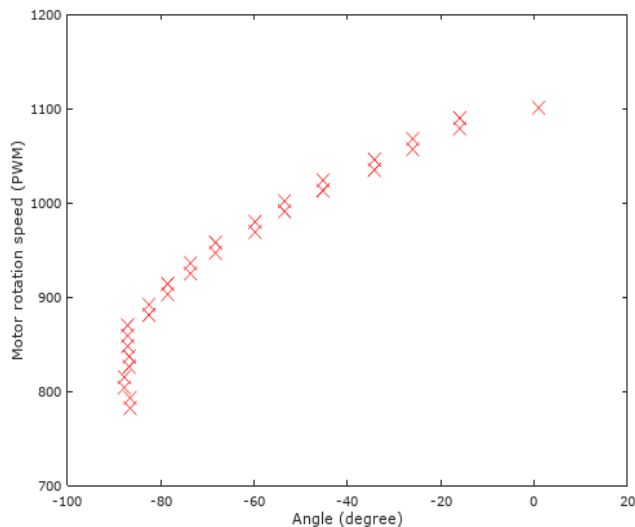
V. Туршилтын үр дүн

Нэг сэнст дүүжинг тодорхой өнцөгт тогтвортой барих удирдлагыг машин сургалтын аргаар үүсгэхийн тулд, юуны өмнө, хөдөлгүүрийн эргэх хурдыг (PWM-импульсийн өргөний модуляци) өөрчлөх замаар өргөх хүчийг өөрчилж дүүжингийн тогтох өнцгийг бүртгэж авснаар сургах өгөгдлийг үүсгэнэ. Ийнхүү цуглуулж авсан өгөгдлийг Хүснэгт 1-т үзүүлэв.

Хүснэгт1. Сургах өгөгдөл

М	х - (Өнцөг)	у- (PWM)
1	-86.55	782
2	-86.55	793
3	-87.79	804
4	-87.79	815
5	-86.74	826
6	-86.74	837
7	-87.07	848
8	-87.07	859
9	-87.07	870
10	-82.51	881
11	-82.51	892
12	-78.5	903
13	-78.5	914
14	-73.61	925
15	-73.61	936
16	-68.26	947
17	-68.26	958
18	-59.77	969
19	-59.77	980
20	-53.45	991
21	-53.45	1002
22	-45.21	1013
23	-45.21	1024
24	-34.2	1035
25	-34.2	1046
26	-25.99	1057
27	-25.99	1068
28	-15.92	1079
29	-15.92	1090
30	0.99	1101

Энд, m – сургалтын жишиг тоо $m=30$, x – оролтын хувьсагч, y – гаралтын хувьсагч, $(x^{(i)}, y^{(i)})$ – сургалтын жишиг, жишээ нь, $(x^{(1)}, y^{(1)}) = (-86.55, 782)$. Хүснэгт 1-д оруулсан сургалтын өгөгдлийг Зураг 5-д графикаар үзүүлэв.



Зураг 5. Сургах өгөгдлийн хамаарлын график

Зураг 1-д үзүүлсэн нэг сэнст дүүжин нь -90° - 10° хязгаарт савлана. Бид сургалтын 30 өгөгдлийг цуглуулсан ба контроллер дээр тооцоолол хийх замаар параметруудийг тодорхойлов. Тооцооллыг 8 MHz давтамжид ажилладаг Atmega32 контроллер дээр гүйцэтгэсэн ба сурах хурд $\alpha=0.002$ байхаар сонгосон болно. Сургалтын үр дүнд дараах параметруудийг тооцоолов.

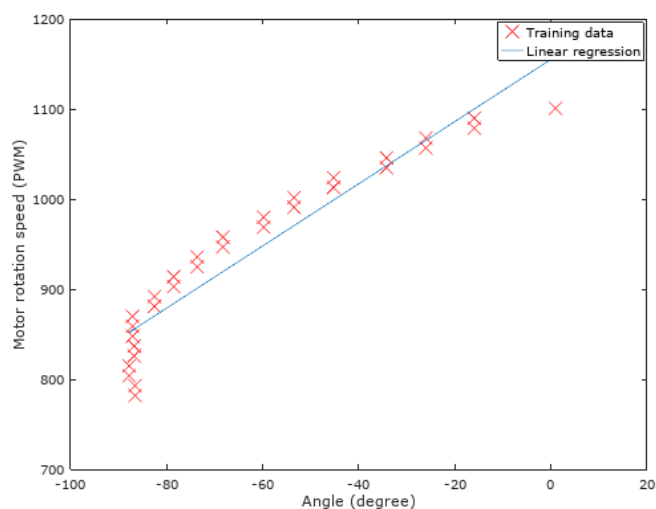
$$\theta_0 := 1156$$

$$\theta_1 := 3,45$$

Эндээс таамаглалын функц нь

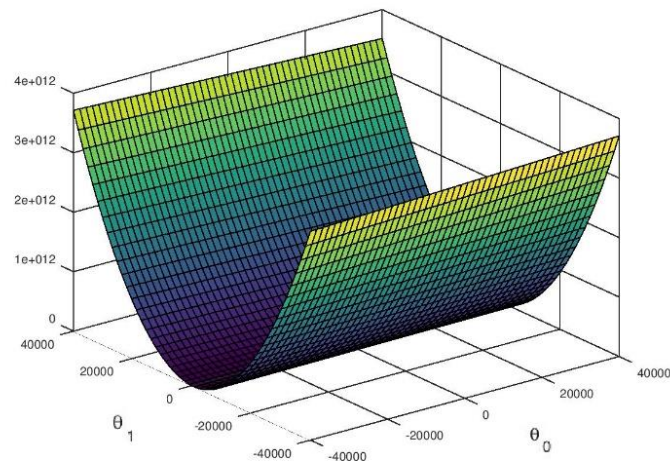
$$h_{\theta}(x) = 1156 + 3.45x$$

гэж гарна. Тооцоолсон шугаман хамаарлын үр дүнг Зураг 6-д цэнхэр шулуунаар харуулав.



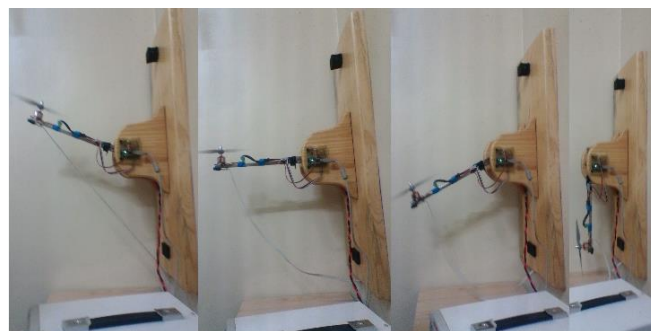
Зураг 6. Сургалтын үр дүнгээс үүссэн хамаарлын шулуун

Зураг 7-д параметруудийн утгаас хамаарсан үнэлгээний функцийг 3D графикаар харууллаа.



Зураг 7. Үнэлгээний функцийн хамаарал

Зураг 8-д туршилт хийж буй загварын ажиллаганы бодит үр дүнг харуулав.



Зураг 8. Нэг сэнст дүүжин. Баруун талаас дүүжингийн анхны байрлал, дүүжин 45° байрлал, 90° байрлал, 110° байрлал.

ДҮГНЭЛТ

Нэг сэнст тогтворгүй дүүжингийн системийг хяналттай сургалтын аргаар сургаж туршилтыг амжилттай явуулж чадлаа. Сурах хурд болох α -г туршилтаар тодорхойлсон бөгөөд $\alpha=0.003$ үед Зураг 4-д үзүүлсэн үсрэлтүүд үүсч тооцоолол алдаатай болж байв.

Контроллерын сонголтоос дараах 2 зүйл хамаарч байна. Нэгдүгээрт, санах ойн хэмжээнээс хамаарч сурах өгөгдлийн хэмжээ хязгаартай байна. Сурах өгөгдлийн тоо их байх тусам алдаа буурах магадлал өндөр байна. Хоёрдугаарт, параметруудийг тооцоолох хугацаа контроллерын ажиллах хурднаас хамаарч байна. Манай туршилтанд ойролцоогоор 600000 давталт ашигласан ба энэ нь параметруудийг тооцоолоход ойролцоогоор 45 секунд зарцуулж байлаа.

Шулууны функцийг тодорхойлсон тул өнцгийн зарим утганд хүрч чадахгүй эсвэл давж гарах тохиолдол ажиглагдаж байлаа.

Сурах алгоритмыг суулгасан энэ систем нь хэдийгээр гэдрэг холбоогүй боловч тэжээлийн хүчдэлийн өөрчлөлт, түүнчлэн өөр жинтэй ачааны утганд дахин суралцах замаар дүүжинг өгөгдсөн өнцөгт тогтвортой харьцангуй өндөр нарийвчлалтай тогтоон барьж чадаж байв.

Цаашид тухайн системийг илүү боловсронгуй болгох, мөн алдааг бууруулах зорилгоор шугаман тэгшитгэлийн оронд олон гишүүнтийн шугаман бус тэгшитгэлүүдийг үнэлгээний функцийг градиентийг тооцоолоход хэрэглэхээр ажиллаж байна.

НОМ ЗҮЙ

- [1] https://en.wikipedia.org/wiki/Machine_learning
- [2] Andrew Ng CS229: *Machine Learning* course. Computer Science Department, Stanford University
- [3] R.S. Michalski, J.G. Carbonell, T.M. Mitchell "Machine Learning: An Artificial Intelligence Approach" ebook, 1983
- [4] <https://www.coursera.org/learn/machine-learning>
- [5] Ayon Dey. Machine Learning Algorithms: A Review. *International Journal of Computer Science and Information Technologies*, Vol. 7 (3) , 2016, 1174-1179
- [6] Ц.Тэнгис^a, А.Батмөнх^b "Стерео дүрс боловсруулалт дээр суурилсан тэнцвэржилтийн системийн судалгаа", ШУТИС, Профессор багш нарын ЭШ-ний бүтээлийн эмхэтгэл
- [7] ММТ 2016 ЭШХ эмхэтгэл хуудас 125. "Тэнцвэргүй дүүжингийн PID болон төлөвийн орны удирдлага" ЭМШУҮИС 2016.5.6
- [8] Tenges Tserendondog, Batmunkh Amar, Byambajav Ragchaa, " Stereo Vision Based Balancing System Results" International Journal of Internet, Broadcasting and Communication Vol.8 No.1, 1-6, E-ISSN number, 2288-4939,
- [9] Amar Batmunkh, Tserendondog Tengis "State feedback control simulation of quadcopter model" IFOST 2016
- [10] Ц. Тэнгис, А.Батмөнх "Disturbance Rejection Control for Unbalanced Double-Propeller System on Single Axis" Хүрэлтогтоот 2017
- [11] Jannick Verlie. Control of an inverted pendulum with deep reinforcement learning. Master's dissertation. Department of Electronics and Information Systems. Ghent University
- [12] Kangbeom Cheon, Jaehoon Kim, Moussa Hamadache, and Dongik Lee "On Replacing PID Controller with Deep Learning Controller for DC Motor System" Journal of Automation and Control Engineering Vol. 3, No. 6, December 2015
- [13] https://en.wikipedia.org/wiki/Supervised_learning
- [14] Hristo Novatchkova*, Arnold Baca "Machine learning methods for the automatic evaluation of exercises on sensor-equipped weight training machines" 9th Conference of the International Sports Engineering Association. 2012
- [15] Vijaykumar Gullapalli " A comparison of supervised and reinforcement learning methods on areinforcement task" Computer and Information Science Department, University of Massachusetts.
- [16] C. W. Anderson. Learning to control an inverted pendulum using neural networks. *IEEE Control System Magazine*, 9(3): 31-37, 1989.
- [17] Ciro Donalek. Supervised and Unsupervised Learning. Lecture Note. 2012.
- [18] S. B. Kotsiantis. Supervised Machine Learning: A Review of Classification Techniques. *Informatica 31*. 249-268, 2007
- [19] Martin Riedmiller. Neural Reinforcement Learning to Swing-up and Balance a Real Pole. Neuroinformatics Group University of Osnabrueck. 2000.

FPGA хавтан дээр төгсгөлөг талбарын нэмэгчдийг харьцуулах нь

Батсүхийн Алтанцоож*, Доржийн Мишээл**, Монголын Баярпүрэв***

Электрони, холбооны инженерчлэлийн тэнхим,

Хэрэглээний Шинжлэх Ухаан, Инженерчлэлийн сургууль,

Монгол Улсын их сургууль,

Улаанбаатар, Монгол улс

*altantsooj@seas.num.edu.mn, **misheeldorj@gmail.com, ***bayarpurev@seas.num.edu.mn

Хураангуй—Эртний Грек, Египет, Вавилонд мэдээллийн нууцлалыг анх шифрлэн хийж байсан бол өдгөө 21-р зуунд криптологи хэмээх мэдээллийн технологийн хамгийн чухал салбар болтлоо хөгжжээ. Криптологийн чухал хэрэглээнүүдийн нэг болох Эллиптик муруйн тоон гарын үсгийн алгоритм ашигласан 256 бит нууцлал нь RSA ашигласан 3072 битийнхтэй нууцлалын зэргээр адилхан байдаг. Энэ нь эллиптик муруйн алгоритм ашиглан 12 дахин цөөхөн битээр RSA-тэй адил төвшний нууцлал хийх боломжтойг харуулж байна. Иймд төгсгөлөг талбар дээр хийгдэх үйлдлүүдийг 256 бит тоон дээр маш хурдтай гүйцэтгэх нэн шаардлагатай тулгарна. Төгсгөлөг талбар дээр хамгийн их хэрэглэгдэх үйлдэл нь нэмэх үйлдэл юм. Тиймээс 256 битийн нэмэгчдийг “Xilinx 14.5” програм дээр “Virtex 6” хавтангийн хувьд симуляцын орчинд хэрэгжүүлэн тэдгээрийн хугацааны хоцрогдол, эзлэх талбайн хэмжээ болон зарцуулах чадлаар нь харьцуулан судлав.

Түлхүүр үг—Эллиптик муруй, FPGA, LUT, Kogge-Stone, Ladner-Fischer, CLA, RCA

I. УДИРТГАЛ

Өнөө үед дэлхий даяар VLSI дизайныг маш өргөн хэрэглэх болсон. Гэвч хүн бүр процессорын архитектур гаргана гэдэг нь хүндрэлтэй асуудал байдаг. Архитектур бүр нь чадлын зарцуулалт, тооцоолол хийх хугацаа болон эзлэх талбай гэсэн гурван үндсэн параметрээр үнэлэгддэг. Эдгээр параметрууд нэгэн зэрэг сайжрах боломжгүй байдаг.[1] Жишээлбэл технологийн хэмжээг бууруулбал чадлын зарцуулалт ихэснэ. Үүнийг бууруулах арга нь цөм(core) ашиглах боловч эргээд талбайн хэмжээ ихэснэ. Процессорын архитектурын хувьд цөм ашигласнаар эзлэх талбай ихсэх боловч зэрэгцээ тооцоолол хийж гүйцэтгэлийн хурдыг нэмэгдүүлэх нь хамгийн ашигтай шийдэл болж өгдөг. Гэвч зөвхөн энэ нь хангалтгүй бөгөөд дан нэг төрлийн үйлдлийг хурдан гүйцэтгэх боломжтой интеграл чип ашиглах нь мөн хурдыг нэмэгдүүлэх боломжтой. Энэ хүрээнд бид мэдээллийн нууцлал болон тоон гарын үсэг зэрэгт хамгийн өргөн хэрэглэгдэж байгаа Эллиптик муруйн криптосистемийн тооцооллыг хурдасгах нэмэгч хийхээр зорьсон. Одоогоор байгаа нэмэгчдийн архитектуруудыг 350нм-ээс 90нм-ийн технологиуд дээр харьцуулсан үр дүнгүүд байгаа[2][3] хэдий ч 40нм технологи дээр харьцуулсан үр дүн төдийлөн байхгүй байна. Энэхүү өгүүллийн хүрээнд бид Ripple Carry, Carry look ahead, Group carry look ahead, Ladner-Fischer болон

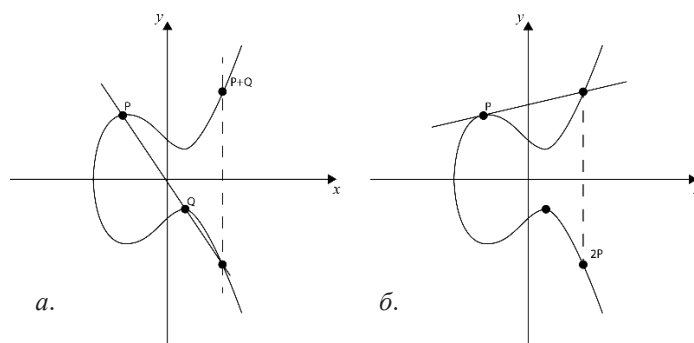
Kogge-Stone нэмэгчдийг 40нм-ийн технологиор хийгдсэн Virtex6 FPGA хавтан дээр хэрэгжүүлж үндсэн гурван параметрийн хувьд харьцуулалт хийлээ.

II. ЭЛЛИПТИК МУРУЙ

Эллиптик муруйн (1.1) тэгшитгэл F_p талбар дээр тодорхойлогдоно. $x, y \in F_p$ хосыг эллиптик муруйн цэг гэнэ.

$$E(F_p) : y^2 + a_1xy + a_3y = x^3 + a_2x^2 + a_4x + a_6 \quad (1.1)$$

Эллиптик муруй дээр хоёр цэгийг нэмэх (point adding), цэгийг хоёроор үржих буюу цэг дээр цэг нэмэх (point doubling) гэсэн үндсэн хоёр үйлдэл байдаг. Үүний геометр дүрслэлийг Зураг. 1-д харуулав.



Зураг 1 а. Эллиптик муруйн хоёр цэгийн нэмэх үйлдэл

б. Эллиптик муруйн цэгийг хоёроор үржих үйлдэл

Эллиптик муруй дээрх хоёр цэг нэмэх шийдийг тэгшитгэл (1.2)-д харуулав.

$$E(F_p) : y^2 = x^3 + Ax + B$$

$$P(x_1, y_1) + Q(x_2, y_2) = (x_3, y_3)$$

$$\lambda = \begin{cases} \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} & \text{for } P \neq Q \\ \frac{3x_1^2 + A}{2y_1} & \text{for } P = Q \end{cases} \quad \nu = \begin{cases} \frac{y_1x_2 - y_2x_1}{x_2 - x_1} \\ \frac{x_1^3 - Ax_1 - 2B}{2y_1} \end{cases}$$

$$x_3 = \lambda^2 - x_1 - x_2$$

$$y_3 = -\lambda^3 + \lambda(x_1 + x_2) - \nu \quad (1.2)$$

III. ТӨГСГӨЛӨГ ТАЛБАРЫН НЭМЭХ ҮЙЛДЭЛ

A. Төгсгөлөг талбар

Төгсгөлөг тооны элемент агуулсан талбарыг Galois field буюу төгсгөлөг талбар гэнэ. Уг талбар дээр модулар нэмэх, үржих болон инверс гэсэн үйлдлүүд хийх боломжтой.

Төгсгөлөг талбар нь дараах чанаруудыг хангана:

- 1) F нь нэмэх үйлдлийн хувьд commutative бүлэг.
- 2) $(F^*, \cdot)$ commutative бүлэг.
- 3) $a(b+c) = ab+ac$ астатив.

B. Нэмэх үйлдэл

Эллиптик муруйн криптосистемийн хэрэгжүүлэлтэд анхны тоон (prime field) болон хоёртын (binary field) гэсэн үндсэн хоёр талбарыг авч үздэг. Талбарын арифметик үйлдлүүдийн оновчтой хэрэгжүүлэлт нь нууцлах алгоритмын хурданд чухал нөлөө үзүүлдэг. Анхны тоон талбарын хувьд нэмэх үйлдлийг авч үзье. F_p

талбарын элементүүд нь 0 -ээс $p-1$ хооронд бүхэл тоон утгатай байна. p тооны битийн урт $m = \log_2 p$ гэе.[4] Талбарын элемент a -г хоёртын хэлбэрээр A массивд дараах хэлбэрээр хадгална. Энд $A[0]$ хамгийн бага бит.



Зураг 2 $a \in F_p$ тоог массивд хадгалах хэлбэр

Харин a тоог бүхэл тоогоор илэрхийлбэл $a = 2^{m-1}A[m-1] + \dots + 2^2A[2] + 2A[1] + A[0]$ болно.[5] Харин төгсгөлөг талбарын аливаа хоёр тооны нийлбэр нь талбарын элемент байх тул модулар нэмэх үйлдлийг ашиглана. Алгоритм 2-д модулар нэмэх үйлдлийг

АЛГОРИТМ 2. ТӨГСГӨЛӨГ ТАЛБАРЫН НЭМЭХ

ОРОЛТ анхны тоо p болон $a, b \in [0, p)$

ГАРАЛТ $c = a + b \bmod p$

1. Алгоритм 1-ийг хэрэглэх
Хэрэв $\varepsilon = 1$, $c = (C[t-1], \dots, C[2], C[1], C[0])$
2. -ээс p -г хасах
3. Return (c)

үзүүлэв.[6] [7]

IV. НЭМЭГЧДИЙН АРХИТЕКТУР

Энэхүү ажлын хүрээнд сонгож хэрэгжүүлсэн нэмэгчдийн архитектуруудыг жишээ болгон 4бит дээр хийснээр доор үзүүлэв.

АЛГОРИТМ 1. НЭМЭХ АЛГОРИТМ

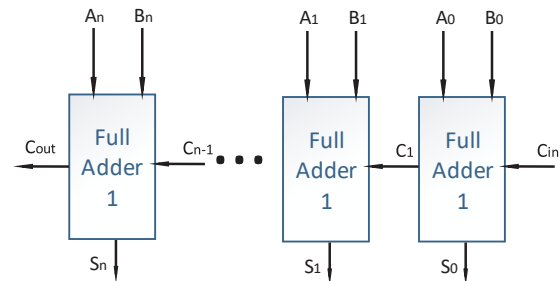
ОРОЛТ $a, b \in [0, p)$ бүхэл тоонууд

ГАРАЛТ $c = a + b \bmod 2^m$, ε нь carry бол (ε, c)

1. $(\varepsilon, C[0]) \leftarrow A[0] + B[0]$.
2. For i from 1 to $m-1$ do
 - 2.1. $(\varepsilon, C[i]) \leftarrow A[i] + B[i] + \varepsilon$.
3. Return (ε, c) .

A. “Ripple Carry” нэмэгч (RCA)

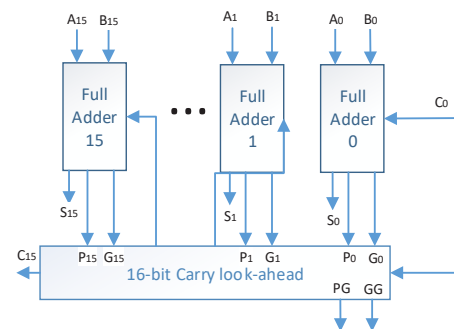
RCA нь бүтэн нэмэгчдийг цуваагаар холбосноор үүсэх бөгөөд 256 битийн нэмэгч хийхийн тулд 256 бүтэн нэмэгч ашиглана. Харин орон шилжилтийн бит нь хамгийн бага битээс эхлэн ахлах бит хүртэл дамжина. Иймээс нэмэгчийн бит ихсэх тусам хурд нь багасах боловч эзлэх талбайн хувьд маш бага байдаг давуу талтай.



Зураг 3 n -битийн RCA-ийн архитектур

B. “Carry Look ahead” нэмэгч (CLA)

Энэ аргыг анх 1956 онд Винбергер, Смит нар гаргаж ирсэн. Үндсэн зарчим нь оролтын өгөгдлийн урт өссөн ч орон шилжилтийн битийг хурдан түгээх дээр оршино. Энд орон шилжилтийн бит үүсгэх (carry generation) болон түгээх (carry propagation) гэсэн үйлдлүүдийг ашиглана.



Зураг 4 16-битийн CLA архитектур

$$\begin{aligned} Gi &= Ai \cdot Bi \\ Pi &= Ai \oplus Bi \end{aligned} \quad (1.3)$$

Бүтэн нэмэгчийн томьёонд дээрх илэрхийллийг орлуулж бичвэл:

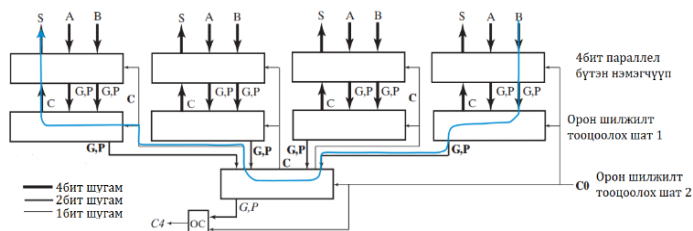
$$S = A \oplus B \oplus C = P_i \oplus C_i$$

$$C = A \cdot B + C(A \oplus B) = G + P \cdot C \quad (1.4)$$

Томьёо 1.2-ийг хэрэглэснээр орон шилжилтийн битийг хурдан тооцоолох боломж олгодог давуу талтай.

C. “Multilevel CLA” нэмэгч

Олон шатлалт CLA нь орон шилжилтийг тооцоолох шатлалыг нэмж өгснөөр олон битийн тоон дээр хурдан тооцоолол хийх боломжтой болгосон. Гэвч хэт олон шатлал үүсгэх нь логик хэлхээний хэмжээг ихэсгэнэ.



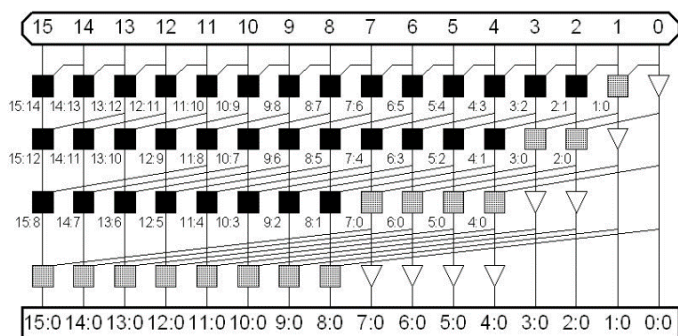
Зураг 5 16-битийн олон шатлалт CLA архитектуру

D. “Kogge-Stone” нэмэгч

Kogge-Stone нэмэгч[8] нь параллель угтвартай(prefix) нэмэгчийн нэг хэлбэр юм. Үндсэн бүтэц нь мод хэлбэртэй бөгөөд арифметик үйлдлийг мод хэлбэрээр хийснээр маш хурдтай болдог. Нэмж байгаа тоонуудын битийн тоо ихсэх үед хурд нь маш багаар буурдаг. Гэсэн хэдий ч талбай маш их эзэлдэг сул талтай. Kogge-Stone нэмэгч нь олон шатлалтай параллельчлахад хялбар юм. Шатлал тус бүрээс Шатлалын тоог дараах томьёогоор олдог.

$$m = \log_2 n \quad (1.5)$$

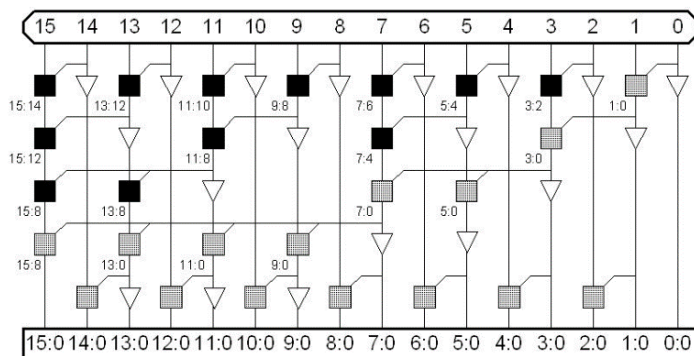
Бидний хэрэгжүүлсэн 256 битийн нэмэгчийн хувьд 8-н шатлалтай болно. Kogge-Stone нэмэгчийн шилжилтийн бит дамжуулах арга (carry generate, carry propagate) нь CLA нэмэгчийнхийг сайжруулсан байдаг. Цуваагаар шилжилтийн битийг дамжуулж байснаас зэрэгцээ бодож өмнө бодогдсон шилжилтийн битүүдийг ашиглахад оршино.



Зураг 6 16-битийн Kogge-Stone нэмэгчийн архитектуру

E. “Ladner-Fischer” нэмэгч

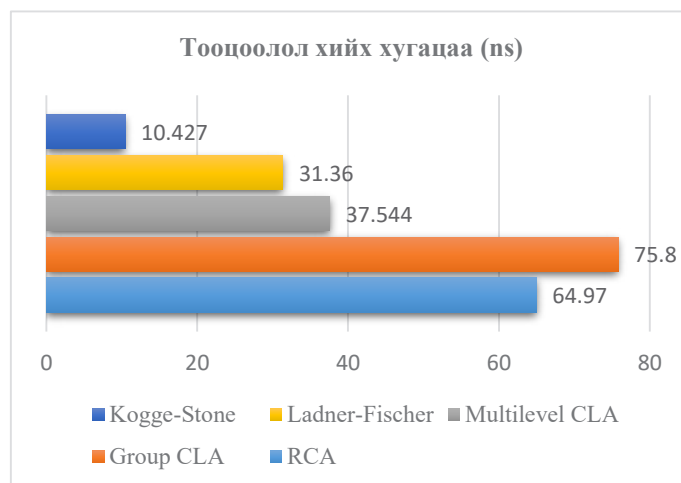
Ladner-Fischer нэмэгч[8] нь BrentКунг болон Склански нэмэгчдийг нийлүүлсэн параллель угтвартай(prefix) нэмэгчийн нэг хэлбэр юм. Параллель угтвартай нэмэгч нь хамгийн эхний битүүдийн- орон шилжилтийн битийг хүлээлгүй зэрэгцээ тооцоолол хийдгээрээ давуу талтай. Ladner-Fischer нэмэгч нь параллель угтвартай нэмэгчдээс хамгийн бага талбай эзэлдэг давуу талтай боловч тэдгээртэй харьцангуй удаан ажилладаг.



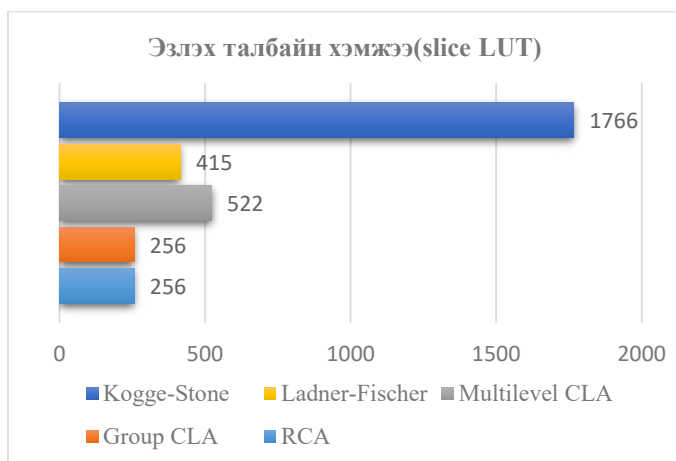
Зураг 7 16-битийн Ladner-Fischer нэмэгчийн архитектуру

V. ХЭРЭГЖҮҮЛЭЛТ

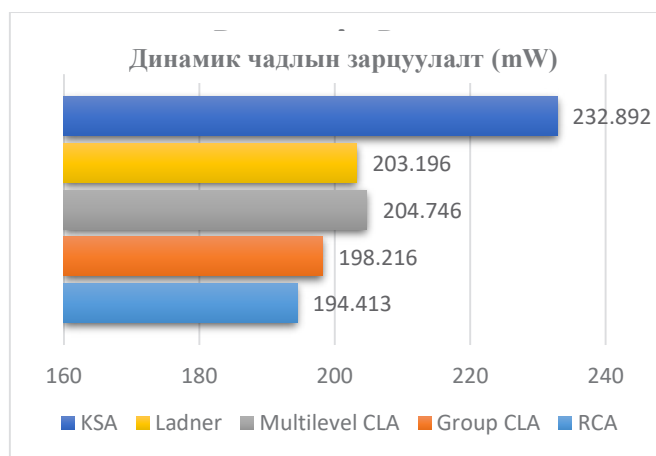
Таван төрлийн нэмэгчдийн архитектурыг 256 бит тоон дээр структур хэлбэрээр VHDL хэлээр 40нм-ийн технологиор хийгдсэн Virtex6 хавтан дээр хэрэгжүүлсэн. Хэрэгжүүлэлтийн үр дүнд нэмэгч тус бүрийн динамик чадлын зарцуулалт, эзлэх талбайн хэмжээ болон тооцоолол хийх хугацаагаар нь харьцуулсан графикуудыг Зураг 8, Зураг 9, Зураг 10-д харуулав.



Зураг 8 Нэмэгчдийн тооцоолол хийх хугацаа



Зураг 9 Нэмэгчдийн эзлэх талбайн хэмжээ



Зураг 10 Нэмэгчдийн динамик чадлын зарцуулалт

VI. ДҮГНЭЛТ

Хэрэгжүүлэлтийн үр дүнгийн Хүснэгт 1-ээс харахад хурдан нэмэгчдийн хувьд зарцуулж буй чадал бараг адил (Kogge Stone-оос бусад нь) боловч эзлэх талбай нь ихээхэн ялгаатай болох нь илт байна. Иймээс нэмэгчдийг ямар хэрэглээнд хэрэглэхээс хамааран тохиромжтойг сонгох нь чухал асуудал юм. Өндөр хурдтайгаар тоог нэмэх шаардлагатай үед Kogge-Stone нэмэгчийг сонгох нь зүйтэй боловч эзлэх талбай маш их гэдгийн санах хэрэгтэй. Бидний төгсгөлөг талбарын үржих болон модулар хуваах үйлдлүүдтэй харьцуулбал нэмэгч нь маш бага буюу дунджаар 100 дахин бага талбай эзэлж байгаа тул нэмэгчийн эзлэх талбай нь гол асуудал биш юм. Харин тооцоолол хийх хурд өндөр байх шаардлагатай. Иймээс Kogge-Stone нэмэгчийг сонгосон.

VII. НОМ ЗҮЙ

- [1] Tackdon Han and David A. Carlson, "Fast Area-Efficient

Хүснэгт 1 Нэмэгчдийн үзүүлэлтийн харьцуулалт

ADDERS	Эзлэх талбай (slice LUT)	Бодолт хийх хугацаа (ns)	Чадал (mW)	
			Статик	Динамик
<i>Ripple carry</i>	256	64.97	4448.47	194.41
<i>Carry look ahead</i>	522	37.544	4448.47	204.74
<i>Group CLA</i>	256	75.8	4448.46	198.21
<i>Ladner-Fischer</i>	415	31.36	4448.47	203.19
<i>Kogge-Stone</i>	1766	10.427	4449.87	232.89

VLSI Adders", 8th IEEE Symposium on Computer Arithmetic, p.p. 49-56, 1987.

- [2] J. Saini, S. Agarwal and A. Kansal, "Performance, Analysis And Comparison of Digital Adders", International Conference On Advances In Computer Engineering And Applications(ICACEA), p.p. 80-83, 2015.
- [3] P. Gurjar, R. Solanki, P. Kansliwal and M. Vucha, "VLSI Implementation of Adders for High Speed ALU", India Conference(INDICON), p.p. 1-6, 2011.
- [4] J. W. Archbold, *Algebra*, Fourth Edition, Pitman Paperbacks, 1970.
- [5] Zhe-Xian Wan, *Finite fields and Galois rings*, 2003
- [6] N. Koblitz, *A course in number theory and cryptography*, Springer, 1994
- [7] B. Schneier, *Applied cryptography*, Second Edition, John Wiley, 1996.
- [8] P. Kogge and H. Stone, "A Parallel Algorithm for the Efficient Solution of a General Class of Recurrence Equations", IEEE Transactions on Computers, Vol. 22, No. 8, pp. 783-791, August 1973
- [9] R. Ladner and M. Fischer, "Parallel Prefix Computation", Journal of the ACM, vol. 27 no. 4, pp. 831-838, 1980

Уургийн полипролин-II (РРII) хеликсийн параметрууд

Должинсүрэн Эрдэнэбат
Мэдээлэл, компьютерийн ухааны
тэнхим
МУИС, ХШУИС
Улаанбаатар, Монгол
doljko.erdenebat@gmail.com

Батхишиг Дашдаваа
Физикийн тэнхим
МУБИС, Математик, байгалийн
ухааны сургууль
Улаанбаатар, Монгол
d.batkhishig@msue.edu.mn

Энхбаяр Пүрэвжав
Мэдээлэл, компьютерийн ухааны
тэнхим
МУИС, ХШУИС
Улаанбаатар, Монгол
enkhb2003@gmail.com

Хураангуй — Уургийн хеликсийн α , 3_{10} , ω , π , РРII гэсэн төрлүүд байдаг ба эдгээрээс α -, 3_{10} -, ω -, π - төрлийн хеликсүүд ихэвчлэн баруун эргэлттэй, үндсэн хэлхээний карбоксил групп ба амид группын хоорондын устөрөгчийн холбоогоор тогтворжиж байдаг. α -, 3_{10} -, ω -, π - төрлийн хеликсүүдийн тогтворжилт, уурагт байх давтамж, хеликсийн параметрууд нэлээд сайн судлагдсан байдаг.

Уургийн полипролин II (РРII) хеликс нь зүүн эргэлттэй ба үндсэн хэлхээний карбоксил групп ба амид группын хооронд устөрөгчийн холбоогүйгээрээ бусдаасаа онцлог юм. Уургийн зөвхөн цөөн тооны РРII хеликсийн параметруудийг өмнө судалсан байдаг ба судлаачид идеаль (буюу каноник) РРII хеликсийг тодорхойлогч ϕ , ψ өнгийн утгуудыг янз бүрээр тодорхойлон бичсэн байна.

Бид энэ ажлаараа PDB өгөгдлийн сангаас өндөр нарийвчлалтай (Нарийвчлал ≤ 2.0 Å) тодорхойлогдсон, давтагдаагүй (Ялгаа $\geq 80\%$) нийт 6045 уургийн бүтцийг сонгон авч, DSSP-РРII програмаар РРII хеликсийн оноолт хийж, HELFIT програмаар хеликсийн параметруудийг тодорхойллоо. HELFIT програм нь хеликсийн нэг эргэлтэд оногдох тэнхлэгийн дагуух шилжилт (P), хеликсийн радиус (r), нэг эргэлтэд оногдох амин хүчлийн тоо (n), нэг амин хүчилд оногдох тэнхлэгийн дагуух шилжилт (Δz), хеликсийн алдаа ($p = \text{RMSD}/(N-1)$) гэсэн параметруудийг тодорхойлно. Энд, RMSD нь Root Mean Squares Deviation буюу өгөгдлийн цэгүүдээс хеликс хүртэлх стандарт хазайлт, N – хеликсийн урт юм. $p \leq 0.10$ Å байвал регуляар хеликс, $p > 0.10$ Å байвал иррегуляар хеликс гэж үзнэ.

6045 уургийн гинжнээс 1135 нь РРII хеликс агуулж байсан ба РРII^{DSSP} програмаар 4-13 амин хүчлийн урттай нийт 1384 РРII хеликс тодорхойлогдов. HELFIT програмаар 972 регуляар, 412 иррегуляар РРII хеликс тодорхойлогдсон ба хеликс урт болох тусам иррегуляар хеликсийн хувь өсөж байв. РРII хеликсийн дундаж $P=9.05$ Å, $r=1.42$ Å, $n=3.09$, $\Delta z=2.08$ Å, $p=0.17$ Å байлаа. Мөн хеликсийн тоо (давтамж) болон хеликсийн параметрууд хеликсийн уртаас тодорхой зүй тогтлоор хамаарч байна. α -, 3_{10} -, π - төрлийн хеликсүүдтэй адил Δz ба r -ийн хоорондын хамаарал шугаман хуулиар илэрхийлэгдэж байна.

Түлхүүр үг — РРII хеликс, HELFIT, хеликсийн параметр, DSSP-РРII, p -утга

I. УДИРТГАЛ

Одоогийн байдлаар PDB өгөгдлийн санд 130 мянга шахам уургийн 3D бүтэц бүртгэгдээд байна [1]. Уургийн бүтэц, үүрэг, ангилалд хоёрдогч бүтэц чухал үүрэгтэй. Уургийн хоёрдогч бүтцийн хеликс, β -утаслаг, гогцоо гэсэн 3 ерөнхий төрөл байдаг. Хеликсийн α -, 3_{10} -, ω -, π - болон РРII- гэсэн төрлүүд байдаг ба α -, 3_{10} -, ω -, π - хеликсүүд нэлээд сайн судлагдсан [2, 3, 4, 5, 6]. 3D бүтэц нь тодорхойлогдсон нийт уургийн хоёрдогч бүтцэд харьяалагдах амин хүчлийн 32% -ийг α -, 4% -ийг π -, 3% -ийг 3_{10} - хеликс эзэлдэг [6] ба нийт уургийн 7.4 %-нь ω -хеликс [5], 3-10% нь РРII-хеликсийг агуулсан байдаг [7, 8].

Уургийн үндсэн хэлхээний C=O бүлгийн хүчилтөрөгч, NH бүлгийн устөрөгчийн хооронд үүсэх устөрөгчийн холбоо болон Ca атомын хоёр талын $\phi\psi$ өнцгөөр хеликсийн төрлийг тодорхойлно [9]. Устөрөгчийн холбоог DSSP, SecStr, STRIDE зэрэг програмуудаар тодорхойлно. i ба $i + 4$ дүгээр амин хүчлүүдийн хооронд үүсэх устөрөгчийн холбоо ($i \leftarrow i + 4$) дор хаяж дараалан 2 удаа тохиолдож байвал α -хеликс үүснэ. Идеаль (буюу каноник) α - хеликсийн радиус (r) 2.4 Å, нэг эргэлтэд оногдох тэнхлэгийн дагуух шилжилт (P) 5.4 Å, нэг эргэлтэд харгалзах амин хүчлийн тоо (n) 3.6 байдаг ба ($i \leftarrow i + 4$) устөрөгчийн холбоо нь үндсэн хэлхээний H-N-C-C-N-C-C-N-C-C-N-C-O гэсэн 13 атомаар битүүрдэг. Иймд α – хеликсийг 3.6₁₃ хеликс гэж нэрлэнэ. Үүнтэй адилаар 3_{10} -, ω -, π -хеликсүүдэд тус бүр харгалзан ($i \leftarrow i + 3$), ($i \leftarrow i + 4$), ($i \leftarrow i + 5$) хэлбэрийн устөрөгчийн холбоо үүсэх ба 3.0₁₀, 4.0₁₃, 4.3₁₆ хеликс гэж нэрлэнэ (Зураг 1). Эдгээр хеликс нь байгаль дээр ихэвчлэн баруун эргэлттэй тохиолдох ба P , r , нэг амин хүчилд оногдох тэнхлэгийн дагуух шилжилт (Δz) -ээрээ ялгаатай байна (Хүснэгт 1).

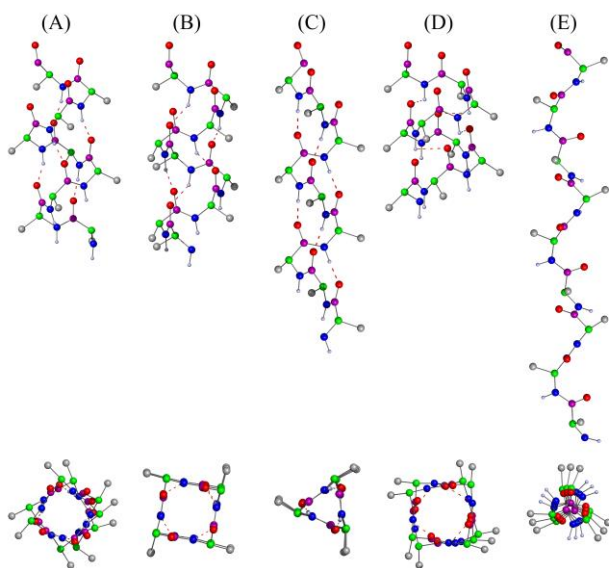
РРII хеликс нь зүүн эргэлттэй байх ба каноник РРII хеликсийг тодорхойлогч $\phi\psi$ өнгийн утгуудыг янз бүрээр тодорхойлон бичсэн байдаг (Хүснэгт 2) [10 11 12 13]. РРII хеликсийн нэг эргэлтэнд оногдох шилжилт $P=9.3$ Å, нэг эргэлтэнд оногдох амин хүчлийн тоо $n = 3$ байдаг..

РРII хеликс Pro, Gln, Asp, Ala, зэрэг амин хүчлүүдийг ихээр агуулдаг [14].

РРII хеликсийн онцлог нь α -хеликс, β -утаслаг зэрэг бусад регуляар бүтцийг тогтвортой байлгадаг үндсэн

хэлхээний хоорондох устөрөгчийн холбоо байдаггүй. Ихэнх тохиолдолд РРП хеликсийн хувьд тогтворжуулах гол хүчин зүйл нь усан орчинтой үүсгэх устөрөгчийн холбоо байна. Устөрөгчийн холбооны хатуу хэв загвар байхгүй нь түүний өвөрмөц уян хатан байдал, функционал шинж чанарыг бий болгодог [15].

РРП хеликс нь эсэд бүтцийн [15-17] болон функцийн [18-21] чухал үүрэг гүйцэтгэдэг. Үүний жишээ нь уураг-уураг [19, 20], уураг-нуклейн хүчлийн [22] харилцан үйлчлэл юм. РРП хеликс нь эсийн хөдлөх чадвар, сигнал дамжуулал, транскрипци, дархлааны хариу урвал мөн амилойд уургийн конформацийн өөрчлөлт болон бусад олон тооны молекулын үйл ажиллагаанд шууд ба шууд бусаар оролцдог байна [15].



Зураг 1. Уургийн каноник хеликсүүдийн структур. (А) каноник α -хеликс (В) каноник ω -хеликс (С) каноник 3_{10} -хеликс (D) каноник π -хеликс (Е) каноник РРП хеликс [11]. Энд ногоон, саарал, ягаан, улаан, хөх, цайвар хөх бөмбөлгүүдээр C_α , C_β , C, O, N, -NH группын Н атомуудыг тус тус дүрслэв. RYMOLE програмыг ашиглан хеликсийн атомуудын координатуудыг үүсгэж, дүрслэн үзүүлэв.

ХҮСНЭГТ 1. УУРГИЙН ХЕЛИКСИЙН ПАРАМЕТР

	Φ (°)	Ψ (°)	P (Å)	n (Å)	Δz (Å)	r (Å)
Каноник α - хеликс	-67.00	-44.00	5.20	3.67	1.42	2.40
Каноник ω -хеликс	-62.8	-54.9	5.30	4.00	1.32	2.54
Каноник 3_{10} -хеликс	-49.00	-26.00	5.80	3.00	1.93	1.90
Каноник π - хеликс	-57.1	-69.7	5.16	4.40	1.15	2.68
Каноник РРП - хеликс	-75	145	8.69	2.90	1.33	3.00
Уургийн РРП - хеликс	-71.47	144.93	9.05	3.04	2.99	1.35

II. ӨГӨГДӨЛ & АРГА ЗҮЙ

Уургийн РРП хеликсийн тооцоонд PDB өгөгдлийн сан [1] -аас амин хүчлийн дарааллын төсөөтэй байдал $\leq 20\%$, бүтцийн нарийвчлал ≤ 2.0 Å, R утга ≤ 0.25 байх шалгуураар PISCES веб серверийг [23] ашиглан 6045 уургийн 3 хэмжээст өгөгдлийг татан авч хэрэглэсэн.

PolyprOnline веб серверээр РРП хеликсийн хоёрдогч бүтцийн оноолтыг хийсэн.

PolyprOnline веб сервер нь DSSP-РРП [24] програмыг ашиглан хоёрдогч бүтцийн оноолтыг хийсэн.

A. РРП^{DSSP}

РРП^{DSSP} нь DSSP програмын РРП хеликсэд зориулсан хувилбар юм. Дараалсан 2 амин хүчлийн $\phi\psi$ өнцийн утгууд $\phi = -75^\circ \pm 29^\circ$, $\psi = +145^\circ \pm 29^\circ$ байвал РРП хеликс гэж тодорхойлно. Иймд РРП^{DSSP} програмаар тодорхойлогдсон РРП хеликс нь дор хаяж 2 амин хүчлийн урттай байна.

B. РРП хеликсийн C_α атомуудын координатыг сонгон авах

Хеликсийн параметруудийг C_α атомуудын XYZ координатыг ашиглан тодорхойлдог. РРП^{DSSP} програмын үр дүн нь зөвхөн РРП төдийгүй бусад бүх хоёрдогч бүтцийн оноолт хийж түүнийгээ амин хүчил болгоны ард 1 үсгээр тэмдэглэсэн текст хэлбэрийн файл байна. Эндээс зөвхөн РРП хеликсийн хэсгийг ялгаж авахын тулд Matlab програм дээр код бичиж ашиглав.

C. HELFIT програм

Хеликсийн параметрт тэгшитгэл дараах байдлаар илэрхийлэгдэнэ.

$$x^h = o + a P t + r (v \cos t + w \sin t)$$

x^h нь өгөгдлийн цэгээс хеликс хүртэлх зайг илэрхийлнэ.

HELFIT програм хамгийн бага квадратын аргаар хеликсийн нэг эргэлтэд оногдох тэнхлэгийн дагуух шилжилт (P), хеликсийн радиус (r), нэг эргэлтэд оногдох амин хүчлийн тоо (n), нэг амин хүчилд оногдох тэнхлэгийн дагуух шилжилт (Δz), хеликсийн алдаа ($p = RMSD/(N - 1)$) гэсэн параметруудийг тодорхойлно. Энд, $RMSD$ нь Root Mean Squares Deviation буюу өгөгдлийн цэгүүдээс хеликс хүртэлх стандарт хазайлт, N - хеликсийн урт юм. $p \leq 0.10\text{Å}$ байвал регуляр хеликс, $p > 0.10\text{Å}$ байвал иррегуляр хеликс гэж үзнэ [25].

III. ҮР ДҮН, ХЭЛЭЛЦҮҮЛЭГ

РРП^{DSSP} програмын үр дүнд бидний сонгон авсан 6045 уургийн гинжний 1135 нь РРП хеликсийг агуулж байсан ба нийт 1384 РРП хеликсийг тодорхойлов (Хүснэгт 2). HELFIT програмын үр дүнд 1360 зүүн эргэлттэй РРП хеликс тодорхойлогдсон ба эдгээрийг цаашдын тооцоонд ашиглав. Баруун эргэлттэй 1, p утга хэтэрхий ихтэй 15, радиусын утга хэтэрхий багатай 8, нийт 24 хеликсийг тооцооноос хасав. Эдгээр нь муруйлт, эсвэл нугаралттай хеликсүүд юм.

РРП хеликсийн урт нь 4-13 (амин хүчлийн тоо) байна. (Хүснэгт 2). Нийт РРП хеликсийг p -ийн утгаар регуляр ($p \leq 0.10$ Å), иррегуляр ($p > 0.10$ Å) гэж 2 ангилав. 1360 зүүн эргэлтгүй РРП хеликсийн 972 буюу 71.4% регуляр, үлдсэн 388 буюу 28.6% нь иррегуляр байна (Хүснэгт 2). Нийт хеликсийн дундаж урт 4.5, регуляр хеликсийн дундаж урт 4.22, иррегуляр хеликсийн дундаж урт 5.19 байна.

Нийт 1360 РРП хеликсийн 938 (69.0%), 972 регуляр РРП хеликсийн 812 (83.5%) нь зөвхөн 4 амин хүчлийн урттай байна. Хеликсийн урт ихсэх тусам нийт хеликсийн тоо цөөрөх ба иррегуляр хеликсийн хувь 9 урттай хеликсээс бусад тохиолдолд өсөж байгаа бөгөөд ханах хандлагатай байна (Зураг 2). $N = 10$ урттай регуляр хеликс 0, иррегуляр хеликс 2, $N = 11$ урттай регуляр хеликс 2 иррегуляр хеликс 0, $N = 12$ урттай хеликс 0, $N = 13$ урттай иррегуляр хеликс 1 байна.

Хүснэгт 2-оос харвал p -ийн дундаж утга 0.08(0.07) Å, регуляр хеликсийн $p=0.05(0.03)$ Å, иррегуляр хеликсийн $p=0.18(0.07)$ Å байх ба 0.04 - 0.51 Å хооронд утга авч байна (Хүснэгт 2). 4 урттай хеликсийн хувьд p -ийн утга, стандарт хазайлт хамгийн бага байгаа бөгөөд хеликсийн уртаас хамаарч регуляр хеликсийн хувьд өөрчлөлт багатай, иррегуляр хеликсийн хувьд өсөх хандлагатай байна.

P -ийн дундаж утга нийт хеликсийн хувьд 9.06(0.77) Å, регуляр хеликсийн хувьд 9.14(0.76) Å, иррегуляр хеликсийн хувьд 8.86(0.77) Å байна (Хүснэгт 2). Регуляр хеликсийн P -ийн дундаж утга уртаас хамаарч өсөх хандлагатай бөгөөд хеликсийн уртын бүх утгууд (4-13) дээр регуляр хеликсийн утга нь иррегуляр хеликсийн утгуудаас их байна (Зураг 3А). Нийт болон регуляр РРП хеликсийн P -ийн дундаж утга нь 4 төрлийн каноник РРП хеликсийн утгаас их байна.

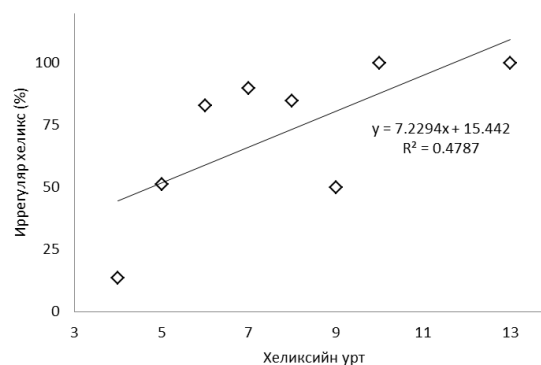
Нийт РРП хеликсийн n -ийн дундаж утга 3.08(0.38), регуляр хеликсийн хувьд 3.10(0.38), иррегуляр хеликсийн хувьд 3.02(0.37) байна (Хүснэгт 2). Регуляр хеликсийн n -ийн дундаж утга хеликсийн уртаас хамаарахгүй тогтмол байх бөгөөд иррегуляр хеликсийн хувьд хеликс урт болоход ихсэж байна. Нийт РРП хеликсийн n -ийн дундаж утга $\phi = -60$, $\psi = 140$ каноник хеликсийн дундаж утгатай тэнцүү, бусад каноник хеликсийн дундаж утгаас их байна (Зураг 3В).

Нийт РРП хеликсийн r -ийн дундаж утга 1.39(0.21), регуляр хеликсийн хувьд 1.41(0.22), иррегуляр хеликсийн хувьд 1.36(0.17) байна (Хүснэгт 2). Регуляр хеликсийн r -ийн дундаж утга хеликсийн уртаас хамаарахгүй тогтмол байх бөгөөд иррегуляр хеликсийн хувьд $N = 4$ үед их буюу 1.62(1.60) байна. Нийт РРП хеликсийн r -ийн дундаж утга $\phi = -60$, $\psi = 140$, $\phi = -65$, $\psi = 140$ каноник хеликсийн дундаж утгаас бага, бусад каноник хеликсийн дундаж утгаас их байна (Зураг 3С).

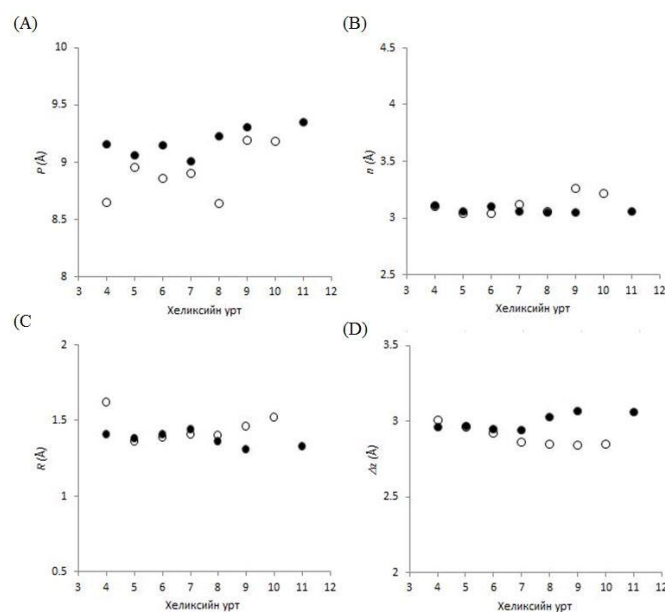
Нийт РРП хеликсийн Δz -ийн дундаж утга 2.96(0.16), регуляр хеликсийн хувьд 2.96(0.17), иррегуляр хеликсийн хувьд 2.95(0.15) байна (Хүснэгт 2). Регуляр болон иррегуляр хеликсийн Δz -ийн дундаж утга $N = 4 - 6$ үед хоорондоо адил бөгөөд уртаас хамаарч өөрчлөгдөхгүй, $N > 4$ үед регуляр хеликсийн Δz -ийн дундаж утга иррегуляр хеликсийнхээс их болж өөрчлөгдөж байна. Нийт РРП

хеликсийн Δz -ийн дундаж утга $\phi = -60$, $\psi = 140$, $\phi = -65$, $\psi = 140$ каноник хеликсийн дундаж утгаас их, бусад каноник хеликсийн дундаж утгаас бага байна (Зураг 3D).

Нийт тодорхойлогдсон РРП хеликсийн Δz ба r -ийн хамаарлыг бүх РРП хеликс болон регуляр, иррегуляр хеликсийн хувьд үзүүлэв (Зураг 4). Δz , r -ийн хамаарал шугаман байгтаа бөгөөд нийт хеликсийн хувьд корреляцийн коэффициент $R^2 = 0.84$, регуляр хеликсийн хувьд $R^2 = 0.90$, иррегуляр хеликсийн хувьд $R^2 = 0.73$ байна.



Зураг 2. Иррегуляр тгт хеликсийн тохиолдлын хувь хеликсийн уртын хамаарал. $N = 4$, 126/938; $N = 5$, 140/273; $N = 6$, 77/92; $N = 7$, 26/29; $N = 8$, 11/13; $N = 9$, 5/10; $N = 10$, 2/2; $N = 13$ 1/1.



Зураг 3. РРП хеликсийн уртаас хеликсийн параметруудийн дундаж утгуудын хамаарал. (А) нэг эргэлтэд оногдох тэнхлэгийн дагуух шилжилт (P); (В) нэг эргэлтэд оногдох амин хүчлийн тоо (n); (С) хеликсийн радиус (r); (D) нэг амин хүчилд оногдох тэнхлэгийн дагуух шилжилт (Δz). $\circ$ -регуляр, $\bullet$ -иррегуляр РРП хеликс.

ХҮСНЭГТ 1.УУРГИЙН РРП ХЕЛИКСИЙН ПАРАМЕТР							
<i>N</i>	Хеликсийн төрөл	Тохиолдлын давталт	p^{ab} (Å)	P^b (Å)	n^b	r^b (Å)	Δz^b (Å)
	РРП ^c		-	8.96	2.99	1.36	3.00
	РРП ^d		-	8.69	2.90	1.33	3.00
	РРП ^e		-	8.58	2.99	1.45	2.87
	РРП ^f		-	8.62	3.08	1.52	2.80
4	Регуляр	812	0.04(0.03)	9.16(0.79)	3.11(0.40)	1.41(0.40)	2.96(0.17)
	Иррегуляр	126	0.15(0.09)	8.65(1.73)	3.10(0.98)	1.62(1.60)	3.01(0.16)
5	Регуляр	133	0.07(0.02)	9.06(0.61)	3.06(0.29)	1.38(0.17)	2.97(0.13)
	Иррегуляр	140	0.18(0.06)	8.96(0.73)	3.04(0.35)	1.36(0.15)	2.96(0.13)
6	Регуляр	15	0.07(0.02)	9.15(0.69)	3.10(0.25)	1.41(0.09)	2.95(0.07)
	Иррегуляр	77	0.20(0.06)	8.86(0.70)	3.04(0.29)	1.39(0.12)	2.92(0.12)
7	Регуляр	3	0.09(0.01)	9.01(0.35)	3.06(0.18)	1.44(0.07)	2.94(0.06)
	Иррегуляр	26	0.23(0.07)	8.90(0.67)	3.12(0.35)	1.41(0.16)	2.86(0.16)
8	Регуляр	2	0.06(0.0)	9.23(0.07)	3.05(0.06)	1.36(0.10)	3.03(0.08)
	Иррегуляр	11	0.27(0.08)	8.64(0.54)	3.06(0.28)	1.40(0.13)	2.85(0.15)
9	Регуляр	5	0.08(0.02)	9.31(0.25)	3.05(0.12)	1.31(0.06)	3.07(0.03)
	Иррегуляр	5	0.21(0.09)	9.19(0.70)	3.26(0.47)	1.46(0.05)	2.84(0.21)
10	Иррегуляр	2	0.17(0.01)	9.18(0.10)	3.22(0.03)	1.52(0.04)	2.85(0.01)
11	Регуляр	2	0.06(0.02)	9.35(0.04)	3.06(0.08)	1.33(0.08)	3.06(0.10)
13	Иррегуляр	1	0.51	10.60	4.11	1.62	2.58
Дундаж	Регуляр	972	0.05(0.03)	9.14(0.76)	3.10(0.38)	1.41(0.22)	2.96(0.17)
Дундаж	Иррегуляр	388	0.18(0.07)	8.86(0.77)	3.02(0.37)	1.36(0.17)	2.95(0.15)
Дундаж	Бүгд	1360	0.08(0.07)	9.06(0.77)	3.08(0.38)	1.39(0.21)	2.96(0.16)

^a $p = \text{rmsd}/(N-1)^{1/2}$, N - хеликсийн урт.

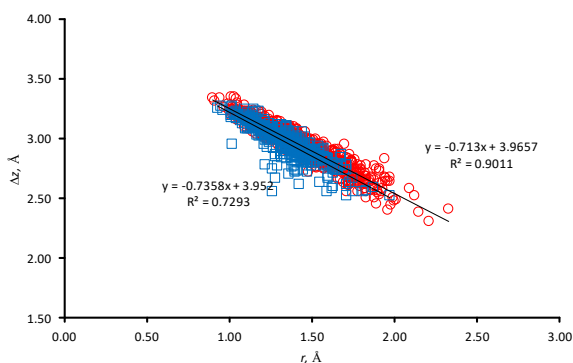
^b P , n , r , Δz -ийн тоон утга. Хаалтанд стандарт хазайлтын утгыг тэмдэглэв

^c Jha 2005 $\phi = -75$, $\psi = 150$ [10]

^d Hopfinger 2012 $\phi = -75$, $\psi = 145$ [11]

^e Adzhubei 1987 $\phi = -65$, $\psi = 140$ [12]

^f Schulz & Schirmer 1979 $\phi = -60$, $\psi = 140$ [13]



Зураг 4. Нийт РРП хеликсийн Δz , r -ын хамаарал. $\circ$ -регуляр, $\square$ - иррегуляр РРП хеликс.

IV. ДҮГНЭЛТ

6045 уургийн 1135 буюу нийт уургийн 18.8 % РРП хеликс агуулж байна.

Нийт 1384 РРП хеликсийн параметрийг тодорхойллоо. Нийт хеликсийн $p = 0.08(0.07)$ Å $P = 9.06(0.07)$ Å, $n = 3.08(0.38)$, $r = 1.39(0.21)$ Å, $\Delta z = 2.96(0.16)$ Å, байлаа.

Регуляр РРП хеликсийн нэг эргэлтэд оногдох тэнхлэгийн дагуух шилжилт (P) 9.14Å, хеликсийн радиус (r) 1.41 Å, нэг эргэлтэд оногдох амин хүчлийн тоо $n = 3.10$,

нэг амин хүчилд оногдох тэнхлэгийн дагуух шилжилт $\Delta z = 2.96$ Å, хеликсийн алдаа $p = 0.50$ Å байлаа.

Параметрийн утгуудаас харвал уургийн РРП-хеликс нь зүүн эргэлтгүй, уургийн бусад хеликсээс илүү сунасан бүтэцтэй, өөрөөр хэлбэл P их, r бага, n -ийн утга 3_{10} -хеликсийнхтэй ойролцоо байна. Δz , r -ийн хооронд шугаман хамаарал байна.

НОМ ЗҮЙ

- [1] <https://www.rcsb.org/stats/growth/protein>: 04/26/2018
- [2] Pauling, L. & Corey, R. B., (1951) Configuration of polypeptide chains with favored orientations around single bonds: the new pleated sheets. Proc. Nat. Acad. Sci./ U. S. A. 37, 729-740.
- [3] Donohue, J., (1953) Hydrogen-bonded helical configurations of the polypeptide chain. Proc. Nat. Acad. Sci., USA, 39, 470-478.
- [4] Enkhbayar P, Hikichi K, Osaki M, Kretsinger RH, Matsushima N., (2006) 3(10)-helices in proteins are parahelices. Proteins. Aug 15;64(3):691-9. PubMed PMID:16783793.
- [5] Enkhbayar P, Boldgiv B, Matsushima N., (2010) Omega-helices in proteins. Protein May;29(4):242-9. doi: 10.1007/s10930-010-9245-5. PubMed PMID: 20496104.
- [6] Baker, E. N. & Hubbard, R. E., (1984) Progr. Biophys. Mol. Biol. 44, 97-179.
- [7] Mansiaux, Y., Joseph, A.P., Gelly, J.C., et al. (2011) Assignment of polyproline II conformation and analysis of sequence — structure relationship. PLoS one, 6, e18401.
- [8] Sreerama, N.; Woody, R. W. Biochemistry (1994) 33(33), 10022–1002
- [9] Richardson, J.S., (1981) The anatomy and taxonomy of protein structure. Adv. Protein Chem, 34: p. 167-339.

- [10] Jha, A.K., Colubri, A., Zaman, M.H., Koide, S., Sosnick, T.R., Freed, K.F., (2005) Helix, sheet, and polyproline II frequencies and strong nearest neighbor effects in a restricted coil library. *Biochemistry* 44, 9691–9702.
- [11] Hopfinger, A., (2012) *Conformational Properties of Macromolecules*. Elsevier.
- [12] Adzhubei, A.A., Eisenmenger, F., Tumanyan, V.G., Zinke, M., Brodzinski, S., Esipova, N.G., (1987) Third type of secondary structure: noncooperative mobile conformation. *Protein Data Bank Analysis. Biochem. Biophys. Res. Commun.* 146, 934–938.
- [13] Georg E. Schulz, R. Heiner Schirmer (1979) Principles of protein structure, 10.1007/978-1-4612-6137-7
- [14] Rucker, A. L.; Pager, C. T.; Campbell, M. N.; Qualls, J. E.; Creamer, T. P. *Proteins* (2003) Host-guest scale of left-handed polyproline II helix formation. *Proteins*, 53, 68–75.
- [15] Beck, K., Brodsky, B., (1998) Supercoiled protein motifs: the collagen triple-helix and the alpha-helical coiled coil. *J. Struct. Biol.* 122, 17–29.
- [16] Wu, H., de Graaf, B., Mariani, C., Cheung, A.Y., (2001) Hydroxyproline-rich glycoproteins in plant reproductive tissues: structure, functions and regulation. *Cell. Mol. Life Sci.* 58, 1418–1429.
- [17] Kieliszewski, M.J., Lampion, D.T., (1994) Extensin: repetitive motifs, functional sites, post-translational codes, and phylogeny. *Plant J.* 5, 157–172.
- [18] Chellgren, B.W., Creamer, T.P., (2004) Short sequences of non-proline residues can adopt the polyproline II helical conformation. *Biochemistry* 43, 5864–5869.
- [19] Kay, B.K., Williamson, M.P., Sudol, M., (2000) The importance of being proline: The interaction of proline-rich motifs in signaling proteins with their cognate domains. *FASEB J.* 14, 231–241.
- [20] Siligardi, G., Drake, A.F., (1995) The importance of extended conformations and in particular, the PII conformation for the molecular recognition of peptides. *Biopolymers* 37, 281–292.
- [21] Stapley, B.J., Creamer, T.P., (1999) A survey of left-handed polyproline II helices. *Protein Sci.* 8, 587–595.
- [22] Hicks, J.M., Hsu, V.L., (2004) The extended left-handed helix: A simple nucleic acidbinding motif. *Proteins: Struct. Funct. Bioinf.* 55, 330–338.
- [23] <http://dunbrack.fccc.edu/pisces/> Enkhbayar, P., Damdinsuren, S., Osaki, M., and Matsushima, N., (2008) HELFIT: Helix Fitting by a Total Least Squares Method, *Computational Biology and Chemistry* 32 (2008) 307–310.

Хөдөлгөөнт камерын кадраас 3-н хэмжээст цэгэн өгөгдөл сэргээх SfM аргын судалгаа

Г.Гэрэлттулга*, Д.Болормаа*

* Монгол Улсын Их Сургууль,

Хэрэглээний Шинжлэх Ухаан, Инженерчлэлийн Сургууль,

Электроник, холбоо инженерчлэлийн тэнхим

* ggerlee88@gmail.com, * bolormaa@seas.num.edu.mn

Хураангуй— Өөр өөр онцог бүхий байрлалуудаас авсан олон тооны 2 хэмжээст зураг(камерын кадр) дээрх онцгой цэгүүдийн мэдээллийг ашиглан биетийн 3н хэмжээст загварыг сэргээх SfM(Structure from Motion) аргын судалгаа нь компьютер вишин, түүн дундаа роботикийн салбарт ихээхэн нэмэгдсээр байна. Ижил дүрс агуулсан хоёр болон түүнээс дээш кадруудаас онцгой цэгүүдийг олж, кадр тус бүрд буй онцгой цэгүүдийн хоорондын хамаарлыг ашиглан харгалзах камерын байршлыг тодорхойлох мөн кадрт харгалзах камерын байршил болон кадр дээрх онцгой цэгүүдийн координатын тусламжтай тус онцгой цэгийн 3н хэмжээст координатыг тооцоолох нь SfM аргын үндсэн техник юм. Эдгээрээс кадр дээрх онцгой цэг олох процесс нь SfM аргын чухал хэсэг бөгөөд бид энэ судалгааны ажлаар 3н хэмжээст цэгэн өгөгдөл сэргээх SfM(Structure from Motion) аргыг онцгой цэг олох SIFT болон AKAZE аргуудад тулгуурлан судалсан.

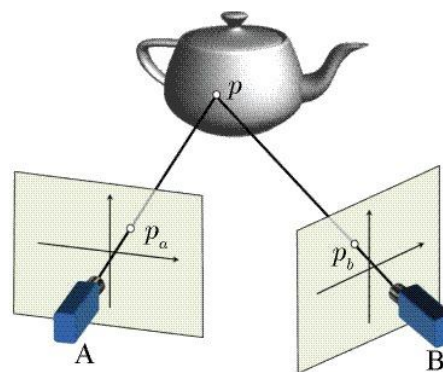
Судалгааны үр дүнд онцгой цэг олох SIFT болон AKAZE арга тус бүрийг ашиглан биетийн 3н хэмжээст цэгэн өгөгдлийг байгуулж, арга тус бүрийн үр дүнг харьцуулан судалсан.

Түлхүүр үг— 3н хэмжээст загвар байгуулах, SfM method, 3н хэмжээст сканер, SIFT, AKAZE.

I. УДИРТГАЛ

Байгаль дахь биетийн мэдээллийг 3н хэмжээст тоон загварт шилжүүлэх, өөрөөр хэлбэл биетийн 3н хэмжээст загвар байгуулах олон төрлийн арга, тоног төхөөрөмж(сканер)-үүд байдаг ч эдгээр нь хэмжилтийн нарийвчлал, хэмжиж чадах хэмжээний хязгаар, хурд зэрэг тус бүрийн онцлог давуу болон сул талуудтай. Эдгээр аргуудад лазер сканер, кинект зэрэг удирдах боломжтой гэрлийн эх үүсвэр ашигладаг технологиос гадна зөвхөн тоон камераар авсан 2 хэмжээст зургаас 3н хэмжээс загвар сэргээдэг фото метрик арга зэрэг багтана[1].

Фото метрик арга нь хоёр болон түүнээс олон өөр өнцгөөс харсан тоон камерын зураг(кадр)-г ашиглан биетийн 3н хэмжээст загвар байгуулах боломжтой бөгөөд өндөр үнэ бүхий тусгай төхөөрөмж шаардлагагүй үр ашигтай технологи юм[2]. Стерео камерын систем нь хамгийн өргөн хэрэглэгддэг фото метрик аргын нэг юм. Хоорондоо хөдөлгөөнгүй бэхлэгдсэн A болон B хоёр камер бүхий стерео камерын бүдүүвчийг Зураг 1-д үзүүлэв.



Зураг 1. Стерео камерын модель (зургийг эхийг өгүүлэл [1]-ээс авч сайжруулан ашиглав.)

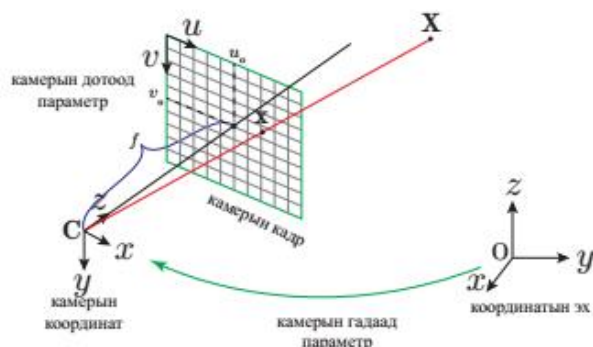
Хэрэв Зураг 1 дэх камеруудын огторгуйн байршил мэдэгдэж байгаа гэж үзвэл тус камеруудын тусламжтай гүцний гадаргуу дээрх p цэгийн 3н хэмжээст координатыг тодорхойлох аргыг товч сэргээвэл. Эхний алхам нь: A болон B камер тус бүрийн кадр(проекцын хавтгай)-аас p -гийн проекц p_a болон p_b -г олох юм. Үүний дараа A камерын фокусын төв болон p_a цэгийг холбосон шулуун болон B камерын фокусын төв болон p_b цэгийг холбосон шулуунуудыг байгуулах ба тус 2 шулууны огтлолцолд эсвэл хамгийн ойр солбицолд p цэгийн 3н хэмжээст координат орших юм. Үүнтэй адил камерын харилцан байршил ашигладаг аргыг тригонометрийн арга гэж нэрлэдэг. Гэвч A болон B камер тус бүрийн кадраас яг нэгэн p цэгийн проекц(онцгой цэг)-ыг олох нь хүндрэлтэй бөгөөд онцгой цэг илрүүлэх аргуудыг олон эрдэмтэд сонирхон судалдаг сэдэв юм. Түүнчлэн камерууд харилцан хөдөлгөөнгүй бэхлэгдсэн үед биетийн хоёр камер аль алинд орсон талын гадаргуугийн 3н хэмжээст мэдээллийг сэргээж чадах бөгөөд эсрэг талын гадаргууг сэргээх боломжгүй юм. Иймд биетийн 3н хэмжээст загварыг тал бүрээс илүү сайн сэргээх боломжтой хөдөлгөөнт камераар биетийн 3н хэмжээст загварыг сэргээх аргууд нь олон эрдэмтдийн сонирхон судалдаг нээлттэй сэдэв юм[3].

Энэхүү өгүүлэлд, хөдөлгөөнт камерын кадрууд дахь онцгой цэгүүдийг ашиглан биетийн 3н хэмжээст загварыг сэргээх SfM(Structure from Motion) аргыг онцгой цэг илрүүлэх SIFT болон AKAZE аргуудтай хослуулан судалж, туршилтын үр дүнд хэд хэдэн биетийн 3н хэмжээст загварыг сэргээсэн.

II. ГУРВАН ХЭМЖЭЭСТ ЦЭГЭН ӨГӨГДӨЛ СЭРГЭЭХ SfM АРГА

Гурван хэмжээст цэгэн өгөгдөл сэргээх SfM арга нь өөр өөр харах өнцөг бүхий байрлалуудаас авсан олон тооны зураг(камерын кадр) дээрх 2 хэмжээст онцгой цэгүүдийг ашиглан биетийн 3н хэмжээст загварыг сэргээх арга бөгөөд үүнд тоон камерын загвар чухал үүрэг гүйцэтгэдэг.

Тоон камерыг огторгуйн $\mathbf{X} = (x, y, z)^T$ координат дахь цэгийг камерын кадр(проекцын хавтгай)-ын $\mathbf{x} = (u, v)^T$ координатад хөрвүүлэх шугаман буулгалт гэж дараах байдлаар хялбар загварчилж болно. Тоон камерын хялбар загварыг Зураг 2-д дүрслэв.



Зураг 2. Тоон камерын модель

Камерын загварт параметрууд нь дотоод болон гадаад гэсэн хоёр хэсгээс бүрддэг [4]. Камерын оптик гажилтыг тооцолгүйгээр камерын буулгалтын матрицыг

$$P_{3 \times 4} = K[R|T] = \begin{bmatrix} f * k_u & 0 & u_0 \\ 0 & f * k_v & v_0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} t_x \\ R_{3 \times 3} t_y \\ t_z \end{bmatrix} \quad (1)$$

гэж тодорхойлж болно. Энд K матрицын элемент k_u, k_v нь кадр дээрхи u, v координатын дагуух сунгалтын параметр, f нь фокусын зай буюу камерын фокусын төв C-ээс кадр хүртэлх зай, харин u_0, v_0 нь кадрын төв цэгийг u, v координатад тус тус илэрхийлэх ба эдгээр нь камерын дотоод параметр гэгдэнэ. Түүнчлэн $[R|T] = [R] - RC$ нь камерын гадаад параметрийг илэрхийлэх ба T нь шилжилтийн вектор буюу координатын эх O цэгээс камерын фокусын төв C цэг хүртэлх шилжилтийг илтгэнэ. Харин R нь эх координатын системийн суурь болон камерын координатын системийн суурь хоорондын эргэлтийн матриц юм. Иймээс огторгуйн X цэгийн камерын кадр дахь проекц $\mathbf{x}$ нь

$$\mathbf{x} = P\mathbf{X} = K[R|T]\mathbf{X} \quad (2)$$

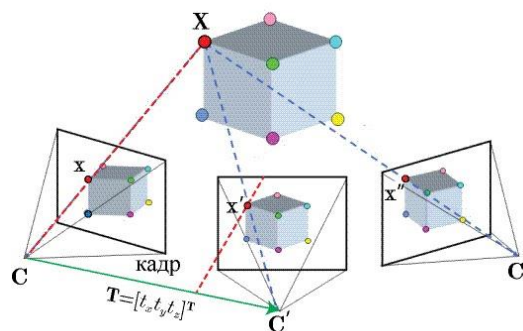
буюу задалж бичвэл

$$\begin{bmatrix} u \\ v \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} f * k_u & 0 & u_0 \\ 0 & f * k_v & v_0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} t_x \\ R_{3 \times 3} t_y \\ t_z \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \\ w \end{bmatrix} \quad (3)$$

болно.

Гурван өөр байрлалаас куб биетийн дүрийг кадрт буулгасан камерын загварыг Зураг 3-д үзүүлэв. Энд C, C' ба C'' нь камерын фокусын төвүүдийн байрлал ба байршил тус бүрд харгалзах кадр(проекцын хавтгай)-

уудыг дүрслэв. Кубийн X оройн проекцийг кадр тус бүрт харгалзан $\mathbf{x}, \mathbf{x}'$ болон $\mathbf{x}''$ цэгээр илэрхийлэв.



Зураг 3. Олон камерын модель

Хэрэв камер тус бүрийн гадаад параметр(байршил, эргэлт)-үүд мэдэгдэж байвал кубийн X оройн 3н хэмжээст координатыг стерео камертай төстэй тригонометрийн аргаар тооцоолох боломжтой. Камерын кадрт буух кубийн X оройн проекц $\mathbf{x}, \mathbf{x}'$ болон $\mathbf{x}''$ -ийн кадр дахь (u, v) координатуудыг олж улмаар камерын дотоод параметрийн тусламжтай цэг тус бүрийн 3н хэмжээст координатыг олно. Эндээс X цэгийн координат нь $C\mathbf{x}, C'\mathbf{x}'$ болон $C''\mathbf{x}''$ шулуунуудыг ашиглан Зураг 3-д үзүүлсэнтэй адил тооцоолж болно.

Гэвч SfM аргаар 3н хэмжээст загвар сэргээхэд зөвхөн камерын кадр дээрх дүрсийг ашиглах учир камерын гадаад параметрийг тооцоолох шаардлагатай. Иймд SfM арга дараах процессуудыг үе шаттайгаар гүйцэтгэдэг.

1. Кадр дээрх онцгой цэгүүд(кубийн ирмэг, орой г.м)-ийг илрүүлэх.
2. Хоёроос олон кадрт орсон хам онцгой цэгүүдийн олох ($\mathbf{x}, \mathbf{x}'$ ба $\mathbf{x}''$ бүгд яг X оройн проекц гэдгийг олох).
3. Эпиполляр-геометр аргаар камерын гадаад параметр(байршил, эргэлт)-ийг тодорхойлох.
4. 3н хэмжээст координат сэргээх.

Эдгээр алхамуудаас нэн чухалуудыг доорхи дэд бүлгүүдэд тайлбарлана.

A. Кадр дээрх онцгой цэг ба түүнийг олох аргууд

Олон кадрууд дээрээс координатыг нь сэргээхийг хүсэж буй яг нэгэн X цэгийн проекцыг олох нь онцгой чухал юм. Гэсэн хэдий ч энэ нь компьютерт хүнд даалгавар юм. Жишээлбэл, Зураг 3-н кадрууд дахь дүрсийг компьютер 'куб' гэж мэдэхгүй учир хэдэн оройтой болох ямар хэлбэр дүртэй болох зэргийг урьдчилан таамаглаж чадахгүй. Иймээс онцгой цэгийг илрүүлэх, түүнийг тодорхойлох аргаас SfM-ийн үр дүн шууд хамааралтай юм. Гэрэлтүүлэг, хэмжээс, эргэлт, аффин, алслалт гэх мэт зургийн бүх төрлийн хувиргалтуудад зэргэлдээ цэгүүдийн хамт харьцангуй тогтвортой байх өвөрмөц шинж чанар бүхий цэгийг онцгой цэг үзнэ. Онцгой цэгүүд нь Ирмэг(өнгөний төвшин нь зөрүү өндөртэй зэргэлдээ хоёр мужийн зааг), Өнцөг(хоёр болон түүнээс олон ирмэгийн огтлол) болон Блоб(ижил шинж чанар бүхий бүлэг цэгүүдийн нэгдэл) гэсэн үндсэн төрлөөр илэрч болдог [5].

Онцгой цэг илрүүлэх, тодорхойлох олон төрлийн арга байдгаас түгээмэл ашиглагддаг нь SIFT, KAZE, AKAZE, ORB, BRISK зэрэг юм [6]. Эдгээрээс хамгийн

өргөн хэрэглэгдсээр ирсэн арга нь SIFT боловч сүүлийн жилүүдэд AKAZE аргыг хэрэглээ ихэд нэмэгдэж байгаа юм.

Б. Эпиполяр-геометрийн агаар камерын гадаад параметрийг тодорхойлох

Зураг 3-д үзүүлсэн C камерын координатын систем байх X цэг ба C' камерын координатын системд байх X' цэгийн координатууд хоорондоо

$$X = RX' + T \quad (4)$$

хамааралтай байна. Энд R нь C камерын координатын систем дэх C' камерын координатын эргэлтийн матриц, харин T нь C камерын координат дахь C'-ийн шилжилтийн вектор юм. Хэрэв тэгшитгэлийн 2 талыг $X^T [T]_x X = X^T [T]_x RX' + X^T [T]_x T$

$$X^T [T]_x X = X^T [T]_x RX' + X^T [T]_x T \quad (5)$$

болох ба энд

$$[T]_x = \begin{bmatrix} 0 & -t_z & t_y \\ t_z & 0 & -t_x \\ -t_y & t_x & 0 \end{bmatrix} \quad (6)$$

буюу Skew-symmetric матриц учир

$$X^T [T]_x RX' = 0 \quad (7)$$

болно. Тэгшитгэл 7-ийн $[T]_x R$ -ийг E гэж орлуулбал

$$X^T EX' = 0 \quad (8)$$

болох ба матриц E-г эпиполяр-геометрийн үндсэн матриц гэж нэрлэдэг.

Хэрэв камерын координат болон огторгуй координатууд давхацсан гэж үзвэл тэгшитгэл 2 нь

$$x = KX \quad (9)$$

болох ба эндээс x болон K-ийн тусламжтай X-ийг тодорхойлбол

$$X \sim K^{-1}x \quad (10)$$

болно. Үүнийг тэгшитгэл 8-г орлуулбал

$$\begin{aligned} (K^{-1}x)^T E (K'^{-1}x') &= 0 \\ x^T (K^{-1} E K'^{-1}) x' &= 0 \end{aligned} \quad (11)$$

болох ба энэ тэгшитгэлд

$$F \sim K^{-1} E K'^{-1} \quad (12)$$

гэж үзвэл

$$x^T F x' = 0 \quad (13)$$

болно. Энэ тэгшитгэлийн F матрицыг эпиполяр-геометрийн суурь матриц гэнэ.

Эпиполяр-геометр нь тэгшитгэл 7-д үзүүлсэн үндсэн матриц E болон суурь матриц F-д анализ хийж зэргэлдээ камеруудын шилжилтийн матриц T болон эргэлтийн матриц R-ийг олох боломжтой. Хэрэв 8 болон түүнээс олон хос цэгүүд зэргэлдээ камерын кадр дээрээс олдож байвал тэгшитгэл 13-ийг

$$[u'_i \ v'_i \ 1] \begin{bmatrix} f_{11} & f_{12} & f_{13} \\ f_{21} & f_{22} & f_{23} \\ f_{31} & f_{32} & f_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u_i \\ v_i \\ 1 \end{bmatrix} = 0 \quad (14)$$

гэж задалж бичиж болно. Энд (u'_i, v'_i) ба (u_i, v_i) нь зэргэлдээ кадр дээрх хос онцгой цэгүүдийн координат ба Бүлэг 2.1-д дурдсан аргаар олж болно. Иймд тэгшитгэл 14-д F матрицын элементүүд үл мэдэгдэх болох ба үүнийг

$$\begin{bmatrix} u'_1 u_1 & u'_1 v_1 & u'_1 & v'_1 u_1 & v'_1 v_1 & v'_1 & u_1 & v_1 & 1 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ u'_n u_n & u'_n v_n & u'_n & v'_n u_n & v'_n v_n & v'_n & u_n & v_n & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} f_{11} \\ f_{12} \\ f_{13} \\ f_{21} \\ f_{22} \\ f_{23} \\ f_{31} \\ f_{32} \\ f_{33} \end{bmatrix} = 0 \quad (15)$$

хэлбэрийн шугаман тэгшитгэлд шилжүүлж болно. Эндээс хамгийн бага квадратын арга ашиглан F матрицыг хялбар олж болно.

Өмнө өгүүлсэнчлэн 8 болон түүнээс олон хос цэгүүд зэргэлдээ хоёр камерын кадраас олдож байвал тэгшитгэл 15 шийдтэй байна. Эндээс суурь матриц F-г ашиглан үндсэн матрицын E-г тэгшитгэл 12-с

$$E \sim K'^T F K \quad (16)$$

гэж илэрхийлж болно. Энд камерын дотоод параметр K болон K' нь камерын аль ч байрлалд өөрчлөгдөхгүй учир урьдчилан калибровк хийх замаар тооцоолж болно[4]. Иймээс тэгшитгэл 16-ийг ашиглан үндсэн матриц E-г хялбар тооцоолж болно. Түүнчлэн тэгшитгэл 7-г нэгэн утгын задаргаа хийвэл

$$E \sim [T]_x R = U \Sigma V^T \quad (17)$$

хэлбэртэй болно. Эндээс шилжилтийн матриц T болон эргэлтийн матриц R-ийг өгүүлэл [7]-д тооцоолсны дагуу

$$[T]_x = U \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} U^T \quad (18)$$

$$R = U \begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} V^T \quad (19)$$

олж болно. Энд шилжилтийн матриц T нь тогтмол α коэффициентээр сунасан эсвэл агшсан байх ба α нь тэгшитгэл 17-ийн Σ -ийн нормтой тэнцүү байна. Эндээс Зураг 3-д үзүүлсэн C камерын буулгалтын матриц нь $P = K[I|0]$ болно, харин C' камерын буулгалтын матриц нь $P' = K'[R|T]$ байна.

В. 3n хэмжээст координат сэргээх

Өмнөх бүлэгт зэргэлдээ кадрууд дээрх хос онцгой цэгүүдийн тусламжтай эпиполяр-геометрийн арга ашиглан камерын буулгалтын матриц P-г тооцоолсон. Эндээс буулгалтын матрицыг урвуулан хэрэглэн кадр дээрх x-ээс X-рүү чиглэсэн шулууны мэдээллийг сэргээж болно. Тэгшитгэл 2-г нэгээс олон камерын хувьд хөрвүүлэн бичвэл

$$x_i \sim P_i X \quad (20)$$

хэлбэртэй болох ба өгүүлэл [8]-д дурдсанаар x вектор болон $P_i X$ векторууд параллел учраас

$$[x_i]_x \times P_i X = 0 \quad (21)$$

гэж үзэж болох ба

$$AX = 0 \quad (22)$$

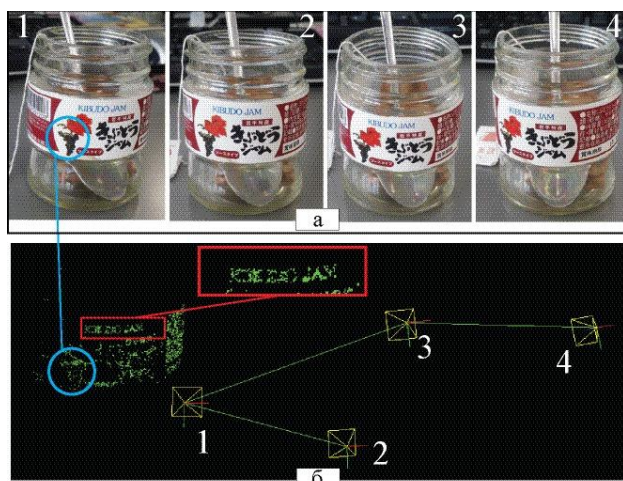
хэлбэрт оруулж болно. Энэ тэгшитгэлийн A матриц нь $3n \times 4$ хэмжээтэй байх буюу n нь X цэгт чиглэсэн камерын тоог илтгэнэ. Эндээс $A^T A$ матрицад нэгэн утгын задаргаа хийж X-ийг олж болно. Энэ нь SfM аргын үдсэн техник бөгөөд алгоритмын хувьд Дараалсан(Incremental) ба Ерөнхий(Global) SfM гэж хоёр төрөл байдаг.

Ерөнхий SfM нь зарчмын хувьд бүх камерын хувьд тэгшитгэл 21-д үзүүлсэнтэй адилаар бүх 'n' камерын

хувьд ганц Х-ийг олох юм. Өөрөөр хэлбэр энэ аргаар бүх камерт нэгэн зэрэг харагдаж байгаа хэсгийн 3н хэмжээст байршлыг сэргээх боломжтой юм. Харин Дараалсан SfM нь хамгийн эхний 2 камераас эхлэн тухай бүрд нь цэгийн 3н хэмжээст байршлыг сэргээх арга юм. Зураг 3-ийг ашиглан тайлбарлавал: камер С болон С' камеруудын хувьд тэдгээрийн кадр дахь хос цэгүүдийн 3н хэмжээст байрлалыг олно, үүний дараа С' болон С'' хоёр камерын хувьд мөн адил тэдгээрийн кадр дахь хос цэгүүдийн 3н хэмжээст байрлалыг олно гэх мэтчилэн бүх камеруудын хувьд адил тооцоолол хийх юм. Энэ аргын давуу тал нь объектын тал бүрийн 3 хэмжээст мэдээллийг сэргээх боломжтой юм.

III. ТУРШИЛТ, ҮР ДҮН

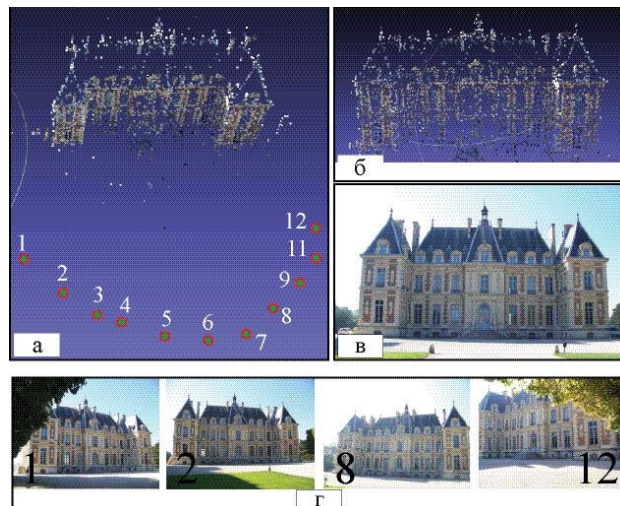
Зураг 4-д дөрвөн өөр байрлалд авсан зургаас Ерөнхий SfM аргыг ашиглан шилэн савны 3н хэмжээст загвар сэргээсэн туршилтын үр дүнг харуулав. Тус зургийн 'а'-д камерын байрлал тус бүрд харгалзах кадрыг 1-4 хүртэл дугаарлан үзүүлэв. Камерын байрлал болон тухайн объект гадаргуугийн материал, гадаргуу дээрээс илрүүлж чадах онгой цэгийн тоо зэргээс хамаарч 3н хэмжээст цэгэн өгөгдөл хэр сайн сэргэх нь шалтгаалдаг учир энэ туршилтын үр дүнд шилэн сав дээрх цаасан хаягийн хэсэг сэргээсэн байгааг Зураг 4-ийн 'б'-д үзүүлэв.



Зураг 4. Шилэн савны 3н хэмжээст загварыг 4н өөр байрлалын зургаас Ерөнхий SfM аргаар сэргээсэн үр дүн.

Туршилтын объектын камерт харагдах хэсэг болон онцгой цэгүүдийн илэрц сайтай хэсэгт 3н хэмжээст мэдээлэл сайн сэргээгдсэн байгааг жишээ болгон тус зурагт цэнхэр тойрог болон улаан тэгш өнцөгтөд тэмдэглэн харуулав.

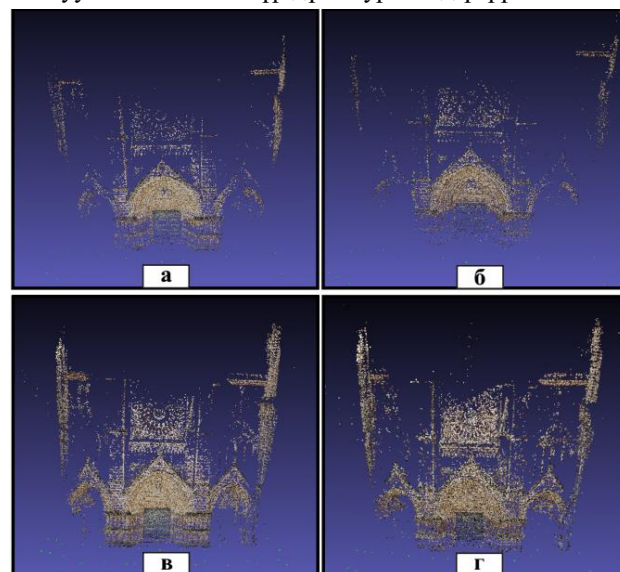
Зураг 5-ийн 'а'-д гадна орчинд байшингийн урдаас 12 өөр байрлалд авсан зургуудыг ашиглан 3н хэмжээст мэдээллийг сэргээсэн үр дүнг камерын байршлуудын хамт үзүүлэв. Тус зургийн 'б' болон 'в'-д камерын 5 дугаар байрлалаас авсан зураг болон түүнд харгалзах 3н хэмжээст мэдээллийг харуулав. Түүнчлэн мөн зургийн 'г'-д камерын байрлалуудад харгалзах камерын зургийг дугаарын хамт үзүүлэв.



Зураг 5. 'Sceaux Castle' музейн байшингийн 3н хэмжээст загварыг 12 өөр байрлалын зургуудаас ерөнхий SfM арга ашиглан сэргээсэн туршилтын үр дүн.

Энэ туршилтад ашигласан зургуудыг барилгын сүүдэр талаас авсан нь SfM болон онцгой цэг ирлүүлэх аргууд нь гэрлийн эх үүсвэрээс хамааралгүй ажиллах боломжтойг илтгэж байна.

'Poitiers Cathedral' сүмийн барилгын 3н хэмжээст загварыг Ерөнхий болон Дараалсан SfM аргуудыг онцгой цэг илрүүлэх SIFT болон AKAZE аргуудтай хослуулан ашигласан үр дүнг Зураг 6-д үзүүлэв.



Зураг 6. а) SIFT болон б) AKAZE аргаар илрүүлсэн онцгой цэгүүдийн 3н хэмжээст байрлалыг Ерөнхий SfM аргаар, в) SIFT болон г) AKAZE аргаар илрүүлсэн онцгой цэгүүдийн 3н хэмжээст байрлалыг Дараалсан SfM аргаар тус тус сэргээсэн туршилтын үр дүнгүүд.

Зураг 6-н 'а'-д зургийн онцгой цэгүүдийн SIFT аргаар илрүүлж, Ерөнхий SfM аргаар нийт '62592' цэгийн координатыг сэргээсэн үр дүнг харуулав. Харин тус зургийн 'б'-д онцгой цэгүүдийг AKAZE аргаар илрүүлж, өмнөхийн адил Ерөнхий SfM аргаар 3н хэмжээст цэгэн өгөгдлийг сэргээснийг үзүүлэв. Энд нийт '92646' цэгийн координатыг амжилттай сэргээсэн. Зураг 6-н 'в'-д SIFT болон Дараалсан SfM арга ашиглан нийт '142487' цэгийн координатыг, зургийн 'г'-д AKAZE болон Дараалсан SfM арга

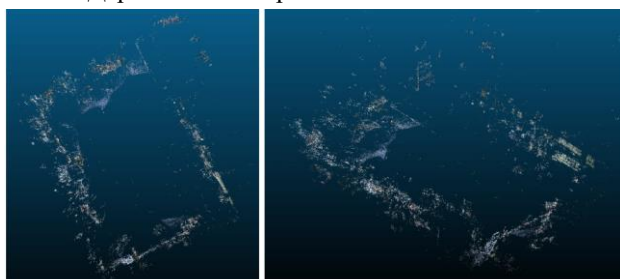
ашиглан '209082' цэгийн 3н хэмжээст координатыг амжилттай сэргээсэн үр дүнг харуулав.

Хүснэгт 1-д Зураг 5, 6 болон 7-д үзүүлсэн туршилтын үр дүн, түүнд ашиглагдсан кадруудын тоо болон аль аль хослолд хэдэн цэгийн 3н хэмжээст координатыг амжилттай сэргээснийг үзүүлэв.

ХҮСНЭГТ 1
АРГА ТУС БҮРЭЭР ИЛЭРСЭН ЦЭГЭН ӨГӨГДЛИЙН ТОО

Нэр	Кадр	Ерөнхий SfM		Дараалсан SfM	
		SIFT	AKAZE	SIFT	AKAZE
Sceaux	12	3K	6K	5K	10K
Politiers	33	63K	142K	93K	209K
Кимура лаб	104	×	×	28K	44K

Өмнө хэлсэнчлэн Ерөнхий SfM арга нь бүх кадрт орсон цэгийн мэдээллийг сэргээх боломжтой учраас Зураг 7-д үзүүлсэн Кимура лабораторийн хувьд зөвхөн Дараалсан SfM аргыг ашиглах боломжтой юм.



Зураг 6. Ивате сургуулийн Инженерийн факультет, Кимура лабораторийн 3н хэмжээст загварыг Дараалсан SfM аргаар сэргээсэн туршилтын үр дүн.

Өмнө хэлсэнчлэн Ерөнхий SfM арга нь бүх кадрт орсон цэгийн мэдээллийг сэргээх боломжтой учраас Зураг 7-д үзүүлсэн Кимура лабораторийн хувьд зөвхөн Дараалсан SfM аргыг ашиглах боломжтой юм.

III. ДҮГНЭЛТ

Тус судалгааны ажлаар тоон камерын өөр өөр байрлалаас авсан зураг ашиглан гурван хэмжээст цэгэн өгөгдөл сэргээх SfM аргын үндсэн техникийг судалж уг аргын үндсэн цөм болох эпиполяр-геометрийн техникийн математик загварчлалыг сийрүүлэн ашиглав. Мөн Ерөнхий болон Дараалсан SfM аргуудыг кадр дээрх онцгой цэгүүдийг илрүүлэх SIFT болон AKAZE аргуудтай хослуулан хэрэглэж үр дүнгүүдийг харьцуулсан.

Энэ судалгааны хүрээнд SfM ашиглан сэргээсэн 3н хэмжээст цэгэн өгөгдлийг бодит 3н хэмжээст загвартай харьцуулан хэмжилтийн алдааг үнэлэх нь цаашдын судалгааны чиглэл юм. Түүнчлэн энд сэргээсэн 3н хэмжээст цэгэн өгөгдөл нь сийрэг буюу объектын цулгүй гадаргуугийн хэсгийн мэдээллийг сэргээгээгүй бөгөөд энэ асуудлыг шийдвэрлэсэн олон төрлийн техник байдгийг цаашид судлах болно.

REFERENCES

- [1] Theo Moons, Luc Van Gool, and Maarten Vergauwen, "3D Reconstruction from Multiple Images", Computer Graphics and Vision, Vol. 4, No. 4 (2008) 287–398, 2009.
- [2] Simon Fuhrmann, Fabian Langguth and Michael Goesele, "MVE-A Multi-View Reconstruction Environment", EUROGRAPHICS Workshops on Graphics and Cultural Heritage (2014),
- [3] Yilmaz, O. and Karakus, F., "Stereo and Kinect fusion for continuous 3D reconstruction and visual odometry", Electronics, Computer and Computation (ICECCO), 2013 International Conference on. pp. 115–118. 2013.
- [4] R. Hartley and A. Zisserman, "Multiple View Geometry in Computer Vision", Cambridge University Press, 2004.
- [5] David G.Lowe, "Distinctive Image Features from Scale-Invariant Keypoints," International Journal of Computer Vision. 60, pp. 91–100, 2004.
- [6] Oskar Andersson, "A comparison of object detection algorithms using unmanipulated testing images," Stockholm Sverige 2016.
- [7] Hartley, R.I., "Estimation of relative camera positions for uncalibrated cameras", In Computer Vision—ECCV'92. pp. 579–587. 1992.
- [8] D.P. Robertson and R. Cipolla, "Practical Image Processing and Computer Vision, chapter Structure from Motion", John Wiley, 2009.

Нугалах болон дундаж дүрслэлийн аргаар кластерын тоог тооцон мэдлэг үүсгэх

Ц. Жавзмаа*, Л. Ажнай†

* АШУУИС, Ерөнхий Эрдмийн Тэнхим, доктор (Ph.D)

† АШУУИС, Ерөнхий Эрдмийн Тэнхим, доктор (Ph.D), профессор

*javzmaa.ts@mnums.edu.mn

Хураангуй: Кластер шинжилгээний хуваалтын аргыг олон янзаар үнэлдэг. Түүний нэг нь кластерын тоог оновчтой тодорхойлох юм. Кластерын тоог зөв тодорхойлох нь кластер шинжилгээг зөв чиглүүлэн үнэн зөв, бодитой чухал мэдлэг үүсгэдэг. Өмнөх судалгааны ажлаар 2009-2015 оны Ус цаг уур орчны болон Эрүүл мэндийн хөгжлийн төвийн цаг агаар, зүрх судасны өвчлөлийн өгөгдлийг ашиглан хооронд нь холбон мэдээллийн сан байгуулан, Н коэффициентээр үнэлж, кластер шинжилгээний хуваалтын аргуудаар кластерын тоог шууд 3 гэж үзэн кластерууд байгуулсан. Энэхүү судалгааны ажлаар кластер шинжилгээг гүйцэтгэхээс өмнө кластерын тоог тодорхойлох нугалах (elbow method) болон дундаж дүрслэлийн (average silhouette method) аргуудаар кластерын тоо оновчтой байх үеийн тохиолдлуудыг тооцоолсон. Хуваалтын аргыг ашиглан оновчтой тохиолдлуудаар кластерууд үүсгэн, үүссэн кластеруудыг дүрслэлийн коэффициентээр үнэлсэн. Кластерын тоо 3 үеийн кластерын бүтэц тохиромжтой харагдаж байгаа тул түүнийг үр дүнг чухал ач холбогдолтой мэдлэг болгон дүрслэн илэрхийлсэн.

Түлхүүр үг: кластерын тоо, мэдлэг

I. ОРШИЛ

Олон улсад хүн амын эрүүл мэндийг дэмжих, өвчнөөс урьдчилан сэргийлэхийн тулд эрүүл мэндийн салбарт мэдээллийн технологийн сүүлийн үеийн олон аргуудыг ашиглаж байна. Түүний нэг нь их хэмжээний өгөгдөл (Big data) боловсруулах өгөгдөл тандалтын арга юм (Data mining). Энэ судалгааны ажилд цаг агаарын зарим физик хүчин зүйлс, зүрх судасны тогтолцооны өвчлөлийн хоорондын хамаарлыг өгөгдлийн тандалтын үндсэн аргаар тооцоолон, үр дүнг харуулсан. Өгөгдлийн тандалтын олон арга байдаг бөгөөд түүний нэг нь кластер шинжилгээний хуваалтын арга билээ. Бид өмнөх судалгааны ажлуудаар кластерын тоог шууд 3 гэж авч үзсэн. Энэ судалгааны ажилд кластерын тоог тодорхойлох нугалах, дундаж дүрслэлийн аргаар кластерын тоог тооцоолж, үнэн, зөв кластерууд үүсгэсэн.

II. СУДАЛГААНЫ АРГА ЗҮЙ

A. Өгөгдлийн тандалт

Өгөгдлийн тандалтыг боловсруулах олон алхмууд байдаг [1]:

- Их хэмжээний түүхий өгөгдлөөс тодорхой зорилго бүхий өгөгдлийг сонгох
- Зорилго бүхий өгөгдлийг цэвэрлэх, нэгтгэх, сонгох зэрэг урьдчилсан боловсруулалтын аргаар цэгцлэх

- Өгөгдлийн тандалтын аргаар шинэ загвар боловсруулах
- Олсон шинэ загварыг үнэлэх
- Загвар үнэлэгдвэл шинэ мэдлэг болгон дүрслэн илэрхийлэх

Өгөгдлийн тандалтын тайлбарлах, таамаглахад кластер шинжилгээний дараах аргуудыг авч үздэг:

- Хуваалтын арга (Partitioning Methods)
- Шаталсан арга (Hierarchical Methods)
- Нягтралд үндэслэсэн арга (Density-Based Methods)
- Сүлжээ, торонд үндэслэсэн арга (Grid based)

Цаг агаар ба өвчлөлийн өгөгдлийн хоорондын хамаарлыг илэрхийлэхийн тулд кластер шинжилгээний хуваалтын k-means (k-дундаж), k-medoids аргуудыг ашигласан.

1) Кластер шинжилгээг үнэлэх

Хуваалтын аргуудаар кластерууд үүсгэсний дараа, мөн үүсгэхээс өмнө кластер шинжилгээний үнэлгээний аргуудаар тэдгээрийг үнэлдэг. Кластер шинжилгээг үнэлэх олон аргууд байдаг [1]:

a) Кластерын чиг хандлага, төлөвийг үнэлэх (Assessing clustering tendency)

Кластерын чиг хандлагын үнэлгээ нь өгөгдлийн багцын зүй тогтолтой (non random) эсэхийг үнэлдэг. Багц зүй тогтолгүй үед кластер шинжилгээний алгоритмаар статистик ач холбогдолгүй кластер үүсэх магадлалтай гэж үздэг. Иймд багц нь зүй тогтолтой байх ёстой бөгөөд түүнийг Hopkins Statistic шалгуураар (коэффициент) үнэлдэг (H). Кластер шинжилгээг гүйцэтгэхээс өмнө түүнд ашиглагдах багцыг H шалгуураар үнэлдэг. H шалгуураар багц үнэлэгдвэл кластер шинжилгээний аргуудыг ашиглах боломжтой гэсэн үг [1]:

$$H = \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{\sum_{i=1}^n x_i + \sum_{i=1}^n y_i} \quad (1)$$

b) Дүрслэлийн коэффициент

Дүрсийн коэффициентээр (silhouette coefficient) үүссэн кластерыг үнэлсэн [1]:

$$s(o) = \frac{b(o) - a(o)}{\max\{a(o), b(o)\}} \quad (2)$$

Дүрсийн коэффициент $-1 < s(o) < 1$ хооронд байна

c) Хязгаарын индексийн арга

Кластер шинжилгээний аргыг үнэлэх хязгаарын индексийн арга (Rand index - RI) нь багцын объектуудыг кластеруудад, тодорхой ангиллаар ижил төстэй шинжээр нь хувааж байрлуулдаг. Багцын объектууд кластеруудад хамгийн сайн хуваагдаж байрласан нь өндөр хувьтай байх

бөгөөд математикт үүнийг үнэн зөв байдал (accuracy) гэж нэрлэнэ. RI индексийг тооцохдоо a, b, c, d хос объектыг бодон (2) томъёогоор тооцоолно. RI нь 0-1 завсарт байх ба 1 үед объектууд кластеруудад маш сайн хуваагдсан гэж үзнэ [2-4].

$$RI = \frac{a+d}{a+b+c+d} \quad (2)$$

d) Нугалах арга:

Кластерын тоог оновчтой тодорхойлох нь үнэн зөв кластер үүсгэхэд нөлөөлдөг. Кластерын тоог тооцох нугалах арга нь кластер дахь объектуудын квадратуудын нийлбэрийг хамгийн бага байлгахад үндэслэдэг (within-cluster sum of square - WSS). WSS нь үүссэн кластерын нягтрал сайтай байдлыг харуулдаг бөгөөд нэлээд бага байх шаардлагатай [5].

$$SSE = \sum_{i=1}^k \sum_{p \in C_i} \text{dist}(p, c_i)^2 \quad (3)$$

WSS аргын алгоритмыг дор тайлбарлав:

- Кластерын тоо янз бүрийн тохиолдолд кластер байгуулна.
- Тохиолдол бүрт WSS тооцоолно.
- Тохиолдол бүрт тооцоолсон WSS-р график байгуулна.
- График дахь тахийлт, бөхийлтийн байрлалыг кластерын оновчтой тоог тодорхойлох үзүүлтээр авна.
- Дундаж дүрслэлийн арга (Average silhouette method)

e) Дундаж дүрслэлийн арга (Average silhouette method)

Энэ нь кластерын чанарыг хэмждэг. Дундаж дүрслэл өндөр үед кластерт сайн хуваагдсан байна. Нугалах аргатай адил кластерын тоо янз бүрийн тохиолдолд дундаж дүрслэлийг бодон график байгуулна. Хамгийн өндөр утгыг кластерын оновчтой тоо k гэж авч үзнэ. Кластерт хуваагдсаны дараа кластерын үр дүнг дүрслэлийн коэффициентээр үнэлдэг [5]:

Хүснэгт 1. Дүрслэлийн коэффициент утгаас хамааран кластерыг тайлбарлах

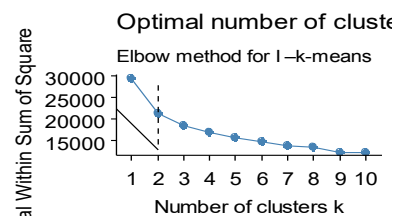
s(o)	Тайлбар
0.71-1.0	Хүчтэй бүтэц олдсон
0.51-0.70	Боломжтой, зохистой бүтэц олдсон
0.26-0.50	Олдсон бүтэц сул
< 0.25	Тохиромжгүй, бодит биш бүтэц

Дүрсийномжгүй, бодит биш $s(o) < 1$ хооронд байна [2, 11].

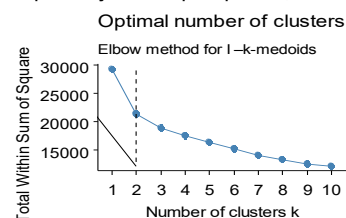
III. ХЭРЭГЖҮҮЛЭЛТ

2009-2015 оны Ус цаг уур орчны цаг агаар болон Эрүүл мэндийн хөгжлийн төвийн, өвчний олон улсын 10-р ангиллын дагуу зүрх судасны тогтолцооны өвчлөлийн өгөгдлийг ашиглан хоорондын харилцан хамаарлыг тогтоон цаг агаар өвчлөлийн нэгдсэн мэдээллийн сан, багц байгуулсан [6, 7]. Нэгдсэн мэдээллийн сангаас зүрх судасны тогтолцооны өвчлөл I дэд багцыг ашигласан. Кластер шинжилгээг хийхээс өмнө тус багцыг Н

шалгуураар үнэлсэн. Н шалгуурыг тооцох R программын `hopkins(data, n)` функцийг тусламжтай багцыг үнэлэхэд 0.1 гарсан нь багц зүй тогтолтой бөгөөд статистик ач холбогдолтой кластер үүсгэх магадлалтай гэж үзсэн [8, 9]. Нугалах, дундаж дүрслэлийн аргаар хуваалтын аргуудын хувьд кластерын тоо оновчтой байх тохиолдлуудыг тооцоолсон [10]. Зураг1-2-д k-means болон k-medoids аргуудын нугалах аргаар тооцсон кластерын тоогоор байгуулсан графикуудыг харуулав.

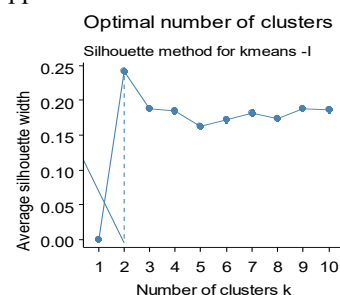


Зураг 1. k-means аргын нугалах аргаар тооцсон кластерын тоо

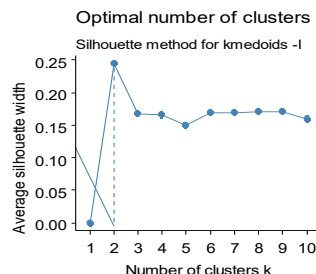


Зураг 2. k-medoids аргын нугалах аргаар тооцсон кластерын тоо

Зураг3-4-д k-means болон k-medoids аргуудын дундаж дүрслэлийн аргаар тооцсон кластерын тоогоор байгуулсан графикуудыг үзүүлэв.



Зураг 3. k-means аргын хувьд дундаж дүрслэлийн аргаар тооцсон кластерын тоо



Зураг 4. k-medoids аргын хувьд дундаж дүрслэлийн аргаар тооцсон кластерын тоо

Зураг3-4-д байгуулсан графикыг харахад дундаж дүрслэлийн аргаар тооцоолсон кластерын оновчтой тоо 2

байна. Харин нугалах аргаар байгуулсан графикт кластерын тоо 2-5 байх үед кластер дахь объектуудын квадратуудын нийлбэр бага, тахийлттай харагдаж байна (Зураг 1-2). Иймд I дэд мэдээллийн санг ашиглан кластерын тоо 2-5 тохиолдол тус бүрээр хуваалтын аргуудаар кластерууд байгуулан, кластер тус бүрийн rand index, дүрслэлийн коэффициентыг тооцон үр дүнг хүснэгт2-д харуулав:

Хүснэгт 2. Кластерын тоо 2-5 үеийн хуваалтын аргын rand index, дүрслэлийн коэффициент

k-means			k-medoids		
K=2, S(i)=0.63, RI =0.51			K=28, S(i)=0.5, RI =0.75		
k	size	av.sil.width	k	size	av.sil.width
1	1638	0.56	1	1329	0.6
2	802	0.47	2	1111	0.38
K=3, S(i)=0.52, RI =0.57			K=3, S(i)=0.52, RI =0.78		
k	size	av.sil.width	k	size	av.sil.width
1	1123	0.46	1	752	0.69
2	505	0.45	2	1093	0.48
3	812	0.65	3	595	0.4
K=4, S(i)=0.5, RI =0.51			K=4, S(i)=0.46, RI =0.86		
k	size	av.sil.width	k	size	av.sil.width
1	1004	0.44	1	720	0.67
2	490	0.4	2	801	0.42
3	753	0.67	3	533	0.35
4	193	0.36	4	386	0.32
K=5, S(i)=0.44 RI =0.52			K=5, S(i)=0.44, RI =0.88		
k	size	av.sil.width	k	size	av.sil.width
1	532	0.31	1	702	0.66
2	376	0.38	2	682	0.38
3	677	0.39	3	541	0.31
4	142	0.3	4	355	0.4
5	713	0.65	5	160	0.28

IV. ҮР ДҮН:

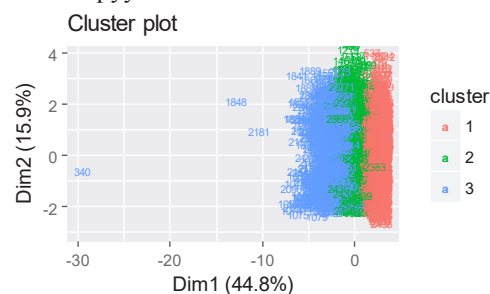
Хүснэгт2-с харахад k=3 үеийн k-medoids аргын rand index-н утга 0.2 нэмэгдсэн байна. Кластерын тоо 5 үед rand index-н утга өндөр гарч байгаа боловч дүрслэл коэффициентын үр дүн бага байна. Кластерын тоо 3 үеийн кластерын бүтэц тохиромжтой харагдаж байгаа (Хүснэгт2) учраас түүнийг үр дүнг чухал ач холбогдолтой мэдлэг болгон дүрслэн илэрхийллээ (Хүснэгт3).

Хүснэгт 3. Кластерын тоо 3 байх үеийн дүрслэлийн объектын үр дүн

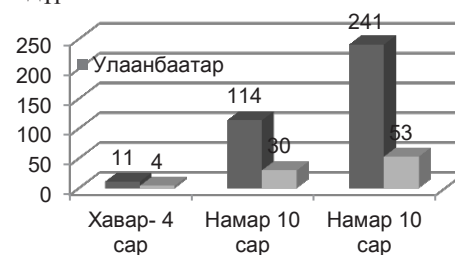
Улирал	t, °C	r, %	v, м/с	Δt, °C	Δp, мб	УБ
Хавар 4	0	57	4.4	5	2	11
Намар 10	2	53	1.5	1	0	114
Намар 10	0	62	2.3	2	2	241

Улирал	УБ 30-50	УБ-50-с ээш	БЗД	БЗД 30-50	БЗД 50-с дээш насны
Хавар 4	2	9	4	2	2
Намар 10	31	71	30	6	22
Намар 10	61	161	53	11	39

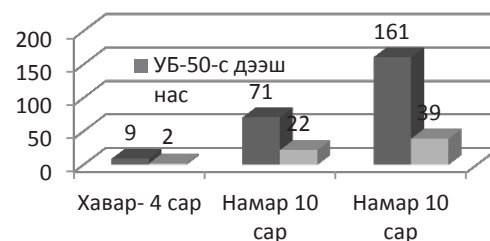
Зураг5-д кластерын тоо 3 байх тохиолдлоор I мэдээллийн сангийн объектуудыг кластерт хувааж график байгуулсныг харуулав.



Зураг 5. Кластерын тоо 3 байх үеийн кластерт хуваагдсан хэлбэр
Зураг 6-7-д кластерын тоо 3 байх үеийн гурван дүрслэлийн объектын үр дүн чухал ач холбогдолтой мэдлэгийг дүрслэв.



Зураг 6. Улаанбаатар хот, Баянзүрх дүүргийн зүрх судасны өвчлөл



Зураг 7. Улаанбаатар хот, Баянзүрх дүүргийн 50-с дээш насныхны зүрх судасны өвчлөл

V. ДҮГНЭЛТ

- ✓ Дундаж дүрслэлийн аргаар тооцоолсон оновчтой кластерын тоо хэт бага байсан. Нугалах аргыг ашиглан кластерын тоо янз бүрийн тохиолдолд график байгуулж харахад тахийлт үүссэн байрлал нь кластерын тоо 2-5 үед тохиромжтой тохиолдол байсан. Ингээд хуваалтын аргуудыг ашиглан тохиромжтой тохиолдол бүрээр кластерууд байгуулсан.
- ✓ Өмнөхтохиромжтой тохиолдол байсан. Ингээд хуваалтын аргуудыг ашиглан тохиромжтой тохиолдол

бүрээр krand index аргаар үнэлэхэд үнэн зөв байдал 0.52-0.57 хооронд байсан. Харин кластерын тоог тооцох аргуудаар кластерын оновчтой тохиолдлуудыг тооцон кластерууд байгуулан rand index аргаар үнэлэхэд үнэн зөв байдал k-means аргаар 0.6-0.84, k-medoids аргаар 0.78-0.88 буюу арга тус бүрийн хувьд 0.2-0.3 хооронд нэмэгдсэн байна. Энэ нь байгуулсан кластерууд нь илүү үнэлэгдэж байгаа, үүссэн мэдлэг нь үнэн, бодитой гэж үзэж байна.

- ✓ Үүссэн мэдлэгийн үр дүнг тайлбарлахад намрын улиралд чийг 62%, салхины хурд 2.3м/сек, хоногийн температурын өөрчлөлт 2°C, даралтын өөрчлөлт 2мб-р хэлбэлзэхэд зүрх судасны тогтолцооны нийт өвчлөл I Улаанбаатар хотод 114-241, Баянзүрх дүүрэгт 30-53 тохиолдолтой байна. 50-с дээш насныхны хувьд Улаанбаатар хотод 71-161, Баянзүрх дүүрэгт 22-39 байна.
- ✓ Намар, хаврын улирлаас илүү цаг агаараас дундаж хамааралтайгаар зүрх судасны өвчлөл 50-с дээш насныханд хамгийн их, дараа нь 30-50 насныханд ихсэх магадлалтай байна.
- ✓ Тооцооллоос харахад зүрх судасны өвчлөл цаг агаараас дундаж хамааралтайгаар ихэссэн байна. Энэ нь өвчлөлд өөр хүчин зүйл нөлөөлсөн гэсэн үг. Иймд энэхүү аргаар ямар ч төрлийн өвчлөлийг ус, агаар, хоол, хөрсний бохирдол гэх мэт төрөл бүрийн хүчин зүйлтэй холбон судалж, тайлбарлаж болно.

VI. АШИГЛАСАН МАТЕРИАЛ

- [1] J. Han, J. Pei, M. Kamber, *Data mining: concepts and techniques*. Elsevier, 2011.
- [2] J. Santos, M. Embrechts, "On the use of the adjusted rand index as a metric for evaluating supervised classification," *Artificial neural networks-ICANN 2009*, pp. 175-184, 2009.
- [3] Z. Ansari, M. Azeem, W. Ahmed, A. V. Babu, "Quantitative evaluation of performance and validity indices for clustering the web navigational sessions," *arXiv preprint arXiv:1507.03340*, 2015.
- [4] D. Steinley, "Properties of the Hubert-Arabable Adjusted Rand Index," *Psychological methods*, vol. 9, no. 3, p. 386, 2004.
- [5] *Determining the number of clusters in a data set*. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Determining_the_number_of_clusters_in_a_data_set.
- [6] J. Tsend, B.-E. Oyunbileg, A. Luvsan, S. Battulga, "Results of Simulation Program for Pathological Index relating the Climate Factors," *American Journal of Networks and Communications*, vol. 5, no. 1-1, pp. 10-13, 2016.
- [7] Ts.Javzmaa, O.Bat-Enkh, L.Ajnai, "Results of Simulation Program for Pathological Index relating the Climate Factors," presented at the Thomson Reuter conference - 2015 International Conference on Computer Science and Information Engineering, ISBN- 978-1-60595-255-0, Bangkok, Thailand, 2015/6/28.
- [8] T. Javzmaa, O. Bat-Enkh, L. Ajnai, "Comparative Analysis of Partitioning Clustering Algorithms of Non-communicable Disease Prevalence in some district of Ulaanbaatar," in *Mongolian Information Technology 2017*, UB, 2017.05, vol. 2017: MUST, SICT.
- [9] Ц. Жавзмаа, "Монгол улс дахь халдварт бус өвчлөлийн тархалтыг өгөгдөл тандалтын зарим аргаар боловсруулах нь," doctor (Ph.D), ШУТИС, МХТС, 2017.
- [10] Ц. Жавзмаа, Л. Ажнай, "Нугалах аргаар кластерын тоог оновчтой тодорхойлон чухал ач холбогдолтой мэдлэг үүсгэх," in *БиоФизик, БиоИнформатикийн үндэсний эрдэм шинжилгээний II бага хурал*, УБ, 2017, vol. 2, pp. 71-73: МУИС.

Хиймэл оюун ухаан ММТ 2018

Тооцооллын хүнд бодлогыг биоалгоритмаар шийдэх

Ганбаатарын Ганбат*, Алтангэрэлийн Хүдэр†, Ишдоржийн Цэрэн-Онолт‡

Компьютерийн Ухааны Салбар

Мэдээлэл Холбооны Технологийн Сургууль

Шинжлэх Ухаан Технологийн Их Сургууль

*ganbat.gan@gmail.com, †khuder@must.edu.mn, ‡tseren-onolt@must.edu.mn

Хураангуй—Био-үүсэлтэй тооцоолох төхөөрөмжийн судалгаанд нэгэн шинэ чиглэл буюу биомолекул хоорондын ген угсралтад суурилсан хийсвэр тооцоолох төхөөрөмжийн зохиомжийг Л.Кари нар ([6]) анх танилцуулж, уг төхөөрөмжийн тооцоолох хүчин чадлыг Тьюрингийн машинтай харьцуулан судалсан байдаг. Тус төхөөрөмжөөр тооцооллын хүнд бодлогыг хугацааны хүндрэлийн хувьд боломжит хугацаанд шийдэж болохыг [7]-д үзүүлсэн. Энэхүү өгүүлэлд уг тооцоолох төхөөрөмж буюу зааварчлагатай ген эвлүүлгээр тооцооллын нэгэн хүнд бодлого болох Хамилтоны замын бодлогыг $O(n \cdot m)$ ерөнхий тохиолдолд олон гишүүнт буюу зохимжтой хугацаанд шийдсэнээ толилуулж байна.

Түлхүүр үгс—Чиглүүлэгдсэн рекомбинацийн систем, Хамилтоны замын бодлого, NP-Complete, DNA computing

I. Оршил

Байгалиас-үүсэлтэй тооцоолол (Nature-inspired computing/Natural computing) нь компьютерийн шинжлэх ухааны судалгааны нэгэн чухал салбар бөгөөд уг салбарын нэгэн чиглэл болох био-үүсэлтэй тооцоолол (bio-inspired computing) сүүлийн хорь гаруй жил эрчимтэй хөгжиж байна. Учир нь электрон компьютерийн хөгжил физик хязгаартаа тулж цаашид Мурийн хууль үйлчлэх боломжгүй болж буй нь дараагийн үеийн компьютерийн технологийн эрэл хайгуул хийхэд хүрсэнтэй холбоотой юм. АНУ-ын Калифорны их сургуулийн профессор Леонерд Аделман 1994 онд тооцооллын хүнд бодлого (электрон компьютерээр шийдэх хугацаа $O(2^n)$) болох Хамилтоны замын асуудлыг биологийн ДНХ молекулд

кодчилон лабораторийн аргаар хэдхэн секундэд шийдэж харуулсан [1] нь биомолекулд суурилсан тооцоолох төхөөрөмж бүтээх судалгааг эхлүүлсэн [2], [9]. Биомолекулан тооцооллын судалгааны хүрээнд нэг эст амьтан Силэйтийн үржлийн явцад жижиг бөөм том бөөмд шилжих үеийн генийн хувирал нь маш энгийн цөөн төрлийн үйлдэлтэй боловч математик, тооцооллын үүднээс судлахад маш сонирхолтой үр дүнг үзүүлж байгааг эрдэмтэд сонирхон судалжээ [3], [4]. Тухайлбал Л.Кари нар [6] силэйтийн генийн өөрөө угсрагдах үйл явцад суурилсан хийсвэр тооцоолох төхөөрөмжийн загвар боловсруулж тооцоолох хүчин чадлыг нь онолын компьютерийн ухааны үүднээс судлан Тьюрингийн машинтай эквивалент болохыг баталсан. Тус тооцоолох төхөөрөмжийг тооцооллын хүндрэлийн (computational complexity) үүднээс судлан хүнд SAT бодлогыг зохимжтой хугацаанд шийдэх алгоритмыг И.Цэрэн-Онолт нар 2007 онд хэвлүүлсэн [7] өгүүлэлдээ харуулсан. Энэхүү өгүүлэлд Л.Кари нарын генийн чиглүүлэгдсэн рекомбинац системээр тооцооллын хүнд бодлогуудыг зохимжтой хугацаанд (feasible time complexity) шийдэх судалгааны хүрээнд Хамилтоны замын бодлогыг (HPP-Hamilton Path Problem) бодох параллель алгоритмыг танилцуулж байна. Тус алгоритмаар уг асуудлыг шийдэхэд $O(m \cdot n)$ хугацаа шаардагдна. Дараах дэд хэсгүүдэд формаль хэл [10], ген зүсэлт (splicing) [5], ген угсралт (gene assembly) [3], тооцооллын хүндрэлийн онолын [8] нэр томъёог товч тайлбарлана.

А. Формаль хэлний элемент

Цагаан толгой гэдэг нь тэмдэгтүүдийн төгсгөлөг олонлогийг хэлнэ. Σ цагаан толгой дээрх үг гэдэг нь Σ цагаан толгойн үсгүүдээс тогтох төгсгөлөг дараалал юм. Хоосон үгийг λ үсгээр тэмдэглэнэ. Σ цагаан толгой дээрх бүх үгийн олонлогийг Σ^* гэж тэмдэглэнэ. Σ цагаан толгой дээрх хоосон биш үгийн олонлогийг Σ^+ гэж тэмдэглэнэ. x үгийн уртыг $|x|$ гэж тэмдэглэх ба энэ нь x дэх тэмдэгтийн тоо юм. Хоосон үгийн урт 0 байна. Хэрэв $\alpha, \beta \in \Sigma^*$ ба $x = \alpha\beta$ бол y -ийг x -ийн дэд үг гэх бөгөөд $y \leq x$ гэж бичнэ.

Ямар нэг x, y үгийн хувьд Σ дээр тодорхойлогдсон u, v цагираг үг гэж хоорондоо тэнцүү бөгөөд $u = xy, v = yx$ байх үгсийг хэлнэ. u, v -ийг хосмог гэнэ. $w \in \Sigma^*$ бүх үгсийн хувьд $\bullet w$ гэдэг нь энэ харьцааны хувьд w -ийн эквивалент класс болно. Σ дээрх бүх цагираг үгийн олонлогийг $\Sigma^\bullet$ гэнэ.

Төгсгөлөг V олонлог дээрх мультисет гэж $M : V \rightarrow N$ буулгалтыг хэлнэ. Энд N нь натурал тоонуудын олонлог. $a \in V$ байх үг бүрийн хувьд давтагдах тоог нь $M(a)$ гэж тэмдэглэнэ. V мультисетийн суурь гэж $\text{supp}(M) = \{a \in V | M(a) > 0\}$ олонлогийг хэлнэ.

Залгах схем гэж $P = (\Sigma, \sim)$ хосыг хэлнэ. Энд Σ нь цагаан толгой, $\sim$ нь схемийн хоёртын харьцаа бөгөөд $\Sigma^*\Sigma\Sigma^* \times \Sigma^*\Sigma\Sigma^*$ дээр тодорхойлогдоно. x, y хоёр тэмдэгт мөр ба хоёр ширхэг гурвалсан үгтэн дээр тодорхойлогдосон $x = x'\alpha p\beta x''$ ба $y = y'\alpha'p\beta'y''$ нөхцлийг хангах $(\alpha, p, \beta) \sim (\alpha', p, \beta')$ хоёртын харьцаа өгөгдсөн гэж үзье. Тэгвэл дээрх орчинд хийгдэх рекомбинацийн үр дүнд гарах тэмдэгт мөрүүд нь $z_1 = x'\alpha p\beta'y''$ ба $z_2 = y'\alpha'p\beta x''$ байна.

В. Чиглүүлэгдсэн рекомбинацийн систем

$P = (\Sigma, \sim)$ нь залгалтын схем байг. Тэгвэл молекулын дотоод орчны рекомбинацийг дараах байдлаар тодорхойлно.

$$\begin{aligned} (del_p) \quad & \{x\} \Rightarrow_{del_p} \{y, z\}, \text{ энд} \\ & p \in \Sigma, x = upwrv, y = upv, z = \bullet wp, \\ & u = u'\alpha, w = \beta w' = w''\alpha', v = \beta'v', \text{ ба} \\ & (\alpha, p, \beta) \sim (\alpha', p, \beta'). \end{aligned}$$

Мөн $(\alpha, p, \beta) \sim (\alpha', p, \beta')$ бол молекул хоорондын орчны рекомбинацийг дараах байдлаар тодорхойл-

но.

$$\begin{aligned} (ins_p) \quad & \{x, y\} \Rightarrow_{ins_p} \{z\}, \text{ энд} \\ & p \in \Sigma, x = upv, y = \bullet wp, z = upwrv, \\ & u = u'\alpha, v = \beta v', w = w'\alpha' = \beta'w'', \text{ ба} \\ & (\alpha, p, \beta) \sim (\alpha', p, \beta'). \end{aligned}$$

upv шугаман хэлхээс болон $\bullet wp$ цагирган хэлхээс хоёрын хооронд молекул хоорондын рекомбинаци хийгдэх нөхцөл нь p -ийн хоёр талд шугаман хэлхээс дээр α, β , цагираг хэлхээс дээр α', β' байх явдал юм.

Чиглүүлэгдсэн рекомбинацийн систем R нь өгөгдсөн шугаман болон цагираг хэлхээсүүдийн мультисетээс дараах байдлаар шинэ мультисетийг гаргаж авах үүсгэлтийн харьцааг тодорхойлно. Тэмдэгт мөр бүрээс тодорхой тоогоор авч үүсгэсэн "цуглуулга"(мультисет)-аас эхлэн дараагийн мультисетийг эхнийхээс үүсгэхдээ байгаа тэмдэгт мөрүүдийн хооронд молекулын дотоод болон молекул хоорондын рекомбинацийг ашиглана. Рекомбинацид оролцож байгаа хэлхээсүүд "алга болох"(давтагдах тоог нэгээр багасгана) ба уг рекомбинацийн үр дүнг мультисетрүү нэмнэ(давтагдах тоог нэгээр нэмнэ).

$\Sigma^* \cup \Sigma^\bullet$ дээрх S, S' хоёр мультисетийн хувьд S' нь S -ээс үүснэ гээд $S \Rightarrow_R S'$ гэж тэмдэглэх зайлшгүй бөгөөд хүрэлцээтэй нөхцөл нь доорх хоёр тохиолдлын аль нэг нь биелэх явдал юм.

(del_p) доорх нөхцлийг хангах $x = upwrv \in S, y = upv, z = \bullet pw \in S'$ оршин байна.

$$S' = (S \setminus \{x\}) \cup \{y, z\} \text{ ба } \{x\} \Rightarrow_{del_p} \{y, z\}.$$

(ins_p) доорх нөхцлийг хангах $y = upv \in S, z = \bullet pw \in S, x = upwrv \in S'$ оршин байна.

$$S' = (S \setminus \{y, z\}) \cup \{x\} \text{ ба } \{y, z\} \Rightarrow_{ins_p} \{x\}.$$

Анхны болон завсрын хэлхээсүүдийн хооронд олон удаагийн рекомбинацийн үйлдлийг хийсний үр дүнд аксиомыг үүсгэх ба тэдгээр хэлхээс нь чиглүүлэгдсэн рекомбинацийн системийн хэлийг үүсгэнэ.

$$L^k(R) = \{w \in \Sigma^* | \{(w, k)\} \Rightarrow_R^* t, \text{ энд } t \in T\}.$$

(w, k) гэдэг нь w үг k удаа давтагдана гэсэн үг юм.

Чиглүүлэгдсэн рекомбинацийн системийг Тьюрингийн машинтай эквивалент болохыг харуулсан [6].

II. Хамилтоны замын шийдлийн загварчлал

Өгөгдсөн $G = (V, E)$ графын хувьд Хамилтоны зам гэдэг нь тодорхой нэг оройгоос графын бүх оройг нэг нэг удаа дайрж өгөгдсөн оройд ирж дуусах замыг хэлнэ.

Хамилтоны HPP бодлогыг $\phi(G, b, e)$ гэж тэмдэглэнэ. Энд b нь эхлэлийн орой ба e нь төгсгөлийн орой гэнэ.

Энэ нь тооцооллын хувьд NP -Complete бодлого юм. Энэ хэсэгт бид чиглүүлэгдсэн рекомбинацийн системийг Хамилтоны замын бодлогыг шийдэхэд хэрэглэнэ.

Бид одоо манай гол үр дүн болох чиглүүлэгдсэн рекомбинацийн систем нь n оройтой, m ирмэгтэй ямар ч HPP бодлогыг $O(n \cdot m)$ хугацаанд шийдтэй эсэхийг тодорхойлно гэдгийг баталъя.

Теорем 1. $\phi(G, b, e)$ гэсэн n орой, m ирмэг, $n, m \geq 1$ байх Хамилтоны замын бодлогын хувьд шийд оршин байх зайлшгүй бөгөөд хүрэлцээтэй нөхцөл нь түүний кодчиллол $\hat{\phi}$ -ийг $R_{m,n}$ чиглүүлэгдсэн рекомбинацийн систем таних явдал юм.

Баталгаа. Бид e_j оройг дараах тэмдэгт мөр болгон кодлоно.

$$e_j = x_j \uparrow [y_{j,1} \dots y_{j,k_j}], k_j \geq 1$$

Энд $y_{j,k} \in \{x_i | (x_j, x_i) \in E, i \neq j\}, 1 \leq k \leq k_j$ байна.

Дээрхийг ашиглан өгөгдсөн графыг бүхэлд нь дараах $\hat{\phi}$ тэмдэгт мөрөөр кодлоно.

$$\$1 \langle \uparrow \rangle \$1 \dots \$n \langle \uparrow \rangle \$n \$n+1 \uparrow \uparrow e_1 \dots \uparrow \uparrow e_n \uparrow \uparrow \$n+1 \$n+2 \$n+3.$$

Энэ тэмдэгт мөрийг $O(n \cdot m)$ хугацаанд байгуулж болохыг хялбархан харж болно. Уг тэмдэгт мөрөнд графын бүх оройг дүрсэлсэн байна. Дараах алхмуудыг ашиглан өгөгдсөн HPP бодлогыг шийдэх чиглүүлэгдсэн рекомбинацийн системийг зохиомжилсон.

- 1) Оройнуудыг салгана.
- 2) Хаалтнуудын завсар оройнуудыг нэг нэгээр нь оруулна.
- 3) Эхлэл, төгсгөл зөв эсэхийг шалгана.
- 4) Орой давхардаж байгаа эсэхийг шалгана.
- 5) Ирмэгүүдийг шалгана.
- 6) Хэрэв 3, 4, 5 дугаар шалгалт амжилттай бол аксиомыг үүсгэнэ.

n орой, m ирмэг бүхий графын хувьд

$$R = (\Sigma, \sim, t)$$

чиглүүлэгдсэн рекомбинацийн системийг байгуулна. Энд

$$\Sigma = \{\$i | 1 \leq i \leq n+3\} \cup \{x_i | 1 \leq i \leq n\} \cup \{[,], \langle, \rangle\}.$$

$$t = \$1 \$2 \dots \$n \$n+1 \$n+2 \$n+3.$$

$\sim$ харьцааг доорх байдлаар тодорхойлно. Энд $x \in \{x_i | 1 \leq i \leq n\}$ ба $\omega, \psi \in \Sigma^*$ байна.

$$(\uparrow, \uparrow, e) \sim (e, \uparrow, \uparrow) \quad (1)$$

$$(\$j \langle, \uparrow, \rangle \$j \$j+1) \sim (\uparrow, e, \uparrow) \quad (2)$$

$$(\uparrow \uparrow, \uparrow, \lambda) \sim (\lambda, \uparrow, \uparrow \uparrow) \quad (3)$$

$$(\$m+1, \uparrow, \uparrow) \sim (\uparrow, \uparrow, \$m+1) \quad (4)$$

$$(\langle \uparrow, x, \lambda) \sim (\langle \uparrow, x, \lambda) \quad (5)$$

$$(\$1 \langle, \uparrow, \lambda) \sim (\langle, \uparrow, x_1) \quad (6)$$

$$(\$j \langle, \uparrow, x_m) \sim (\$m \langle, \uparrow, \lambda) \quad (7)$$

$$(\lambda, \uparrow, [\omega x \psi] \uparrow \$j) \sim (\uparrow, x, \lambda) \quad (8)$$

$$(\langle \uparrow x \uparrow \rangle \$m-1 \$m \langle \uparrow x_m, \uparrow, \rangle) \sim (\rangle, \uparrow, \rangle \$m \$m+1) \quad (9)$$

$$(\uparrow), \$j, \$j+1 \$j+2 \$j+3 \sim (\lambda, \$j, \uparrow) \quad (10)$$

Одоо бид R чиглүүлэгдсэн рекомбинацийн систем нь $\hat{\phi}$ -г таних зайлшгүй бөгөөд хүрэлцээтэй нөхцөл нь хамилтоны зам олдох явдал гэдгийг батална. Ингэхдээ дараах хоёр өгүүлбэрийг батална.

Өгүүлбэр 1. Хэрэв ϕ граф нь Хамилтоны зам агуулж байвал, кодчилсон $\hat{\phi}$ -ийг хамгийн ихдээ $4n + 5$ параллель алхамд таних R системийн хувиргалтын зам оршин байна.

Өгүүлбэр 2. Хэрэв ϕ графд Хамилтоны зам байхгүй бол, кодчилсон $\hat{\phi}$ -ийг үгээс аксиом t -г гаргаж авах R системийн хувиргалтын зам олдохгүй.

Өгүүлбэр 1-ийн баталгаа:

Хэрэв ϕ граф Хамилтоны зам агуулж байвал $z_j \in \{e_i | 1 \leq i \leq n\}, 1 \leq j \leq n$ байх $Z = z_1, z_2, \dots, z_n$ дараалал олдоно. Оролтын тэмдэгт мөрийн анхны утга дараах хэлбэртэй байна.

$$\$1 \langle \uparrow \rangle \$1 \dots \$n \langle \uparrow \rangle \$n \$n+1 \uparrow \uparrow e_1 \dots \uparrow \uparrow e_n \uparrow \uparrow \$n+1 \$n+2 \$n+3.$$

Энд тэмдэгт мөр дээр (1) харьцааны орчинг ашиглан $del_{\uparrow}$ үйлдлийг хийж болно. Энэ үйлдлийг n удаа параллелиар хэрэглэснээр бүх $e \in \{e_i | 1 \leq i \leq n\}$ хувьд $\bullet e \uparrow$ цагирагууд мөрөөс салж, тэмдэг мөр дараах хэлбэрт шилжинэ:

$$\$1 \langle \uparrow \rangle \$1 \dots \$n \langle \uparrow \rangle \$n \$n+1 \uparrow^{n+2} \$n+1 \$n+2 \$n+3.$$

Бид дээрх үйлдлийг параллель хэрэглэснээр $\hat{\phi}$ -ийн бусад хуулбарууд дээр хийж $\bullet z_j \uparrow, 1 \leq i \leq n$

цагираг хэлхээсийг гаргаж авч болно. Рекомбинацийн алхам бүр дээр уг үйлдлүүдийг зөвхөн нэг тэмдэгт мөр дээр хийдэг ба энэ үйлдлийг тухайн тэмдэгт мөр дээр параллель ажиллагаа хамгийн их байхаар гүйцэтгэнэ. Хамгийн муу тохиолдолд бүх $\bullet z_j \dagger, 1 \leq i \leq n$ үүсгэхэд n алхамд $\hat{\phi}$ -ийн n хуулбар шаардагдана.

Дараагийн алхамд $\bullet z_j \dagger, 1 \leq i \leq n$ цагираг холбоос бүрийг $\$j$ -ийн хаалтан дотор оруулна. Үүний үр дүнд дараах тэмдэг мөр үүснэ.

$$\$_1 \langle \dagger z_1 \dagger \rangle \$1 \dots \$n \langle \dagger z_n \dagger \rangle \$n \$_{n+1} \dagger^{n+2} \$_{n+1} \$_{n+2} \$_{n+3}.$$

Мөн (3), (4) харьцаануудыг авч үзвэл $n+2$ ширхэг $\dagger$ болон $\$_{n+1}$ салгагдаж дараах хэлбэртэй болно.

$$\$_1 \langle \dagger z_1 \dagger \rangle \$1 \dots \$n \langle \dagger z_n \dagger \rangle \$n \$_{n+1} \$_{n+2} \$_{n+3}.$$

Мөн (5) харьцааг ашиглаж давхардаж орсон оройн байрлалуудын хоорондох хэсгийг салгах ба (6) харьцааг ашиглаж тэмдэгт мөрийн эхлэлээс x_1 оройн байрлал хүртэл, (7) харьцааг ашиглаж x_m оройн байрлалаас төгсгөл хүртэл салгаж тэмдэгт мөрийг богино болгоно.

(8) харьцааг хэрэглэн өмнөх оройгоос тухайн орой руу ирмэг байвал өмнөх оройн ирмэгүүдийн хэсэг($\square$ хаалт доторх) -ийг тэмдэгт мөрөөс салгана.

(9) харьцааг хэрэглэн төгсгөлийн оройн өмнөх оройн ирмэгүүдийн хэсэг байхгүй бол төгсгөлийн оройн ирмэгүүдийн хэсгийг тэмдэгт мөрөөс салгана. Тэмдэгт мөр дараах хэлбэртэй болсон байна. Энд $t_j \in \{x_i | 1 \leq i \leq n\}$ гэж үзье.

$$\$_1 \langle \dagger t_1 \dagger \rangle \$1 \dots \$n \langle \dagger t_n \dagger \rangle \$n \$_{n+1} \$_{n+2} \$_{n+3}.$$

Ингэснээр (10) харьцааг хэрэглэх боломжтой болно. (10) харьцаа нь тэмдэг мөрийн хойноос эхлэн дараалан ажиллаж аксиом биелнэ

$$\$_1 \$2 \dots \$n \$_{n+1} \$_{n+2} \$_{n+3}.$$

Өгүүлбэр 2-ийн баталгаа:

Бид баталгааны схемийг хураангуйлан танилцуулъя. Хамилтоны зам байхгүй бол аксиом үүсэхгүй гэдгийг харуулъя. $\hat{\phi}$ -ийн кодчилол нь яг n ширхэг орой оролцсон замыг дүрслэхэд зориулагдсан тул бид n -ээс цөөн болон n -ээс олон орой оролцсон замуудыг авч үзэхгүй.

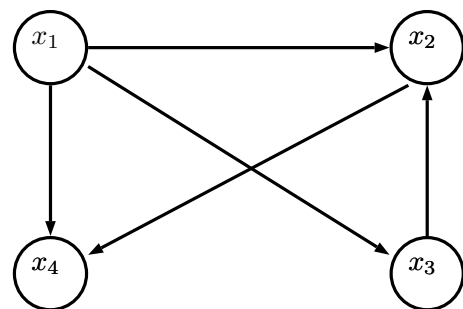
(8)-р харьцаа нь $\hat{\phi}$ -ийн дотор байгаа дараалсан хоёр орой нь ирмэгээр холбогдсон эсэхийг шалгана. Иймд уг харьцаа биелэхгүй тохиолдол илэрвэл $\$j$ -үүдийн дунд $\square$ үлдэх тул $\hat{\phi}$ тэмдэгт

мөр нь аксиомыг үүсгэх боломжгүй болно. Учир нь бусад харьцаануудын аль нь ч $\square$ хаалттай хэсгийг устгаж чадахгүй.

Зам дотор аль нэг орой давтагдсан байвал тус байрлалуудын хооронд (5)-р харьцаагаар, эхлэх орой замын эхээс өөр байрлалд байвал тэр байрлалаас эхлэлийн байрлал хүртэл (6)-р харьцаагаар, төгсөх орой замын төгсгөлөөс өөр байрлалд байвал тэр байрлалаас төгсөх байрлал хүртэл (7)-р харьцаагаар салгана. Эдгээр салгалт бүр нь дор хаяж нэг $\$j$ -г устгах тул (10)-р харьцааны орчин бүрдэхгүй болсноор аксиом үүсэх боломжгүй болно.

□

ЖИШЭЭ.



Зураг 1. Хамилтоны нэг зам олдох дөрвөн оройтой граф.

Оройнууд нь x_1, x_2, x_3, x_4 ба ирмэгүүд нь $x_1 \rightarrow x_2, x_3, x_4; x_2 \rightarrow x_4; x_3 \rightarrow x_2, x_3$; бөгөөд x_4 - оос гарсан ирмэг байхгүй. Мөн эхлэлийн орой x_1 , төгсгөлийн орой x_4 . Эндээс дараах байдлаар анхны тэмдэгт мөр дүрслэгдэнэ.

$$\$_1 \langle \dagger \rangle \$1 \$2 \langle \dagger \rangle \$2 \$3 \langle \dagger \rangle \$3 \$4 \langle \dagger \rangle \$4 \$5 \dagger \dagger x_1$$

$$\dagger [x_2 x_3 x_4] \dagger \dagger x_2 \dagger [x_4] \dagger \dagger x_3 \dagger [x_2 x_3] \dagger \dagger x_4 \dagger \square \dagger \dagger \$5 \$6 \$7.$$

Энэ тэмдэгт мөр хамгийн багадаа 256 ширхэг байх шаардлагатай. (1) харьцаагаар $del_{\dagger}$ үйлдэл дөрвөн удаа хийгдсэнээр $\bullet x_1 \dagger [x_2 x_3 x_4] \dagger$, $\bullet x_2 \dagger [x_4] \dagger$, $\bullet x_3 \dagger [x_2 x_3] \dagger$, $\bullet x_4 \dagger \square \dagger$ цагираг хэлхээнүүд салж, дараах тэмдэгт мөр үлдэнэ.

$$\$_1 \langle \dagger \rangle \$1 \$2 \langle \dagger \rangle \$2 \$3 \langle \dagger \rangle \$3 \$4 \langle \dagger \rangle \$4 \$5 \dagger \dagger \dagger \dagger \dagger \dagger \$5 \$6 \$7$$

(2) харьцаагаар өмнөх үйлдлээр салгасан цагирагуудыг нэг нэгээр оруулж ирэхэд 625 гишүүн бү-

Хүснэгт I
Амжилттай бодогдсон жишээ.

Д/д	Харьцаа	Тэмдэгт мөр
1	(2).	$\$1 \langle \uparrow \rangle \$1 \$2 \langle \uparrow \rangle \$2 \$3 \langle \uparrow \rangle \$3 \$4 \langle \uparrow x_4 \uparrow \square \uparrow \rangle \$4 \$5 \uparrow \uparrow x_1 \uparrow [x_2 x_3 x_4] \uparrow \uparrow x_2 \uparrow [x_4] \uparrow \uparrow x_3 \uparrow [x_2 x_3] \uparrow \uparrow x_4 \uparrow \square \uparrow \uparrow \$5 \$6 \7
2	(1).	$\$1 \langle \uparrow \rangle \$1 \$2 \langle \uparrow \rangle \$2 \$3 \langle \uparrow \rangle \$3 \$4 \langle \uparrow x_4 \uparrow \square \uparrow \rangle \$4 \$5 \uparrow \uparrow x_1 \uparrow [x_2 x_3 x_4] \uparrow \uparrow x_2 \uparrow [x_4] \uparrow \uparrow \uparrow x_4 \uparrow \square \uparrow \uparrow \$5 \$6 \7
3	(2).	$\$1 \langle \uparrow \rangle \$1 \$2 \langle \uparrow x_3 \uparrow [x_2 x_3] \uparrow \rangle \$2 \$3 \langle \uparrow \rangle \$3 \$4 \langle \uparrow x_4 \uparrow \square \uparrow \rangle \$4 \$5 \uparrow \uparrow x_1 \uparrow [x_2 x_3 x_4] \uparrow \uparrow x_2 \uparrow [x_4] \uparrow \uparrow \uparrow x_4 \uparrow \square \uparrow \uparrow \$5 \$6 \7
4	(1).	$\$1 \langle \uparrow \rangle \$1 \$2 \langle \uparrow x_3 \uparrow [x_2 x_3] \uparrow \rangle \$2 \$3 \langle \uparrow \rangle \$3 \$4 \langle \uparrow x_4 \uparrow \square \uparrow \rangle \$4 \$5 \uparrow \uparrow x_2 \uparrow [x_4] \uparrow \uparrow \uparrow x_4 \uparrow \square \uparrow \uparrow \$5 \$6 \7
5	(1).	$\$1 \langle \uparrow \rangle \$1 \$2 \langle \uparrow x_3 \uparrow [x_2 x_3] \uparrow \rangle \$2 \$3 \langle \uparrow \rangle \$3 \$4 \langle \uparrow x_4 \uparrow \square \uparrow \rangle \$4 \$5 \uparrow \uparrow \uparrow \uparrow x_4 \uparrow \square \uparrow \uparrow \$5 \$6 \7
6	(1).	$\$1 \langle \uparrow \rangle \$1 \$2 \langle \uparrow x_3 \uparrow [x_2 x_3] \uparrow \rangle \$2 \$3 \langle \uparrow \rangle \$3 \$4 \langle \uparrow x_4 \uparrow \square \uparrow \rangle \$4 \$5 \uparrow \uparrow \uparrow \uparrow \uparrow \$5 \$6 \7
7	(2).	$\$1 \langle \uparrow x_1 \uparrow [x_2 x_3 x_4] \uparrow \rangle \$1 \$2 \langle \uparrow x_3 \uparrow [x_2 x_3] \uparrow \rangle \$2 \$3 \langle \uparrow \rangle \$3 \$4 \langle \uparrow x_4 \uparrow \square \uparrow \rangle \$4 \$5 \uparrow \uparrow \uparrow \uparrow \uparrow \$5 \$6 \7
8	(3).	$\$1 \langle \uparrow x_1 \uparrow [x_2 x_3 x_4] \uparrow \rangle \$1 \$2 \langle \uparrow x_3 \uparrow [x_2 x_3] \uparrow \rangle \$2 \$3 \langle \uparrow \rangle \$3 \$4 \langle \uparrow x_4 \uparrow \square \uparrow \rangle \$4 \$5 \uparrow \uparrow \uparrow \uparrow \$5 \$6 \7
9	(3).	$\$1 \langle \uparrow x_1 \uparrow [x_2 x_3 x_4] \uparrow \rangle \$1 \$2 \langle \uparrow x_3 \uparrow [x_2 x_3] \uparrow \rangle \$2 \$3 \langle \uparrow \rangle \$3 \$4 \langle \uparrow x_4 \uparrow \square \uparrow \rangle \$4 \$5 \uparrow \uparrow \uparrow \uparrow \$5 \$6 \7
10	(3).	$\$1 \langle \uparrow x_1 \uparrow [x_2 x_3 x_4] \uparrow \rangle \$1 \$2 \langle \uparrow x_3 \uparrow [x_2 x_3] \uparrow \rangle \$2 \$3 \langle \uparrow \rangle \$3 \$4 \langle \uparrow x_4 \uparrow \square \uparrow \rangle \$4 \$5 \uparrow \uparrow \uparrow \$5 \$6 \7
11	(3).	$\$1 \langle \uparrow x_1 \uparrow [x_2 x_3 x_4] \uparrow \rangle \$1 \$2 \langle \uparrow x_3 \uparrow [x_2 x_3] \uparrow \rangle \$2 \$3 \langle \uparrow \rangle \$3 \$4 \langle \uparrow x_4 \uparrow \square \uparrow \rangle \$4 \$5 \uparrow \uparrow \$5 \$6 \7
12	(4).	$\$1 \langle \uparrow x_1 \uparrow [x_2 x_3 x_4] \uparrow \rangle \$1 \$2 \langle \uparrow x_3 \uparrow [x_2 x_3] \uparrow \rangle \$2 \$3 \langle \uparrow \rangle \$3 \$4 \langle \uparrow x_4 \uparrow \square \uparrow \rangle \$4 \$5 \$6 \$7$
13	(2).	$\$1 \langle \uparrow x_1 \uparrow [x_2 x_3 x_4] \uparrow \rangle \$1 \$2 \langle \uparrow x_3 \uparrow [x_2 x_3] \uparrow \rangle \$2 \$3 \langle \uparrow x_2 \uparrow [x_4] \uparrow \rangle \$3 \$4 \langle \uparrow x_4 \uparrow \square \uparrow \rangle \$4 \$5 \$6 \$7$
14	(8).	$\$1 \langle \uparrow x_1 \uparrow [x_2 x_3 x_4] \uparrow \rangle \$1 \$2 \langle \uparrow x_3 \uparrow [x_2 x_3] \uparrow \rangle \$2 \$3 \langle \uparrow x_2 \uparrow \rangle \$3 \$4 \langle \uparrow x_4 \uparrow \square \uparrow \rangle \$4 \$5 \$6 \$7$
15	(8).	$\$1 \langle \uparrow x_1 \uparrow \rangle \$1 \$2 \langle \uparrow x_3 \uparrow [x_2 x_3] \uparrow \rangle \$2 \$3 \langle \uparrow x_2 \uparrow \rangle \$3 \$4 \langle \uparrow x_4 \uparrow \square \uparrow \rangle \$4 \$5 \$6 \$7$
16	(9).	$\$1 \langle \uparrow x_1 \uparrow \rangle \$1 \$2 \langle \uparrow x_3 \uparrow [x_2 x_3] \uparrow \rangle \$2 \$3 \langle \uparrow x_2 \uparrow \rangle \$3 \$4 \langle \uparrow x_4 \uparrow \rangle \$4 \$5 \$6 \$7$
17	(8).	$\$1 \langle \uparrow x_1 \uparrow \rangle \$1 \$2 \langle \uparrow x_3 \uparrow \rangle \$2 \$3 \langle \uparrow x_2 \uparrow \rangle \$3 \$4 \langle \uparrow x_4 \uparrow \rangle \$4 \$5 \$6 \$7$
18	(10).	$\$1 \langle \uparrow x_1 \uparrow \rangle \$1 \$2 \langle \uparrow x_3 \uparrow \rangle \$2 \$3 \langle \uparrow x_2 \uparrow \rangle \$3 \$4 \$5 \$6 \7
19	(10).	$\$1 \langle \uparrow x_1 \uparrow \rangle \$1 \$2 \langle \uparrow x_3 \uparrow \rangle \$2 \$3 \$4 \$5 \$6 \$7$
20	(10).	$\$1 \langle \uparrow x_1 \uparrow \rangle \$1 \$2 \$3 \$4 \$5 \$6 \7
21	(10).	$\$1 \$2 \$3 \$4 \$5 \$6 \$7$

хий тэмдэгт мөрийн мултисэт үүсгэх боломжтой. Жишээ тэмдэг мөр нь дараах хэлбэртэй байна.

$$\begin{aligned} &\$1 \langle \uparrow \rangle \$1 \$2 \langle \uparrow x_1 \uparrow [x_2 x_3 x_4] \uparrow \rangle \$2 \$3 \langle \uparrow \rangle \$3 \$4 \langle \uparrow x_4 \uparrow \square \uparrow \rangle \$4 \\ &\$5 \uparrow \uparrow \uparrow \uparrow \uparrow \$5 \$6 \$7. \end{aligned}$$

Мөн (3), (4) харьцаагаар зургаан ширхэг $\uparrow$ болон нэг ширхэг $\$5$ хасагдана.

$$\begin{aligned} &\$1 \langle \uparrow \rangle \$1 \$2 \langle \uparrow x_1 \uparrow [x_2 x_3 x_4] \uparrow \rangle \$2 \$3 \langle \uparrow \rangle \$3 \$4 \langle \uparrow x_4 \uparrow \square \uparrow \rangle \$4 \\ &\$5 \$6 \$7. \end{aligned}$$

(5)(6)(7) харьцаануудын хувьд эдгээр үйлдэл хийгдсэний дүнд тэмдэгт мөр богино болно. Дээрх жишээний хувьд (6) -р харьцаа ажиллах боломжтой байна. Энэ үйлдлийн дүнд тэмдэгт мөр дараах хэлбэрт шилжинэ. Мөн гуравдугаар хаалтанд $\bullet x_2 \uparrow [x_4] \uparrow$ цагираг хэлхээ шинээр орж ирсэн байна.

$$\begin{aligned} &\$1 \langle \uparrow x_1 \uparrow [x_2 x_3 x_4] \uparrow \rangle \$2 \$3 \langle \uparrow x_2 \uparrow [x_4] \uparrow \rangle \$3 \$4 \langle \uparrow x_4 \uparrow \square \uparrow \rangle \$4 \\ &\$5 \$6 \$7. \end{aligned}$$

(8) харьцаагаар x_2 -ын өмнөх хаалтанд байгаа x_1 оройн ирмэгүүдийн дотор x_2 гэсэн орой байгаа тул x_1 ирмэгүүдийг салгагдана. Мөн түүнчлэн x_3 -ийн орой салгагдана. Өөрөөр хэлбэл эдгээр үйлдлүүд нь (x_1, x_2) болон (x_2, x_4) гэсэн ирмэгүүд байгаа гэдгийг шалгаж баталгаажуулж байна.

$$\$1 \langle \uparrow x_1 \uparrow \rangle \$2 \$3 \langle \uparrow x_2 \uparrow \rangle \$3 \$4 \langle \uparrow x_4 \uparrow \square \uparrow \rangle \$4 \$5 \$6 \$7.$$

Дээрх харьцаа нь төгсгөлийн оройн ирмэгийн хэсгийг хасаж чадахгүй бөгөөд (9) харьцаагаар энэ үйлдлийг гүйцэтгэж байна.

$$\$1 \langle \uparrow x_1 \uparrow \rangle \$2 \$3 \langle \uparrow x_2 \uparrow \rangle \$3 \$4 \langle \uparrow x_4 \uparrow \rangle \$4 \$5 \$6 \$7.$$

Одоо тэмдэгт мөр дээр (10) харьцаа хэрэгжвэл дараах хэлбэртэй болж бидний зорьсон аксиом энэ тохиолдолд батлагдахгүй байна.

$$\$1 \langle \uparrow x_1 \uparrow \rangle \$2 \$3 \$4 \$5 \$6 \$7.$$

Хүснэгт I-д бид аксиом биелэх жишээний ажиллагааг үзүүлээ. Энэхүү жишээг бид өөрсдөө зохиосон програм хангамжийн тусламжтайгаар шалгасан. Жишээний 13 дугаар мөр дээр аксиом үүсгэх зөв дараалалтай тэмдэгт мөр үүссэн байна.

ДҮГНЭЛТ. Компьютерийн ухааны онолын тооцооллын хүнд асуудлын ангид орох Хамилтоны замын бодлогыг биомолекулан тооцооллын алгоритм буюу чиглүүлэгдсэн рекомбинацын системд ([6]) зохистой хугацаанд шийдэх асуудлыг авч үзлээ. Бидний алгоритм $O(n \cdot m)$ хугацаанд шийдэлд хүрч байгаа нь онолын хувьд бусад тооцооллын хүнд бодлогуудыг бодох боломжтойг харуулж байна. Цаашид Чиглүүлэгдсэн рекомбинацийн системийг хэрэглэн өөр хэлбэрийн тооцооллын хүнд бодлогуудыг шийдэх ажлыг гүйцэтгэх боломжтой гэж үзэж байна.

Талархал

Энэхүү ажил нь БСШУСЯ-ны ШУТС-ийн ШУСС-2018/04 төслийн хүрээнд хийгдсэн болно.

Ашигласан ном

- [1] Adleman, L. M., Molecular Computation of Solutions to Combinatorial Problems. *Science*, 266 (1994), 1021–1024.
- [2] Adleman, L. M., On Constructing a Molecular Computer. 1st DIMACS Workshop on DNA Based Computers, Princeton, 1995. In DIMACS Series, 27 (1996), 1–21.
- [3] Ehrenfeucht, A., Harju, T., Petre, I., Prescott, D. M., and Rozenberg, G., *Computation in Living Cells: Gene Assembly in Ciliates*, Springer, 2003.
- [4] Ehrenfeucht, A., Prescott, D. M., and Rozenberg, G., Computational aspects of gene (un)scrambling in ciliates. In: L. F. Landweber, E. Winfree (eds.) *Evolution as Computation*, Springer, Berlin, Heidelberg, New York, 216–256, 2001.
- [5] Head, T., Formal Language Theory and DNA: an analysis of the generative capacity of specific recombinant behaviors. *Bull. Math. Biology* 49: 737–759, 1987.
- [6] L. Kari., L. Landweber: Computational power of gene rearrangement. In: E. Winfree and D.K. Gifford (eds.), *Proceedings of DNA Based Computers*, American Mathematical Society, 1999, 207–216.
- [7] I. Tseren-Onolt, R. Loos, I. Petre., Computational Efficiency of Intermolecular Gene Assembly, *Fundamenta Informaticae*, 84(3-4) 2008, ISO, 363–373.
- [8] Ch.P. Papadimitriou., *Computational Complexity*. Addison-Wesley, Reading, MA, 1994.
- [9] Gh. Păun, Gh. Rozenberg, A. Salomaa, *DNA Computing - New computing paradigms*, Springer-Verlag, Berlin, 1998.
- [10] G. Rozenberg, A. Salomaa, eds.: *Handbook of Formal Languages*. Springer, Berlin, 1997.

LTE сүлжээний үйлчилгээнүүдийн үр ашгийг дээшлүүлэх зарим боломжийн судалгаа

Л.Эрдэнэбаяр

Холбооны салбар

Мэдээлэл Холбооны Технологийн Сургууль, ШУТИС

Улаанбатаар хот, Монгол

Erdenebayar.l@must.edu.mn

Б.Отгонбаяр, Н.Чулуунбанди, Г.Хишигжаргал

Холбооны салбар

Мэдээлэл Холбооны Технологийн Сургууль, ШУТИС

Улаанбатаар хот, Монгол

Otgonbayar_b@must.edu.mn

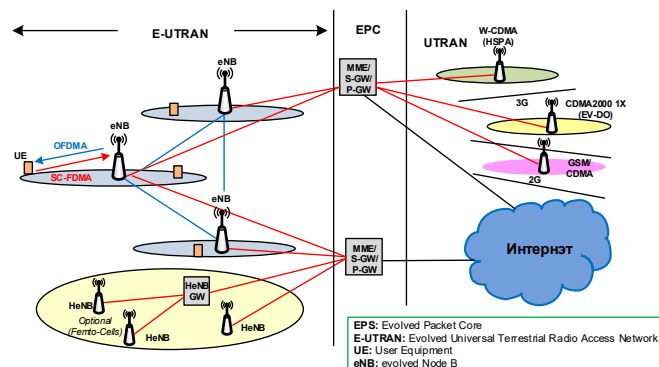
Abstract— Холбооны технологи нь сүүлийн жилүүдэд хэд хэдэн хүчин зүйлээс шалтгаалан контентийн үйлчилгээг нэвтрүүлэх гарцыг нээсэн. Мөн контентийн үр ашигтай дамжууллыг хангах нөөц хуваарилалтын аргачлалуудыг тодорхойлон хөгжүүлэх бодлогыг хэрэгжүүлж байна. Хөдөлгөөнт холбооны 4G LTE сүлжээний радио нөөц хуваарилалтыг хэрэгжүүлэх үе шатуудад санал болгох ажлын загварууд болон түүний шаардлага, нөөц хуваарилалтыг OFDMA хандалтын аргын хугацааны ба давтамжийн хэмжээст хэрэгжүүлэх хосолмол аргачлал болон түүний туршилт, үр дүнг судалсан билээ. Энэ ажлаар бид ачаалал зохицуулалтын шатны оновчлол, хугацаа ба давтамжийн хэмжээст нөөц хуваарилах шинэ аргачлалуудыг боловсруулсан бөгөөд үүнийг энэ бүлэгт нэгдэн нийлэх үйл явцыг хэрэгжүүлэх үйлчилгээний нэгдмэл алгоритмыг хөгжүүлсэн.

Keywords— радио нөөц; OFDMA; хөдөлгөөнт сүлжээ; мультимедиа контент; үр ашиг

I. УДИРТГАЛ

Холбооны технологи нь сүүлийн жилүүдэд хэд хэдэн хүчин зүйлээс шалтгаалан мультимедиа контентийн үйлчилгээг нэвтрүүлэх гарцыг нээсэн. Нэгдүгээрт үүрэн сүлжээний төхөөрөмжүүдийн интерфэйс дамжуулал нь IP (Интернэт Протокол) суурьтайгаар хөгжүүлэгдсэн. Хоёрдугаарт эцсийн хэрэглэгчийн терминалд зарим боломжууд нээгдсэн. Камерын функц сайжирснаар хэрэглэгч видео дан ганц захиалж үзэх бус, бусдад түгээх боломж нээгдсэн. Өнөөгийн 3 дахь үеийн үүрэн сүлжээний үйлчилгээний тэлэх чадавхи, чанарын үнэлгээний аргачлалыг 4 дэх үеийн хөдөлгөөнт холбоонд хөгжлийн шинэ шатанд өргөжүүлэн сайжруулснаар өсөн нэмэгдэж байгаа хөдөлгөөнт хэрэглэгчдийн хүсэл хэрэгцээ болон хэрэглэгчийн төхөөрөмжийн шаардлагад нийцсэн контентүүдийг дамжуулах, өндөр хурдны тасалдалгүй үйлчилгээний нөхцөлд эдүгээ бүрэн шийдэгдээгүй байгаа болно. Ялангуяа утасгүй холбооны сүлжээнд системийн багтаамжийг үр ашигтай зохион байгуулж, хэрэглэгчийн контентийн мэдээллийг оновчтой шийдэх үйлчилгээний алгоритм, системийн логик сувгуудад хуваарилан үр ашгийг дээшлүүлэх шаардлагад нийцүүлэн хөдөлгөөнт сүлжээний хувьд нэгдмэл алгоритмыг боловсруулахад уг судалгааны ажил зориулагдана.

LTE (Long Term Evolution) [1] бол 3GPP стандартын хорооны хөгжүүлж байгаа утасгүй хөдөлгөөнт холбооны технологи юм. Энэ технологийг анх Швед ба Норвег улсуудад 2009 онд анх ашиглаж эхлэсэн бөгөөд дараагаар Хойд Америк, Япон зэрэг технологийн өндөр хөгжилтэй улсуудад хэрэглээнд нэвтэрсэн. LTE технологи нь өргөн нутгийг хамрах боломжтой өндөр хурдны өгөгдөл дамжуулахад найдавартай дамжуулалтай.



Зураг 1. LTE сүлжээний бүтэц

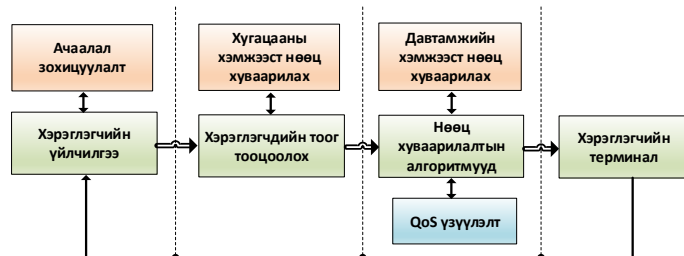
Хэрэглэгчийн контентийг уруудах шугаманд бааз станцаас хэрэглэгчийн терминал хүртэл OFDMA хандалтын аргыг ашиглан радио нөөцүүдийг хуваарилдаг. OFDMA хандалтын арга [2] [3] нь олон хэрэглэгчдийн өгөгдлийг сувгуудад хуваарилан өгөгдлийг дамжуулах арга юм. LTE технологид хэрэглэгчдийг давтамжаар нь дэд суваг эсвэл дэд зөөгчөөр хувааж нягтруулна. Ондoo хугацаануудад давтамжаар нягтруулагдсан [4] өгөгдлийн нэгжийг Физик Нөөц (Цаашид ФН радио нөөц) гэж нэрлэдэг.

Энэхүү судалгааны зорилго нь хөдөлгөөнт холбооны дэвшилтэт технологи 4G LTE сүлжээний мультимедиа контент дамжуулал, түүний радио нөөц хуваарилалтын үр ашгийг дээшлүүлэх боломжийг судлахад оршино. Тус зорилгыг хэрэгжүүлэхийн тулд 3 зорилтыг дэвшүүлсэн. Үүнд: Зорилт 1; LTE сүлжээний OFDMA хандалтын аргад хэрэглэх давтамж, хугацааны 2 хэмжээст орчинд нөөц хуваарилалтын үе шатанд онолын судалгаа хийх, Зорилт 2; Видео ба өгөгдлийн контентийн үйлчилгээг сул чөлөөтэй байгаа радио нөөцөд үр ашигтай боловсруулалт хийх,

Зорилт 3; Үйлчилгээний чанарын үзүүлэлтүүдийг тооцон дүн шинжилгээ хийх зорилтуудыг хэрэгжүүлсэн.

II. НӨӨЦ ХУВААРИЛАЛТЫН ҮЕ ШАТУУД

Нөөц хуваарилалтын үйл явцыг хэд хэдэн шат дарааллаар хэрэгжүүлдэг.

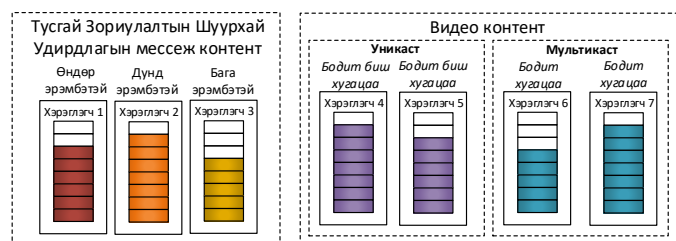


Зураг 2. Нөөц хуваарилалтын үе шатууд

A. Үйлчилгээний зэрэглэлээр дараалал үүсгэн эрэмбэлэх алгоритм

Үүрэн сүлжээний бааз станц дээр олон хэрэглэгчдийн өөр өөр QoS шаардлагуудтай төрөл бүрийн үйлчилгээнүүд агшин тутамд хүрэлцэн ирдэг. Ачаалал зохицуулалт нь хэрэглэгчдийн төрөл бүрийн үйлчилгээнүүдийг бөөгнөрүүлж, үйлчилгээний дарааллыг эрэмбэлэх аргыг холбогдох үйлчилгээний QoS шаардлагын дагуу гүйцэтгэдэг.

Өмнө нь судлаачдын гаргасан Үйлчилгээний Төрлөөр Дараалал Үүсгэн Эрэмбэлэх алгоритмын [5] хувьд бодит ба бодит биш хугацааны үйлчилгээнүүдийг QoS-ийн саатал ба нэвтрүүлэх чадамжийн параметруудын тусламжтай үйлчилгээний зэрэглэлийг тооцоолон, эрэмбэлэх санал дэвшүүлсэн. Санал болгож байгаа ачаалал зохицуулалтын нэгдүгээр шатанд хугацааны тухайн агшинд орж ирсэн олон хэрэглэгчдийн төрөл бүрийн үйлчилгээнүүдийг ҮТДҮЭ дарааллын алгоритмын тусламжтай бодит ба бодит биш хугацааны үйлчилгээнүүдэд ангилж, хоёрдугаар шатанд видео ба ТЗШУ мессеж контентуудаар ангилж, гуравдугаар шатанд үйлчилгээний зэрэглэлийн коэффициентүүдийг кластерийн алгоритмын тусламжтай үйлчилгээний шинэ бүлэг дарааллуудад оруулж эрэмбэлнэ.



Зураг 3. Санал болгож байгаа ачаалал зохицуулалтын шат

Бодит хугацааны ТЗШУ мессеж контентийн үйлчилгээний хувьд үйлчилгээний зэрэглэлийг харгалзан эрэмбэлэлтийн коэффициентийг тодорхойлов.

$$P_k(t) = [H_k^{RT}(t)]^{\frac{\log_2(M)}{2}} \times \text{erfc}^{-1}\left(\frac{\log_{10}(Q_k(t))}{F_k^{RT}(t)}\right) \quad (1)$$

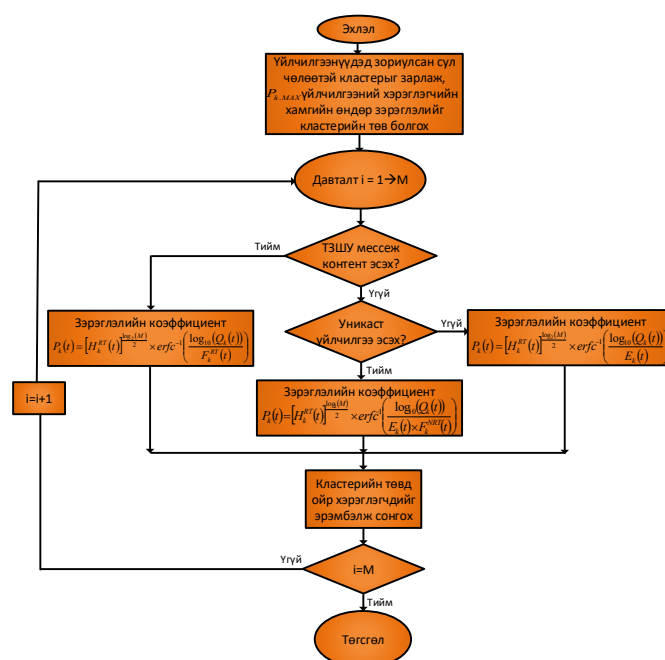
Бодит биш хугацааны видео контентийн юникаст үйлчилгээний хувьд

$$P_k(t) = [H_k^{RT}(t)]^{\frac{\log_2(M)}{2}} \times \text{erfc}^{-1}\left(\frac{\log_{10}(Q_k(t))}{E_k(t) \times F_k^{RT}(t)}\right) \quad (2)$$

Бодит хугацааны мультикаст үйлчилгээний хувьд:

$$P_k(t) = [H_k^{RT}(t)]^{\frac{\log_2(M)}{2}} \times \text{erfc}^{-1}\left(\frac{\log_{10}(Q_k(t))}{E_k(t)}\right) \quad (3)$$

ҮЗДҮЭ алгоритмд үйлчилгээний дарааллын уртыг авч үзснээр зэрэглэл их эсвэл багатай үйлчилгээний дарааллын уртаас хамааран юм.



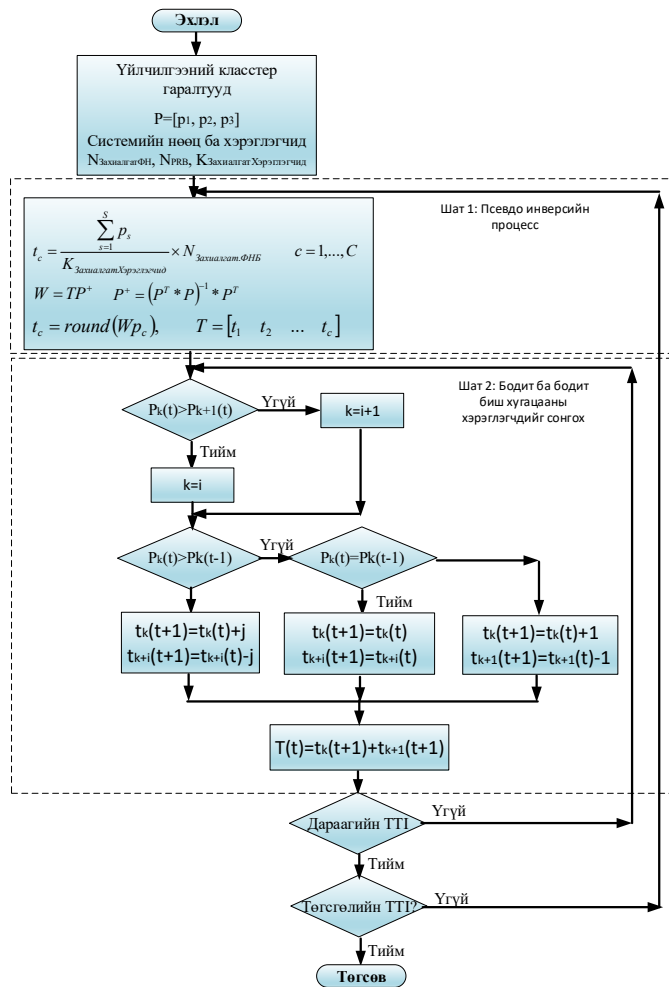
Зураг 4. Динамик с-дундаж кластерийн алгоритм

Динамик с-дундаж кластерийн алгоритм нь хэрэглэгчдийн үйлчилгээний зэрэглэлд тулгуурлан хэрэглэгчдэд шинэ эрэмбийг үүсгэдэг.

B. Хугацааны хэмжээст нөөц хуваарилах сонгомол алгоритм

Нөөц хуваарилалтын асуудал нь спектрийг хуваан эзэмших олон хэрэглэгчдийн хувьд өгөгдсөн ТТГ хугацааны агшинд ямар хэрэглэгчийн нөөцийг оноож, ямар хэрэглэгчийг саатуулах замаар дараагийн ТТГ хугацааны агшинд нөөцийг хуваарилах [6] [7] вэ гэдгийг шийдэх асуудал юм. Тус шатанд Хугацааны Хэмжээсийн Тохируулгатай Хуваарилалтийн Алгоритмыг (ХМТТА) хэрэгжүүлэх боломжтойг Үе Чан, Майкл Чан нар [8] санал болгосон. Үйлчилгээний зэрэглэлийн коэффициентийг ашиглан тооцоолсон кластер бүрийн үйлчилгээний төрлүүдээс сонгох замаар хэрэглэгчдийг тодорхойлно.

Ойролцоо зэрэглэлийн коэффициенттэй нэг кластерт багтах ондоо төрлийн үйлчилгээнүүд сонгогдож болно.



Зураг 5. Псевдо-Инверсэд суурилсан хуваарилалтийн алгоритм

Хугацааны хэмжээст хэрэгжүүлсэн тооцоолол нь үйлчилгээ бүрээс хэд хичнээн хэрэглэгч байгааг тооцоолдог. Хэрэв энэ шатанд дарааллын уртыг ашиглавал энгийн мэдээлэл эсвэл дан бродкаст үйлчилгээний дарааллын урт их байх тул бусад үйлчилгээ бүрээс цөөн тооны хэрэглэгч сонгоход хүргэнэ.

С. Оновчтой үйлчилгээний чанарыг (CQI) сонгох алгоритм

Хугацааны эгшинд давтамжийн хэмжээс дээр дурын хэрэглэгч хугацаагаар ялгаатай өөр хоорондоо давхцахгүйгээр зохицуулагддаг [9]. Давтамжийн хэмжээст нөөц хуваарилах алгоритм нь хоёр шатны зохицуулалттай ба нэгдүгээр шат нь хэрэглэгчийн эрэмбийн функцийг тодорхойлж, хоёрдугаар шатанд ФН ба MCS оноолтыг хэрэгжүүлэх шаттай. Бодит ба бодит биш хугацааны үйлчилгээнд нэвтрүүлэх талаас илгээж байгаа багцыг хүлээн авах тал руу амжилттай илгээгээгүй үед багцад зориулсан нөөцийн ФН үр ашгийг байдалд шилждэг. Иймд бодит ба бодит биш хугацааны үйлчилгээг авах хэрэглэгчдийн багцын амжилттай дамжууллыг PER параметрээр илэрхийлдэг.

$$PER_{\text{дундаж}} = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K PER_k \quad (4)$$

$$PER_k(t) = 1 - \prod_{j=1}^J (1 - BLER_j) \quad (5)$$

$PER_{\text{дундаж}}$ - дундаж PER утга, $BLER_j$ - Нэгж хэрэглэгчийн өгөгдлийн блок алдааны харьцаа

Хугацааны нэгж агшинд байгаа сул чөлөөтэй нөөцүүдийг хуваарилахдаа давталт ашиглах замаар байгаа бүх нөөцүүдийг оноож дуустал хуваарилна. Хэрэглэгч бүрт эрэмбийн функцийг дараах тэгшитгэлээр тодорхойлно.

$$PRF(k) = \frac{RSRP_i(k) \times BLER_i(k) \times Q_i(k)}{RSSI_i \times PER_i \times p_i} \quad (6)$$

$RSRP_w(k)$ - k дугаар хэрэглэгчийн нэгж нөөцийн дохионы чадлын түвшин, $BLER(k)$ - k дугаар хэрэглэгчийн блок алдааны харьцаа, $p_i(k)$ - k дугаар хэрэглэгчийн үйлчилгээний зэрэглэлийн коэффициент, $RSSI_i(k)$ - Сул чөлөөтэй зурвас дахь дохионы нийт чадлын түвшин, PER_i - Сул чөлөөтэй зурвасын багцын алдааны харьцаа, p_z - Үйлчилгээний хамгийн их зэрэглэлийн коэффициент

$$RSSI_i = \sum_{r=1}^R (a_{k,r}, RSRP_i(k)), \quad \forall r \in S_r^t \quad (7)$$

Үүнд: S_r^k - k дугаар хэрэглэгчид оноосон ФН нөөц, U - Нөөц хуваарилалт хийсэн хэрэглэгчид, $a_{k,r}$ - ФН нөөц хуваарилах матриц, $b_{k,r}$ - CQI хуваарилах матриц,

Алгоритм 2.2: Оновчтой CQI сонгох алгоритм	
№	Оролт: K, S_r, S_r^t, S_p
	Гаралт: $a_{k,r}, b_{k,r}$
1	Зарлалт
2	Set $a_{k,r} = 0, b_{k,r} = 0, t = 1, U = \{1, 2, \dots, K\}$
3	Тооцоолох $RSSI_i$ in Eq(2)
4	Тооцоолох $PRF(k), \forall k, \forall i \in U$
5	Давт $S_r^t \neq 0$
6	Хэрэв $U = 0$ Set $S_r = S_r - t$ and GOTO Step(h)
7	Давталт $k \in U$
8	Find $k^* = \arg \min_k \frac{ S_r^t }{PRF(k)}$
9	Find $t^* = \arg \min_t S_r^t \cap S_r^{t^*} , \forall t \in S_r$
10	Find $r^* = \arg \max_r S_{k^*,r}, \forall r \in S_r^t \cap S_r^{t^*}$
11	Set $a_{k^*,r^*} = 1, b_{k^*,r^*} = CQI_{k^*}(k^*)$
12	Set $S_r^t = S_r^t - r^*, S_r^{t^*} = S_r^{t^*} + r^*$
13	Add n to user subset $U_i = \{U_1, U_2, \dots, U_K\}$
14	Хэрэв $t > S_r^t $ Set $t = 1$ else Set $t = t + 1$

QoS чанарын загварыг гаргахад системийн үүрийн хэрэглэгч бүрийн CQI параметрийг тодорхойлох

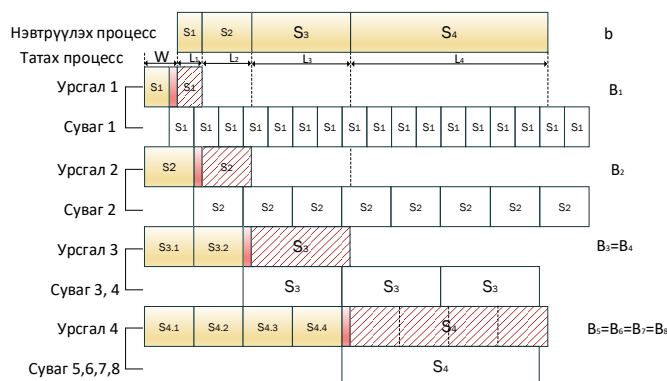
шаардлагатай. Сувгийн чанарын мэдээлэл нь хэрэглэгчийн терминалаас бааз станц руу чиглэсэн CQI параметрээр [10] илэрхийлэгддэг. Хамгийн их утгатай CQI параметр нь тухайн хэрэглэгчийн суваг маш сайн болохыг илтгэнэ.

III. ҮЙЛЧИЛГЭЭНИЙ ДАЙЖУУЛЛЫН ҮР АШИГ ДЭЭШЛҮҮЛЭХ АЛГОРИТМУУД

Мультимедиа контентийн хувьд видео ба тусгай зориулалтын шуурхай удирдлагын мессеж контент тус бүрийн эцсийн хэрэглэгчдэд хүргэх дамжууллын шатны үр ашигтай алгоритмыг санал болголоо.

A. Хэрэглэгчийн захиалгат үйлчилгээний удирдлагын алгоритм

Хэрэглэгчийн захиалгат үйлчилгээний удирдлагын алгоритм нь хэрэглэгчдийн бродкаст, мультикаст, юникаст үйлчилгээний зэрэглэлээс хамаарч хамгийн бага зурвасын өргөний шаардлагыг хангах шинэ дамжууллын аргыг санал болголоо. Өмнө судлагдсан бродкаст дамжууллын аргуудаас ялгаатайгаар бродкастаар дамжуулж байгаа видеоны сегментүүдийг дэд сегментүүд болгон хувааж, хэд хэдэн урсгалуудаар дамжуулснаар өгөгдлийг эцсийн терминал хүлээн авч, буффэрлэх, санах байгууламжид хадгалах ажиллагааг хэрэгжүүлнэ. Видео бродкаст дамжууллын аргууд нь бааз станцын В зурвас бүхий физик сувгийг N тооны логик сувгуудад хуваах [11] [12] ба ингэснээр В/N зурвас бүхий логик сувгуудаар видеог бродкастаар дамжуулдаг.



Зураг 6. Санал болгож байгаа дамжууллын арга

Нэгж сегментийн хуваагдсан дэд сегментүүдийн харилцан цуваа дамжуулалтыг хангахын тулд ялгаатай хурдаар дамжуулах ёстой. Хэрвээ N урсгалууд нь md саатлын хугацаатай бол $N + md - 1$ тооны урсгалуудыг бродкастаар дамжуулна. Нэгдүгээр S_1 сегмент нь $0.5 + md - 1$ хугацаанд, хоёрдугаар S_2 сегмент нь $1 + md - 1$ хугацаанд, сүүлийн S_N сегмент нь $N + md - 1$ хугацаанд дамжуулагдана. S_N сегментүүд нь $(1 \leq i \leq N + md - 1)$ тогтмол хэмжээтэй тул шаардлагатай хамгийн бага зурвасын өргөн нь

Нэгж урсгалын зурвасыг тооцоолбол:

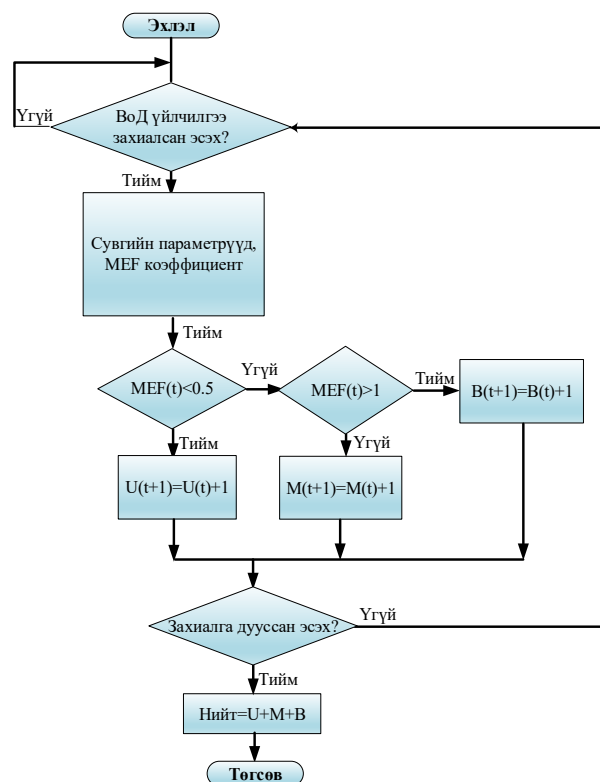
$$B = \sum_{i=1}^N \left(K_i \times \frac{1}{2^{i-2} + md - 1} \times \frac{b_i}{i} \right) \quad (8)$$

Хэрэглэгчийн захиалгат үйлчилгээний мультикаст үр ашгийн коэффициентээр захиалгын хүсэлт/хариултад хурдан шуурхай шийдэх боломжтой буюу сүлжээгээр дамжиж буй контентийг юникаст, мультикаст эсвэл бродкаст дамжуулалд оруулах эсэхийг MEF коэффициентийн тусламжтай тооцоолно. Тухайлбал, хэрэв $MEF > 1$ үед бродкаст дамжуулалтай илүү их зурвас эзлэлттэй байна. Хэрвээ $MEF \geq 0.5$ үед мультикаст дамжуулал нь юникаст дамжуулалас илүү давамгайлах боломжтой. Хэрэв $MEF < 0.5$ үед юникаст дамжууллын горим давамгайлах нөхцөл тодорхойлогдоно. MEF коэффициент нь хүсэлтийн хурд ба видеоны үргэлжлэх хугацаагаар дараах тэгшитгэлээр бодогдоно.

$$MEF_i = \frac{\lambda_i}{\left[\log_2 \left(\frac{L_i}{md} + 1 \right) \right] \mu_i} \quad (9)$$

Үүнд, L_i – i дүгээр видеоны үргэлжлэх хугацаа, λ_i – Хэрэглэгчийн давуу эрхийн коэффициент, μ_i – Дэд сегментүүд нэвтрүүлэх дундаж хурд

Хэрэглэгчийн захиалгат удирдлагын алгоритм нь:

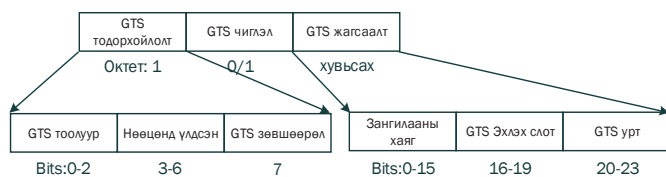


Зураг 7. Хэрэглэгчийн захиалгат үйлчилгээний удирдлагын алгоритм

Дээрх алгоритмын үр дүнд нэгж хугацааны агшинд хэрэглэгчийн захиалгат үйлчилгээ хүссэн олон хэрэглэгчдээс юникаст, мультикаст, бродкаст үйлчилгээнүүд хүссэн хэрэглэгчдийг ялгах боломжтой.

В. Сайжруулсан GTS слот хуваарилалтын алгоритм

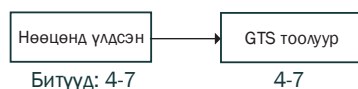
Өнөөдрийн байдлаар [13], [14] судалгааны ажлуудаар утасгүй мэдрэгч сүлжээний суперфрэймийн слот хуваарилалтыг зохион байгуулж болохыг судлаачид тэмдэглэсэн. Утасгүй мэдрэгч сүлжээний ПАН координаторын суперфрэймийн GTS хуваарилалтыг хэрэгжүүлэхийн тулд координатор болон мэдрэгч төхөөрөмжийн хооронд дамжуулах бэкон ба командын удирдлагын фрэймүүдэд зарим талбарын өөрчлөлт хийх шаардлагатай. Бэкон фрэймийн GTS Тодорхойлолт талбарын GTS Тоолуур дэд талбар нь 3 битийн урттай ба аравтын тооллын системээр 7 утгатай тэнцүү. Энэ нь стандартаар нэг CFP талбарт 7 төхөөрөмжид зориулсан 7 GTS слот байхыг илэрхийлдэг.



Зураг 8. GTS талбарын бүтэц

Дээрх бэкон фрэймийн бүтэц нь стандартаар анх дэвшүүлэгдэж гарч ирсэн бүтэц юм. Тус бүтцийг ашиглан олон судалгааны ажлууд хийгдэж, тэдгээр ажлуудад дурдснаар GTS слотын тоог нэмэхэд хязгаарлагдмал байдал байгааг дурдсан болно.

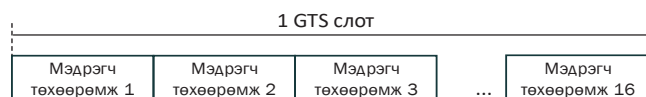
РССН тодорхойлолт талбарын нөөцөд үлдээсэн 4 бит талбарыг ашиглан мэдрэгч төхөөрөмжид зориулсан GTS слотын тоог 16 хүртэл ихэсгэх боломжтой юм.



Зураг 9. Нөөцөнд үлдсэн талбарын сайжруулалт

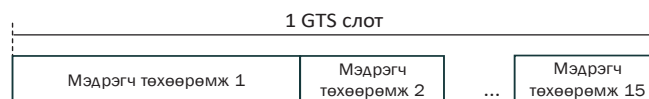
GTS Хуваарилах урт талбарын урт 4 битийн урттай бөгөөд нийт сонголтын утга 16 утгатай тул 1 GTS слотод 16 мини-слот мэдээллийг зохион байгуулах боломжтой. Дараах зурагт 1 GTS слотод 16 мэдрэгч төхөөрөмжийн мэдээлэл ижил тэнцүү хэмжээгээр хуваарилагдана.

16 мини-слотыг зохион байгуулах хувилбарууд:



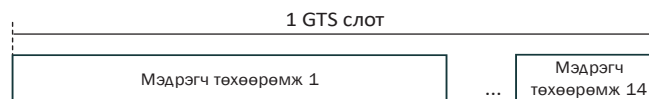
Зураг 10. 1 GTS слотод мэдрэгч зохион байгуулах I хувилбар

Дараах зурагт 1 дүгээр мэдрэгч төхөөрөмжийн мэдээлэл бусад төхөөрөмжийнх 2 дахин их үед 1 слотод багтах 16 төхөөрөмжөөс 2 төхөөрөмжийн зайн эзлэлтийг эзлэх юм.



Зураг 11. GTS слотод мэдрэгч зохион байгуулах II хувилбар

Дараах зурагт 1 дүгээр мэдрэгч төхөөрөмжийн мэдээлэл бусад төхөөрөмжийнх 3 дахин их үед 1 слотод багтах 16 төхөөрөмжөөс 3 төхөөрөмжийн зайн эзлэлтийг эзлэх юм.



Зураг 12. GTS слотод мэдрэгч зохион байгуулах III хувилбар

Стандартаар 1 хугацааны слотын үргэлжлэх хугацаа 0.92ms буюу 60 тэмдэгт агуулах тул 16 мини-слот нэг бүр адилхан 60 тэмдэгтээс тогтоно гэж үзэв. Иймд 1 суперфрэймд 16 GTS слот, GTS слот бүр 16 мини-слоттой гэж үзвэл нийт 256 мини-слотыг суперфрэймийн бүтцийг сайжруулснаар гарна.

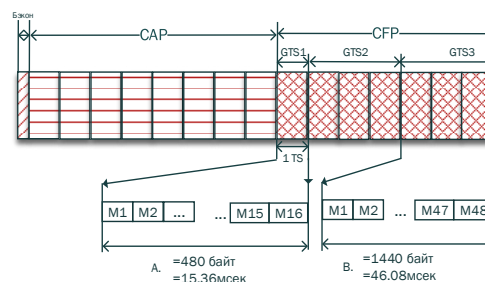
Манай судалгааны ажилд $SO = 4$ үед хамгийн үр ашигтай дамжуулал хийнэ гэж үзэв. Нэг суперфрэймийн 1 хугацааны слотын тэмдэгтийг тооцоолбол:

$$TS = \frac{\text{Суперфрэймийн } \text{Үргэлжлэх } \text{Хугацаа} \times 2^{SO}}{16} = \frac{960 \times 2^4}{16} = 960 \text{ тэмдэгт} \quad (10)$$

Эндээс GTS слотуудыг мини-слотод хуваавал:

$$TS_{\text{минислот}} = \frac{TS}{16} = \frac{960}{16} = 60 \text{ тэмдэгт} \quad (11)$$

Энд $r_{\text{ХүрэлцэнИрх}}$ - Хүлээн авсан өгөгдлийн суперфрэймд байрших хурд



Зураг 13. Динамик GTS нөөц хуваарилалт (SO=4)

Сайжруулсан GTS слот хуваарилах алгоритмыг хэрэгжүүлэхдээ дараах аргыг ашиглан дэвшүүлсэн.

Бутархайг зохион байгуулах арга: Бутархайг зохион байгуулах арга нь Fractional Knapsack method гэж нэрлэгдэх ба том хэмжээтэй мэдээллийг хамгийн үр ашигтайгаар зохих объектуудад хуваан тархаан байрлуулах арга юм. Энэ аргыг мэдээллийн сүлжээ, өргөн

хэрэглээний бараа хуваарилалтын зарчим, өгөгдлийн санд өргөн хэрэглэдэг. Одоогоор энэ аргыг ашиглан утасгүй мэдрэгч сүлжээний нөөц хуваарилалтад хэрэглэх талын судалгаа хийгдээгүй байгаа юм. Зохион байгуулалтын бусад аргууд нь мэдээллийн нэгжийг бүхэл хэмжээтэй байхыг шаарддаг. Гэтэл утасгүй мэдрэгч сүлжээгээр дамжуулагдаж байгаа мэдээлэл нь мэдээллийн төрлүүдээс хамгийн бага хэмжээтэй тул тус аргыг хэрэгжүүлсэн болно. Бутархайг зохион байгуулах арга нь координатороос тодорхой тооны GTS слотыг захиалсан мэдрэгч төхөөрөмжүүдэд хугацааны слотуудыг хуваарилж өгөхөд голлох үүрэгтэй.

$$\text{Ондор Байлгах} \quad \sum_{i=1}^n p_i x_{i,j} \quad 0 \leq i \leq n \quad (14)$$

$$\text{Зорилт:} \quad \sum_{i=1}^n w_i^{-1} x_i \leq C_{\max} \quad 0 \leq x_i$$

Энд w_i' - Нэгж мэдрэгч төхөөрөмжийн захиалсан слот хэмжээ, p_i - Мэдрэгч төхөөрөмжүүдийн CDF функц, x_i - Нэгж мэдрэгч төхөөрөмжид оногдох слот хэмжээ, $C_{\max}$ - 1 суперфрэймийн CFP талбарын нийт слот хэмжээ

Санал болгож байгаа алгоритмаар тус аргыг ашиглан нэгж суперфрэймийн CFP талбарт GTS слот ашиглалтыг үр ашигтайгаар зохион байгуулна. Утасгүй мэдрэгч сүлжээнд байгаа олон тооны зангилаа цэгүүд дэх хэрэглэгчдийн дамжуулж байгаа мэдээллүүд харилцан адилгүй 3 хэсэгт хуваарилагдана. Үүнд өндөр, дунд, бага эрэмбэтэй ТЗШУ мессеж контент дамжуулах хэрэглэгчид гэж ангилна.

$$C_{\text{ТЗШУ, ОндорЭрэмбэтэй}} = \sum_{i=1}^N (TЗШУ_i \wedge Эрэмбэ_i) \otimes 1 \quad (i \leq I, I = N) \quad (15)$$

$$C_{\text{ТЗШУ, ДундЭрэмбэтэй}} = \sum_{j=1}^{N-I} (TЗШУ_j \oplus Эрэмбэ_j) \otimes 1 \quad (j \leq J, J = N - I) \quad (16)$$

$$C_{\text{ТЗШУ, БагаЭрэмбэтэй}} = \sum_{k=1}^{N-I-J} (TЗШУ_k \vee Эрэмбэ_k) \otimes 0 \quad (k \leq K, K = N - I - J) \quad (17)$$

Дээрх тэгшитгэлд нэгж хугацааны агшинд орж ирсэн олон тооны хэрэглэгчдийн мэдрэгч төхөөрөмжүүдийн мэдээллээс нэгдүгээрт $C_{\text{ТЗШУ, ОндорЭрэмбэтэй}}$ тэгшитгэлээр $TЗШУ_i$ ба $Эрэмбэ_i$ фрэймийн талбаруудын утгуудад AND логик үйлдлийг хэрэгжүүлэн өндөр эрэмбэтэй ТЗШУ мессеж контент дамжуулж байгаа хэрэглэгчдийг сонгож, хоёрдугаарт, үлдсэн хэрэглэгчдээс $C_{\text{ТЗШУ, ДундЭрэмбэтэй}}$ тэгшитгэлээр XOR логик үйлдэл хэрэгжүүлэн дунд эрэмбэтэй ТЗШУ мессеж контент дамжуулах хэрэглэгчдийг сонгож, эцэст нь өмнөх 2 тэгшитгэлийн сонголтоос үлдсэн хэрэглэгчдээс

$C_{\text{ТЗШУ, БагаЭрэмбэтэй}}$ тэгшитгэлээр NOR логик үйлдэл хэрэгжүүлэн бага эрэмбэтэй ТЗШУ мессеж контент дамжуулах хэрэглэгчдийг сонгоно. Нэгж хугацааны агшинд орж ирсэн олон захиалгуудаас мэдрэгч төхөөрөмжүүдийн дамжуулж байгаа мэдээллийг өндөр, дунд, бага эрэмбэтэй эсэхийг дараах илэрхийллээр шалгаж, шалгалтын үр дүнд шуурхай анги, энгийн ангийн мэдээллийн хэрэглэгчдийг ялгана. Магадлал тархалтын CDF функц:

$$p_{cdf} = F(x | \mu, \sigma) = \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^x e^{-\frac{(t-\mu)^2}{2\sigma^2}} dt \quad (18)$$

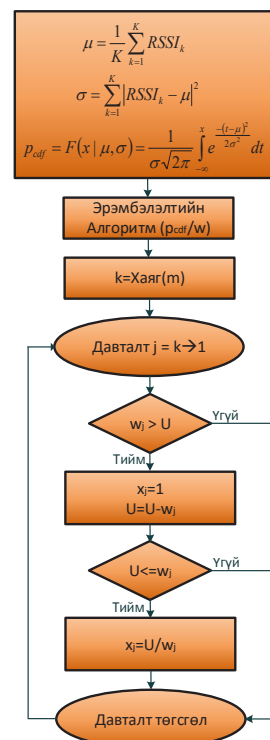
Эндээс стандарт хазайлт ба дунжийг RSSI параметрийн тусламжтай олно.

$$\sigma = \sqrt{\sum_{k=1}^K |RSSI_k - \mu|^2} \quad (19)$$

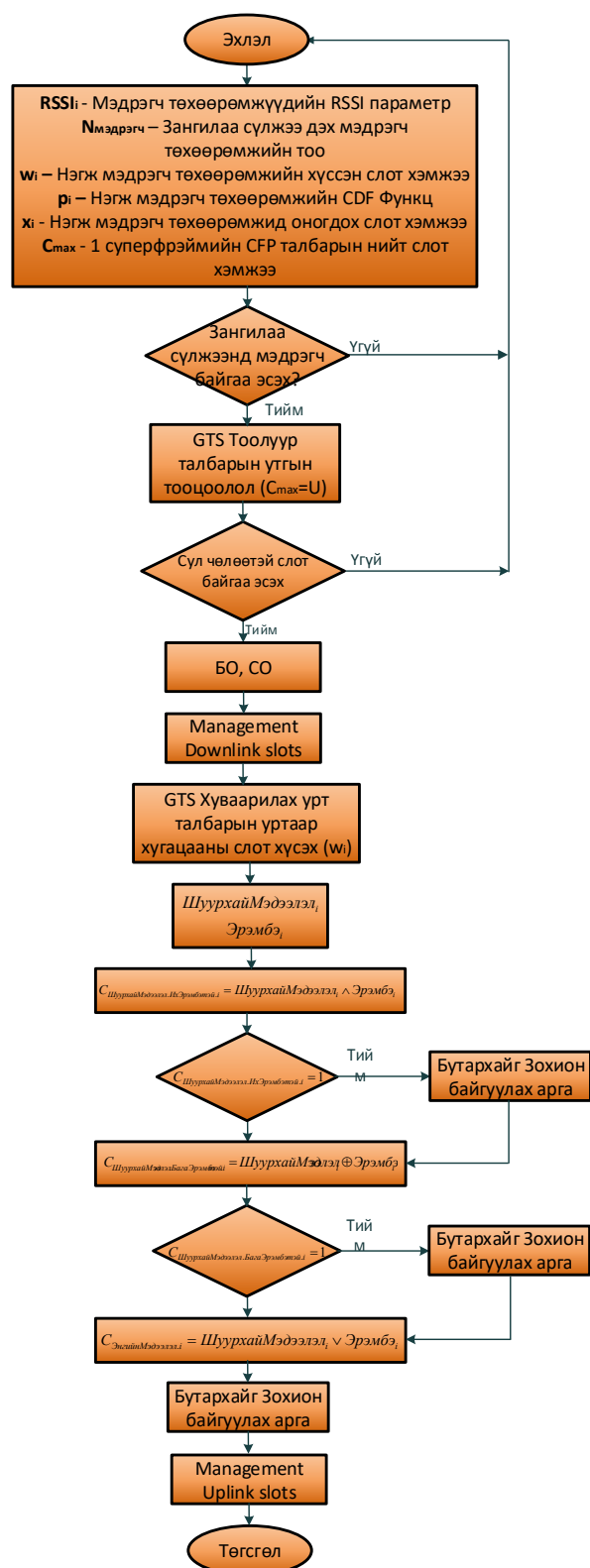
$$\mu = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K RSSI_k \quad (20)$$

σ - Мэдрэгч төхөөрөмжүүдийн RSSI утгын стандарт хазайлт, μ - Мэдрэгч төхөөрөмжүүдийн RSSI дундаж утга, t - Нэгж мэдрэгч төхөөрөмжийн RSSI утга

Утасгүй мэдрэгч сүлжээгээр дамжуулж байгаа мэдээллийн багцын хэмжээ нь суперфрэймийн хугацааны слотын тоотой тэнцүү байна.



Зураг 14. Бутархайг зохион байгуулах алгоритм

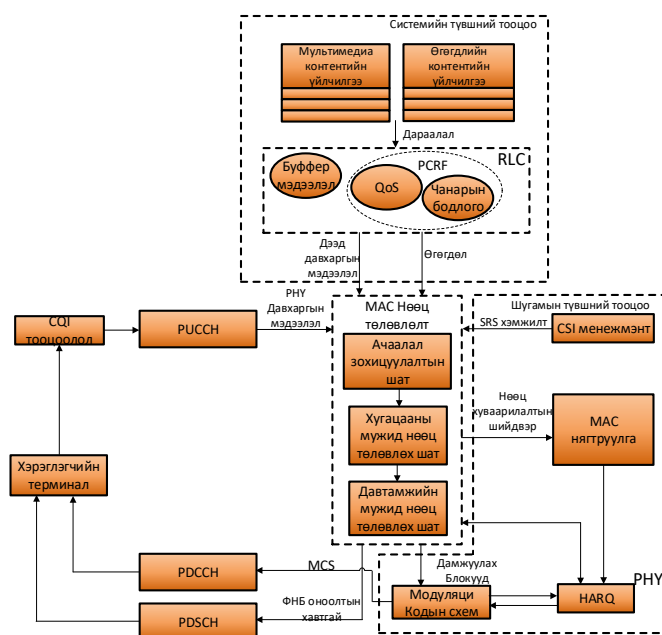


Зураг 15. Сайжруулсан GTS слот хуваарилалтын алгоритм

IV. НӨӨЦ ХУВААРИЛАЛТЫН НЭГДМЭЛ АЛГОРИТМ

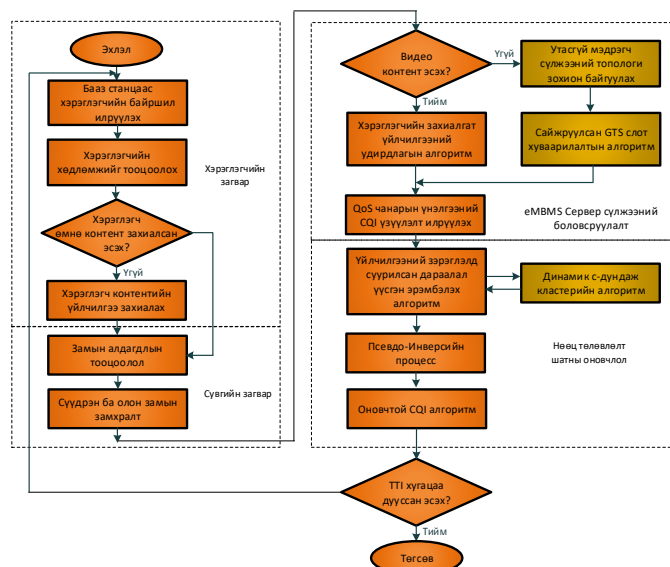
Нөөц хуваарилалтыг хэрэгжүүлэх үе шатуудыг нарийвчилж гаргасан загварыг зураг 16-т үзүүлэв. MAC

нөөц хуваарилалтийг гүйцэтгэхийн тулд уруудах өгсөх шугаманд PUCCH, PDCCH, PDSCH сувгуудыг зайлшгүй тодорхойлох шаардлагатай ба тус сувгуудаар сувгийн чанарын үзүүлэлтүүдийг удирдлагын мэдээллээр дамжуулна. Сүлжээний RRC MAC PHY давхаргуудын боловсруулалтыг шугамын түвшний тооцоо гэх ба хэрэглээний давхарга, RLC давхаргад хэрэгжүүлэх симуляци боловсруулалтыг системийн түвшний тооцоо гэж үздэг.



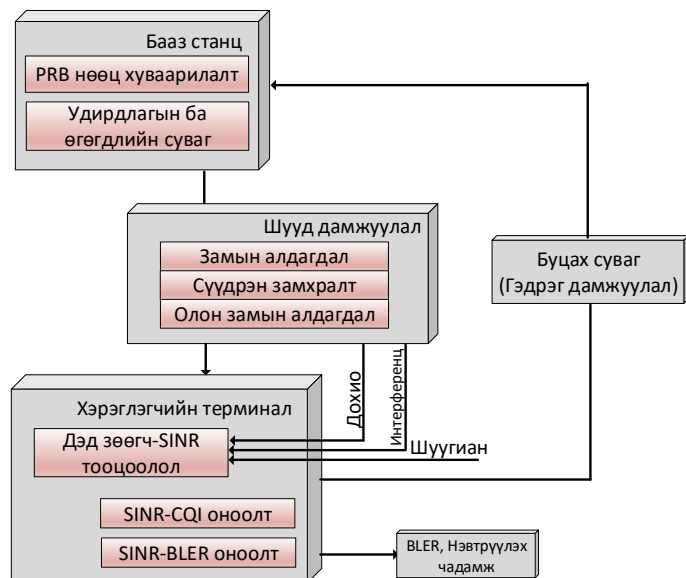
Зураг 16. Нэгдмэл алгоритмд санал болгох нөөц хуваарилалтын загвар

Контентийн төрлүүдэд санал болгосон алгоритмуудыг ашиглан Гибрид суурьтай үйлчилгээний нэгдмэл алгоритмыг гаргалаа.



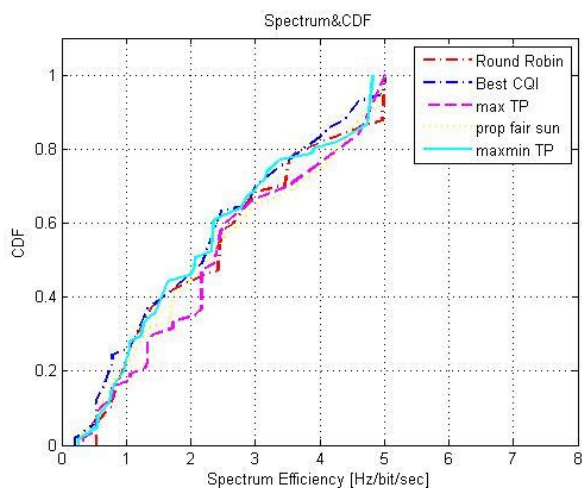
Зураг 17. Гибрид суурьтай үйлчилгээний нэгдмэл алгоритм

LTE сүлжээний нөөц хуваарилалтыг хэрэгжүүлэх үйлчилгээний нэгдмэл аргачлалыг компьютерт суурилсан виртуаль сүлжээнд зохион байгуулах загварыг боловсрууллаа.

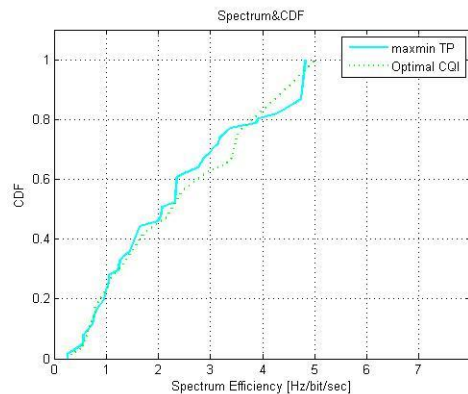


Зураг 18. Виртуаль LTE сүлжээний загвар

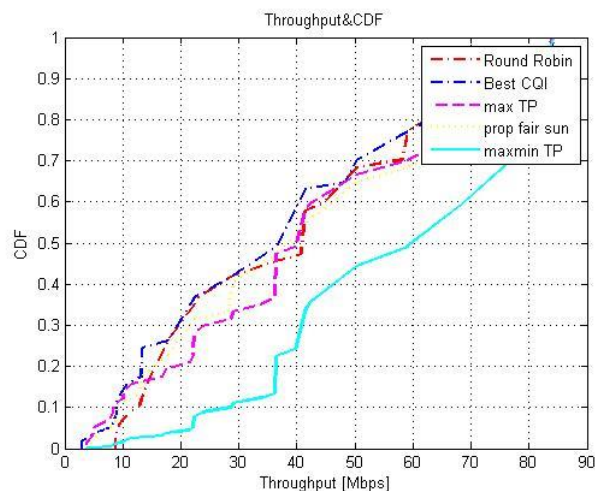
Санал болгож байгаа нэгдмэл алгоритм нь нөөц хуваарилалтын шатанд оновчлогдсон LTE сүлжээний Виртуаль орчны загвараар шугамын болон системийн түвшний симуляци хийгдсэн.



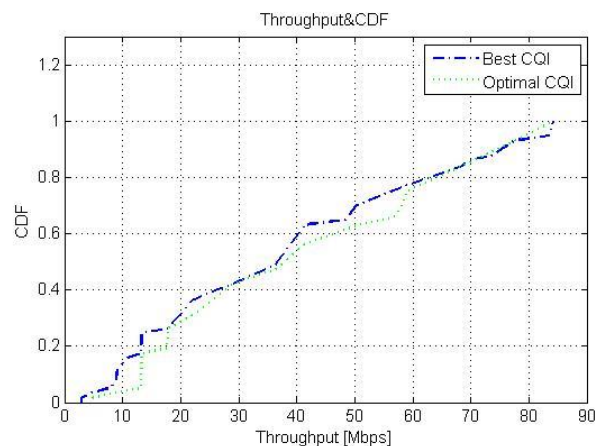
Зураг 19. Бусад алгоритмын хувьд магадлал тархалтын функц ба спектрийн үр ашгийн хамаарал



Зураг 20. Санал болгосон алгоритмын хувьд магадлал тархалтын функц ба спектрийн үр ашгийн хамаарал



Зураг 21. Бусад алгоритмын хувьд магадлал тархалтын функц ба нэвтрүүлэх чадамжийн хамаарал



Зураг 22. Санал болгосон алгоритмын хувьд магадлал тархалтын функц ба нэвтрүүлэх чадамжийн хамаарал

Спектрийн үр ашиг нь магадлал тархалтын функц(CDF)-ээс хамаарах хамаарлыг одоогоор мэдэгдэж байгаа Роунд Робин, Хамгийн сайн CQI, max TP, prop fair, maxmin TP гэсэн 5 аргыг ашигласан үр дүнг харуулсан. Дараа нь

бидний боловсруулсан нэгдмэл алгоритмын үр дүнг дээрх аргуудын хамгийн сайн үр дүн өгсөн аргатай харьцуулан харуулсан.

Үүнээс харахад CDF функцийн босгын түвшин 90%-тай үед спектрийн үр ашиг нь манай алгоритмын хувьд 4.5cu/Hz байх үед харьцуулж байгаа өмнөх аргуудын хамгийн сайн үр дүн босгын түвшинд хүрээгүй байна. CDF функцийн босгын түвшин 90%-тай үед нэвтрүүлэх чадамж 75Mb/s хурдтай байх үед харьцуулж байгаа аргын үр дүн босгын түвшинд хүрээгүй байна.

Дүгнэлт

LTE технологийн нөөц хуваарилалтын үе шатыг хөгжүүлж, хэрэглэгчдийн захиалгатай үйлчилгээнүүдийг дамжуулах физик нөөцийг оновчтой зохион байгуулах давтамж, хугацааны 2 хэмжээст нөөц хуваарилах алгоритмыг санал болгож симуляцаар туршсан. Үйлчилгээний зэрэглэлээр дараалал үүсгэн эрэмбэлэх алгоритм, хугацааны хэмжээсийн сонгомол нөөц хуваарилах алгоритм, Оновчтой үйлчилгээний чанарыг (CQI) сонгох алгоритм, Хэрэглэгчийн захиалгат үйлчилгээний удирдлагын алгоритм, Сайжруулсан GTS слот хуваарилалт зэрэг алгоритмуудыг боловсруулж, түүний үндсэн дээр 4G LTE сүлжээний нөөц хуваарилалтын нэгдмэл алгоритм, түүнийг хэрэгжүүлэх гибрид загварыг боловсруулж, аргачлал гаргасан.

REFERENCES

- [1] "LTE in a Nutshell: The Physical Layer", White Paper, Telesystem Innovations, Canada, 2010
- [2] T. S. Rappaport, "Wireless communications, principles and practice", 2nd Ed., ISBN 0-13-042232-0, 2002, pp. 177-179.
- [3] S. Parkvall and D. Astely, "The Evolution of LTE towards IMT-Advanced", Journal of Communications vol.4, N0.3, 2009.
- [4] E. Dahlman, S. Parkvall, J. Skold and P. Bening, "3G Evolution; HSPA and LTE mobile broadband", 2nd Ed., ISBN 978-0-12-374538-5, pp. 31-34.
- [5] Rehana Kausar, Yue Chen, Kok. Keong. Chai, "Service Specific Queue Sorting and Scheduling Algorithm for OFDMA-Based LTE-Advanced Networks", Sixth International Conference on Broadband and Wireless Computing, Communication and Applications (BWCCA), Barcelona, Spain, October 26-28, 2011.
- [6] J. G. Proakis, "Digital communications", ISBN 0-07-232111-3, McGraw-Hill, New York, 2001.
- [7] J. Jayakumari, "MIMO-OFDM for 4G wireless systems", international journal of engineering science and technology, Vol. 2, issue 7, 2010.
- [8] A. J. Goldsmith and C. Soon-Ghee, "Variable-power MQAM for fading channels", transaction on IEEE communications, Vol. 45, 1997, pp. 1218-1230.
- [9] 3GPP TSG-RAN TS 36.300, "Evolved universal terrestrial radio access (E-UTRA) and evolved universal terrestrial radio access network (E-UTRAN)", version 9.0.0, June 2009.
- [10] Hyung G. Myung and David J. Goodman, "Single Carrier FDMA, New Air Interface for LTE", Wiley, 2008.
- [11] S. Viswanathan and T. Imielinski, Pyramid Broadcasting for Video-on-Demand Service, IEEE Multimedia Computing and Networking Conference, Volume 2417, pp. 66-77, San Jose, California, 1995.
- [12] S. Viswanathan and T. Imielinski, Metropolitan Area Video-on-Demand Service Using Pyramid Broadcasting, Multimedia Systems, 4(4): 197--208, August 1996.
- [13] Anis Koubaa, Mario Alves, and Eduardo Tovar, i-GAME: an implicit GTS allocation mechanism in IEEE 802.15.4 for time-sensitive wireless sensor networks., in Proc of 18th Euromicro Conference on Real-Time Systems, Jul 2006.
- [14] Cheng, L., Zhang, X., Bourgeois, A.G.: 'GTS allocation scheme revisited', Electron. Lett., 2007, 43, (18), pp. 1005--1006

Найв Бэйсийн ангилагч ашигласан халдлага илрүүлэх системийн ачааллыг шинжилж харьцуулан судлах нь

Н.Угтахбаяр

Электроник, холбооны
инженерчлэлийн тэнхим
Монгол Улсын Их Сургууль
Улаанбаатар, Монгол
44911.n@gmail.com

С.Байгальтөгс

Мэдээлэл, харилцааны менежментийн
сургууль
Хүмүүнлэгийн Ухааны Их Сургууль
Улаанбаатар, Монгол
baigaltugs.s@humanities.mn

Б.Өсөхбаяр

Электроник, холбооны
инженерчлэлийн тэнхим
Монгол Улсын Их Сургууль
Улаанбаатар, Монгол
usukhbayar@num.edu.mn

Хураангуй - Интернэт сүлжээ нь нийтийн эзэмшлийн томоохон сүлжээ бөгөөд энэхүү сүлжээг бид өдөр тутмын амьдралдаа ашиглаж хувийн болон бизнесийн харилцаа, мэдээлэл солилцож байгаа билээ. Интернэт хэрэглэгчдийн тоо өсөх тусам аюулгүй байдлын шийдлийг оновчтой болгох, үр дүнтэйгээр нөөцийг хамгаалах шаардлага тулгарч байна. Халдлага илрүүлэх системийн хувьд халдагч нь сүлжээ, мэдээлэл, хэрэглэгчид халдлага хийх тохиолдол болон тухайн оролдлогыг илрүүлдэгээрээ илүү үр дүнтэй юм.

Бид энэхүү судалгааны ажлын хүрээнд өөрсдийн санал болгож буй хосолмол загварыг бусад судлаачдын судалгааны үр дүнтэй харьцуулан боловсруулсан бөгөөд үүнд шинэ халдлага таних танилтын хувь, пакетын тооноос хамаарч ачаалал даах чадвар болон халдлага таних хугацаа зэргийг тооцсон харьцуулсан судалгааг хийж гүйцэтгэлээ. Энэхүү судалгааны үр дүнд зэрэгцээ ажиллагаа бүхий хосолмол халдлага илрүүлэх систем нь бусад аргатай харьцуулахад халдлагыг богино хугацаанд таних боломжтой гэдгийг харууллаа.

Түлхүүр үгс — Халдлага илрүүлэх систем, сигнатурт суурилсан систем, гажигт суурилсан систем, ачааллын шинжилгээ

I. УДИРТГАЛ

Гар утас, компьютер гэх мэт дижитал төхөөрөмжийг бид өдөр тутмын амьдралдаа өгөгдөл дамжуулах, худалдан авалт хийх, ажлаа хийх, банкны үйлчилгээ авах гэх мэт олон төрлөөр ашиглаж байна. Энэхүү хэрэглээ нь бидний өдөр тутмын үйл ажиллагааг хялбарчилдаг хэдий ч хэн нэгэн халдагчын өртөгч болох, өгөгдлөө алдах гэх зэрэг олон эрсдэлийг дагуулж байгаа билээ. Халдлага гэж сүлжээ болон хостын эмзэг байдлыг ашиглан хийгдэж буй хөнөөлт үйл ажиллагааг нэрлэдэг бөгөөд энэхүү үйл ажиллагаа нь хэрэглэгчийн мэдээллийг хулгайлах, мэдээлэлд зөвшөөрөлгүй хандах боломж олгох зэрэг үйлдлүүдийг хийх үндэс болдог. Мэдээллийн аюулгүй байдлыг хангах галт хана, хандалт удирдлагын систем зэрэг олон төхөөрөмж, аргачлалууд байдаг ч халдлага илрүүлэх системгүйгээр эдгээр нь төдийлөн их үр дүнтэй биш юм [1].

Учир нь халдлага илрүүлэх систем нь сүлжээ болон хостын бүхий л идэвхтэй үйл ажиллагааг хянах боломжтой байдаг. Халдлага илрүүлэх систем нь сигнатурт суурилсан, гажигт суурилсан, хосолмол гэж ангилдаг [2]. Сигнатурт суурилсан халдлага илрүүлэх системийн хувьд халдлагын мэдээллийг судлан түүний эсрэг сигнатурыг үүсгэсний үндсэн дээр халдлагыг илрүүлдэг бол гажигт суурилсан систем [6] нь сүлжээний урсгалын мэдээлэлд дүн шинжилгээ хийсний үндсэн дээр хэвийн эсвэл халдлага гэж ангилах чадвартай. Сүлжээний урсгал нь их өгөгдөл бөгөөд халдлага илрүүлэх системийн судалгаа хийдэг судлаачид өндөр хурд бүхий сүлжээний орчинд халдлагыг илүү үр дүнтэйгээр буюу алдаа багатайгаар хурдан хугацаанд таних ажлуудыг ихээр хийж байна. Учир нь сүлжээний технологийн хурдацтай өөрчлөлт, урсгалын өсөлт, хэрэглэгчдийн тооны өсөлт зэрэг нь үүнийг хийхэд хүнд болгож байгаа билээ [3]. Сүлжээний болон хостын халдлага илрүүлэх системүүдийн загвар олон төрлөөр боловсруулагдаж тодорхой үр дүн гаргаж байгаа боловч халдлагыг үр дүнтэй илрүүлэх, ачааллыг зөв зүйтэй зохион байгуулах нь томоохон сорилт хэвээр байсаар байна [4, 5]. Уг ажил нь судлагдсан байдал, аргачлал, үр дүн гэсэн хэсгүүдээс тогтож байгаа бөгөөд хосолмол болон гажигт суурилсан халдлага илрүүлэх системийн халдлага таних танилтын хугацаа болон ассигасу-г тооцож үр дүнг судлаачдын үр дүнтэй харьцуулсан. Энэхүү туршилтын машиныг Weka програмын тусламжтайгаар гүйцэтгэсэн.

II. СУДЛАГДСАН БАЙДАЛ

Халдлага илрүүлэх системийн хувьд танилтын хувийг сайжруулах, алдаатай танилтыг багасгах төрлийн судалгаа ихээр хийгддэг бөгөөд энэ хэсэгт бидний судалгаатай ижил төстэй судалгаа, тэдгээрийн давуу болон сул талын судалгааны үр дүнг харуулна. [7-9] судлаачдын үзсэнээр халдлага илрүүлэх системийн ачааллыг ихээр ашиглах процесс нь тохируулагдсан дүрэм, суралцсан машин нь тухайн халдлага мөн эсэхийг шалгах явдал юм гэж дүгнэжээ. [10-11] ажилд дурьдсанаар халдлага илрүүлэх системийн ачааллыг тооцохдоо нөөцөд (CPU, memory) тулгуурлан тооцсон бөгөөд энэ нь аюулгүй байдлын түвшинтэй шууд хамааралтай болох талаар уг судалгааны

ажилд өгүүлжээ. Бидний туршилт нь халдлага илрүүлэх системийн халдлага илрүүлэх процессийн дундаж хугацаагаар тооцогдоно.

Лий болон бусад судлаачид [12] халдлага илрүүлэх үнэд тулгуурлан хамгийн оптимал байх тохиргооны сонголтыг гүйцэтгэх боломжтой аргачлалыг санал болгосон бөгөөд үүн дээрээ тулгуурлан халдлага илрүүлэх системийн ачааллын анализыг тооцсон байна. [13] ажилд Snort халдлага илрүүлэх системийг ашиглан сүлжээний урсгалын тоо, протоколын төрөл, хурд болон бусад параметруудад тулгуурлан нарийвчилсан судалгааг хийж сүлжээний урсгалын хэмжээ нэмэгдэх тусам пакетыг хүлээн авахгүй устгах тоо нь эрс нэмэгдэж байсныг тогтоосон байна. Энэ хэмжээ нь 1KB байхад гарсан зөрүүг мөн тооцож гаргажээ. Үүнээс гадна судлаачид зөвхөн 1 халдалад тулгуурлан ачааллын анализын судалгааг гүйцэтгэж байгаа бөгөөд [14] ажилд мөн Snort системийг ашиглан DDoS халдлагын хувьд туршилт хийсэн бөгөөд CPU-г сайжруулсан боловч тодорхой түвшинд очсоны дараа архитектураас хамаарахгүй болохыг уг судалгаанд дурьджээ. [15] ажилд олон төрлийн гажигт суурилсан аргуудын үр дүнг харьцуулан судласан боловч ачаалалтай холбоотой үр дүнг оруулж өгөөгүй байна. [16] ажилд KDD санг ашиглан халдлага илрүүлэх хамгийн оптимал мэдээллийг ашиглан ачааллын анализ хийсэн бөгөөд виндоув хэмжээ нь 2 секунд, 100 холболт байхад DoS, Probe халдлагыг илрүүлэх танилтын хувь нэмэгдэж байгаа боловч ачаалад төдийлөн нөлөө үзүүлэхгүй байна гэсэн үр дүнг харуулжээ.

III. АРГАЧЛАЛ

Уг судалгааны ажлын хүрээнд бидний өмнөх ажлаар танилцуулагдсан [2] хосолмол халдлага илрүүлэх системийн загварыг бусад судлаачдын үр дүнтэй харьцуулан дүгнэх бөгөөд уг ажлын хүрээнд NSL-KDD халдлагын санг ашиглах бөгөөд уг бидний [2] ажилд сонгогдсон онцлогуудыг туршилтаандаа ашиглана. Уг системийг уг туршилтаанд ашиглахдаа 2nd үеийн Intel Atom Dual Core процессор, 2 Гбайт санах ой, 128 Гбайт SSD хатуу диск бүхий машинд Snort халдлага илрүүлэх системийг суулгаж, Intel i5-3400 2.4GHz процессор, 16GB шуурхай санах ой, энгийн SATA диск бүхий машин дээр өөрсдийн сургасан машин бүхий системийг ажиллуулан туршсан.

A. NSL-KDD сан

Бидний өмнөх судалгааны ажлуудад KDD 99 санг ашигладаг байсан боловч уг сан нь өгөгдлийн давхардалтай зэрэг дутагдалтай [2] талууд олонтой байсан бөгөөд уг сангийн өгөгдлийг цэвэрлэхэд холболтын мэдээлэлд өөрчлөлт орох зэрэг дутагдалтай талууд илэрсэн тул энэхүү судалгааны ажлын хүрээнд NSL-KDD санг ашиглаж байгаа бөгөөд уг сан нь KDD 99 сангийн сайжруулсан хувилбар гэж болно. Уг сан нь 125973 сүлжээний урсгалын мэдээлэлтэй бөгөөд 41 онцлог шинж агуулж халдлага, халдлага биш гэсэн 2 ангилал бүхий сан юм. Уг сангийн давуу тал нь:

- Давхардсан өгөгдөл агуулаагүй тул алдаа гарах, туршилтын үр дүнд нөлөөлөх нөлөөлөл бага
- Туршилтын болон тестийн өгөгдөлд ашиглахад хүрэлцэхүйц холболтын мэдээлэл агуулдаг

- KDD 99 сангийн давуу талуудыг агуулсан

Уг санд агуулагдаж буй онцлог шинжүүдийг үндсэн (basic), урсгалын (traffic), холболтын (content) гэж 3 ангилж болно. [17]

B. Сигнатурт суурилсан систем

Сигнатурт суурилсан ХИС нь өөрийн санд буй буюу өмнө нь судлагдаж тухайн халдлагын онцлогыг бүрэн тодорхойлсон халдлагыг өөрийн сангийн сигнатурын тусламжтайгаар илрүүлдэг. Энэ төрлийн системийн хувьд шинэ халдлагыг илрүүлэх боломжгүй байдаг бөгөөд энэхүү судалгаандаа Snort ХИС-ийг ашиглах ба энэ төрлийн хамгийн түгээмэл ашиглагддаг ХИС юм. [21]. Сигнатурт суурилсан ХИС сонгосон шалтгаан нь [12] [21]:

- Ашиглахад хялбар
- Өөрийн санд буй буюу сигнатур бүхий халдлагыг зөв таньж илрүүлэх танилтын хувь ~100

Энэхүү судалгаанд Snort ХИС-ийг ХИС болон пакет логийн горимд ажиллуулах бөгөөд энэ нь дараах хэсгүүдээс бүрдэнэ [22]:

- Пакет задлагч болон боловсруулагч
- Халдлага илрүүлэх хэсэг
- Логийн болон алертийн хэсэг

C. Найв Bayes-ийн загвар

Компьютерийн сүлжээ нь зангилаануудаас тогтох бөгөөд дамжих мэдээлэл нь олон төрлийн хувьсагчууд байх ба тэдгээр нь хоорондоо харилцан хамаарал бүхий байна. Bayes-ийн сүлжээ нь тэдгээр хувьсагчуудын хамаарлыг боловсруулахаас гадна тэдгээрт агуулагдаж буй онцлогууд нь халдлага болон энгийн урсгалтай хэрхэн хамааралтай байгааг илрүүлэх боломжтой юм. Bayes-ийн сүлжээ нь тухайн онцлогуудыг ашиглан профайл үүсгэх бөгөөд тухайн профайлын тусламжтайгаар таних процессыг гүйцэтгэдэг. Өөрөөр хэлбэл тухайн профайл нь хувьсагчуудын мэдээллийг агуулсан цэц гэж ойлгож болох юм. Хэрвээ тухайн профайлын мэдээллээс оролтын өгөгдөл зөрсөн буюу хязгаарыг давсан тохиолдолд алерт өгөх юм. Профайлуудыг агуулсан системийг Bayes-ийн машин эсвэл загвар гэж нэрлэж болох юм.

Бэйсийн сүлжээний нэгэн төрөл болох Найв Бэйсийн ангилагчийг уг судалгаанд ашигласан. Тухайн аргачлал нь оролтын өгөгдлийн тусламжтайгаар профайлууд үүсгэх боломжтой бөгөөд үүнийг өөрөөр ангилал гэж хэлж болно. Бэйсийн ангилагчаар дурын k -ийн хувьд $y = C_k$ гэсэн ангилал үүсгэх боломжтой бөгөөд томъёог доор үзүүлэв:

$$\hat{y} = \underset{k \in \{1, \dots, K\}}{\operatorname{argmax}} p(C_k) \prod_{i=1}^n p(x_i | C_k) \quad (1)$$

Энэхүү ажилд хэвийн (C1) болон халдлагатай (C2) гэсэн хоёр төрлийн ангилал үүсгэн ашигласан.

Бид сүлжээний урсгалыг 'arff' форматад хөрвүүлж онцлог сонгох, өгөгдлийг цэвэрлэх, нормчлох зэрэг ажлуудыг гүйцэтгэсэн. Учир нь бидний туршилтад

ашиглах Weka [13] програм нь ‘arff’ форматын өгөгдлийн боловсруулалтыг гүйцэтгэх боломжтой юм.

D. Тооцооллын хэмжигдэхүүн

True positive (TP) – Халдлагыг халдлага гэдгээр нь зөв ангилсан тоо хэмжээ.

True negative (TN) – Хэвийн урсгалыг хэвийн урсгал гэдгээр нь зөв ангилсан тоо хэмжээ.

False positive (FP) – Хэвийн урсгалыг халдлага гэж ангилсан тоо хэмжээ.

False negative (FN) – Халдлагыг хэвийн урсгал гэж ангилсан тоо хэмжээ.

ХИС-ийн accuracy-г дараах томъёогоор бодож олно.

$$accuracy = \frac{TN + TP}{TN + TP + FN + FP} \quad (2)$$

IV. Туршилтын үр дүн

Энэ хэсэгт сигнатурт суурилсан, гажигт суурилсан болон хосолмол халдлага илрүүлэх системийн CPU, RAM, алдаагүйгээр халдлага илрүүлж буйг харьцуулсан туршилтын үр дүнг танилцуулах бөгөөд бидний [2] ажилд санал болгосон хосолмол халдлага илрүүлэх системийн үр дүнг танилцуулна. Бид туршилтандаа дараах 20 онцлогийг ашиглах бөгөөд үүнийг хүснэгт 1-д харуулав.

Хүснэгт 1. Сонгогдсон онцлогууд

№	Онцлогын нэр	Төрөл	Ангилал
1	duration	Cont.	Basic
2	protocol_type	Disc.	Basic
3	Service	Disc.	Basic
4	src_bytes	Cont.	Basic
5	Land	Disc.	Basic
6	wrong_fragment	Cont.	Basic
7	Urgent	Cont.	Basic
8	Flag	Disc.	Basic
9	num_failed_logins	Cont.	Content
10	logged_in	Disc.	Content
11	num_file_creations	Cont.	Content
12	is_guest_login	Disc.	Content
13	Hot	Cont.	Content
14	srv_error_rate	Cont.	Traffic
15	diff_srv_rate	Cont.	Traffic
16	num_compromised	Cont.	Traffic
17	error_rate	Cont.	Traffic
18	dst_host_same_src_port_rate	Cont.	Traffic
19	dst_host_srv_error_rate	Cont.	Traffic
20	dst_host_error_rate	Cont.	Traffic

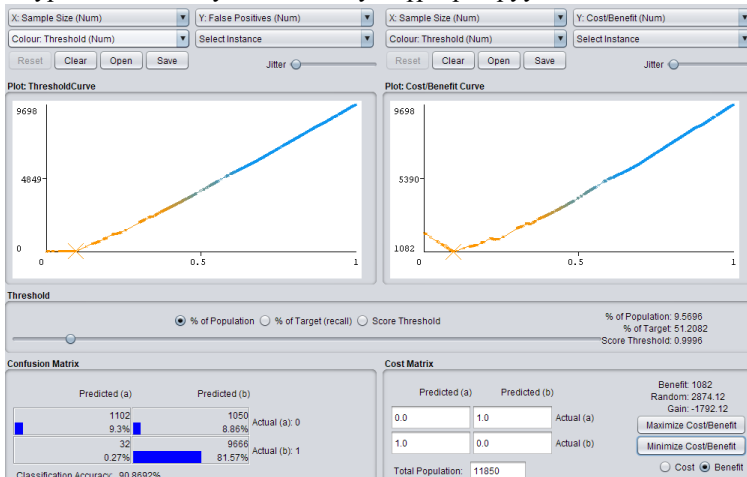
Бид сургалтын санг NSL-KDD 25192 өгөгдөл туршилтанд 11850 өгөгдөл байхаар ашигласан бөгөөд дараах хүснэгтэд Найв Бэйс машины үр дүнгийн confusion matrix-ийг харууллаа.

Хүснэгт 2. Найв Бэйсийн confusion matrix

	Халдлага	Хэвийн
--	----------	--------

Халдлага	1905	247
Хэвийн	3545	6153

Зураг 1-д уг туршилтын үр дүнг харуулсан бөгөөд accuracy 90.87% гэж харагдаж байна. Мөн уг туршилтын дундаж алдаа 0,3 байгаа нь хэт их алдаатай байсан бөгөөд зураг 2-д accuracy-г ангилал тус бүрээр харууллаа.



Зураг 1. Найв Бэйс ашигласан үр дүнг графикаар харуулав

=== Detailed Accuracy By Class ===

	TP Rate	FP Rate	Precision
	0.885	0.366	0.350
	0.634	0.115	0.961
Weighted Avg.	0.680	0.160	0.850

Зураг 2. Туршилтын accuracy-г програмын үр дүн бүхий зургаар харуулав

Уг туршилтын хүрээнд tcpreplay хэрэгслийг ашиглан туршилтын өгөгдлийг Snort суусан машинд дамжуулахад нийт өгөгдлийг 10519.12 ms хугацаанд боловсруулж дуусгасан бөгөөд програмд ямар нэгэн өөрчлөлтгүйгээр default тохиргоотой ажиллуулахад уг санд агуулагдаж буй 9698 халдлагын 8210-ийг нь халдлага гэж илрүүлсэн. График 1-д уг 2 туршилтын үр дүнг харууллаа. Хэвтээ тэнхлэгийн дагуу халдлагын мэдээллийг, босоо тэнхлэгийн дагуу нэгж холболтыг халдлага эсэхийг таних танилтын хугацааг ms-р харуулсан бөгөөд зурагт үзүүлснээр Цэнхэр өнгөтэй нь Найв Бэйс бол шар өнгөтэй нь Snort-ийн үр дүн юм. Үүнийг бодоходоо дундаж утгын томъёог ашигласан. Үүнээс үзэхэд хосолмол аргын тусламжтайгаар халдлагыг 0.815ms, хэвийн урсгалыг 0.36ms хугацааны дундажтайгаар илрүүлэх боломжтой бөгөөд халдлагыг багадаа 0.43ms, хэвийн урсгалыг 0.31 ms хугацаанд хамгийн багадаа таних боломжтой гэж дүгнэлээ. Энэхүү туршилтыг гүйцэтгэхэд Snort суусан системийн хувьд CPU – 18%, RAM – 83% ашиглагдсан бол Найв Бэйс системийн хувьд CPU – 21%, RAM – 93% ашиглагдаж байсан.

Хосолмол халдлага илрүүлэх системийн хувьд танилтын

хугацаа богино боловч 1 төхөөрөмж дээр зэрэг ажиллахад өгөгдлийн алдагдал ихсэх, төхөөрөмжийн хүчин чадал өндөр байх зэрэг дутагдалтай талтай болох нь туршилтын үр дүнд харагдаж байна.

График 3-д харуулснаар хосолмол халдлага илрүүлэх систем нь ачааллын хувьд өндөр хэдий ч сигнатурт суурилсан, гажигт суурилсан тусдаа системүүдээс таних танилтын хугацаа богино байгаа нь ажиглагдаж байна.

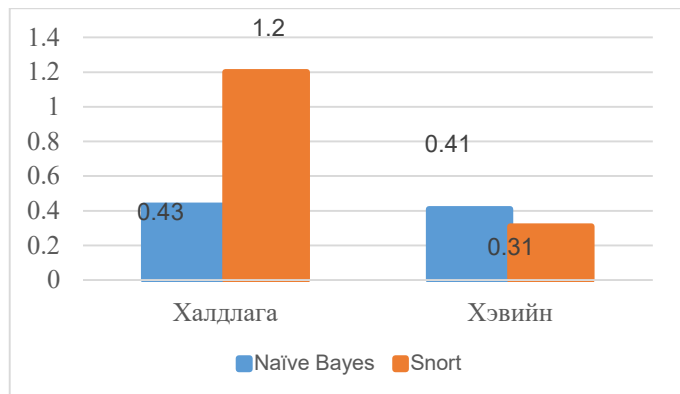


График 1. Халдлага таних хугацаа

Дүгнэлт

Халдлага илрүүлэх системийг сайжруулах, шинэ халдлагыг хугацаа алдалгүй илрүүлэх ажил нь эдийн засгийн хувьд асар их үр өгөөжтэй бөгөөд бид энэхүү судалгааны ажлын хүрээнд хосолмол халдлага илрүүлэх систем нь бусад системээс богино хугацаанд халдлагыг илрүүлэх боломжтой гэсэн дүгнэлтэд хүрлээ.

Хосолмол халдлага илрүүлэх системийн хувьд төхөөрөмжийн хүчин чадал өндөр байхыг шаардах бөгөөд халдлага илрүүлэх машиныг дахин сургах хугацаа богино байх нь үйлдвэрлэлд нэвтрэхэд үүсэх эрсдэлийг бууруулна гэж үзэж байна.

Цаашид энэ төрлийн системийг сайжруулах, бодит орчинд туршиж үзэх, машиныг self-learning болгох зэрэг судалгааны ажил хийх шаардлагатай гэж үзэж байна.

НОМ ЗҮЙ

- [1] T. Evangelista, Les IDS - Les systèmes de détection d'intrusions informatiques, Dunod 2004.

- [2] Ugtakbayar.N, Usukhbayar.B and Nyamjav.J, "Improving accuracy for anomaly based IDS using signature based system" International Journal of Computer Science and Information Security, Vol. 14, No. 5, pp. 358-361, 2016
- [3] S. Wu, Xiaonan and W. Banzhaf, "The use of computational intelligence in intrusion detection systems: A review", Applied Soft Computing, vol. 10, no. 1, (2010), pp. 1-35.
- [4] H. Debar, M. Dacier, and A. Wespi, "Towards a taxonomy of intrusion detection systems," COMPUTER NETWORKS, vol. 31, no. 8, 1999.
- [5] [6] S. Bellovin and R. Bush, "Configuration management and security," IEEE Journal on Selected Areas in Communications fSAC, vol. 27, no. 3, 2009.
- [6] L. Coppolino, S. D'Antonio, A. Garofalo, and L. Romano, "Applying Data Mining Techniques to Intrusion Detection in Wireless Sensor Networks," in Eighth International Conference on P2P, Parallel, Grid, Cloud and Internet Computing, Oct 2013, pp. 247-254.
- [7] I. Cabrera, I. Gosar, W Lee, and R. Mehra, "On the statistical distribution of processing times in network intrusion detection," in 43rd IEEE Conference on Decision and Control, Atlantis, Paradise Island, Bahamas, 2004.
- [8] D. Schuff and Y. Pai, "Design alternatives for a high-performance selfsecuring ethernet network interface," in IEEE International Parallel and Distributed Processing Symposium, IPDPS 2007
- [9] C. Wu, J. Yin, Z. Cai, E. Zhu, and J. Chen, "A hybrid parallel signature matching model for network security applications using simd GPU," Springer, 2009, pp. 191-204.
- [10] H. Dreger, A. Feldmann, Y. Paxson, and R. a. Sommer, "Predicting the resource consumption of network intrusion detection systems," in Recent Advances in Intrusion Detection. Springer, 2008
- [11] H. Dreger, A. Feldmann, Y. Paxson, and R. Sommer, "Operational experiences with high-volume network intrusion detection," in Proceedings of the 11 th ACM conference on Computer and communications security. ACM, 2004
- [12] W Lee, I. Cabrera, A. Thomas, N. Balwalli, S. Saluja, and Y Zhang, "Performance adaptation in real-time intrusion detection systems," in Recent Advances in Intrusion Detection. Springer, RAID, 2002
- [13] Bulajoul W, James A and Pannu M. Network intrusion detection systems in high-speed traffic in computer networks. e-Business Engineering (ICEBE), 2013 IEEE 10th International Conference on; 2013. IEEE.
- [14] Saboor A, Akhlaq M and Aslam B. Experimental evaluation of Snort against DDoS attacks under different hardware configurations. Information Assurance (NCIA), 2013 2nd National Conference on; 2013. IEEE.
- [15] Patcha A, Park JM. Network anomaly detection with incomplete audit data. Computer Networks 2007a;51(13):3935e55
- [16] Ilhame EL Farissi, Mohammed Saber, Sara Chadli, Mohamed Emharraf, Mohammed Chaouth Belkasm. Analysis performance of an Intrusion Detection Systems based on Neural Network. In IEEE, 2016
- [17] Gaurav Meena, Ravi Raj Choudhary. Review paper on IDS classification using KDD 99 and NSL KDD dataset in WEKA. IEEE International Conference on Computer, Communications and Electronics, 2017

SDR хавтан ашигласан Жейкс замхралттай сувгийн эмуляторийн хэрэгжүүлэлт

Э.Адъяабат, Б.Болортуяа, М. Баярпүрэв

Электроник, Холбооны Инженерчлэлийн Тэнхим

Хэрэглээний Шинжлэх Ухаан, Инженерчлэлийн Сургууль

Монгол Улсын Их Сургууль

adiyabat@seas.num.edu.mn, bolortuya639@gmail.com, bayarpurev@seas.num.edu.mn

Хураангуй—Хөдөлгөөнт радио төхөөрөмжийг бодит хэмжилт хийж туршиж үзэх нь өртөг өндөртэй. Жейкс замхралттай хөдөлгөөнт радио сувгийн эмуляторыг хийж туршилтанд ашиглах хэрэгцээ өндөр. Иймээс сувгийн эмуляторыг хийснээр зардлын хувьд хэмнэх боломжтой бөгөөд туршилтын төхөөрөмжөө богино хугацаанд хялбараар туршиж үзэх боломжтой болж байгаа. Жейкс замхралттай сувгийн эмуляторыг хийхэд Синусиодуудыг нэмэх (Sum-of-siniod) арга, Шүүлтүүрийн арга гэх мэтээр загварчилдаг. Энэхүү судалгааны ажлаар Жейкс замхралттай сувгийн эмуляторын хардвар хэрэгжүүлэлт хийхийг зорилоо. Сувгийн загварыг гаргахдаа Синусиодуудыг нэмэх аргыг ашигласан. Синусиод нэмэх аргаа Питон (Python) хэл дээр симуляци хийж , үнэлгээ хийсэн. Мөн сувгийнхаа статистик шинж чанаруудыг МАТЛАБ програм дээр симуляци хийж харуулсан. Хэрэгжүүлэлтийг USRP B210 хавтанг ашиглан хийсэн бөгөөд 800 МГц давтамж дээр хэрэгжүүлсэн.

Түлхүүр үг—Жейкс замхралттай суваг, хөдөлгөөнт радио суваг, Синусиод нэмэх арга, Програмаар тодорхойлогддог радио, автокорреляцийн функц

I. УДИРТГАЛ

Утасгүй холбоонд нэвтрүүлэгчээс, хүлээн авагч хооронд радио долгионыг дамжуулахад олон замын тархалттай сувгаар дамждаг. Нэвтрүүлэгчээс хүлээн авагч хооронд радио долгион дамжиж буй орчинг суваг гэдэг. Нэвтрүүлэгчээс радио долгионыг дамжуулахад олон замаар тархсан, янз бүрийн чадалтай радио долгионыг хүлээн авдаг. Олон замын тархалт нь хүлээн авагч дээр очихдоо барилга байгууламж, уул мод машин гэх мэт зүйлүүдээс болж гажилт, хугацааны хоцрогдол үүсч өөр өөр чадалтай болон очдог. Радио долгионы гажилтыг гурван параметр болох далайц, давтамж, фазын хувьд үнэлдэг. Хөдөлгөөнт радио сувгийг хийх гол шалтгаан нь шинэ төхөөрөмжийн ажиллагааг туршиж үзэхэд бодит суваг дээр хэмжилт хийх шаардлагатай болдог. Иймээс математик тооцооллыг хийж сувгийн загварчлалыг гаргаж хуурмагаар хийх нь бодит сувагт хийснээс илүү зардлыг хэмнэж чадна. Иймээс хөдөлгөөнт радио сувгийг хийх нь маш ач холбогдолтой юм. Утасгүй холбоонд Релейн замхралттай сувгийн симуляци нь маш сонирхолтой зүйл юм. Утасгүй холбооны системийн дизайн болон тестийг амжилттай хийхэд радио долгион цацаргалтын орчны симуляцийг нарийвчлалтайгаар

хийх шаардлагатай. Энэ симуляцийн загвар нь хөдөлгөөнт радио сувгийн статистикшинж чанаруудыг харуулсан байх ёстой. Худалдан авах боломжтой замхралттай (fading) сувгийн эмулятор нь овор ихтэй , өртөг өндөртэй байдаг. Илүү нарийн , өртөг багатай арга хэлбэр нь Програмаар Тодорхойлогддог Радио (Software Defined Radio) дээр бодит хугацаатай сувгийн эмуляторыг хэрэгжүүлэх юм. Жейкс замхралттай суваг нь ерөнхийдөө комплекс Гауссын Өргөн-Сенс (Wide-Sense Stationary) [6],[7],[10] процессоор загварчлагддаг. Санамсаргүй процесс $\{c(t)\}$ нь Өргөн-Сенс хөдөлгөөнгүй (WSS) байвал дундаж утга буюу $E[c(t)] = \mu$, автокорреляцийн функц $R_c(t_1, t_2)$ нь хугацааны хувьд инвариант байна. Комплекс Гауссын Өргөн-Сенс Хөдөлгөөнгүй (GWSS) процесс нь $c(t) = c_i(t) + jc_q(t)$ [10] байна. Дараах томъёоны хувьд комплекс Гауссын процесс $c(t)$ нь бодит болон хуурмаг хэсгээр илэрхийлэгдсэн ба $c_i(t)$, $c_q(t)$ нь тэнцүү вариантай хоорондоо хамааралгүй, тэг дундажтай Гаусс байна. Өөрөөр хэлбэл хөвөө нь $c(t) = \sqrt{c_i(t)^2 + c_q(t)^2}$ [10] байх ба үүнээс $f_{|c|}(c) = \frac{c}{\sigma} \exp[-c^2/2\sigma^2]$ [10] Релейн түгэлттэй болно. c_i болон c_q – н автокорреляцийн функц нь $J_0(2\pi f_D \tau)$ [14]-р илэрхийлэгдэнэ. f_D нь хамгийн их Допплерийн давтамж, τ нь хугацааны лаг(lag), харин J_0 нь тэгдүгээр эрэмбийн Бесселийн функц юм. c_i болон c_q -н Жейкс чадлын спектртэй байна.

II. ХӨДӨЛГӨӨНТ РАДИО СУВГИЙН ЗАГВАРЧЛАЛ

Олон замын тархалттай утасгүй сувагт нэвтрүүлэгчээс хүлээн авагч хүртэл дохио нь ойх болон хугардаг бөгөөд хүлээн авагч дээр дохионуудыг нэмж хүлээн авдаг. Сувгийн респонсыг тодорхойлох нь хамгийн чухал зүйл юм. Дамжуулагч болон хүлээн авагч хоёрын хооронд маш олон саад байдаг бөгөөд тухайн саадыг урьдчилж мэдэх боломжгүй юм. Санамсаргүй процессоор хүлээн авсан дохиог тодорхойлдог. Энэ тохиолдолд SOS аргын эмулятор нь хүлээн авсан дохио нь санамсаргүй фазтай синусиодуудын нийлбэр байдаг. Ийм учраас SOS аргын олон тархалттай сувгийн эмуляторыг маш өргөнөөр ашигладаг[1],[4]. Релейн хавтгай(flat) замхралттай нарийн зурвасын дохионы зарим шинж чанаруудыг дурьдвал. Дамжуулагчаас хүлээн авагч

хоорондын орчинд эгц урдаас(Line-of-sight) биш байдаг. Хүлээн авагч руу дамжуулсан зөөгчийн хөвөөний магадлалын нягтын функцийн(PDF) илэрхийлэл нь Релейн түгэлтэй байдаг[3],[4],[5].

$$f_R(r) = re^{-r^2/2} \quad (1)$$

Фазын магадлалын нягтын функц(PDF) нь жигд түгэлтэй байна[1],[8],[12],[13]:

$$f_\theta(\theta) = \frac{1}{2\pi}, \quad 0 \leq \theta < 2\pi \quad (2)$$

Хүлээн авсан дохионы автокорреляцийн функц нь дараах томъёогоор илэрхийлэгдэнэ.

$$R_R(\tau) = \cos(\omega_c \tau) J_0(\omega \tau) \quad (3)$$

III. ХӨДӨЛГӨӨНТ РАДИО СУВАГ

Олон замын тархалттай сувагт дамжуулсан дохио нь объектоос ойх, хугарах гэх мэтээр хүлээн авагч дээр очих бөгөөд хүлээн авагч нь суперпозицийн зарчмаар долгионоо нэмж хүлээн авдаг. Жейкс замхралттай сувгийг хийхэд Синусиод нэмэх(SOS) аргыг ашиглана. Нэвтрүүлэгчээс цацсан долгионыг хүлээн авагч хүлээн авч суперпозицийн зарчмаар нэгтгэн дараах томъёогоор илэрхийлнэ[1],[5].

$$R_D = \text{Re}\{E_0 \sum_{n=1}^N C_n e^{j(\omega_m t \cos A_n + \phi_n)} e^{i\omega_c t}\} \\ = E_0 \sum_{n=1}^N C_n \cos(\omega_c t + \omega_m t \cos A_n + \phi_n) \quad (4)$$

E_0 нь нэвтрүүлсэн синусиод дохионы далайц, C_n нь санамсаргүй хувьсагч бөгөөд n тархалттай замын сулрал, A_n нь санамсаргүй хувьсагч n замын цацаргалтын хүлээн авах өнцгийг заах ба хүлээн авагчийн хөдөлгөөний чиглэлээс хамаарна, ϕ_n нь санамсаргүй хувьсагч бөгөөд n замын цацаргалтын фазыг шифт хийдэг. ω_c нь нэвтрүүлсэн синусан дохионы радиан давтамж $\omega_c = 2\pi \nu \cos(\alpha)/\lambda_c$ байна. ω_m нь хамгийн их Допплер өнцөг давтамж $\omega_m = 2\pi \nu/\lambda_c$ байна. ν -нь хүлээн авагчийн хурд, λ_c нь нэвтрүүлсэн дохионы долгионы урт ба j нь комплекс тогтмол, $j^2 = -1$ байна. Санамсаргүй хувьсагч хэрэглэх бөгөөд өөрөөр хэлбэл хүлээн авсан замхралттай (fading) дохионы стохастик шинж чанар нь хамгийн чухал. $R_D(t)$ дохиог нормчилсон нэгж чадалтай болох бөгөөд өөрөөр хэлбэл хүлээн авагч дээр нормчлогдсон дохиог хүлээж авна [5].

$$R(t) = \sqrt{2}E_0 \sum_{n=1}^N C_n \cos(\omega_c t + \omega_m t \cos A_n + \phi_n) \quad (5)$$

$R(t)$ -нормчлогдсон хүлээн авсан дохио юм. Стохастик дохио $R(t)$ нь C_n , A_n , ϕ_n гурвыг N -ээс хамааруулан тодорхойлж хавтгай(flat) замхралттай(fading) дохиог төлөөлдөг. C_n , A_n болон ϕ_n нь санамсаргүй хувьсагч хоорондоо хамааралгүй хувьсагчийн нийлбэр. Энэ ойлголт нь замхралттай үзэгдлийн физик шинж чанараас батлагддаг. (5)-р томъёог симуляци хийхэд Допплер давтамж $\Omega_n = \omega_m \cos A_n$ бүрд N нам давтамжийн осцилляторын нэг нь байх шаардлагатай. Энэ эмуляторыг хэрэгжүүлэхэд (5)-р хавтгай (flat)

замхралттай (fading) дохиог үүсгэх хэрэгтэй бөгөөд үүний тулд бага-давтамжтай (low-frequency) осцилляторын тоог багасгахыг зорьж Жейксийн зарим ойлголтыг мэдэх шаардлагатай. n замын сулрал нь[1],[6],[15]:

$$C_n = \frac{1}{\sqrt{N}}, \quad n = 1, \dots, N \quad (6)$$

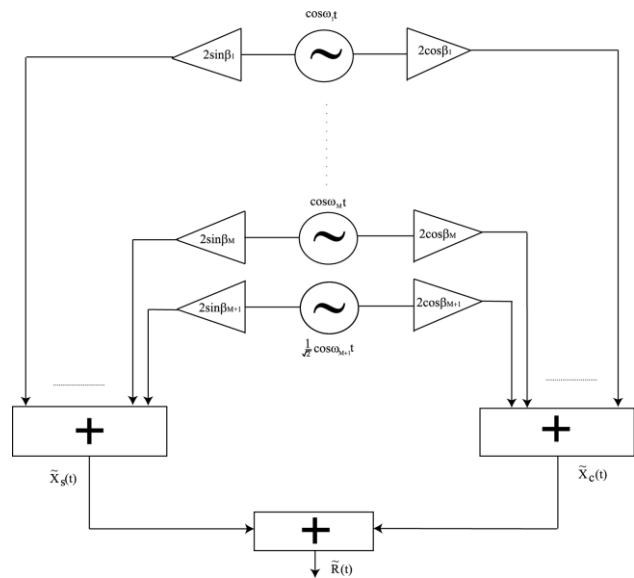
болон

$$A_n = \frac{2\pi n}{N}, \quad n = 1, \dots, N \quad (7)$$

Түүнчлэн эмуляторын N -н тоог сонгоно:

$$N = 4M + 2 \quad (8)$$

Иймээс өөр өөр Допплер давтамж шилжилтийн тоог N -ээс $M + 1$ рүү багасгана. Өөрөөр хэлбэл хавтгай (flat) замхралттай (fading) дохиог зөвхөн $M + 1$ бага давтамжийн осцилляторуудыг хэрэглэснээр гарган авч чадна. Эмуляторын блок диаграммыг дараах зурагт харуулав[3],[4],[5],[15].



Зураг 1. Хөдөлгөөнт радио сувгийн эмулятор

Блок диаграммаас эмуляторын гаралтын дохиог амархан бичиж чадна. Хөдөлгөөнт радио сувгийн эмуляторын гаралт нь [5],[15]:

$$\tilde{R}(t) = \tilde{X}_c(t) + \tilde{X}_s(t) \quad (9)$$

In-phase болон quadrature байгуулагчуудын илэрхийлэл:

$$\tilde{X}_c(t) = \frac{2}{\sqrt{N}} \left(\sqrt{2} \cos B_{M+1} \cos \omega_m + 2 \sum_{n=1}^N \cos B_n \cos \omega_n t \right) \quad (10)$$

$$\tilde{X}_s(t) = \frac{2}{\sqrt{N}} \left(\sqrt{2} \sin B_{M+1} \cos \omega_m + 2 \sum_{n=1}^N \sin B_n \cos \omega_n t \right) \quad (11)$$

$\tilde{R}(t)$ нь $R(t)$ стохастик процессын хэрэгжилтийг багасгана. Дараагийн бүлэгт SOS аргын сувгийн эмуляторын статистик шинж чанарууд тодорхойлъя.

А. Хөдөлгөөнт радио сувгийн статистикууд

SOS-н автокорреляци функц нь Бесселийн функц гарах ёстой бөгөөд (5) дахь томъёо ёсоор SOS маань f_c гэсэн зөөгч давтамжаар зөөгдсөн байна. Иймээс үндсэн зурвас дээр авчирч автокорреляци функцийг бодож олно. $R(t)$ гэсэн замхралттай (fading) дохионы зөөгч өнцөг давтамж болон бодит, хуурмаг хэсгээр ялган бичвэл ийм хэлбэртэй болно[14].

$$R(t) = \cos \omega_c(t) R_R(t) + \sin \omega_c(t) R_I(t) \quad (12)$$

Бодит хэсэг нь үндсэн давтамж дээр[14]:

$$R_R(t) = \sum_{n=1}^N \cos(\omega_m(t)) \cos \frac{2\pi n}{N} \quad (13)$$

$R_R(t)$ -н автокорреляци функц нь[14]:

$$R_R(t_1, t_2) = \sum_{n=1}^N \cos(\omega_m(t_1, t_2)) \cos \alpha_n \quad (14)$$

байна. Автокорреляци функцийг ажигласнаар $R(t)$ замхралттай (fading) дохио нь WSS, эмуляторын хэрэгжүүлэлтэнд N болон $\alpha_n = 2\pi n / N$ [11]-г тэгш тоогоор сонгож ихэвчлэн хэрэглэдэг. (14)-дэх илэрхийллийг хялбарчилбал:

$$R_R(\tau) = \sum_{n=1}^N \cos(\omega_m(\tau)) \cos \frac{2\pi n}{N} \quad (15)$$

болно.

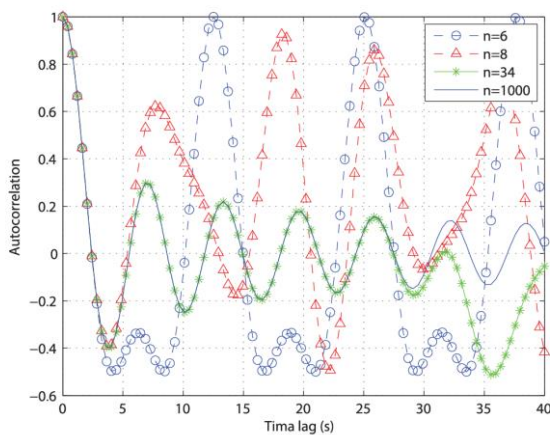
N -г их тоогоор авсан тохиолдолд Бесселийн функцийг илэрхийлэл рүү улам дөхөх болно. $(0; 2\pi)$ -н хооронд $R(t)$ замхралттай (fading) дохионы автокорреляци функцийг бодож Бесселийн функцаар илэрхийлбэл доорх илэрхийлэл:

$$R_{RR}(t_1, t_2) = J_0(\omega_m(t_1 - t_2)) \quad (16)$$

болно. $R(t)$ замхралттай (fading) дохионы хөвөөний магадлалын нягтын функцийг дараах томъёогоор [9],[10].

$$f_R(r) = r \int_0^\infty J_0^N \left(q \sqrt{\frac{2}{N}} \right) J_0(rq) q dq, \quad r \geq 0 \quad (17)$$

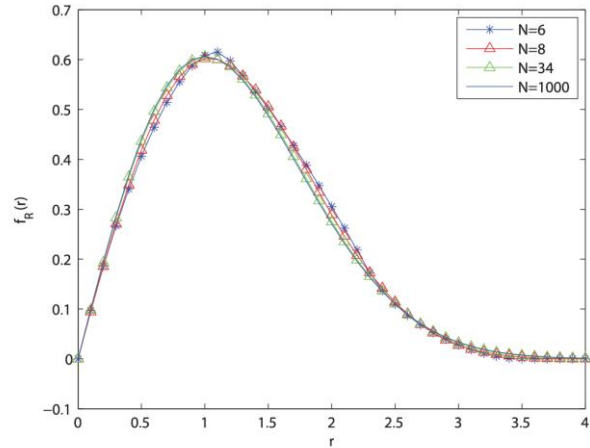
болно.



Зураг 2. SOS-н autocorrelation функц $\omega_m = 1$ үед

$N=6, 8$ болон 34 утгуудад бүгд ижил стандарт Релейн магадлалын түгэлтийн функцтэй (PDF) байна. $R(t)$ -н хөвөөний магадлалын нягтын функц нь $N=6, 8$ болон

$N=34$ гэсэн утгуудад ямар хамааралтайг дараах зурагт харуулав.

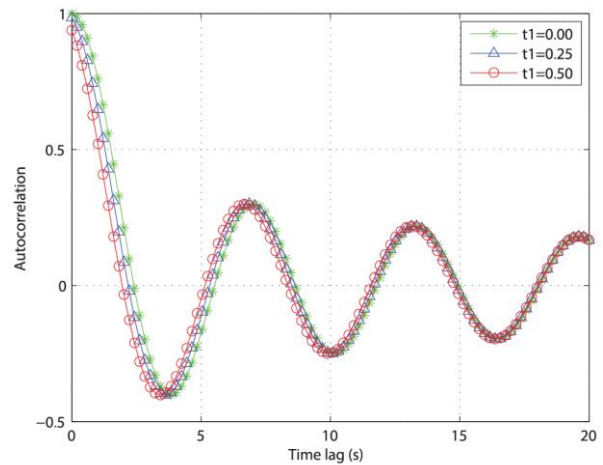


Зураг 3. $R(t)$ дохионы хөвөөний магадлалын нягтын функц

Фазын магадлалын нягтын функц нь [2],[8],[12],[13]:

$$f(\theta) = \frac{1}{2\pi}, \quad 0 \leq \theta < 2\pi \quad (18)$$

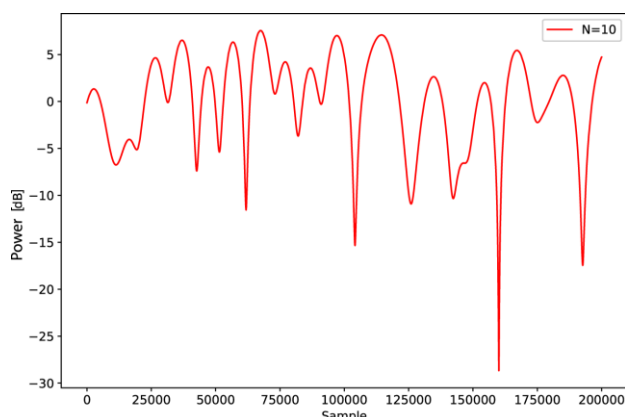
$R(t)$ дохионы автокорреляцийг $\omega_m = 1, M = 8, N = 34$ үед гурван хугацааны өөр агшинд харъя.



Зураг 4. $R(t)$ ACF-г $\omega_m = 1, M = 8, N = 34$ үед t_1 хугацааны өөр өөр агшинд

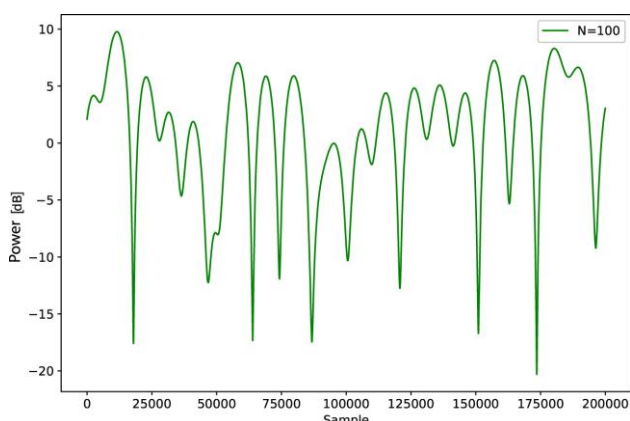
IV. ТУРШИЛТ, ҮР ДҮН

Хөдөлгөөнт радио сувгийн эмуляторын симуляцийг Питон(Python) хэл дээр болон GNURadio програм хийсэн. Сувгийн симулялтоор $f_c = 800\text{МГц}$ давтамж дээр, $v = 75\text{км/ц}$ жигд хурдтайгаар хөдөлж байгаа гэж үзнэ. Гэрлийн хурд $c = 3 * 10^8\text{м/с}$ тогтмол хэмжигдэхүүн бөгөөд хамгийн их Допплер радиан давтамж нь $\omega_m = 2\pi/\lambda_c$ байна. $f_D = 166\text{Hz}$ болно. Симуляци хийхдээ N -н хэд хэдэн утгыг сонгож авах бөгөөд үүнээс M -г олно. M -г олохдоо $M = \frac{1}{4}(N - 2)$ томъёогоор олно. Сисусиодыг нэмэх (SOS) аргын гаралтыг $N = 10, 100, 200$ үед гаралтыг нь хугацааны домайн дээр харвал.



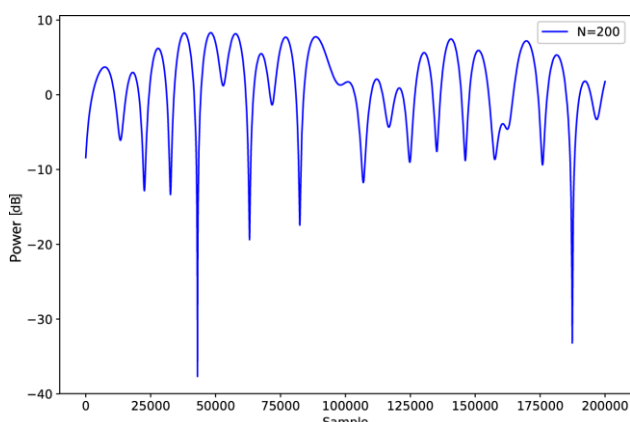
Зураг 5. N=10 үед Хөдөлгөөнт радио суваг

N= 10 үед $M = 2$ буюу нийт 6 осциллятор ашиглан синусиодыг генерацлана.



Зураг 6. N=100 үед Хөдөлгөөнт радио суваг болон сувгаас логарифм хуваарь авсан нь

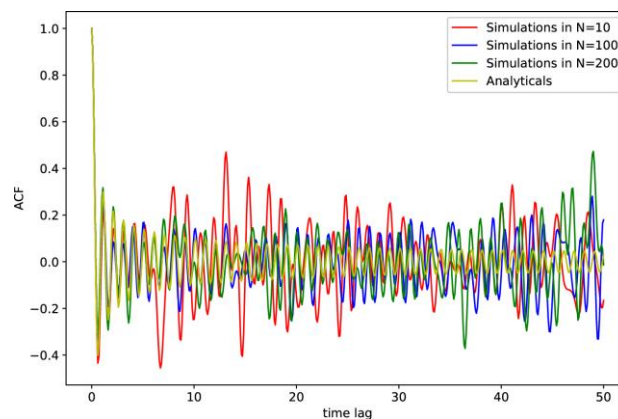
Эмуляторын гаралтанд харилцан хамааралтай олон синусиодын нийлбэр гарч байгаа бөгөөд N-н тоо их болох тусам Бесселийн функц руу илүү дөхнө. Ингэснээр бид энэхүү сувгаар илүү нарийн хэмжилт хийх боломжтой болно. Олон замын тархалттай сувгийн дээр дурьдсан нэг шинж чанар бол Бесселийн функцийн Фурье хувиргалт нь Жейкс спектр гардаг. N тоо буюу осцилляторын тоо ихсэх тусам Бесселийн функц рүү дөхөх ёстой.



Зураг 7. N=200 үед Хөдөлгөөнт радио суваг

N= 200 үед симуляторын гаралтыг ажигласнаар N= 10, 100 үеийнхээс илүү сайжирч байгаа нь харагдаж байна. Иймээс хардвар хэрэгжүүлэлт хийхэд

Бесселийн функц руу илүү дөхсөн N-н утгыг сонгож авах юм. Зураг (7)-т N=200 үед симуляторын гаралтыг ажигласнаар гаралт нь илүү сайн болж ирж байна. Энэ үр дүнгээс дүгнэлт хийхэд хамааралтай олон синусиодыг нэмэх тусам гаралт сайжирч байгаа.



Зураг 8. N=10, N=100, N=200 үед автокорреляцийн функц

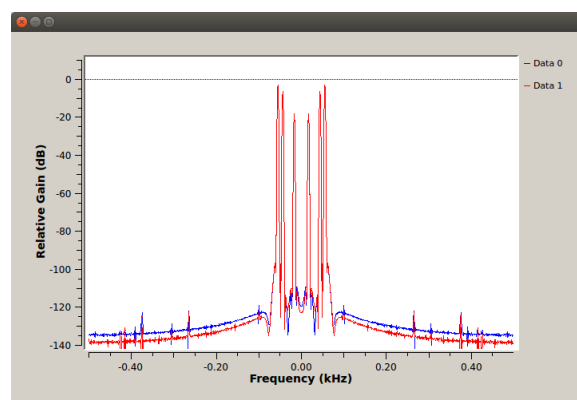
V. ХАРДВАР ХЭРЭГЖҮҮЛЭЛТ

Хардвар хэрэгжүүлэлтийг 800МГц давтамж дээр 60км/ц жигд хурдтайгаар хөдөлж байгаа гэж үзсэн. Зураг 9-т хардвар хэрэгжүүлэлтийн ерөнхий схемийг харуулав.

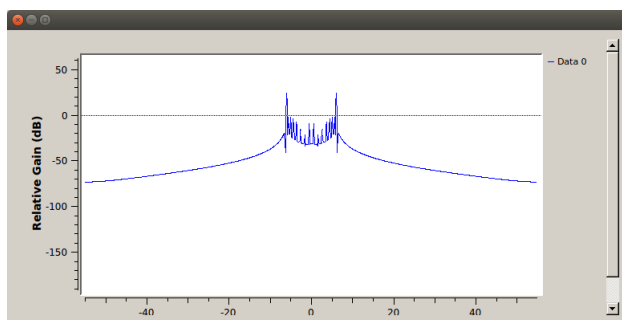


Зураг 9. Хардвар хэрэгжүүлэлтийн ерөнхий блок схем

N=10, 34 үед Програмаар Тодорхойлогддог Радио ашиглан GNURadio програм хангамж дээр Зураг 1 дэхь блок диаграммын дагуу хэрэгжүүлэлтийг хийсэн хэрэгжүүлсэн. Хэрэгжүүлтийг үндсэн зурвас дээр хийсэн.



Зураг 10. N=10 үед сувгийн эмуляторын Жейкс чадлын спектр

Зураг 11. $N=34$ үед сувгийн эмуляторын Жейкс чадлын спектр

VI. ДҮГНЭЛТ

Энэхүү судалгааны ажлаар Жейкс замхралттай сувгийн эмуляторыг Синусиод нэмэх аргыг ашиглан гүйцэтгэж Питон (Python) хэл дээр үнэллээ. Синусиод нэмэх арга нь синусиод дохио үүсгэх нийт осциллятор болох $(M + 1)$ -н тоо ихсэх тусам сувгийн эмуляторын автокорреляци функц нь Бесселийн функц рүү дөхөж байна. Хөдөлгөөнт радио сувгийн эмулятораа үндсэн зурвас дээр хэрэгжүүлсэн. Синусиод нэмэх арга нь хэрэгжүүлэлт хийхэд шүүлтүүрийн аргыг бодвол илүү хялбар юм. Өөр өөр давтамжтай синусиодыг генерацлахад осциллятор шаардлагатай. Өөрөөр хэлбэл N -н утгыг хэд байхаас хамаарч $M+1$ ширхэг осциллятор хэрэгтэй болно. Давтамжууд нь хоорондоо ялгаатай осцилляторуудыг олныг хэрэглэх тусам нэмэгч хэрэглэх хэрэгтэй бөгөөд $(2 * (M - 1) + 1)$ нэмэгч ашиглана. Осцилляторын тоо ихсэх тусам олон нэмэгч ашиглах шаардлагатай болж байгаа. “ ашиглан хардвар хэрэгжүүлэлт хийхэд N -н утгыг хамгийн тохиромжтойгоор сонгож авах юм. Энэхүү судалгааны ажилд Питон(Python) хэл дээр $N=10, 100, 200$ үед симуляци хийсэн. $N=100$ үед хөдөлгөөнт радио сувгийн эмуляторыг USRP хавтанг ашиглан хэрэгжүүлсэн. Энэхүү судалгааны ажлын шинэлэг тал нь Програмаар тодорхойлогддог радио (SDR) ашиглан Жейкс замхралттай сувгийн эмуляторыг хэрэгжүүлснээр уян хатан ажиллагаатай юм. Өөрөөр хэлбэл сувгийн эмуляторын коэффициентуудаа хүссэнээрээ өөрчлөн туршиж үзэх боломжтой. Одоогийн хэрэгжүүлэлт нь зөвхөн Жейкс замхралттай сувгийн эмулятор бөгөөд цаашид олон замын тархалттай сувгийн эмулятор болгон хөгжүүлэлт хийх боломжтой.

АШИГЛАСАН НОМ

- [1] W.C Jakes, Microwave Mobile Communication. Piscataway NJ:Press, 1994
- [2] [15] Willam C.Jakes Jr. “Microwave Mobile Communications”.1974.
- [3] Multipath Fading Simulator, Japan Radia Co., 2005
- [4] Wireless Channel Emulator, Spirent Communications, 2006.
- [5] M.Patzold, U.Kilat, and F.Laue, “Statistical properties of Jakes’ fading channel simulator,” in Vehicular Technology Conf. Rec. (VTC’98), vol. II, Ottawa, ON, Canada, May 1998, pp.712-718.
- [6] Marius F.Pop and Norman C.Beraulieu, “Limitation of Sum of sinusoids Fading Channel Simulators”, IEEE Trans.Comm., vol 49, no. 4, april 2001
- [7] Jamshiad Sarvar Malik, Ahmed Hemani, “On the Design of Doppler Filters for next Generation Radio Channel Simulators”, 2009 International Conference on Signals, Circuit and Systems.
- [8] Wireless Channel Emulator, Spirent Communications, 2006.
- [9] R. H. Clarke, “A statistical theory of mobile-radio reception,” Bell System Technical Journal, vol. 47, pp. 957–1000, 1968.
- [10] M. Patzold, R. Garcia, and F. Laue, “Design of high-speed simulation models for mobile fading channels by using table lookup techniques,” IEEE Trans. Veh. Technol., vol. 49, no. 4, pp. 1178–1190, July 2000.
- [11] Amirhossein Alimohammad, Saeed Fouladi Fard, Bruce F. Cockburn, Christian Schlege, “Improved SOS-based Fading Channel Emulator”, IEEE 2007.
- [12] Cheng-Xiang Wang, Dongfeng Yuan, Senior Member, Hsiao-Hwa Chen, Wen Xu, “An Improved Deterministic SoS Channel Simulator for Multiple Uncorrelated Rayleigh Fading Channels”, IEEE TRANSACTIONS ON WIRELESS COMMUNICATIONS, VOL. 7, NO. 9, SEPTEMBER 2008.
- [13] G.L. Stub, Principles of Mobile Communication. Norwell, MA: Kluwer, 1996.
- [14] M.J.Gans “A power-spectral theory of propagation in the mobile radio environment,” IEEE Trans. Veh. Technol., vol. VT-21, pp. 27-28, Feb. 1972.
- [15] M.F.Pop, “Statistical Analysis of Sinusoids Fading Channel Simulators”, M.Sc.thesis, Queen’s Univ., Kingston, ON, Canada, 1999.

REST вэб үйлчилгээний нэвтрэлт баталгаажуулалтын аргачлалуудын харьцуулсан судалгаа

Б.Ганбаяр¹, З.Цолмон², Н.Угтахбаяр², Б.Өсөхбаяр²

ХШУИСургууль, МУИС, Улаанбаатар хот, Монгол улс

И-мэйл:²tsolmon.1771@gmail.com,^{1,2}{ b.ganbayar; ugtakbayar; usukhbayar}@seas.num.edu.mn

Хураангуй — Үүлэн тооцоолол, зүйлсийн интернет (IoT) зэрэг технологийн дэвшлүүдтэй холбоотойгоор API-д суурилсан үйлчилгээний хүртээмж, хэрэглээ өсөн нэмэгдэж байгаа билээ. Үүний зэрэгцээ хэрэглэгч сервер хоорондын аюулгүй байдлыг хангах, хэрэглэгчийн хандалтын баталгаажуулалтыг (authentication) найдвартай хийх шаардлага МАБ-ын судлаачдын хувьд чухал судлагдахуун болж байна. Уг баталгаажуулалтыг хийж гүйцэтгэх олон аргачлал байдаг бөгөөд тэдгээрээс үндсэн (basic), дижестэд(digest) суурилсан, токен (token)-д суурилсан, сээшин (session)-д суурилсан гэсэн 4-н аргачлалыг энэхүү судалгааны ажилд хамруулан судалсан. Бид энэхүү судалгааны ажлын хүрээнд API үйлчилгээний хандалтын баталгаажуулалтыг хэрхэн хангах талаар харьцуулсан судалгаа хийж үүнээс Representational state transfer (Rest) вэб архитектурт суурилсан үйлчилгээний хэрэглэгч болон аппликейшнуудын хандалтын баталгаажуулалтад гуравдагч талд суурилсан аргачлал илүү сайн болохыг нотолсон үр дүнг харууллаа.

Түлхүүр үгс—API security, Restful web authentication, oauth, web authentication

I. УДИРТГАЛ

Вэб API-г загварчлах Simple Object Access Protocol (SOAP), Representational State Transfer (REST), Remote Procedure Call (RPC) гэсэн голлох архитектуруудыг өнөөгийн вэб үйлчилгээнүүд ашиглаж байна. Эдгээрээс REST загвар нь энгийн бөгөөд үр ашигтай байдлаараа ялгарч сүүлийн жилүүдэд API хөгжүүлэгч нар системүүдээ өргөнөөр ашиглагдах болсон [2]. REST вэб архитектурыг 2000 онд Roy Fielding анх загварчлан гаргасан бөгөөд хэрэглэгч-сервер гэсэн загвар дээр суурилж, HTTP протоколыг ашиглан өгөгдөл дамжуулдаг. Мөн төлөвт-бус¹(stateless) холболтын төрөл ашиглаж, хандах боломжтой бүх өгөгдлийг нөөц гэж үздэг онцлогтой юм. REST архитектур ашигласан API -д нөөц бүрийг URI-аар

ялгах ба тэдгээр дээр HTTP-ын GET, PUT, POST, DELETE гэх зэрэг үйлдлүүдийг ашиглан нөөцөд хандаж, устгаж, өөрчлөх зарчмаар ажилладаг [1].

Хэрэглэгч-сервер загвараар ажиллах төлөвт-бус (stateless) холболттой архитектуртын чухал асуудлуудын нэг бол нөөц рүү хандаж байгаа хэрэглэгчид болон аппликейшнуудын илгээсэн холболтын хүсэлтийг баталгаажуулах, холболтын төлвийг баталгаажуулах үйлдлүүдийг хийх нэвтрэлт баталгаажуулалтын зохистой аргачлалыг системд сонгон хэрэгжүүлэх юм.

Вэб-д суурилсан эсвэл веб үйлчилгээ үзүүлэгч системүүдийн хэрэглэгчийн нэвтрэх үйл явцыг таних үндсэн дөрвөн төрлийн аргууд байна. Эдгээр нь basic, дижестэд суурилсан, session-д суурилсан, токен-д суурилсан гэсэн аргууд юм. Эдгээрээс хамгийн энгийн ажиллах зарчимтай нь basic юм. Дижестэд суурилсан нэвтрэлт баталгаажуулалт нь basic нэвтрэлт баталгаажуулалтын аргачлал дээр хашийн алгоритмыг нэмж хэрэгжүүлсэн [5]. Энэхүү арга нь нууцлалыг сайжруулсан боловч ерөнхий ажиллах зарчмын хувьд өөрчлөгдөөгүй учир RESTful вэб үйлчилгээний шаардлагад нийцэж чаддаггүй.

Мөн мобайл аппликейшнууд дээр cookie болон session-д суурилсан аргачлалаар нэвтрэлт баталгаажуулалт хийх нь тохиромжгүй ба RESTful API-гын төлөвт-бус гэсэн шинж чанартай зөрчилддөг [9]. Учир нь session-д суурилсан аргачлал бол хэрэглэгчийн нэвтэрсэн тухай мэдээллийг сервер дээр түр хугацаанд хадгалдаг төлөвт (statefull) механизм юм [9].

RESTful API-тай хамгийн нийцтэй ажиллаж байгаа нэвтрэлт баталгаажуулалтын аргачлал бол токенд суурилсан арга юм [2]. Энэ аргачлал нь гуравдагч талд нөөц эзэмшигч хэрэглэгчийн өгөгдлийг хуваалцаж ажиллах боломжийг олгодог “OAuth2”-стандартын суурь нь болсон [3]. Мөн нэг хуудас дээр ажилладаг аппликейшн(Single Page Applications)-үүдэд ашиглахад тохиромжтой зэрэг олон давуу тал нь токенд суурилсан

¹Төлөвт-бус гэдэг нь хэрэглэгчийн баталгаажсан төлвийг хадгалдаггүй холболтын төрөл юм.

баталгаажуулалтыг ашиглах болсон шалтгаан нь болж байна.

Бид энэхүү судалгааны ажлын хүрээнд дээр дурдагдсан аргачлалуудыг харьцуулан давуу болон сул талууд дээр шинжилгээ хийж токенд суурилсан нэвтрэлт баталгаажуулалтын аргачлалын давуу болон сул талын талаар дэлгэрүүлэн судална.

II. СУДЛАГДСАН БАЙДАЛ

RESTful үйлчилгээний нэвтрэлт баталгаажуулалтын аргын талаарх судалгаа нь сүүлийн жилүүдэд эрчимтэй судлагдаж байна. Нэвтрэлт баталгаажуулалтын basic болон дижестэд суурилсан [12] аргачлалууд нь 1999 онд “HTTP/1.0” дээр ашиглагдахаар J.Franks, P.Hallam-Baker зэрэг эрдэмтэд боловсруулан гаргаж RFC 2617-д тодорхойлсон байдаг. Харин “HTTP/1.1” протоколд зориулан basic аргачлалыг дээрх эрдэмтэд шинэчлэн тодорхойлж RFC 7617 стандартаар 2015 онд баталсан юм. Session[13] нь хэрэглэгчийн төлвийг мөрдөж хүсэлт болон хариултыг удирдан ажиллаж байхын тулд анхлан 1997 онд D.Kristol, L.Montulli нар RFC 2109-дугаар стандартаар тодорхойлж байсан. Энэхүү аргачлал одоог хүртэл системүүдэд өргөнөөр ашигласаар байгаа билээ. Токенд суурилсан аргыг өмнөх аргачлалуудтайгаа харьцуулвал харьцангуй шинэлэг бөгөөд RESTful API-д бусдаас нь илүүд авч үзэж байгаа шалтгаан нь төлөвт-бус холбоонд зохицож ажиллаж байгаа онцлогтой нь холбоотой [9].

III. НЭВТРЭЛТ БАТАЛГААЖУУЛАЛТЫН АРГАЧЛАЛУУД

Бид энэ бүлэгт вэбд ашиглагддаг нэвтрэлт баталгаажуулалтын аргачлалуудын ажиллагааны зарчим болон тэдгээр аргуудын сул болон давуу талуудыг авч үзсэн юм.

A. Нэвтрэлт баталгаажуулалтын тодорхойлолт

Нэвтрэлт баталгаажуулалт гэдэг нь хэрэглэгчийг таньхад шаардлагатай үнэн гэж тодорхойлсон өгөгдлийн баталгаатай эсэхийг олж тогтоох үйл ажиллагаа юм [4]. Зүй ёсны хэрэглэгчийн үнэнийг баталгаажуулахад дараах гурван хүчин зүйлсээр тогтооно.

- Тухайн хэрэглэгчийн мэддэг зүйлээр (нууц үг, PIN гэх мэт)
- Тухайн хэрэглэгчийн эзэмшдэг зүйлээр (ID карт, тусгай төхөөрөмж гэх мэт)
- Тухайн хэрэглэгчээр (хурууны хээ, гарын үсэг гэх мэт)

B. Basic нэвтрэлт баталгаажуулалт

Сорилт/Хариулт гэсэн хэлбэртэй HTTP basic нэвтрэлт баталгаажуулалт нь HTTP сервер болон вэб браузеруудын хооронд нэвтрэлт баталгаажуулалтыг хийхэд ашигладаг [5]. Хэрэглэгч basic нэвтрэлт баталгаажуулалтаар хамгаалагдсан нөөц рүү хандах үед сервер түүнийг баталгаажуулна. Зүй ёсны нэр, нууц үгээ серверт дамжуулж баталгаажуулагдсан тохиолдолд л нөөц рүү

хандана. Харин эсрэг тохиолдолд хүсэлт нь хүчингүй болж алдааны мэдээллийг сервер хариу болгон илгээдэг.

Сервер, хэрэглэгч хоёрын хооронд дамжиж байгаа хэрэглэгчийн нэр, нууц үг нь Base64-өөр энкодлогдож дамжуулагддаг учраас дамжуулалтын үед нууцлалыг хангахгүй. Энэ шинж чанар нь replay төрлийн халдлагуудад өртөх эмзэг байдлыг үүсгэж байгаа учраас өндөр нууцлал шаардагддаг системүүдэд ашиглахыг зөвлөдөггүй [5].



Зураг. 1. Basic нэвтрэлт баталгаажуулалт

Энэхүү аргачлалыг RESTful вэб үйлчилгээнд ашиглахад тохиромжгүй байгаа шалтгаан нь хэрэглэгчийн нэр, нууц үгийг HTTP хүсэлт бүрийн толгой хэсэгт дамжуулж байгаа учраас аюулгүй байдлын хувьд эрсдэл дагуулж байгаа юм.

C. Дижестэд суурилсан нэвтрэлт баталгаажуулалт

Дижестэд суурилсан нэвтрэлт баталгаажуулалт нь basic-тэй адилхан хүсэлт, сорилт болон хариулт гэсэн зарчмаар явагддаг [5]. Нэвтрэлтийг баталгаажуулах механизмийн хувьд basic-ыг сайжруулан MD5 хашийг хэрэглэгчийн нэр, нууц үгийг энкрипт хийхдээ ашигладаг [6].

Ажиллагааны зарчмын хувьд эхлээд хэрэглэгч сервер рүү хүсэлт илгээж серверээс санамсаргүйгээр үүсгэсэн nonce-г хүлээж авна. Үүний дараа хэрэглэгч өөрийн нэр, нууц үгээ ашиглан MD5-аар дижест үүсгэнэ. Үүсгэсэн дижестээ хүсэлтийнхээ толгой хэсэгт хавсарган сервер рүү илгээнэ. Сервер тэрхүү хүсэлтийг нь хүлээн аваад өгөгдлийн сангаасаа хэрэглэгчийн нууц үгийг авч nonce утгыг шалгадаг. Хэрвээ nonce үнэн зөв байвал сервер тухайн nonce, хэрэглэгчийн нэр, нууц үгийг ашиглаад хашын утгыг тооцоолон гаргаж хүсэлтээр ирсэн дижесттэй харьцуулна. Тэрхүү утгууд хоорондоо таарч байвал нэвтрэлт нь баталгаажигч нөөцөд хандана. Эсрэг тохиолдолд алдааны мэдээллийг хэрэглэгч рүү илгээнэ.



Зураг. 2.Дижестэд суурилсан нэвтрэлт баталгаажуулалт

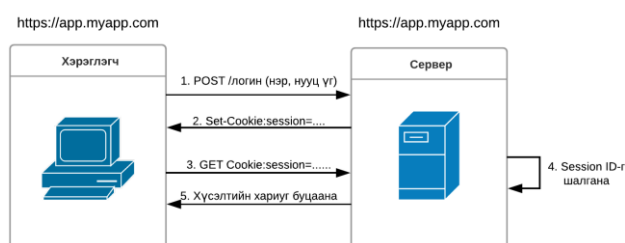
Дижестэд суурилсан нэвтрэлт баталгаажуулалт нь basic нэвтрэлт баталгаажуулалтын сайжруулсан хувилбар бөгөөд offline нууц үг таах төрлийн халдлагад өртөмгий байдаг [7][8].

Энэхүү аргачлал нь RESTful API-д ашиглагдаж байгаа токентод суурилсан аргачлалынхаа суурь нь болж өгдөг.

D. Session-д суурилсан нэвтрэлт баталгаажуулалт

Энэ аргачлал нь ихэнх вэбүүдэд түгээмэл ашиглагдсаар ирсэн аргуудын нэг юм [9]. Session нь тодорхой хэмжээний өгөгдлийг сервер болон хэрэглэгч талд хадгалаад түүгээрээ хэрэглэгч нарыг баталгаажуулах боломжийг олгодог [9].

Сервер дээр тухайн хэрэглэгчтэй холбоотой хэсэг мэдээллийг хадгалаад харгалзуулан хэрэглэгч талд тухайн хэрэглэгчийг илтгэх cookie-г вэб браузерт нь хадгалах зарчмаар ажилна [10]. Ингэснээр сервер хэрэглэгчдийг вэбд нэвтэрсэн эсэхийг шалгах, нэвтэрсэн хэрэглэгчдийг вэб хуудсын хооронд шилжихэд session-ий мэдээллээр хянан ажилладаг.



Зураг. 3. Session-д суурилсан нэвтрэлт баталгаажуулалт

Энэхүү аргачлал нь сервер рүү нэвтрэлт хийсэн хэрэглэгч нэг бүрийн мэдээллийг тухайн сервер дээр хадгалдаг учраас серверт ачаалал учруулах болон хэд хэдэн сервер хооронд session менежмент хийж ажиллах шаардлага тулгардаг [9].

Аюулгүй байдлын хувьд дараах төрлийн халдлагуудад өртөмтгий [10]:

- Урьдчилан таах боломжтой session token
- Session хулгайлах
- Хэрэглэгч талын халдлагууд (XSS, хортой JavaScript кодууд, Трожан гэх мэт)
- Man-in-the-middle (MITM)
- Man-in-the-browser

RESTful API-д ашиглагдахгүй байгаа гол шалтгаан нь уг архитектурын гол шинж чанар болох төлөвт-бус гэсэн холболттой нь нийцэхгүй байгаа юм.

E. Token-д суурилсан нэвтрэлт баталгаажуулалт

Токен бол дангаараа ямар нэг утга илэрхийлэхгүй, бие даан ажиллах боломжгүй зүйл бөгөөд үүнийг зөв зохион байгуулсан токенчилсон систем болгон ашиглах юм бол вэб API болон аппликейшныхаа нэвтрэлт баталгаажуулалтыг хийж болох чухал бүрэлдэхүүн

хэсэг нь болох юм [15]. Энэ аргачлал нь серверт ирсэн хүсэлт бүрийн токеныг шалгаж зөвхөн баталгаажуулсан токен бүхий хүсэлтэнд л хариу өгөх зарчмаар ажилладаг ба үүнийг өмнө нь дурдсан аргачлуудтайгаа харьцуулвал [15]:

- **Токен бол төлөвт-бус:** Токен нь нэвтрэлт баталгаажуулалт хийхэд шаардлагатай бүхий л мэдээллийг өөртөө агуулсан бие даасан шинж чанартай.
- **Токеныг хаана ч үүсгэж болдог:** Токеныг үүсгэх процессыг токеныг шалгах процессоос тусад нь хэрэгжүүлж болдог. Энэ нь токеныг өөр сервер дээр үүсгэх боломжийг бүрдүүлдэг ба үүн дээр нь үндэслэн Auth0 зэрэг компани үйл ажиллагаагаа явуулж байна.
- **Нарийн тодорхойлсон хандалтын удирдлага:** Токен нь тухайн хэрэглэгчийн нөөцөд хандах хандалтын зөвшөөрлийг илэрхийлж чаддаг.

IV. ТОКЕНД СУУРИЛСАН НЭВТРЭЛТ БАТАЛГААЖУУЛАЛТ

Токентод суурилсан аргачлал нь мэдээллийн технологид харьцангуй шинэлэг бөгөөд хэрэглээ нь сүүлийн жилүүдэд эрс өсч байна [9].

RFC 6749-д тодорхойлсон токены төрлүүд [9]:

- **Perishable token:** нэг үйлдлийг баталгаажуулахад ашигладаг.
- **Session token:** нэг удаагийн session-д л хүчинтэй ба тухайн session-ы турш хэдэн ч удаа ашиглаж болдог.
- **Access token:** хэд хэдэн удаа ашиглаж болдог ч дахин шинэтгэж ашигладаггүй.
- **Refresh token:** зөвхөн нэг удаа ашигладаг (ашигласны дараа хүчингүй болдог).

Хандалтын токеныг илгээхдээ RFC 2617-д тодорхойлсноор "HTTP/1.1" протоколын хүсэлтийн толгой хэсэг дэх "Authorization" талбарт Bearer нэвтрэлт баталгаажуулалтын схемээр дамжуулна. Жишээ нь [9]:

```
POST /resource HTTP/1.1
Host: num.edu.mn
Authorization: Bearer mF_9.v35-a.1jqL
```

Дээрх жишээнд харуулсан байгаа "Authorization" талбарт агуулагдаж байгаа токеныг ямар ч алгоритмаар үүсгэж болдог. Мөн токен нь өөртөө нэвтрэлт баталгаажуулалт хийхэд шаардлагатай бүхий л мэдээллийг агуулдаг учраас судлаач нарт токенчилсон системийн ерөнхий ажиллагааны зарчмыг өөр өөрөөр загварчлах боломжийг бүрдүүлж байна. Үүн дээр үндэслэн токентод суурилсан нэвтрэлт баталгаажуулалтын аргачлалыг аюулгүй байдлыг өндөр түвшинд хангасан, вэб рүү чиглэсэн халдлагуудад тэсвэртэй байхаар эрдэмтэн,

судлаач нар өөр өөрсдийн аргачлал, ажиллагааны механизмуудыг боловсруулсаар байгаа юм.



Зураг. 4. Токен-д суурилсан нэвтрэлт баталгаажуулалт

A. RESTful API дахь өгөгдөл дамжууллын хэрэглэгчийн нэвтрэлт баталгаажуулалтын токенд суурилсан механизм [11]

Бидний авч үзсэн эхний аргачлал бол Xiang-Wen Huang, Chin-Yun Hsieh зэрэг эрдэмтэдийн боловсруулсан арга юм. MITM болон hijacking-ын төрлийн халдлагуудад тэдний боловсруулсан аргачлал тэсвэртэй байна гэж тэд дүгнэсэн байдаг[11]. Бүрэлдэхүүн хэсгүүд хооронд дамжиж байгаа токены нууцлал, бүрэн бүтэн байдлыг хангах гол суурь нь SSL/TLS байсаар ирсэн бөгөөд үнэ өртгийн улмаас зарим байгууллагууд авч ашиглахад хүндрэл учирдаг [11]. Тэдний боловсруулсан аргачлал нь тэрхүү асуудлыг шийдэхийг зорьсон юм.

- Хүсэлт бүрт өөр өөр токен үүсгэж тэдгээр нь дахин давтагдашгүй байна. Ингэснээр дундаасаа хулгайлагдсан токены эрсдлийг хязгаарлана.
- Токенд хүчингүй болох хугацааны мэдээлэл агуулснаар тодорхой хугацааны дараа тухайн токен нь хүчингүй болно.
- Токенг үүсгэхэд оролцож байгаа зарим нэг бүрэлдэхүүн хэсгүүд нь дамжуулалтын үед хамт явахгүй учир халдагч өөрөө токенг үүсгэх эрсдлийг бууруулна.

Ажиллах механизмын хувьд 2 төрлийн API-г ашиглах бөгөөд нэг нь хэрэглэгчийн логинд нөгөөх нь серверийн цагийг авахад хэрэглэнэ. Хэрэглэгч логин API руу нэр, нууц үгээ дамжуулж системд нэвтрэх хүсэлт илгээж тухайн хүсэлтийг сервер хүлээн авснаар баталгаажуулах процесс эхэлдэг. Нэр, нууц үгийг нь шалгаад санамсаргүйгээр public болон private токеныг тухайн хүсэлт гаргасан платформд зориулан үүсгэдэг. Уг үүсгэсэн токenuуд, хэрэглэгчийн ID болон платформын төрлийг сервер өгөгдлийн сандаа хадгална. Хэрэглэгчийн нэр, нууц үгийг амжилттай баталгаажуулсны дараа үүсгэсэн public, private токен болон серверийн цагийг хариу болгон илгээдэг. Тухайн public болон private токен нь харгалзах платформоо тодорхойлж чаддаг шинж чанартай. Private токен нь хэрэглэгчээс ирсэн хүсэлт бүрт ашиглагдан дахин давтагдашгүй токенг үүсгэхэд оролцдог ба хүсэлт илгээх үед HTTP хүсэлтийнхээ толгой хэсэгт private токенг хамтад нь илгээдэггүй.

Серверийн цаг болон хэрэглэгчийн цагийн зөрүүний утгыг дельта цаг гэж нэрлэх бөгөөд үүнийг

хэрэглэгч тооцож гаргах ба уг дельта цаг нь серверт зөв тооцсон цагийг илгээхэд ашиглана. Үүнийг сервер токены хугацаа дууссан эсэхийг шалгах процессдоо ашиглана. Хэрвээ дельта цагийг тооцохгүй бол хэрэглэгч, сервер хоёрын системийн цагийн зөрүүнээс болж сервер дээр ирсэн хүсэлт бүрийн токенг хүчингүйд тооцох эрсдэлтэй юм. Public, private токен, серверийн цаг болон SHA-2, SHA-3 аль нэг хашын алгоритмыг сонгон хэрэглэгч хүсэлт гаргах бүрдээ нэг удаагийн токеныг дараах аргаар үүсгэдэг.

$$ТЦ = ХОЦ + ДЦ$$

$$НУТ = \text{Хаш}(PR + PU + ТЦ)$$

ТЦ: Тохируулсан цаг

PR: Private токен

НУТ: Нэг удаагийн токен

PU: Public токен

ХОЦ: Хэрэглэгчийн одоогийн цаг

ДЦ: Дельта цаг

Сервер рүү илгээх HTTP хүсэлтийн толгой хэсэгт хэрэглэгчийн ID, нэг удаагийн токен, тохируулсан цагийн мэдээлэл тавигдана.

Толгой хэсгийн түлхүүр	Толгой хэсгийн утгууд
Хэрэглэгчийн_ID	2
Public_token	LYsYHEK8ESKWv94o
Тохируулагдсан цаг	1425287217
Нэг удаагийн токен	Hash(Public_token+private_token+тохируулагдсан цаг)

Хүснэгт.1. Хүсэлтийн толгой хэсгийн жишээ

Сервер хэрэглэгчийн нэвтрэх хүсэлтийг шалгах үедээ хүсэлтийн толгой хэсгийн дээрх 4 утгыг ашиглана. Сервер эхлээд цагийн мэдээллийг шалгана. Хугацаа нь хүчинтэй байвал хэрэглэгчийн ID болон public токеныг нь дагуу өгөгдлийн сангаасаа private токеныг авна. Тэдгээр авсан утгуудаараа нэг удаагын токеныг үүсгэж хэрэглэгчээс хүлээн авсан утгатай харьцуулан таарч байвал хүсэлт баталгаажиг нөөц рүү хандуулна. Эсрэг тохиолдолд алдааны мэдээллийг хэрэглэгч рүү буцаана.

Давуу талууд:

- Хүсэлт бүрийн токенг халдагч дуурайлган гаргаж авахад төвөгтэй, дахин давтагдашгүй байна.
- Токен бүр хугацааны мэдээлэлтэй бөгөөд тодорхой хугацааны интервалд л хүчинтэй байна.
- Private токен дамжууллын үед орохгүй учраас халдагч токенг үүсгэн бүх мэдээллийг дундаас нь авах боломжгүй.
- HTTPS ашиглааагүй тохиолдолд ч гэсэн тодорхой түвшинд нууцлал аюулгүй байдлыг хангаж чаддаг.

Сул талууд:

- Хүсэлт бүрт хэрэглэгч шинээр дахин давташгүй токен үүсгэж байгаа учраас илүү төвөгтэй механизм юм.

- Хэрэглэгч, сервер тал хоёулаа нэг удаагийн токенг тооцож баталгаажуулах процесс хийгддэг учраас цаг хугацаа их ордог.

Xiang-Wen Huang, Chin-Yun Hsieh зэрэг эрдэмтдийн загварчилсан аргачлалтай ерөнхий зарчмын хувьд төстэй боловч ямар нэг хугацааны мэдээлэл ашиглалгүй түүний оронд санамсаргүйгээр үүсгэсэн nonce утгыг ашигласан токенд суурилсан нэвтрэлт баталгаажуулалтын аргачлалыг DunluPeng, Chen Li, HuanHuo нар “An Extended UsernameToken-based Approach for REST-style Web Service Security Authentication” [6] гэсэн бүтээлээ 2009 онд гаргасан байдаг.

B. JSON Вэб Токен [16]

JSON вэб токен (JSON Web Token - JWT) бол RFC 7519-д тодорхойлогдсон харилцагч талууд хооронд JSON объект гэх мэт өгөгдлийг аюулгүйгээр дамжуулахад зориулагдсан стандарт юм [16]. Дамжиж байгаа токен нь HMAC эсвэл RSA ашигладаг учраас нууцлал, бүрэн бүтэн байдлыг хангаж ажилладаг.



Зураг. 5. JWT нэвтрэлт баталгаажуулалт

JSON вэб токены онцлог шинж [16]:

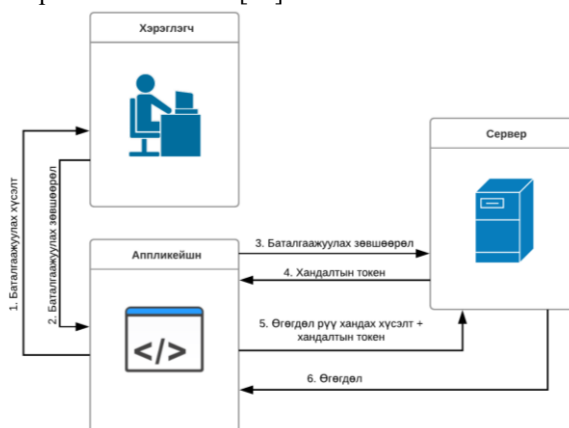
- **Цомхон:** Бага хэмжээтэй учраас JWT-ыг URL-ээр, POST-ын параметрээр эсвэл HTTP хүсэлтийн толгой хэсэгт дамжуулж болдог. Мөн хэмжээ нь бага учраас дамжууллын хувьд үр ашигтай байж чаддаг.
- **Бие даасан:** Payload хэсэг нь хэрэглэгчийг тодорхойлох мэдээллийг өөртөө бүрэн агуулдаг.

JSON вэб токен нь бүтцийн хувьд толгой, payload, баталгаа гэсэн 3 хэсгээс бүрдэх бөгөөд эдгээр нь хоорондоо цэгээр тусгаарлагддаг. Толгой хэсэгт нь ямар төрлийн токен болон ямар хашын алгоритм ашигласнаа тодорхойлдог бол payload хэсэгт хэрэглэгчийн тухай мэдээллийг агуулна. Баталгаа хэсэгт өмнөх 2 хэсгийн мэдээллээ base64-өөр энкодлоод нууц (secret)-тайгаа хамт сонгож авсан аль нэг хашын алгоритмаар дижитээ үүсгэдэг.

C. OAuth

OAuth нь HTTP үйлчилгээгээр хэрэглэгчийн нөөц рүү хандах боломжийг олгодог баталгаажуулах нээлттэй протокол юм [17]. OAuth нь одоогоор 1.0, 1.0a, 2.0 гэсэн гурван төрлийн хувилбаруудтай [3][17][18][20]. Энэхүү протоколын тусламжтайгаар нэг харилцагч нь нөгөө харилцагч талын нөөцийг эзэмшигчийн итгэмжлэл (credential)-тэй шууд харьцахгүйгээр тэдний эх өгөгдөл рүү

хандах боломж олгож байгаагаараа вэб үйлчилгээ, мобайл аппликейшнуудад нэвтрэлт баталгаажуулалтанд хийхэд өргөнөөр ашиглаж байна [17].



Зураг. 6. OAuth нэвтрэлт баталгаажуулалт

OAuth нь [3]:

- Хэрэглэгчийн итгэмжлэлийг авч баталгаажуулалт хийдэг протокол биш.
- Өөр аппликейшн, вэб үйлчигээн дээр байгаа өгөгдөлрүү хэрэглэгчийн хандах боломжийг олгодог.
- HTTP ашиглан хэрэглэгч, төхөөрөмж, API, сервер, аппликейшн хооронд баталгаажуулалт хийдэг.
- Аппликейшн болон бусад гуравдагч талд итгэмжлэлээр биш access token-оор баталгаажуулалт хийдэг.

OAuth 2.0 нь хаана хэрхэн ашиглахаасаа хамаарч хэд хэдэн төрөлтэй [17]:

- **Authorization code:** Сервер талд ашигладаг бөгөөд хэрэглэгчийн вэб браузер, аппликейшн дээр хандалтын токен нь шууд очдоггүй. Баталгаажуулах кодыг нөөц эзэмшигч серверийн API-гаар баталгаажуулсны дараа хандалтын токеныг нөөцийг эзэмшигч серверээс авдаг.
- **Implicit code:** Хэрэглэгч талд ашигладаг. Хэрэглэгчийн вэб браузер, аппликейшн дээр хандалтын токен шууд ирдэг бөгөөд үүнийг ашиглан хэрэглэгч аппликейшнд хандаж өгөгдлийн API руу ханддаг.
- **Password:** Өөрийн вэб, аппликейшн дээрээ OAuth хэрэгжүүлэх тохиолдолд ашигладаг. Гуравдагч талыг энэ тохиолдолд зөвшөөрдөггүй. Учир нь хэрэглэгчийн нэр, нууц үгийг шууд авч баталгаажуулалт хийдэг.
- **Client credential:** Хэрэглэгчтэй ямар нэг байдлаар харилцаа үүсгэхгүйгээр access token авахад ашигладаг. Ихэвчлэн background процессууд энэ төрлийг нь ашигладаг.

OAuth хувилбарууд нь хоорондоо харилцан ажиллах нийцтэй байдалгүй бөгөөд аль нэг хувилбарыг дангаар нь сонгож ашиглана. Хувилбар 1.0 нь session fixation-той холбоотой аюулгүй байдлын цоорхойтой байсан учир 1.0a дээр алдаа дутагдлыг нь засан одоогоор Twitter, Netflix

зэрэг аппликейшн, вэб үйлчилгээнүүд дээр ашиглаж байгаа бол хувилбар 2.0 нь хэрэгжүүлэхэд илүү хялбар болж Facebook, Google, Amazon гэх мэт томоохон компаниуд ашиглаж байна[15][16][17][18][19].

V. ХЭРЭГЖҮҮЛЭЛТ

Дээр дурдагдсан токент суурилсан нэвтрэлт баталгаажуулалтын онцлогийг харуулах туршилтын вэбийг үүсгэхдээ PostgreSQL өгөгдлийн сан, сервер талд Django фрэймворк, хэрэглэгч талд Angular фрэймворк, вэбийнхээ RESTful API-д Django-гын REST фрэймворкыг тус тус ашигласан юм.

A. Өгөгдлийн сангийн хэрэгжүүлэлт

Django фрэймворкын моделийг ашиглан зураг 7-д харуулснаар холбоост өгөгдлийн сан үүсгэсэн байгаа бөгөөд auth_user хүснэгтэд хэрэглэгчийн id, email, нууц үг, хэрэглэгчийн нэр, логин нэр гэх зэрэг мэдээллүүдийг хадгалдаг. AuthToken_token хүснэгт нь хэрэглэгчдэд үүсгэж өгсөн токеныг хадгалдаг бөгөөд хэрэглэгчийн мэдээллийг агуулсан хүснэгттэй user_id foreign_key-ээр холбогдсон байгаа.

Schema	List of relations Name	Type	Owner
public	auth_group	table	postgres
public	auth_group_id_seq	sequence	postgres
public	auth_group_permissions	table	postgres
public	auth_group_permissions_id_seq	sequence	postgres
public	auth_permission	table	postgres
public	auth_permission_id_seq	sequence	postgres
public	auth_user	table	postgres
public	auth_user_groups	table	postgres
public	auth_user_groups_id_seq	sequence	postgres
public	auth_user_id_seq	sequence	postgres
public	auth_user_user_permissions	table	postgres
public	auth_user_user_permissions_id_seq	sequence	postgres
public	authtoken_token	table	postgres
public	django_admin_log	table	postgres
public	django_admin_log_id_seq	sequence	postgres
public	django_content_type	table	postgres
public	django_content_type_id_seq	sequence	postgres
public	django_migrations	table	postgres
public	django_migrations_id_seq	sequence	postgres
public	django_session	table	postgres
public	prototype_ship	table	postgres
public	prototype_ship_id_seq	sequence	postgres

Зураг. 7. Өгөгдлийн санд үүссэн хүснэгтүүд

B. Angular ашигласан хэрэглэгч талын интерфэйс

Зураг 8-д харуулсан хэсэгт хэрэглэгч нэвтрэх нэр, нууц үгээ оруулахад Angular аппликейшн нь серверийн API руу POST аргаар нэвтрэх хүсэлтийг илгээнэ.

Зураг. 8. Хэрэглэгчийн нэвтрэх логин хэсэг

Уг нэвтрэх хүсэлт амжилттай болбол бровсерийн Local Storage-д хэрэглэгчийн токен хадгалагддаг. Local Storage-д хадгалагдаж байгаа токеныг сервер рүү хүсэлт илгээх бүрдээ HTTP хүсэлтийн толгой хэсэг дэх “Authorization” талбарт илгээдэг.

Key	Value
userToken	9fdc9cf809a367ca...

Зураг. 9. Local Storage-д хэрэглэгчийн токен байрлаж байгаа нь

Зураг 9-д хэрэглэгч вэб API руу хандсан амжилттай хүсэлтүүдийг харуулсан. Харин доод хэсэгт улаан өнгөөр ялгарч байгаа хүсэлт нь хэрэглэгч буруу нэр, нууц үг оруулахад сервер алдааны 400 төлвийн кодтой хариу илгээснийг харуулж байна.

```
System check identified no issues (0 silenced).
April 27, 2018 - 01:26:43
Django version 2.0.3, using settings 'config.settings.base'
Starting development server at http://127.0.0.1:8000/
Quit the server with CONTROL-C.
[27/Apr/2018 01:47:39] "GET / HTTP/1.1" 200 1528
[27/Apr/2018 01:47:39] "GET /static/js/inline.bundle.js HTTP/1.1" 304 0
[27/Apr/2018 01:47:39] "GET /static/js/polyfills.bundle.js HTTP/1.1" 304 0
[27/Apr/2018 01:47:39] "GET /static/js/styles.bundle.js HTTP/1.1" 304 0
[27/Apr/2018 01:47:39] "GET /static/js/vendor.bundle.js HTTP/1.1" 304 0
[27/Apr/2018 01:47:39] "GET /static/js/main.bundle.js HTTP/1.1" 304 0
[27/Apr/2018 02:00:33] "POST /api-token-auth/ HTTP/1.1" 200 52
[27/Apr/2018 02:00:33] "GET /api/ships/ HTTP/1.1" 200 2
[27/Apr/2018 02:14:00] "POST /api-token-auth/ HTTP/1.1" 400 68
```

Зураг. 10. Серверийн API руу хандсан хандалтуудын хариу

Зураг 10-д системд бүртгүүлсэн хэрэглэгчийн токен өгөгдлийн санд хадгалагдаж байгааг харуулж байна.

```
dunkirk=# select * from authtoken_token;
key | created | user_id
-----
9fdc9cf809a367ca97b3859a5c0a2ed49d703318 | 2018-04-04 14:01:26.619807+08 | 1
(1 row)
```

Зураг. 11. Өгөгдлийн сан дээр хадгалагдаж байгаа токен

Уг туршилтаас харахад серверт хэрэглэгч нэвтэрсэн талаар сээшинд суурилсан аргачлал шиг хэрэглэгчийн нэвтрэлттэй холбоотой түр хугацааны мэдээллийг сервер дээр хадгалдаггүй төлөвт-бус гэдэг нь харагдаж байна. Мөн хэрэглэгчийн амжилттай нэвтэрсэн эсэхийг хүсэлтэнд ирж байгаа токеноор нь баталгаажуулж байгаа учраас хэрэглэгчийн токеныг халдагч дундаас нь авсан тохиолдолд аюулгүй байдлын хувьд асуудалтай гэдгийг дээрх туршилтаас харж болно. Гэхдээ энэхүү асуудлыг шийдэж байгаа өнөөгийн шийдэл нь SSL/TLS болон дээр дурьдагдсан эрдэмтэн, судлаач нарын боловсруулсан нэг удаагийн токен байгаа юм. Токент суурилсан нэвтрэлт баталгаажуулалтын аргачлал хэрэгжүүлсэн вэб дээр OAuth ашиглан системд бүртгүүлэхийг хүссэн хэрэглэгчдийг бүртгэхдээ Facebook, Google гэх мэт гуравдагч талтай хамтран тэдгээрийн систем дээр нэгэнт бүртгэгдсэн байгаа хэрэглэгчийн мэдээллийг авдаг байх боломжийг

бүрдүүлж байгаагаараа бусад аргачлалуудаасаа давуу талтай болсон юм.

VI. ҮР ДҮН

Энэхүү судалгааны ажлаар өнөөгийн вэб API-д нэвтрэлт баталгаажуулалт хийхэд ашиглаж буй basic, дижестэд суурилсан, session-д суурилсан, токент суурилсан гэсэн үндсэн дөрвөн төрлийн аргачлалууд дээр харьцуулсан судалгаа хийсэн ба уг судалгааны үр дүнгээс харахад basic аргачлал нь ажиллагааны зарчмын хувьд маш энгийн бөгөөд хэрэглэгчийн нэр, нууц үгийг base64 алгоритмаар энкодлож дамжуулдаг тул SSL/TLS зэрэг аюулгүй байдлын нэмэлт шийдлүүдийг ашиглаагүй тохиолдолд аюулгүй байдал, нууцлалыг өндөр түвшинд хангаж чадахгүй байгаа нь ажиглагдлаа. Дижестэд суурилсан арга нь хашын алгоритмыг basic аргачлалын ерөнхий зарчим дээр нэмж хэрэгжүүлсэн боловч RESTful API-г хэрэгжүүлсэн системүүдэд гуравдагч тал хэрэглэгчийн өгөгдөл рүү хандаж ажиллах боломжийг хязгаарладаг мөн offline нууц үг таах халдлагад өртөх эрсдэлтэй.

Session-д суурилсан аргачлалыг одоог хүртэл вэб үйлчилгээнд өргөнөөр ашиглаж байгаа бөгөөд гол нууцлал, аюулгүй байдлыг хангаж байгаа суурь технологи нь SSL/TLS юм. RESTful API-д тохиромжгүй байгаа дутагдалтай тал нь гуравдагч тал хэрэглэгчийн өгөгдөл рүү хандаж ажиллах боломжийг хязгаарладаг, тэдгээрийн хооронд session менежмент хийж ажиллахад төвөгтэй мөн нэвтэрсэн хэрэглэгчийн төлвийн мэдээллийг сервер дээр түр хугацаанд хадгалж ажилладаг учраас серверт ачаалал учруулдаг зэрэг юм.

Нэвтрэлт баталгаажуулалтын аргачлалууд	Нууцлалыг хангах	Бүрэн бүтэн байдлыг хангах	Халдлагууд	RESTful API-тай нийцтэй байдал
Үндсэн(Basic)	Хангахгүй (Base64 ашигддаг)	Хангахгүй	-Ихэнх халдлагуудад өртөмгийг -Offline нууц үг таах -Brute force	Нийцэхгүй
Дижестэд суурилсан	Encryption (RSA)	Hash (MD5, SHA)	-Session fixation -Man-in-the-middle -Man-in-the-browser -Урьдчилан таах -Session хулгайлах -Hijacking -Хэрэглэгч талын халдлагууд (XSS, хортой JavaScript кодууд, Трожан гэх мэт)	Нийцэхгүй
Сээшинд суурилсан	Хангахгүй	Хангахгүй		
Токент суурилсан	Encryption (RSA)	Hash (MD5, SHA)	-Hijacking -Man-in-the-middle	Нийцтэй

Хүснэгт. 2. Аргачлалуудын харьцуулалт

Токент суурилсан аргачлалын ажиллагааны зарчмыг Aaronpk, AArnott, Xiang-Wen Huang гэх зэрэг эрдэмтэн, судлаач нар төрөл бүрээр хэрэгжүүлэн танилцуулсан ба тэдгээрийн нууцлал, бүрэн бүтэн байдлыг шийдэхдээ хашын алгоритмууд болон асимметрик энкриптлэлийг токен үүсгэхдээ хэрэгжүүлснээрээ өмнөх аргуудад дурдагдсан сул тал, асуудлуудыг шийдсэж юм. Эдгээрээс токеныг хугацаан дээр үндэслэн нэг удаагийн токен үүсгэх арга нь man-in-the-middle, hijacking төрлийн халдлагуудаас SSL/TLS ашиглаагүй байсан ч тодорхой түвшинд аюулгүй

байдлыг хангаж чадна гэдгийг харуулсан юм. Мөн токенд суурилсан аргачлалын хамгийн том давуу тал нь гуравдагч талд нөөц рүү хандах хандалтын зөвшөөрлийг олгож ажиллах чадамж болон REST архитектурын гол шаардлага болох төлөвт-бус гэсэн холболтонд нийцэж ажилладаг онцлог нь байсан юм.

VII. ДҮГНЭЛТ

REST загварчлалыг сүүлийн жилүүдэд веб системүүдэд өргөнөөр ашиглах болсон. Тиймээс бид уг судалгааны ажлаар REST API-н нэвтрэлт баталгаажуулалтын аргачлалууд болох basic, дижестэд суурилсан, session-д суурилсан, токент суурилсан аргачлалуудыг ашиглан хэрэглэгчийн аюулгүй байдлыг хэрхэн хангаж байгаа талаар харьцуулсан судалгаа хийж гүйцэтгэлээ. Эдгээр аргачлалуудаас хамгийн үр дүнтэй баталгаажуулалтын арга нь токент суурилсан аргачлал бөгөөд энэ нь хашын алгоритм болон асимметрик кодлол ашигласанаараа аюулгүй байдлын хувьд бусад нэвтрэлт баталгаажуулалтын аргуудаас давуу ба гуравдагч талын өгөгдөлд хандахдаа хандалтын зөвшөөрлийг олгож чаддагаараа онцлогтой байна. Мөн энэ арга нь хэрэгжүүлэхэд бусад арга, техникүүдээс илүү уян хатан, энгийн, аюулгүй байдлыг хангах талаараа давуу байхаас гадна өөр өөрөөр загварчлах нээлттэй боломжуудыг олгодог. Цаашид вэбийн орчинд халдлага гүйцэтгэж токент суурилсан аргачлал нь ямар төрлийн халдлагаас сэргийлж болох талаар дэлгэрүүлэн судална.

НОМ ЗҮЙ

- [1] Roy Thomas Fielding, "Architectural Styles and the Design of Network-based Software Architectures" University of California, Irvine, 2000.
- [2] Sungchul Lee, Ju-Yeon Jo, Yoohwan Kim, "A Method for Secure RESTful Web Service", Department of Computer Science University of Nevada Las Vegas, Las Vegas, June 2015.
- [3] OAuth. <<https://oauth.net/2/>>, 2012 (accessed 10/04/18)
- [4] Authentication. <<https://en.wikipedia.org/wiki/Authentication>>, 2018 (accessed 10/04/18)
- [5] J.Franks, P.Hallam-Baker and J.Hosteller, "HTTP Authentication: Basic and Digest Access Authentication RFC2617", The Internet Society, 1999.
- [6] Dunlu, Peng., Chen Li, Huan and Huo, "An extended UsernameToken-based approach for REST-style Web Service Security Authentication", Computer Science and Information Technology, 2009. ICCSIT 2009. 2nd IEEE International Conference on, 8 Aug. 2009. pp 582-586.
- [7] N.Ji, X.Lin and J.Pu, "Research on secure authentication based on session initial protocol", Computer Applications(in Chinese), 2007, vol.27, no.3, pp.162-163.
- [8] J.Chen, P.Li, G.Xing and W. Qi, "Research of network based on SIP", Computer Engineering and Design, 2007, vol.28, no.18, pp.4347-4353.
- [9] Yjvesa Balaj, "Token-based vs Session-Based Authentication: A survey", University of Prishtina, Prishtina, Kosovo, 2017.
- [10] Session hijacking attack. <https://www.owasp.org/index.php/Session_hijacking_attack>, 2014 (accessed 09/04/18).
- [11] Xiang-Wen Huang, Chin-Yun Hsieh, Cheng Hao Wu and Yu Chin Cheng, "A token-based user authentication mechanism for data exchange in RESful API", Department of Computer Science and Information Engineering, National Taipei University of Technology, Taipei, Taiwan, 2015, 18th International Conference on Network-Based Information Systems.
- [12] HTTP Authentication: Basic and Digest Access Authentication. <<https://tools.ietf.org/html/rfc2617>>, 1999, (accessed 11/04/18).

- [13] The 'Basic' HTTP Authentication Scheme. <<https://tools.ietf.org/html/rfc7617>>, 2015, (accessed 11/04/18).
- [14] HTTP State Management Mechanism. <<https://www.ietf.org/rfc/rfc2109.txt>>, 1997, (accessed 11/04/18)
- [15] Token Based Authentication. <<https://auth0.com>>, 2013, (accessed 11/04/18).
- [16] JSON Web Token. <<https://tools.ietf.org/html/rfc7519>>, 2015, (accessed 11/04/18).
- [17] OAuth <<https://oauth.net/core/1.0/>>, 2007, (accessed 24/06/09).
- [18] OAuth <<https://oauth.net/core/1.0a/>>, 2009, (accessed 16/10/12).
- [19] OAuth <<https://tools.ietf.org/html/rfc6749>>, 2010, (accessed 16/10/12).
- [20] OAuth <<https://alexbilbie.com/guide-to-oauth-2-grants/>>, 20

Real-time tracking planar motion through template matching

(Бодит хугацаанд загвар танилтын арга ашиглан хавтгай объектын хөдөлгөөн дагах)

Б. Амарсайхан, Т. Цэрэннадмид
МУИС, Хэрэглээний Шинжлэх Ухаан,
Инженерчлэлийн Сургууль, Мэдээлэл
Компьютерийн Ухааны Тэнхим,
Улаанбаатар, Монгол
batuqa@gmail.com
tserennadmid@seas.num.edu.mn

П.Туяа
Хүмүүнлэгийн Ухааны Их Сургууль,
Компьютерийн Ухааны Тэнхим,
Улаанбаатар, Монгол
tuya@humanities.mn

Хураангуй—Загвар танилт нь зураг болон видеоноос хэрэгтэй мэдээллийг гаргаж авах хамгийн түгээмэл арга юм. Энэ арга нь зургийн дараалал дахь зураг тус бүрийн агуулгыг урьдчилан бэлдсэн загвартай харьцуулдаг. Энэхүү судалгааны ажлаар бодит хугацаанд гэрэл сүүдрийн өөрчлөлт болон халхалттай хавтгай зургийн хувьд боловсруулалт хийж, зурган дараалал дээрхи загвар объектын хөдөлгөөнийг даган тодорхойлох алгоритмыг боловсруулсан юм.

Түлхүүр үгс—загвар танилт (*template matching*), онцгой цэгүүдийг илрүүлэх, *SURF*, *SIFT*, хомографын матриц

I. УДИРТГАЛ

Загвар танилт нь компьютерийн хараа ба дүрс боловсруулалтын чухал ажлуудын нэг юм. Энэ нь видео болон зураг, дүрсүүдээс ялгаж авсан онцгой шинжүүдийг урьдчилан бэлтгэсэн загвартай харьцуулж, боловсруулалт хийдэг арга юм. Бодит хугацаанд камерын өгөгдөл дээр боловсруулалт хийдэг олон төрлийн судалгаа орчин үед маш ихээр хийгдэж, бодит амьдрал дээр ч гэсэн үр дүнгээ өгч байгаа билээ. Тухайлбал роботын хөдөлгөөнийг удирдах, 3-н хэмжээст моделийн график загварчлал, объектын хөдөлгөөн тооцоололд суурилсан бодит хийсвэр (Augmented reality) орчны аппликэйшнууд загвар танилтын аргуудад суурилан хөгжүүлэгдэж байна. Бодит хугацаанд вэб камераас авсан зурган дараалалтай (frame) уг зурган дараалалаас урьдчилан бэлдсэн объектын загварыг харьцуулж, илрүүлэх тухайн загварын хөдөлгөөнийг дагах судалгаанууд загвар танилтын алгоритмд суурилан ихээр хийгдэж байна.

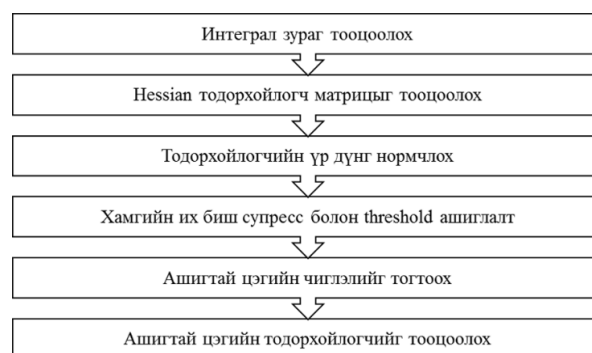
Энэхүү судалгааны ажлаар бид урьдчилан бэлдсэн объектын загварыг ашиглан нэг камерын зургийн дараалалд буй объектын хөдөлгөөнийг бодит хугацаанд даган тодорхойлох алгоритмыг боловсруулсан юм. Бидний боловсруулсан алгоритм нь нэг веб камерыг ашиглан авсан зургийн дараалал дахь гэрэл сүүдрийн өөрчлөлттэй болон зарим хэсэг нь халхлагдсан объектын хөдөлгөөнийг алдаагүйгээр даган тодорхойлох үр дүнтэй арга юм. Бидний арга дараах үе шатнаас бүрдэнэ. Нэгдүгээрт бид объектын

загвар болон зургийн дараалал дахь объектуудын онцгой цэгүүдийн илрүүлж харгалзаа цэгүүдийг тодорхойлсон. Эдгээр харгалзаа цэгүүдийг ашиглан хомографын матрицыг тооцоолсон. Энэхүү хувиргалтын матриц болон харгалзаа цэгүүдийн тусламжтайгаар хөдөлгөөн дагах алгоритмыг хэрэгжүүлсэн юм.

II. ОНЦГОЙ ЦЭГҮҮДИЙГ ИЛРҮҮЛЭХ (FEATURE EXTRACTION)

Ямар ч дүрс зургаас онцгой цэгийг олж харьцуулах боломжтой.

Тодорхой алгоритм ашигласнаар онцгой цэгүүдийг олж, тэдгээрийг өгөгдсөн загвартай харьцуулахад ашиглана. Ийм цэгүүд нь ихэвчлэн дүрсний тод хэсгүүд, ирмэг, булан, нугалаанд байдаг [1]. Онцгой цэгүүдийг тааруулах нь онцгой шинж чанарыг тодорхойлогч болон тааруулагч гэсэн алгоритмаар дамжин гүйцэтгэгддэг [2]. Энэ төрлийн алгоритмуудад SIFT (Scale Invariant Feature Transform) болон SURF (Speeded-Up Robust Features) алгоритмууд орох юм. SIFT нь жигд хэмжээний өөрчлөлт, онцгийн өөрчлөлт ба аффейн өөрчлөлтийн үед онцгой цэгүүдийг илэрүүлдэг алгоритм юм. Онцгой цэгүүдийг илрүүлэхдээ дараах үе шатуудыг хамардаг. Үүнд: Хэмжээний өөрчлөлтөд тэсвэртэй онцгой шинжийг илрүүлэх: Дүрснээс онцгой шинжийг ялган авах Ловын арга нь дүрсийг онцгой шинж бүхий векторуудын олонлог болгон хувиргах юм [4].



Зураг 1. SIFT болон SURF алгоритмын үе шатууд [8]

Эдгээр векторууд тус бүр нь хэмжээ, өнцөг, хөрвөлтийн өөрчлөлтөд тэсвэртэй ба гэрэлтүүлгийн өөрчлөлтөд хэсэгчлэн тэсвэртэй [2]. Эх дүрсийг хэд хэдэн удаа жижгэрүүлж тэдгээр дээр Гауссын хувиргалт хийсний дараах хоорондын зөрүүний хамгийн их ба хамгийн бага утгуудыг түлхүүр байршлууд гэж авч үздэг [2].

Өөр нэг онцгой цэг илрүүлэлтийн арга бол SURF юм. SURF нь SIFT-ийн хурдавчилсан хувилбар юм. Товчоор хэлэхэд, SURF-ийн алхам бүрт хурдыг сайжруулах олон боломжууд нэмэгдсэн. SIFT-тэй харьцуулбал гүйцэтгэл нь 3 дахин хурдан гэсэн дүн шинжилгээг судлаачид харуулдаг. Зураг 1-т SIFT болон SURF алгоритмын онцгой цэгүүдийг илэрүүлэх үе шатуудыг харуулав. Зураг 2-т SURF тодорхойлогчийн үр дүн болох онцгой цэгийн илрүүлэлтийн үр дүнг харуулав. SIFT болон SURF онцгой цэгийн илрүүлэлтийн алгоритмуудын тухай илүү дэлгэрэнгүй мэдээллийг Д.Ловын судалгааны өгүүллээс харж болох юм [1-3].



Зураг 2. SURF тодорхойлогчийн үр дүн

III. ХАРГАЛЗАА ЦЭГҮҮДИЙН ТААРУУЛАХ FLANN (FAST LIBRARY FOR APPROXIMATE NEAREST NEIGHBORS) АРГА

FLANN нь том хэмжээний өгөгдөл болон онцлог шинж чанаруудын хувьд хамгийн хурдан хамгийн ойрхон зэргэлдээ орших (nearest neighbor) хөрш цэгүүдэд хайлтыг оновчтой хийх алгоритмуудыг агуулсан сан юм.

Харгалзаа цэгүүд (good matches): хоорондох зай нь хамгийн бага байх цэгүүдийг харгалзаа цэгүүд гэж үзнэ. Зураг 3-т Харгалзаа цэгүүдийг тааруулах FLANN аргын үр дүнг харуулав.



Зураг 3. Харгалзаа цэгүүдийг тааруулах FLANN аргын үр дүн

IV. ХОМОГРАФЫН МАТРИЦЫГ ТООЦООЛОХ

Хоёр хавтгайн хоорондох алслалт, шилжилт, эргэлтийн өөрчлөлтийг агуулсан хувиргалтын матрицыг хомографын матриц (homography matrix) гэнэ.

Дараах хэлбэрээр томъёологдоно.

$$S_i \begin{bmatrix} x_1 \\ y_1 \\ 1 \end{bmatrix} \sim H \begin{bmatrix} x_2 \\ y_2 \\ 1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

Үүнд: H нь 3×3 хэмжээст хомографын матриц

x_1, y_1 -нь объектын загвар дахь онцгой цэгүүд

x_2, y_2 -нь зургийн дараалал дахь онцгой цэгүүд

V. ХЭРЭГЖҮҮЛЭХ АРГАЧЛАЛ

Бидний боловсруулсан алгоритмыг хэрэгжүүлэх аргачлалын үе шатыг дараах диаграммаар Зураг 4-т үзүүлэв.

Нэгдүгээрт бид нэг камераас зургийн дарааллуудыг бодит хугацаанд авна. Эхний фрэйм болох t_1 хугацааны фрэймээс хөдөлгөөнийг нь дагах объектын загварыг ялган тусдаа зураг үүсгэж авна.

Хоёрдугаарт объектын загвар болон t_2 хугацааны фрэймүүдийн хувьд онцгой цэгүүдийн тодорхойлно.

Гуравдугаарт харгалзаа цэгүүдийг тааруулах FLANN аргаар объектын загвар дахь онцгой цэгүүд (x_1, y_1) болон зургийн дараалал дахь онцгой цэгүүдийг (x_2, y_2) тооцоолон тааруулна. Эдгээр харгалзах цэгүүдийг ашиглан томъёо (1)-ээр хомографын матрицыг (H) тодорхойлно.

Дөрөвдүгээрт H болон объектын загвар дахь онцгой цэгүүдээр (x_1, y_1) t_2 хугацааны фрэймүүдийн дээрх хөдөлж буй объектын загварын 4-н булангийн цэгийг (C_1 - C_4) тооцоолж ногоон өнгөтэй дөрвөлжин хүрээг эдгээр тооцоологдсон цэгүүдийг холбож зуран загвар танилтыг дүрслэн харуулна.

VI. ХӨДӨЛГӨӨН ДАГАЛТЫН (OBJECT TRACKING) ҮР ДҮН

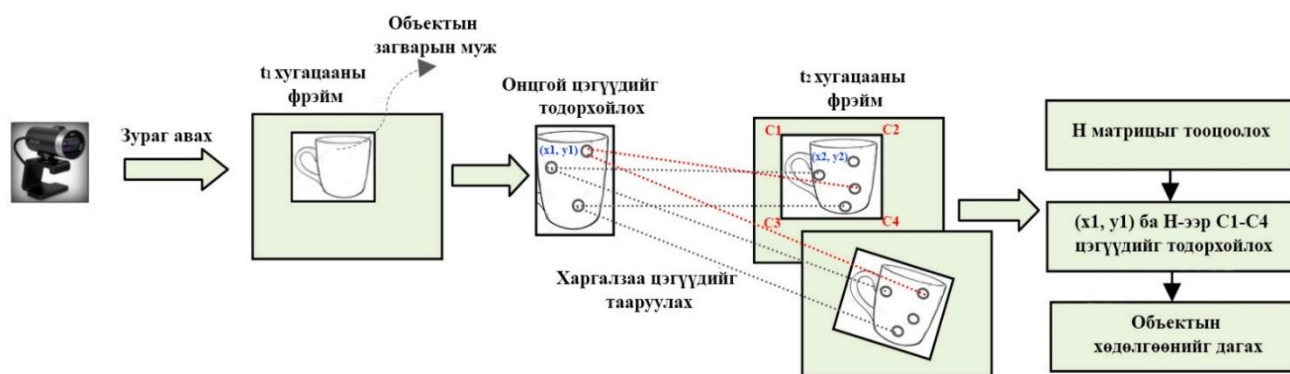
Бодит хугацаанд боловсруулсан видео дарааллаас авсан зургуудыг харуулав.

Зураг (5a) загвар объектын X тэнхлэгийн дагуу шилжилт, Зураг (5b)-д загвар объектын Z тэнхлэгийн дагуу шилжилт, Зураг (5c)-д загвар объектын Y тэнхлэгийн дагуу шилжилтийг тус тус харуулав.

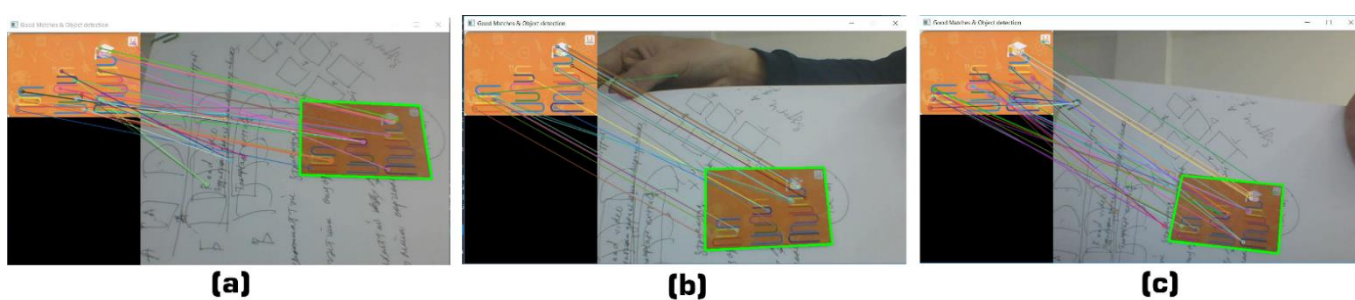
Зураг (6a)-д загвар объектын z тэнхлэгийн дагуух эргэлтийн өөрчлөлт, Зураг (6b)-д загвар объектын x тэнхлэгийн дагуух эргэлтийн өөрчлөлт, Зураг (6c)-д загвар объектын y тэнхлэгийн дагуух эргэлтийн өөрчлөлтийг тус тус харуулав.

Зураг (7a), (7b), (7c)-д загвар объектын зарим хэсэг халхлагдсан, масштабын өөрчлөлттэй үеийн зургуудыг харуулав.

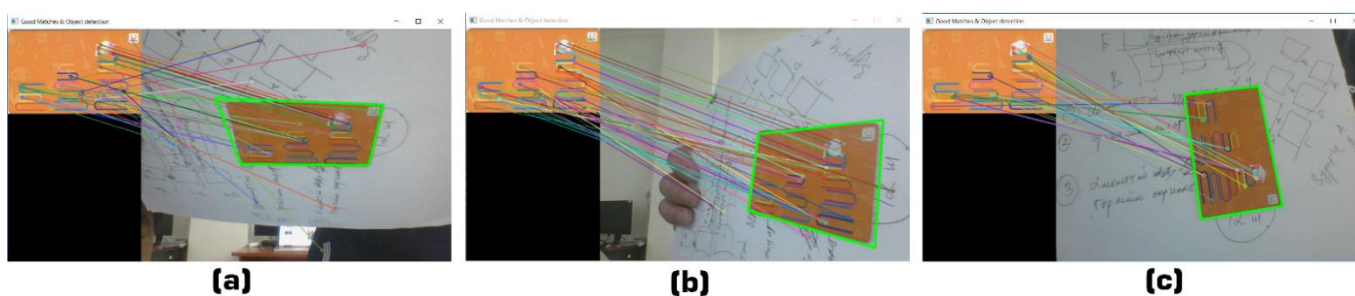
Зураг (8a), (8b), (8c)-д загвар объектын гэрлийн өөрчлөлттэй үеийн зургуудыг харуулав.



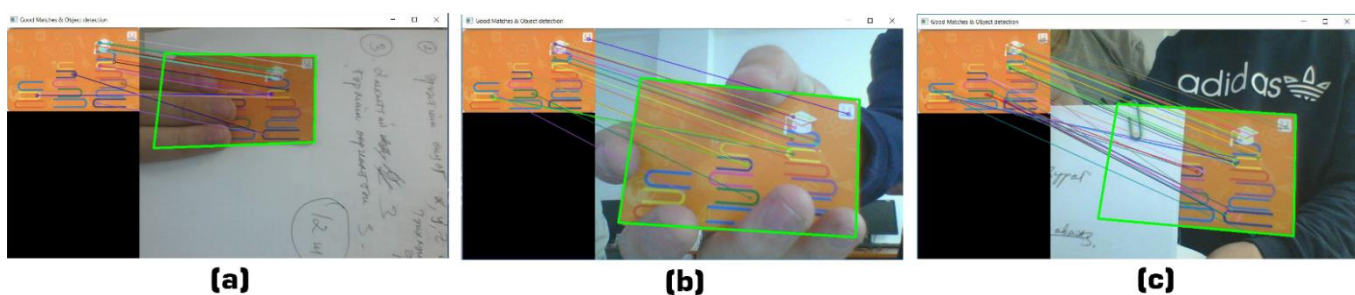
Зураг 4. Төлөвлөсөн алгоритмыг хэрэгжүүлэх алхамуудын диаграм



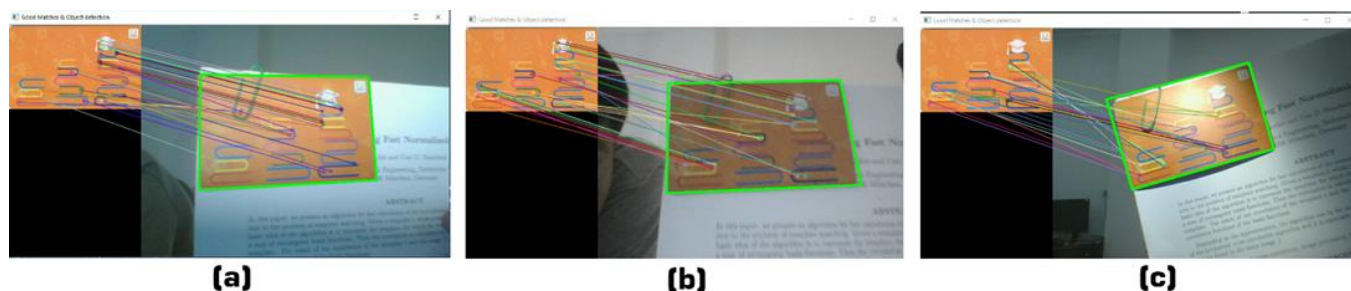
Зураг 5. Шилжилттэй нөхцөлд авсан зурган үр дүн



Зураг 6. Өнцгийн өөрчлөлттэй үед авсан зурган үр дүн



Зураг 7. Халхалттай үед авсан зурган үр дүн



Зураг 8. Гэрлийн өөрчлөлттэй үед

VII. ДҮГНЭЛТ

Энэхүү судалгааны ажилаараа бодит хугацаанд гэрэл сүүдрийн өөрчлөлт болон халхалттай хавтгай зургийн хувьд боловсруулалт хийж, зурган дараалал дээрхи загвар объектын хөдөлгөөнийг даган тодорхойлох алгоритмыг боловсрууллаа. Бидний дэвшүүлсэн арга, алгоритм нь бодит хугацаанд зурган дараалал дээрхи загвар объектыг гэрэл сүүдэр, халхалттай саадыг үл ажран ажиллаж байгаа нь бусад арга алгоритмаас сайн үр дүнг үзүүлж байна.

АШИГЛАСАН МАТЕРИАЛ

- [1] Г.Ганчимэг “Дүрсний ижил төстэй хэмжигдэхүүнийг тодорхойлох аргачлал” Улаанбаатар, 5-сар, 2016.
- [2] David Lowe, "Method and apparatus for identifying scale invariant features in an image and use of same for locating an object in an image", U.S. Patent 6,711,293, March 23, 2004
- [3] Lowe, David G, "Distinctive Image Features from ScaleInvariant Keypoints", International Journal of Computer Vision, 60 (2): pp 91–110, 2004
- [4] Lowe, David G, "Object recognition from local scale invariant features", Proceedings of the International Conference on Computer Vision, pp 1150– 1157, 1999
- [5] Serre, T., Kouh, M., Cadieu, C., Knoblich, U., Kreiman, G., Poggio, T., “A Theory of Object Recognition: Computations and Circuits in the Feedforward Path of the Ventral Stream in Primate Visual Cortex”, Computer Science and Artificial Intelligence Laboratory Technical Report, December 19, 2005
- [6] Beis, J., Lowe, David G, "Shape indexing using approximate nearest-neighbour search in high-dimensional spaces", Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, pp 1000–1006, 1997
- [7] Herbert Bay, Andreas Ess, Tinne Tuytelaars, Luc Van Gool “Speeded-Up Robust Features (SURF)”, September 2007
- [8] https://www.researchgate.net/profile/Artras_Serackis/publication/261421604/figure/fig1/AS:296636589854723@1447735082950/Main-stages-of-the-SURF-algorithm.png
- [9] Frédéric Jurie and Michel Dhome, “Real Time Robust Template Matching”, Université Blaise-Pascal, F-63177 Aubière - FRANCE

Үүрэн холбооны бааз станцаас үүсэх цахилгаан соронзон долгионы бохирдлыг бууруулах аргуудын судалгаа

П.Ууганбаяр Ч.Оюу Н.Эрдэнэхүү

Холбооны салбар

ШУТИС, Мэдээлэл, Холбооны Технологийн сургууль

Улаанбаатар, Монгол улс

p.uuganbayar@must.edu.mn, oyu_ch@must.edu.mn, erdenekhuu@must.edu.mn

Хураангуй — Харилцаа холбоо, мэдээлийн технологийн болон бусад салбар дахь цахилгаан соронзон долгионы (ЦСД)-ны үүсгүүрийн тоо сүүлийн жилүүдэд эрчимтэй нэмэгдэж байна. Үүнтэй холбоотойгоор хүн ам шигүү суурьшсан хот, суурин газруудын цахилгаан соронзон долгионы бохирдлын хэмжээг тогтоох, бууруулах, урьдчилан сэргийлэх асуудал дэлхий нийтийн анхаарлын төвд байна. Энэхүү өгүүлэлээр цахилгаан соронзон долгионы бохирдол, дэлхий нийтийн чиг хандлага, Улаанбаатар хот дахь цахилгаан соронзон долгионы үүсгүүрүүдийн ангилал, тоо хэмжээ, цахилгаан соронзон долгионы бохирдлыг бууруулах, урьдчилан сэргийлэх аргуудыг судалж бодит үүсгүүрийн өгөгдлийг ашиглан тооцоо хийж, үр дүнг дүгнэсэн.

Түлхүүр үг—цахилгаан соронзон долгионы бохирдол; бууруулах аргууд; цацаргалтын түвшин; нөлөөллийн түвшин

I. УДИРТГАЛ

Харилцаа холбоо, мэдээлийн технологийн салбарын хурдацтай хөгжлийн явцад суурин газруудын цахилгаан соронзон долгионы (ЦСД) үүсгүүрүүдийн тоо хэмжээ нэмэгдэж, хүрээлэн буй орчин дахь цахилгаан соронзон долгионы нягт жил ирэх тутам өсч байна. Ингэж ЦСД-ны үүсгүүрүүдийн тоо, цахилгаан соронзон орны (ЦСО) нягт нэмэгдснээр ЦСД-ны бохирдол ихсэж, хүн амьтан, хүрээлэн буй орчинд сөрөг нөлөө үзүүлдэг. ЦСД-ны бохирдол нь бидний өдөр тутмын амьдралд тулгарч буй агаарын бохирдол, хөрс, усны бохирдол шиг хүрээлэн буй орчин, хүний эрүүл мэндэд богино хугацаанд мэдрэхүйц шууд нөлөө үзүүлэхгүй ч урт хугацааны үйлчлэлээр авч үзвэл эдгээр бохирдолын хүчин зүйлстэй нэн тэнцүү аюулт үр дагаварыг авчрах чухал асуудал юм. Гэвч саяхныг хүртэл ЦСО нь хүний биед сөрөг нөлөөгүй гэсэн ойлголт түгээмэл байсан. Дэлхийн эрүүл мэндийн байгууллага (World Health Organization – WHO), Хорт хавдар судлах олон улсын агентлаг (International Agency for Research on Cancer – IARC) зэрэг томоохон эрүүл мэндийн судалгааны байгууллагуудаас ЦСД нь хүний биед төрөл бүрийн хавдар, цусны өвчин, мэдрэлийн эмгэг үүсгэх шалтгаан болохоос гадна бага насны хүүхэд, жирэмсэн эхчүүд, зүрх судасны эмгэгтэй хүмүүст илүүтэйгээр нөлөөлдөг болохыг

батлаад байна. Мөн ICNIRP (Иончлогдоогүй цацаргалтаас хамгаалах олон улсын хороо), FCC (Америкийн харилцаа холбооны хороо) зэрэг олон улсын стандартчиллын байгууллагуудаас ЦСД-ны хүний биед үзүүлэх нөлөөний зөвшөөрөгдөх түвшинг тодорхойлсон. Улаанбаатар хотын ЦСД-ны бохирдлын үүсгүүрүүдийг ангилж үзвэл харилцаа холбооны зориулалттай радио нэвтрүүлэх станцуудаас ялгарч буй ЦСД голлох байр суурийг эзэлж байна. Иймээс хотын ЦСД-ны бохирдлыг бууруулах, цаашид урьдчилан сэргийлэхийн тулд Улаанбаатар хотын харилцаа холбооны зориулалттай радио станцуудын судалгааг хийж, бохирдлын өнөөгийн төлвийг тодорхойлох нь нэн чухал. Одоогийн байдлаар энэ төрлийн үүсгүүрүүдийн мэдээллийг хэмжилтийн судалгаагаар цуглуулж, вэб суурьтай мэдээллийн бааз үүсгээд байна. Мэдээллийн баазад нэгж үүсгүүрийн радио давтамж, үүсгүүрийн төрөл, зориулалт (Жишээлбэл: Үүрэн холбооны бааз станц гэх мэт), үүсгүүрийн нэвтрүүлэх чадал, хаяг, байршил буюу солбицлын мэдээлэл зэргийг оруулсан. Цаашид Улаанбаатар хотын ЦСД-ны бохирдлын өнөөгийн болон хэтийн төлөв байдлыг тодорхойлон дүгнэлт гаргах үед бохирдлын төлөв байдлыг давтамжийн цараар нь, байрлалаар нь, үүсгүүрийн төрлөөр нь гэх мэтээр харьцуулан гаргах учраас эдгээр талбаруудаар мэдээлэл цуглуулсан болно. Хүснэгт 1-г энэ мэдээллийн баазын өгөгдлийн тойм мэдээллийг багтаалаа.

ХҮСНЭГТ 1. УЛААНБААТАР ХОТЫН ЦСД-НЫ ГОЛ ҮҮСГҮҮРҮҮДИЙН ТООН МЭДЭЭЛЭЛ

д/д	Радио давтамж царга	Үүсгүүрийн ашиглалтын төрөл зориулалт	Нэвтрүүлэгчийн чадал [Вт]	Нийт үүсгүүрийн тоо
1	80-110 МГц	Радио өргөн нэвтрүүлэг	1000	31
2	500-600МГц	Телевизийн өргөн нэвтрүүлэг	100-5000	10
3	700-800МГц	Үүрэн холбоо LTE	40	16
4	800-900 МГц	Үүрэн холбоо CDMA 2G	20-60	79
5	900-1000 МГц	Үүрэн холбоо GSM 2G	45	256
6	1700-1800 МГц	Үүрэн холбоо GSM 2G	20;45	339
7	1800 МГц	Үүрэн холбоо LTE	20	478
8	2100 МГц	Үүрэн холбоо 3G	20-80	925
9	2500-2600 МГц	Үүрэн холбоо LTE	45	41
10	2.4ГГц; 5ГГц	WiFi		6343
Нийт				8518

Хүснэгт 1-с харахад үүрэн хөдөлгөөнт холбооны бааз станцууд болон WiFi үүсгүүрүүд хамгийн их ашиглагдаж байна. Иймээс Улаанбаатр хотын цахилгаан соронзон долгионы бохирдлыг бууруулахын тулд нэн түрүүнд үүрэн холбооны станцууд болон WiFi үүсгүүрүүдийг авч үзэх нь чухал байна.

Олон улсын цахилгаан холбооны байгууллагаас гаргасан ITU-T Rec.K.70 [1] зөвлөмжид радио станцын орчин дахь ЦСО-оос хүний биед нөлөөлөх нөлөөллийг бууруулах аргуудыг санал болгосон байдаг. Өгүүлэлд энэ аргуудыг ашиглан үүрэн холбооны бааз станцуудаас үүсэх цахилгаан соронзон бохирдлыг бууруулах, урьдчилан сэргийлэх боломжтой гэж үзэж байгаа бөгөөд аргуудын мөн чанарыг судалж Улаанбаатар хот дахь бодит жишээн дээр симуляц хийж дүгнэлт гаргалаа.

II. ЦАХИЛГААН СОРОНЗОН ДОЛГИОНЫ НӨЛӨӨЛЛИЙН ҮНЭЛГЭЭ

A. ЦСО-ны нөлөөллийн түвшин, хязгаар утгууд

ЦСО-ы үүсгүүрүүдээс үүссэн нийлмэл ЦСО-ы хүний биед нөлөөлөх нөлөөллийг тооцоолохдоо цахилгаан орны хүчлэг, соронзон орны хүчлэг, чадлын нягт гэсэн өгөгдлүүдийг ашигладаг бөгөөд тооцооны болон бодит хэмжилтийн утгуудыг лавлах зөвшөөрөгдсөн утгуудтай харьцуулан дүгнэдэг. Тооцооны утгууд нь алсын зайн бүсэд бодит цацаргалтын утгуудтай ойролцоо байдаг бол ойрын зайн бүсэд тодорхой хэмжээгээр зөрдөг.

Хүснэгт 2. Олон улсын СТАНДАРТЧИЛЛЫН БАЙГУУЛЛАГУУДААС [2], [4] ТОГТООСОН ЦСО-НЫ ХҮНИЙ БИЕД ҮЗҮҮЛЭХ НӨЛӨӨНИЙ ЗӨВШӨӨРӨГДӨХ ТҮВШИН

Давтамж	900МГц		1800МГц	
	ICNIRP	IEEE/FCC	ICNIRP	IEEE/FCC
Цахилгаан орны хүчлэг (В/м)	90	-	127.28	-
Соронзон орны хүчлэг (А/м)	0,24	-	0,34	-
Чадлын нягт (мВт/см ²)	22,5	30	45	50

Хүснэгт 3. MNS:5594 ДУГААРТ МОНГОЛ УЛСЫН СТАНДАРТААР [3] ТОГТООСОН ЦСО-НЫ ХҮНИЙ БИЕД ҮЗҮҮЛЭХ НӨЛӨӨНИЙ ЗӨВШӨӨРӨГДӨХ ТҮВШИН

Давтамжийн зурвас [МГц]	Цахилгаан оронгийн хүчлэг (Е) [В/м]	Соронзон оронгийн хүчлэг (Н) [(А/м)]	Чадлын нягтрал (S), E талбай, H талбай [мВ/см ²]	Дундаж хугацаа [E]2, [H]2 эсвэл S, мин
0.003-0.1	614	163	(102, 106)	6
0.1-3.0	614	16.3V	(102, 104V2)	6
3-30	1842V	16.3V	(9*102, 104V2)	6
30-100	61.4	16.3V	(1.0, 104V2)	6
100-300	61.4	0.163	1.0	6
300-3000	-	-	f300	6
3000-15000	-	-	10	6
15000-300000	-	-	10	616000/f2

B. ЦСО-ны хуримтлагдсан нөлөөллийн түвшинг үнэлэх аргууд

ЦСО-ы бодит эх үүсгүүр нь нэвтрүүлэх антенн байдаг тул цацаргалтын түвшинг тодорхойлоход хамгийн их нөлөөлдөг хүчин зүйл юм. Түгээмэл тааралдах нэвтрүүлэх болон бааз станцуудад олон тооны ажлын давтамж ашигладаг тул ЦСО-ы хуримтлагдсан нөлөөллийн

түвшингийн үнэлгээг хийх шаардлагатай болдог. Энэ үнэлгээг хийхдээ цацаргалтын эх үүсгүүрийн дэлгэрэнгүй мэдээлэл, илүү нарийвчилсан загвар, аргачлалыг ашиглах нь үр дүнтэй. ЦСО-ы хуримтлагдсан нөлөөллийн түвшингийн үнэлгээг хийх бүтэн долгионы арга, синтезийн арга, цэгэн үүсгүүрийн загвар зэрэг аргууд байна.

Бүтэн долгионы арга нь Максвеллийн тэгшитгэлийн давтамжийн болон хугацааны мужид тодорхойлсон шийдэл дээр тулгуурласан тоон загварчлалын арга юм. Энэ аргад моментийн арга (Method of Moments – MoM), төгсгөлөг-ялгаварын хугацааны муж (Finite-Difference Time Domain – FDTD) зэрэг олон арга багтдаг бөгөөд ЦСО-ы аль ч бүсэд ашиглах боломжтой. Системийн дэлгэрэнгүй сегментэлсэн загваруудыг ашигладаг тул сегментэлсэн загвар хэдий чинээ дэлгэрэнгүй байна, төдий чинээ оронгийн тархалтын нарийвчлал сайн байна. Энэ тоон загварчлал нь харгалзах програм хангамж, дэлгэрэнгүй өгөгдлийг шаарддаг. Тооцооны үр дүн нэвтрүүлэх антенны геометр хэмжээ, гүйдэл, хүчдлийн тархалт зэрэг өгөгдлийн цар, нарийвчлалаас шууд хамаарна. Ихэнх антеннууд (РӨН, үүрэн хөдөлгөөнт холбоо гэх мэт) янз бүрийн агууриг, фазтай тэжээлээр тэжээгддэг олон тооны (256 хүртэл) цацаргалтын идэвхтэй элементтэй байдаг. Ийм мэдээлэл байхгүй үед тооцоо хийх боломжгүй болох бөгөөд зөвхөн ерөнхий үнэлгээ хийх боломжтой болно.

Синтезийн арга нь антенн бүрийг нэг ижил үзүүлэлттэй элементарь үүсгүүрийн цуваа гэж үздэг. Ингэж үзэх нь жишээлбэл, нэг ижил төрлийн панель (64 хүртэл тооны) агуулах РӨН-ийн антенны хувьд үнэн байдаг [ITU-R BS.1195]. GSM панель антеннуудын хувьд (эсвэл ижил төрлийн) “патч – хавтан антенн (ихэвчлэн экрантай диполь антенн байдаг)” болгон хувааж, тус бүрийг нь нэг бие даасан цацаргагч гэж үзэж болдог. Энэ загварыг цацаргалтын элементарь үүсгүүрийн хамгийн их хэмжээтэй харьцангуйгаар тооцож гаргасан ойрын бүсээс цааших бүсэд ашиглах боломжтой бөгөөд нарийвчлал сайтай аргын тоонд ордог. Энэ аргын дутагдалтай тал нь олон тооны цацаргагч элементээс тогтох системийн тэжээлийн хуваарилалтыг нарийн мэдэх шаардлагатай.

Цэгэн үүсгүүрийн загвар нь нэвтрүүлэх антенныг антенны цахилгаан төвд байрлах, тооцоолж байгаа нэвтрүүлэх антенны чиглэлийн диаграмтай (ЧД) ижил ЧД-тай зөвхөн нэг цэгэн үүсгүүрээр төлөөлүүлдэг. Энэ загварын нарийвчлал нь оронгийн бүс болон антенны өсгөлтийн коэффициентээс хамаардаг. Энэ загварыг алсын бүсэд хэрэглэх бүрэн боломжтой бөгөөд дутагдалтай тал нь антенны ойрын бүсэд антенны хэмжээг тооцох шаардлагатай болдог.

Дээрх загваруудад ЧД-ийг чөлөөт орчинд авч үзсэн байдаг. Газар, эсвэл байшин барилга, хаалт, ялангуяа металл объектууд бусад биетээс ойсон ойлт нь ЦСО-ы нөлөөллийн түвшингийн хэмжээг өсгөдөг. Ажиглалтын цэг нь газрын гадаргаас дээш тодорхой метрт байрлах ихэнх тохиолдолд цахилгаан орны хүчлэгийг 1,6 -аар үржүүлэх бөгөөд энэ нь харгалзах чадлын нягтыг 2,56-аар үржүүлнэ гэсэн үг юм. Олон тооны ойлттой орчинд хамгийн их нөлөөлөх нэг хүчин зүйлийг авч үздэг. Практикт хамгийн

их үржүүлэх коэффициент нь цахилгаан орны хүчлэгийн хувьд 2, чадлын нягтын хувьд 4 байна.

Радио холбоонд ашиглагдаж байгаа нэвтрүүлэгчүүд ЦСД-ыг үүсгэх бөгөөд энэ долгион дамжуулах (тэжээлийн) шугамаар дамжин нэвтрүүлэх антеннаар орчинд тархдаг. Цацаргалтын үүсгүүрийн ERP, ЧД гэх мэт дэлгэрэнгүй мэдээллийг ашиглан тооцоо хийвэл сайн байдаг боловч ихэнх тохиолдолд ийм мэдээллийг олж авах хэцүү байдаг. Иймээс дамжуулах системийн тухай ерөнхий мэдээллийг авч үзэх хэрэгтэй. Цацаргалтын үүсгүүрийн ерөнхий характеристикауд (нэвтрүүлэгч болон нэвтрүүлэх антенны) бол нэвтрүүлэгчийн чадал, нэвтрүүлэх антенны ЧД, өсгөлтийн коэффициент, өндөр, EIRP байдаг. Ерөнхий мэдээллийг ашиглан тооцоо хийснээр тухайн сайтын нөлөөллийн түвшингийн ерөнхий хэмжээг мэдэх боломжтой болно.

С. Хуримтагдсан нөлөөллийн харьцаа

Ихэнх тохиолдолд нэвтрүүлэх станцууд олон давтамж дээр ажиллах олон тооны нэвтрүүлэх системээс тогтдог. Энэ тохиолдолд антенны цамхагийн ойролцоох бүсэд ЦСО янз бүрийн давтамжийн бүрэлдэхүүн бүхий комплекс бүтэцтэй байх бөгөөд цэгээс цэгт хувьсан өөрчлөгдөх ЦСО-ы хүчлэгтэй байна. Жишээлбэл, үүрэн холбооны бааз станц нь давтамжийн хоёр царын (900 MHz, 1800 MHz), олон тооны зөөгч давтамж дээр ажиллах нэвтрүүлэх антеннтай бөгөөд хэд хэдэн операторууд хамтарч ашиглах боломжтой байдаг. Үүрэн холбооны бааз станцууд ихэвчлэн РӨН-ийн антенны цамхаг дээр байрлах бөгөөд энэ цамхаг дээр өөр бусад үйлчилгээний нэвтрүүлэх төхөөрөмжүүд суурилагдсан байдаг. Олон үүсгүүрээс гарсан цацаргалт нь хүний биед нэгэн зэрэг нөлөөлнө.

Олон цацаргалтын үүсгүүртэй орчин дахь нөлөөллийн үнэлгээг хийхдээ хуримталсан нөлөөллийн үзүүлэлт W_t (зарим стандартад нийт нөлөөллийн харьцаа гэж нэрлэдэг) ашигладаг. Ажлын бүх давтамжийг нийлбэр жигнэсэн утгаар тооцоолох шаардлагатай бөгөөд үүний тулд үүсгүүр тус бүрийг тухайн давтамжинд ашиглагддаг хязгаар утгатай харьцуулж урьдчилан үнэлсэн байна.

Дулааны эффект нь хуримтлалын нөлөөнөөс давамгайлж байдаг 100 кГц давтамжаас дээш давтамжийн цард W_t коэффициент дараах томъёогоор тооцоолно. [1] (цахилгаан орны хүчлэгийн хувьд):

$$W_t = \sum_{i=100\text{kHz}}^{300\text{GHz}} \left(\frac{E_i}{E_{l,i}} \right)^2 \leq 1 \quad (1)$$

E_i – i давтамжийн цахилгаан орны хүчлэг, $E_{l,i}$ – I давтамжийн хязгаар лавлах утга.

10 МГц хүртэлх давтамжинд харгалзах индукцлэгдсэн гүйдлийн нягтын хувьд цахилгаан орны хүчлэгийн нөлөөллийн түвшингийн жигнэсэн утгыг дараах томъёогоор тодорхойлно [1].

$$W_e = \sum_{i=1\text{Hz}}^{10\text{MHz}} \frac{E_i}{E_{l,i}} \leq 1 \quad (2)$$

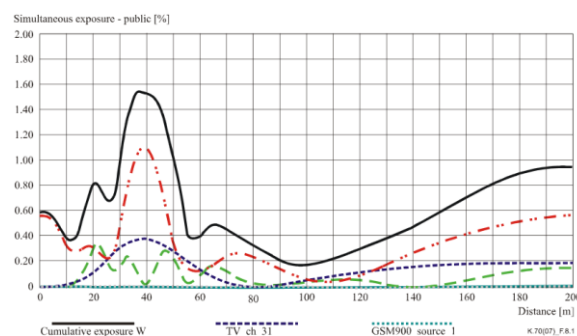
Хуримталсан нөлөөллийн дээрх хоёр утга хоёулаа 1-ээс бага байх ёстой. Радио холбооны болон РӨН-ийн хувьд (1)

тэгшитгэлээр тодорхойлогдох нөхцлийг илүү нарийн тооцох шаардлагатай байдаг.

Олон цацаргалтын үүсгүүртэй орчинд ажиглалтын цэг бүрд ажиллаж байгаа бүх нэвтрүүлэх антеннаас үүссэн цацаргалт байна. Ихэнх тохиолдолд аль нэг үүсгүүрээс гарсан цацаргалт давамгайлах бөгөөд нөлөөллийн нийт түвшинд хамгийн их нөлөө үзүүлнэ. Цацаргалтын түвшинг бууруулахын тулд давамгайлж байгаа цацаргалтын үүсгүүрийг тодорхойлох шаардлагатай.

Цацаргалтын гол үүсгүүрийг ажиглалтын цэг дээр W_t коэффициентийг (1) тэгшитгэлээр тодорхойлно.

Ажлын давтамж бүрд хийж гүйцэтгэсэн ийм тооцоолол нь хуримталсан нөлөөллийн харьцааг үнэлэх боломжийг олгож, зураг 1-т харуулсан шиг график гаргах боломжийг олгоно. [1] Зураг 1-д тод хар муруйгаар хуримтлагдсан нөлөөллийн утгыг харуулсан байна. Хэвтээ тэнхлэгт нэвтрүүлэх антеннаас алслагдах зай, босоо тэнхлэгт тухайн зайд үйлчлэх цахилгаан соронзон долгионы нөлөөллийн түвшинг харуулсан. Тод хар муруй нь хуримтлагдсан нөлөөллийн түвшингийн зөвшөөрөгдөх хязгаар утгыг, бусад өнгийн муруйнууд цахилгаан соронзон долгионы үүсгүүрүүдийн х ньүний биед үзүүлэх нөлөөллийн түвшинг үүсгүүрийн төрлийг илэрхийлж байна.



Зураг.1 FM, TV, GSM 900 системийн нэвтрүүлэх сайтын зайн функцээс хамаарсан W_t утгын жишээ

Хүснэгт 1-д өгөгдсөн нөлөөллийн хязгаарыг тоохон нөлөөллийн хязгаар утганд хүрсэн байх цэгээс нэвтрүүлэх антенн хүртэлх зайг тооцоолох боломжтой. Энэ зайг нийцлийн зай гэж нэрлэдэг. Энэ зай нь төрөл бүрийн нэвтрүүлэх антеннуудад өөр өөр байна. Мөн нийт хүн ам болон тухайн станц дээр ажиллаж байгаа ажилтнуудын хувьд мөн ялгаатай байна.



Зураг.2 ЦСО-ны хүнд нөлөөлөх мужийн дүрслэл [5]

Нийцлийн зайг байгаа өгөгдөл, шаардлагатай нарийвчлалаас хамааруулан тооцоолох олон арга зам байдаг ба нийцлийн зайнаас их зайд цацаргалтын түвшин зөвшөөрөгдсөн хязгаараас утгаас бага байна. Цацаргагчийн тухай мэдээлэл бага байх үед нийцлийн зайг давуулж үнэлэх шаардлагатай болно. Эхний аргачлалд изотроп антеннтай (ЧД нь $f(\theta, \varphi) = 1$) цэгэн үүсгүүрийн загвар ашиглагдана. Энэ аргачлалыг бүх тохиолдолд ашиглаж болох боловч хэт давуулж үнэлсэн үнэлгээ болдог. Давуулж үнэлсэн үнэлгээний түвшин нэвтрүүлэх антенны чиглүүлгийн коэффициент болон нэвтрүүлэх антеннтай харьцангуйгаар байрласан ажиглалтын цэгийн чиглэлээс хамаардаг. Изотроп антенны хувьд, эсвэл чиглэлтэй антенны хувьд хамгийн их цацаргалттай чиглэлд энэ арга нарийн үр дүн өгдөг. Чиглэлтэй антенны хувьд (радио холбоо, өргөн нэвтрүүлэгт ашиглагддаг) хамгийн их цацаргалтын чиглэлээс өөр чиглэлд байгаа ажиглалтын цэгүүдэд нийцлийн зай давж үнэлэгдэнэ.

Хоёр дахь аргачлалд ЧД нь мэдэгдэж байх цэгэн үүсгүүрийн загварыг ашиглана. Энэ аргыг EMF-estimator програмд мөн ашигладаг. Хэрвээ ЧД мэдэгдэж байвал алсын бүсэд, эсвэл түүнтэй ойролцоо байх бүсэд нийцлийн зай байрлах ба тооцооны үр дүн илүү сайн нарийвчлалтай байна.

Хүснэгт 4. Нийцлийн зайг тооцоолох энгийн аргууд [1]

Радио давтамжийн цар	Нийтлэг нөлөөллийн зай	Мэргэжлийн нөлөөллийн зай
1 – 10 МГц	$r = 0.10 * \sqrt{eirp * f}$	$r = 0.0144 * f * \sqrt{eirp}$
10 – 400 МГц	$r = 0.319 * \sqrt{eirp}$	$r = 0.143 * \sqrt{eirp}$
400 – 2000 МГц	$r = 6.38 * \sqrt{eirp/f}$	$r = 2.92 * \sqrt{eirp/f}$
2000 – 300000 МГц	$r = 0.143 * \sqrt{eirp}$	$r = 0.0638 * \sqrt{eirp}$

Хэрвээ Максвеллийн тэгшитгэл дээр суурилсан тоон аргуудыг (MoM, FDTD гэх мэт) ашиглаж байгаа бол бүх тохиолдлуудад нийцлийн зайг маш сайн нарийвчлалтайгаар үнэлэх боломжтой юм. Гэхдээ энэ аргууд нь маш дэлгэрэнгүй өгөгдлийг шаарддаг тул тусгай програм хангамж, тоон загварчлалын туршлага хэрэгтэй болдог сул талтай.

III. ЦАХИЛГААН СОРОНЗОН ДОЛГИОНЫ БОХИРДЛЫГ БУУРУУЛАХ АРГУУД

Тухайн бүс дэх ЦСД-ны цацаргалтын түвшинг хэд хэдэн аргаар бууруулж болдог. Энэ хэсэгт зарим боломжит аргуудын талаар оруулсан бөгөөд тодорхой жишээн дээр үр дүнг илэрхийлэн харууллаа. Цахилгаан соронзон цацаргалтыг бууруулах ихэнх аргыг хөдөлгөөнт холбооны бааз станцууд, богино, дунд, урт долгионы радио өргөн нэвтрүүлгийн (РӨН) станцууд, телевизийн өргөн нэвтрүүлгийн (ТӨН) станцууд, Тетра зэрэг тусгай зориулалтын радио системийн бааз станцууд зэрэг олон төрлийн ЦСД-ны эх үүсгүүрт хэрэглэх боломжтой.

A. Радио станцын нэвтрүүлэх чадлыг багасгах арга

ЦСД-ны цацаргалтын түвшинг багасгах хамгийн энгийн арга бол нэвтрүүлэх станцын чадлыг багасгах арга бөгөөд уг аргын мөн чанар нь нэвтрүүлэх станцын чадлыг багасгаснаар ажиглалтын цэгүүд дээрх чадлын нягтыг

шугаман хамаарлаар бууруулах юм. Өөрөөр хэлбэл, ажиглалтын цэгүүд дээрх цахилгаан орны хүчлэгийн квадрат утга буурдаг. Хэдийгээр энэ аргаар ЦСД-ны цацаргалтын түвшин буурах хэдий ч тухайн бүс дэх чадлын нягт буурснаар станцын хамрах хүрээ, бүрхэлт багасдаг нь энэ аргыг хэрэглээг хязгаарладаг.

B. Радио станцын антенны өндрийг нэмэх арга

Антенны өндрийг нэмснээр цахилгаан соронзон цацаргалтын нөлөөллийг судлах цэгүүд хүртэлх зай нэмэгдэнэ. Өөрөөр хэлбэл, зай нэмэгдэхэд нөлөөлөл судлах цэгүүд дэхь цахилгаан соронзон цацаргалтын түвшин буурна. Тухайн нэвтрүүлэх станцын антенны өндрийг нэмэх боломжтой үед энэ аргыг ашигладаг. Тухайлбал, ихэнх өргөн нэвтрүүлгийн станцуудын хувьд боломжит хамгийн өндөр цэгт антенныг байрлуулсан байдаг тул энэ аргыг хэрэглэхэд хүндрэлтэй.

C. Антенны чиглэлийн диаграммын босоо тэнхлэгийн налалтын өнцгийг /Downtilt angle/ багасгах арга

Нэвтрүүлэх антенны ЧД-ын босоо тэнхлэгийн цацаргалтын үндсэн дэлбээг доош налуулах арга нь тухайн үйлчилгээний шаардлагаас хамаарч ихээхэн хэрэглэгддэг. Нэвтрүүлэх антенны энэ өнцөг их байх тусам хэвтээ хавтгайн дагуу буюу шууд харалтын чиглэлд антеннаас их хэмжээний энерги алдагдана. Энэ алдагдлын хэмжээг антенны ЧД-ын босоо тэнхлэгийн дэлбээг нарийсгах, эсвэл босоо тэнхлэгийн налалтын өнцгийг багасгах буюу антенныг доош бөхийлгөх аргуудаар бууруулж болдог. Үүрэн хөдөлгөөнт холбооны бааз станцуудын хувьд антенны ЧД-ын босоо тэнхлэгийн налалтын өнцгийг багасгаснаар үүрийн хамрах хүрээг хязгаарлаж, давтамжийг дахин ашиглах боломжийг нэмэгдүүлдэг. Үүнээс гадна нэвтрүүлэх антенны үндсэн дэлбээний налалтын өнцөг нь радио станцын ойролцоох цахилгаан соронзон цацаргалтын түвшинд нөлөөлнө. Нэг ёсондоо антенны босоо тэнхлэгийн налалтын өнцөг их байх тусам нэвтрүүлэх антенны орчмын цахилгаан соронзон цацаргалтын түвшин их байна, эсрэг тохиолдолд бага байна гэсэн үг юм. Цахилгаан соронзон цацаргалтын дийлэнх хэсэг нь антенны цацаргалтын үндсэн дэлбээнд агуулагддаг бөгөөд үндсэн дэлбээний цацаргалтын түвшинг бууруулах нь ЦСД-ны бохирдолд ихээхэн эерэг нөлөөтэй.

D. Нэвтрүүлэх антенны өсгөлтийг нэмэгдүүлэх арга

Антенны өсгөлт нь антенны чиглэлийн коэффициенттэй шууд хамааралтай байдаг. Антенны чиглэлийн коэффициент гэдэг нь антеннаас тухайн чиглэлд (ихэвчлэн хэвтээ хавтгайн чиглэлд) цацаргах чадамж болон бусад чиглэл дэхь (газар, эсвэл тэнгэр чигт) цацаргалтыг хязгаарлах чадамжийг илэрхийлдэг үзүүлэлт юм. Практикт антенны өсгөлт нь (илүү оновчтойгоор хэлбэл антенны чиглэлийн коэффициент) хүн ам оршин байх бүс дэхь цахилгаан соронзон цацаргалтыг багасгахад ашиглагддаг. Антенны чиглэлийн коэффициент нь хэвтээ болон босоо хавтгай дахь ЧД-тай нарийн холбоотой юм. Хэвтээ хавтгай дахь ЧД нь тухайн үйлчилгээний шаардлагаас хамаарч тодорхойлогддог бөгөөд ихэвчлэн бүх чиглэлд цацаргалттай буюу чиглэлгүй байх нь бий. Үүрэн хөдөлгөөнт холбооны системүүдийг авч үзвэл үүрүүд нь гурван хэсэгтэй, хэсэг бүр нь өөрийн нэвтрүүлэх антенныг

ашиглан үйлчилгээ үзүүлдэг. Үүрэн сүлжээний бааз станцаас цацаргаж буй ЦСД-ны цацаргалтын түвшин, нөлөөллийн хэмжээг ийм энгийн үүрийн хувьд тооцвол үүрийн гурван хэсгийн нийлбэр нь тухайн үүр чиглэлгүй нэг антеннтай ажиллах тохиолдолтой тэнцүү байдаг. Харин 3 хэсэгт хуваасан бүтэцтэй үүрийн зарим чиглэлд цацаргалтыг багасгавал тухайн чиглэлүүдийн хамрах хүрээ багасдаг. Ийм учраас нэвтрүүлэх антенны хэвтээ хавтгайн ЧД-ыг өөрчилснөөр ЦСД-ны нөлөөлөл ихтэй бүсүүдэд цацаргалтыг бууруулах, ЦСД-ны нөлөөллөөс хүн амыг хамгаалах боломжтой. Нэвтрүүлэх антенны босоо хавтгайн ЧД-аас хамаараад практикт өөр өөр нөхцөл байдал үүсдэг бөгөөд ЦСД-ны цацаргалтыг антенн хүртэлх зайн функцаар тодорхойлдог. Антенны цацаргалтын үндсэн дэлбээний өргөнийг нарийсгахад өсгөлт ихсэнэ гэсэн үг юм. Өөрөөр хэлбэл, антенны өсгөлт сайжирснаар цацаргалтын нийт энергийг 2 хэсэгт хуваадаг ба эхнийх нь антенны цацаргалтын үндсэн дэлбээний чиглэлд цацагдсан энерги, дараах нь антенн орчмын бүсэд буюу антенны доод талбайд цацагдсан энерги юм. Иймээс антенны өсгөлтийг нэмэгдүүлж антенн орчим дахь цацаргалт буюу түүнээс үүсэх цахилгаан соронзон нөлөөллийг бууруулах боломжтой. Радио станцын үйлчилгээний хамрах хүрээ нь нийт цацаргалтын чадлаас шууд хамаардаг учир тодорхой талбайг хамарсан бүрхэлтийг үүсгэх шаардлагатай цацаргалтын чадлыг гаргахын тулд их чадалтай нэвтрүүлэгчид бага өсгөлттэй антенн холбох эсвэл бага чадлын нэвтрүүлэгчид өндөр өсгөлттэй антенн холбох сонголтүүд байж болохоор байна. Энд дүгнэж хэлбэл ЦСД-ны цацаргалтаас хүрээлэн буй орчинд үүсэх нөлөөллийг багасгахын тулд аль болох бага чадалтай нэвтрүүлэх станцад аль болох өндөр өсгөлттэй антенныг холбон ашиглах нь оновчтой юм. Тиймээс ч сүүлийн үеийн утасгүй технологиуд энэ чиглэлд түлхүү хөгжиж байна.

Е. Нэвтрүүлэх антенны босоо ЧД-ыг (VRP) өөрчлөх арга

Нэвтрүүлэх антенны босоо чиглэлийн диаграмм нь антенны босоо тэнхлэгийн өнцгөөс /elevation angle/ хамаарсан цахилгаан орны хүчлэгийн нормчлогдсон функц бөгөөд антенн хүртэлх зайнаас хамааруулж цахилгаан орны хүчлэгийн өөрчлөлтийг тодорхойлдог. Олон үйлчилгээний хувьд, тухайлбал үүрэн холбооны системүүдэд антенны босоо чиглэлийн диаграммыг үйлдвэрлэгчээс өөрчлөлт хийх боломжгүйгээр тодорхойлогдсон байдаг. Харин өргөн нэвтрүүлгийн үйлчилгээний хувьд нэвтрүүлэх антеннууд тус тусдаа загварчлагддаг учир энэ нөхцөл байдал өөр байдаг. ЧД-ын тодорхой хэсэг нь хүн ам оршин байгаа бүс нутаг руу (антенны ойр орчимд) чиглэдэг тул антенны ЧД-ын босоо тэнхлэгийн өргөлтийн өнцөг их байхад онцгой анхаардаг. Гэхдээ антенны босоо ЧД-ын энэ хэсэг нь үйлчилгээний үзүүлэлтэд бага нөлөөтэй учир ихэвчлэн удирдаж тохируулах шаардлага гардаггүй. Хэрвээ нэвтрүүлэх антенн ажиллагаанд байгаа гэж үзвэл фидерийн байгууламжийг өөрчлөх замаар антенны босоо ЧД-ыг сайжруулах боломжтой юм. Энэ өөрчлөлтийг хийснээр антенны цамхаг орчмын зайд цахилгаан соронзон цацаргалтыг багасгадаг (босоо тэнхлэгийн өнцөг 130-180 градус орчим) ба харин тухайн агшинд алс зайд цахилгаан соронзон цацаргалтын түвшин өөрчлөгдөхгүй байх ёстой.

Ү. Нэвтрүүлэх антенны хэвтээ ЧД-ыг (HRP) өөрчлөх арга

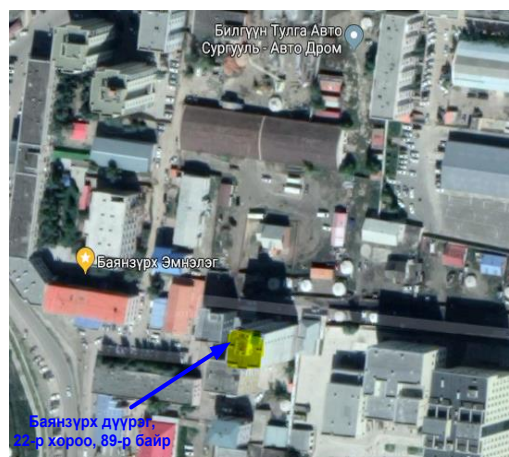
Нэвтрүүлэх антенны хэвтээ ЧД-ыг өөрчилснөөр антенн орчмын ЦСД-ны цацаргалтын түвшинг бууруулах боломж хязгаарлагдмал байдаг. Хөдөлгөөнт холбооны бааз станцуудын хувьд өргөн хэвтээ ЧД-тай антенныг нарийн хэвтээ ЧД-тай антеннаар сольж хүрээлэн буй орчин дахь цахилгаан соронзон цацаргалтын түвшинг бууруулах боломжтой. Нэг ёсондоо өндөр өсгөлттэй антеннуудыг шинээр байрлуулна гэсэн үг. Өндөр өсгөлттэй антенн ашигласан үед антенны босоо тэнхлэгийн өнцгийг их байлгаснаар нэвтрүүлэгчийн чадлыг багасгаж орчны ЦСД-ны бохирдлыг бууруулдаг.

Г. Олон аргыг нэгэн зэрэг хэрэглэх

Нэг аргыг дангаар нь хэрэглэснээс олон аргуудыг зохицуулан хослуулж хэрэглэх нь ЦСД-ны цацаргалтын түвшинг бууруулахад илүү үр дүнтэй байх нь бий. Дээр дурьдсан аргуудаас тухайн нөхцөл байдалд нь зохицуулж хамт хэрэглэх боломжтой юм.

IV. СУДАЛГААНЫ ОРЧИН, ҮР ДҮН

Өмнөх бүлгүүдэд дурьдсан ЦСО-ы нөлөөллийг бууруулах аргуудыг Баянзүрх дүүргийн 22-р хороо, 89-р байрны дээвэр дээр байрлах үүрэн холбооны 3G бааз станцын жишээн дээр судаллаа.



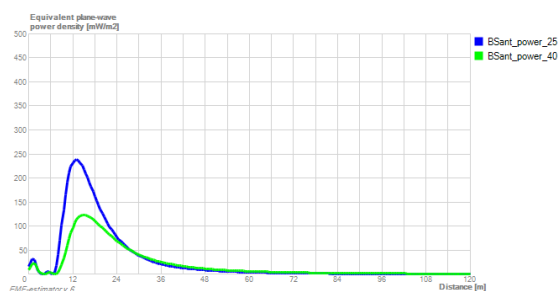
Зураг.3. Ажиглалт хийсэн цэгийн байршил

ЦСД-ны нөлөөллийг бууруулах аргуудыг судлахдаа ITU- EMF estimator тооцооны програмыг ашигласан. Туршилт хийхдээ нэвтрүүлэгчийн чадал бууруулах, антенны босоо ЧД-н босоо налалтын өнцгийг багасгах, антенны өсгөлтийг нэмэгдүүлэх, хэвтээ чиглэлийн диаграммыг өөрчлөх аргуудыг сонгож ашигласан.

Сонгосон 3G бааз станцын нэвтрүүлэгчийн чадал 40 Вт, ажлын давтамж 2140 МГц, нэвтрүүлэх антенны өсгөлт 15.5 дБ, антенны өндөр газрын гадаргаас дээш 35 м, босоо ЧД-ын дэлбээний өргөн нь 14 градус, нийт алдагдал 2.11 дБ гэсэн бодит техникийн өгөгдөл, тохиргооны утгуудыг симуляцийн тооцоонд анхны өгөгдөл болгон ашигласан.

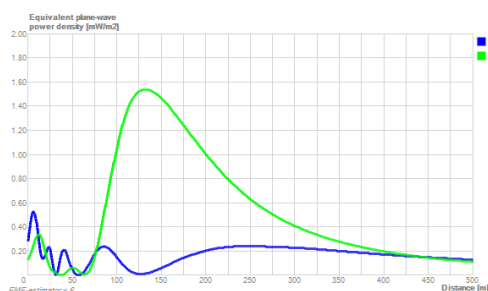
Нэвтрүүлэх антенны босоо тэнхлэгийн налалтын өнцгийг багасгах болон антенны өсгөлтийг нэмэгдүүлэх аргуудын хувьд газрын гадаргаас 1.5 м өндөрт болон 30 метр (антенн

байрлах байшингийн дээвэр дээр) өндөрт зайнаас хамаарч ЦСД-н нөлөөллийг тооцсон.

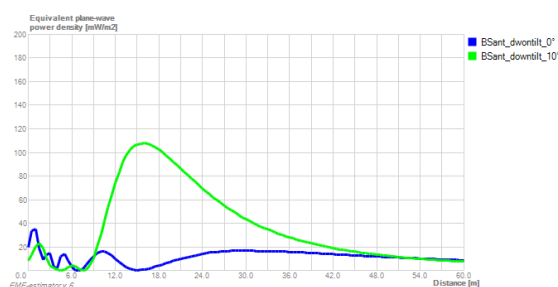


Зураг.4. Нэвтрүүлэгчийн чадлыг бууруулах аргаар нөлөөллийн түвшинг тооцсон үр дүн

Нэвтрүүлэгчийн чадлын бууруулах аргыг судлахдаа сонгож авсан станц дээр нэвтрүүлэгчийн анхны чадлыг 40 ватт, бууруулж турших чадлыг 25 ватт байна гэж тооцоолон үр дүнгүүдийг өнгөөр ялгаж харьцуулсан. Зураг 4-т харуулсан үр дүнгээс нэвтрүүлэгчийн чадлыг бууруулах аргыг хэрэглэснээр антенн байрлах цамхагийн ойр орчимд цахилгаан соронзон цацаргалтын нөлөөллийн түвшин буурсан гэдэг нь харагдаж байна.



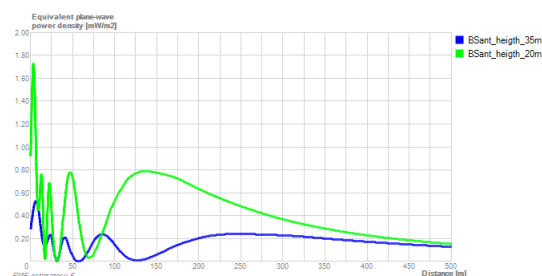
Зураг.5. Нэвтрүүлэх антенны босоо тэнхлэгийн налалтын өнцгийг багасгах аргаар нөлөөллийн түвшинг тооцсон үр дүн /1.5 м өндөрт/



Зураг.6. Нэвтрүүлэх антенны босоо тэнхлэгийн налалтын өнцгийг багасгах аргаар нөлөөллийн түвшинг тооцсон үр дүн /30 м өндөрт/

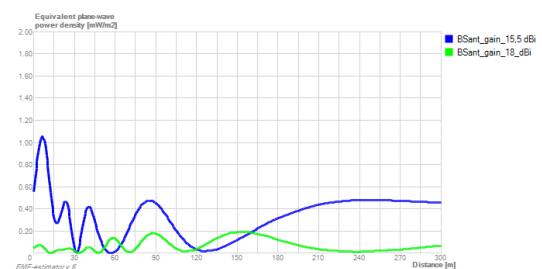
Нэвтрүүлэх антенны босоо тэнхлэгийн налалтын өнцгийг багасгах аргыг судлахдаа сонгож авсан станц дээр нэвтрүүлэх антенны босоо тэнхлэгийн налалтын анхны өнцгийг сонгож авсан станцын бодит тохиргооны өгөгдлийн дагуу 10 градус, багасгаж турших өнцгийг 0 градус байна гэж тооцоолон харьцуулж авч үзсэн. Зураг 5 болон 6-д газрын гадаргаас дээш ялгаатай 2 өндөрт тооцоолсон үр дүнг харуулсан. Эдгээр үр дүнгүүдээс харахад нэвтрүүлэх антенны босоо тэнхлэгийн налалтын

өнцгийг багасгах аргыг хэрэглэснээр антеннаас тодорхой зайнд цахилгаан соронзон цацаргалтын нөлөөллийн түвшин буурсан гэдэг нь харагдаж байна.

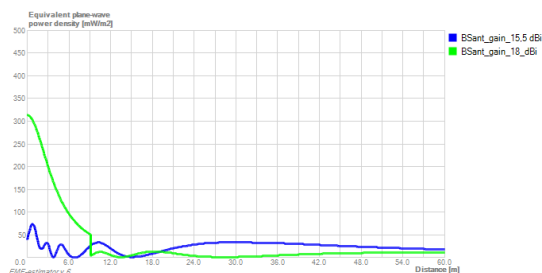


Зураг.7. Нэвтрүүлэх антенны өндрийг нэмэгдүүлэх аргаар нөлөөллийн түвшинг тооцсон үр дүн

Нэвтрүүлэх антенны өндрийг нэмэгдүүлэх аргыг туршихдаа антенны анхны өндрийг 20 метр, нэмэгдүүлж турших өндрийг 35 м байхаар сонгож харьцуулсан. Мөн энэ тохиодолд зураг 7-с харахад өмнөх аргуудтай адил цахилгаан соронзон долгионы нөлөөлөл буурч байна.



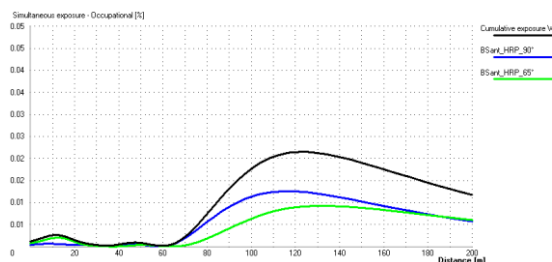
Зураг.8. Нэвтрүүлэх антенны өсгөлтийг нэмэгдүүлэх аргаар нөлөөллийн түвшинг тооцсон үр дүн /1.5 м өндөрт/



Зураг.9. Нэвтрүүлэх антенны өсгөлтийг нэмэгдүүлэх аргаар нөлөөллийн түвшинг тооцсон үр дүн /30 м өндөрт/

Нэвтрүүлэх антенны өсгөлтийг нэмэгдүүлэх аргыг судлахдаа сонгож авсан станц дээр нэвтрүүлэх антенны өсгөлтийн анхны утгыг сонгож авсан станцын бодит өгөгдлийн дагуу 15.5 дБ, нэмэгдүүлж турших утгыг 18 дБ байна гэж тооцоолон үр дүнг харьцуулсан. Зураг 8 болон 9-д газрын гадаргаас дээш ялгаатай 2 өндөрт тооцоолсон үр дүнг харуулсан. Эдгээр үр дүнгүүдээс харахад нэвтрүүлэх антенны өсгөлтийг нэмэгдүүлэх аргыг хэрэглэснээр антеннаас тодорхой зайнд цахилгаан соронзон

цацаргалтын нөлөөллийн түвшин буурсан гэдэг нь харагдаж байна.



Зураг.10. Нэвтрүүлэх антенны хэвтээ чиглэлийн диаграммыг өөрчлөх аргаар нөлөөллийн түвшинг тооцсон үр дүн

Нэвтрүүлэх антенны хэвтээ чиглэлийн диаграммыг өөрчлөх аргыг мөн өмнөх аргуудын адил анхны болон өөрчилсөн гэсэн 2 тохиолдолд тооцоолж үр дүнг

харьцуулсан. Энэ үед мөн нэвтрүүлэх антеннаас тодорхой зайд цахилгаан соронзон долгионы нөлөөлөл буурч байна.

V. ДҮГНЭЛТ

Симуляцын үр дүнгүүдээс харахад радио станцаас үүсч буй цахилгаан соронзон долгионы цацаргалтын түвшинг багасгах аргууд нь орчны цахилгаан соронзон бохирдлыг бууруулахад ихээхэн эерэг нөлөөтэй харагдаж байна. Симуляцын аргаар үнэлэгдсэн судалгааны үр дүнг цаашид практикт туршин баталгаажуулах боломжтой.

АШИГЛАСАН МАТЕРИАЛ

- [1] ITU-T Rec. K.70, Mitigation techniques to limit human exposure to EMFs in the vicinity of radiocommunication stations, June 2007
- [2] ICNIRP, Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields (up to 300GHz), Health Physics,
- [3] MNS:5594 дугаарт Монгол улсын стандарт
- [4] ITU-T Rec. K.52, Guidance on complying with limits for human exposure to electromagnetic fields, December 2004
- [5] Үүрэн холбооны бааз станцуудын цацаргалтын хүний биед үзүүлэх нөлөөллийг тогтоох, 2015 Б.Отгонбаяр, Ө.Буянхишиг

Холбооны Систем дэх Найдваржилтын Загварчлал

Базаргүрийн Батзориг*, Батаагийн Отгонбаяр†

* ШУТИС, МХТС,

†Холбооны салбар

* batzorigbazargur@gmail.com † otgonbayar_b@must.edu.mn

Хураангуй—Энэхүү өгүүлэлээр гүний уурхайн холбооны системийн найдваржилтыг нөөц системгүй, нөөц системтэй болон дээрх 2 системийг харьцуулсан байдлаар найдваржилтын загварчлалыг судалсан үр дүнг танилцуулж байна. Өнөө үед гүний уурхайн холбооны системийн найдваржилтыг үр дүнтэй зохион байуулах нь уурхайн хэвийн үйл ажиллагааг хангахад маш чухал үүрэг гүйцэтгэх болсон байна. Холбооны системийн найдваржилтын загварчлалыг илтгэгч тархалтын болон Вейбуллын тархалтын аргуудыг ашиглан нөөцгүй, нөөцтэй (нөөцтэй нь дотроо халуун болон хүйтэй нөөц гэсэн 2 төрөлтэй) гэсэн нийт 3 загварыг гаргаж, эдгээрийг хооронд нь харьцуулах байдлаар загварчилсан. Аливаа системийн найдваржилтыг дээшлүүлнэ гэдэг бол тэрхүү систем нь заавал нөөц системтэй байх ёстой гэсэн үг бөгөөд энэхүү нөөц систем нь байнгын ажиллагаатай байх эсвэл болзошгүй тохиолдолд ажиллагаанд оруулахад бэлэн байх шаардлага тавигддаг.

Түлхүүр үг—найдаржилт, нөөц систем, илтгэгч тархалт, байнгын ажиллагааг холбооны систем.

I. УДИРТГАЛ

Өнөө үед гүний уурхайн холбооны системийн найдвартай ажиллагаагүйгээр уурхайн байнгын хэвийн ажиллагааг хангах боломжгүй болжээ. Гүний уурхай нь өөрөө хүн ажиллахад маш аюултай орчин учраас тэнд ажиллаж буй ажилчдын аюулгүй байдлыг зөвхөн байнгын найдвартай харилцаа холбооны болон мэдээллийн технологийн системүүдийн тусламжтайгаар хангах бөгөөд эдгээр системийн найдвартай ажиллагааг шинжлэх ухааны үндэслэлтэйгээр боловсруулж тооцоолох нь чухал ач холбогдолтой юм. Энэхүү судалгааны ажлын гол зорилго нь гүний уурхайн нөхцөлд харилцаа холбооны системийн найдваржилтыг тооцоолох, найдваржилтын загваруудыг болон, үзүүлэлтийн графикуудыг гаргах явдал юм.

II. ОРШИЛ

Найдваржилт гэдэг нь аливаа нэг системийн болон түүний бүрэлдэхүүн хэсгийн үйл ажиллагааг хангаж чадах чадварын хэмжүүр. Энэ нь тодорхой ажлын нөхцөлд өгөгдсөн хугацааны туршид шаардлагатай функцын биелэгдэх магадлал гэсэн үг юм.

Судлаач бүр энэхүү сэдвийг өөр өөр талаас нь нилээн нарийн түвшинд судалгааны янз бүрийн түвшинд судласан байна.

“Эшлэл [1]-т өгүүлснээр, зохиогчид нөөц системийн талаар судласан байна. Нөөц систем нь системийн найдвартай ажиллагааг ихэсгэдэг. Нөөц систем нь зэрэгцээ холболттой байвал системийг маш сайн ажиллуулж чадна. Нөөцтэй системийн идэвхтэй ажиллаж байгаа нөөц системтэйгээ байнга холбоотой цуг ажиллана. Хэрэв нөөц дэд систем нь эвдрэвэл уг систем ажилласаар байна. Жишээ нь нэг нөөц бүхий 2 ижил систем хоёулаа идэвхтэй ажиллах бөгөөд нэг нь эвдэрсэн тохиолдолд систем ажилласаар байх болно. Үүний жишээг зураг 2-т харуулсан. Зэрэгцээ системийн найдваржилтыг тооцоолохын тулд дэд систем бүрийн эвдрэлийн магадлалыг зайлшгүй тооцно. Үүнийг бүрэн дүүрэн ойлгохын тулд системийг загварчлахдаа нэг дэд систем нь бусад дэд системүүдийн найдвартай ажиллагаанд нөлөөлөхгүй байхыг зайлшгүй тооцох бөгөөд энэ нь нэгээс илүү дэд системийн эвдрэлийн шалтгаан болохгүй байх ёстой. Хэрэв эдгээр хоёр нөхцөл байдал хоёулаа тохиолдвол нөөц системийн найдваржилтыг илүү сайжруулах шаардлагатай болно. Хэрэв системийн найдваржилт үнэхээр сайн бол нэг цэгийн эвдрэлийг илрүүлж арилгах анализийг маш сайн хийх шаардлагатай. Ялангуяа цахилгаан тэжээл болон нөөц системүүдийн харилцан холболтын цэгүүдийн нэг цэгийн эвдрэл үргэлж болдог бол тэдгээрийг онцгүй анхаарах хэрэгтэй. Эвдрэлийн бэлэн байдлыг тодорхойлох үед заримдаа дэд системүүдийн тус бүрийн физик холболтын байршил нь бие биедээ ойрхон байхыг шаардана. Жишээ нь гүний уурхайн агааржуулалтын нөөц цахилгаан тэжээлийн үүсгүүр нь гүний уурхайд ойрхон байсан нь ашигтай бөгөөд энэ нь гадаргуу дээр хэрэв сүйрэл болж бүх дэд бүтцийн байгууламж эвдэрсэн тохиолдолд энэ нь нэг цэгийн эвдрэл болох эрсдлээс хамгаалах зорилготой юм. Ерөнхийдөө зэрэгцээ системийн n дэд систем нь тус тусдаа байх нь системийг найдвартай ажиллуулах боломжийг олгохоос гадна системийн найдваржилт нь дэд систем тус бүрийн нөөцийн тохиргооны эвдрэлийн магадлал нь:

$$R(t) = 1 - [(1 - R_0(t)) \cdot (1 - R_1(t)) \cdot (1 - R_2(t)) \cdot \dots \cdot (1 - R_m(t))]$$

Жишээ нь зураг 2-т дүрслэгдсэн системийн найдваржилтыг доорх томъёогоор тооцоолно:

$$R(t) = 1 - [(1 - R_{@}(t)) \cdot (1 - R_A(t))]$$

Дээрх томъёоноос харахад системийн найдваржилт нь ямар нэгэн нөөц дэд системийн найдваржилтаас илүү сайн системийн найдваржилттай гэдэг нь ойлгомжтой байна. Мөн дээрх томъёоноос харахад дэд системийн

найдваржилтыг тооцоолохдоо тус тусдаа тархалтыг сонгох боломжтой, гэхдээ илтгэгч тархалтыг найдваржилтын загварчлалд өргөнөөр ашигладаг. Хэрэв илтгэгч тархалтыг зураг 2-т дүрсэлсэн системийн бүрэлдэхүүнд багтах дэд системийн найдваржилтын загварчлалд ашиглах бол:

$$R(t) = e^{-\lambda_{@}t} + e^{-\lambda_A t} - e^{-(\lambda_{@} + \lambda_A)t} \quad (3)$$

Хэрэв А ба В дэд системүүд нь адилхан бол, $\lambda_A = \lambda_B$, болох бөгөөд зураг 2-т дүрсэлсэн системийн найдваржилтын илэрхийлэл нь ийм болж өөрчлөгдөнө:

$$R(t) = 2e^{-\lambda_{@}t} - e^{-2\lambda_{@}t} \quad (4)$$

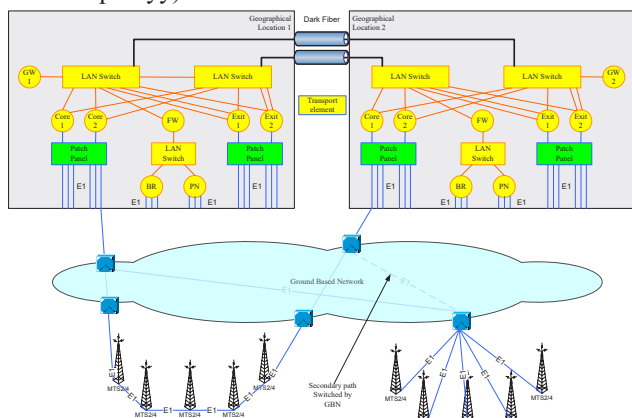
Харин “эшлэл [2] нь миний судалгааны ажилтай харьцуулахад, ямар нэгэн математик загварчлал ашиглаагүй хэдий ч, онолын түвшинд найдваржилтын асуудлыг хөндсөн байна. Тэд Smart Grid системийн холбооны системийн хамрах хүрээг янз бүрийн түвшинд судлажээ.” “Өөр нэгэн судалгааны бүтээл дээр судлаачид холболтын схемийг MAC болон замчлалын түвшинд өндөр түвшний симуляцийг ашигласан байна [3]”. “Зарим нэг судлаачид Erasure Codes (ECs)-ыг ашиглан мэдээлэгч сүлжээний өгөгдлийн дамжууллын найдваржилтыг дээшлүүлсэн үр дүнгээ харьцуулсан [4]”. “Түүнчлэн Cramer болон Mason Gain Rule аргыг ашиглан хэсэг судлаачид давтамжийн хяналтын онол дээр холбооны сүлжээний найдваржилтыг дээшлүүлж болох тухай дүн шинжилгээ хийжээ [5]”. “Утасгүй сүлжээний шинэ протокол нь сүлжээний найдваржилтыг зайлшгүй хангаж чадах тухай сонирхолтой бас нэгэн судалгааг зарим судлаачид танилцуулсан байна [6]”.

“Хэсэг судлаачид найдваржилтын ойлголтыг мэдээллийн эх үүсвэрийг судлахдаа ашигласан бөгөөд, түүнийгээ найдвартай байдлын тухай хоёр хэмжүүрээр тухайлбал эхнийх нь статистикийн тестийн арга, харин удаах нь уламжлалт найдвартай коэффициентуудын аргуудаар ангилсан [7]”. “Харин [8] дээр утасгүй сүлжээг ашиглан үйлдвэрлэлийн найдваржилтыг дээшлүүлэх, үүнийгээ янз бүрийн параметруудээр илэрхийлж, тооцоолол хийжээ.” “UNIX үйлдлийн систем дээр туршилт болон дүн шинжилгээ хийж, байнга ашиглагддаг программуудын гацах асуудлыг шийдсэн тухайгаа хуваалцсан байна [9].” Сүүлийн жилүүдэд судлаачид IoT технологийн тухай олон тооны бүтээлүүд гаргаж байна. Үүний нэг нь IoT технологийг ашиглан онцгой байдлын хэрэглээний найдваржилтыг дээшлүүлэх тухай бүтээл юм. “Судлаачид нь хөнгөн жинтэй, эрчим хүчний үр ашигтай механизм болох AJIA (Adaptive Joint protocol based on Implicit ACK)-ийг ашиглан IoT дахь багцын алдагдлыг сэргээж, замчлалын чанарыг тооцоолжээ [10].” “Энэхүү бүтээлд усан доторх мэдрэгч сүлжээний шинээр хөгжиж байгаа хэт үнэтэй бус, найдваржилтын аргыг судласан тухайгаа танилцуулсан байна [11]. Утасгүй сүлжээний мэдрэгчийн найдваржилтын загварчлалыг энэхүү сүлжээнд тохиолддог нийтлэг гэмтлүүдийг ашиглан гаргажээ. Энэ нь гурван янзын өгөгдөл дамжуулах загвар болох sink unicast, sink multicast, ба sink

broadcast бөгөөд мөн түүнчлэн гурван янзын холбооны системийн дэд бүтцийн загварыг хөгжүүлсэн байна. Энэ нь бусад судалгааны ажилтай харьцуулахад математик загварчлал болон онолын маш өндөр түвшинд хийгдсэн судалгаа болжээ [12]”. Харин “[13] дээр, зохиогчид нь өндөр найдваржилтын байгууллагууд дахь практик болон онцлог шинж чанаруудын талаар ярилцсан байна. Тухайлбал, гамшгийн үеэр аюулгүй ажиллагаа болон найдваржилтыг хэрхэн өндөр түвшинд хангаж ажиллах тухай зэргийг авч үзжээ.” “[14], энэхүү бүтээлд, сүлжээний дундаж найдваржилтыг оновчлох контроллерын асуудлуудыг авч үзжээ”. “Мөн зарим судлаачид утасгүй сүлжээний мэдрэгчийн өгөгдөл цуглуулах схемийг хөгжүүлжээ [15]”. Өөрөөр хэлбэл Reliability Improved Cooperative Communication (RICC) гэх өгөгдөл цуглуулах схем нь сүлжээний ажиллах хугацааг багасгахгүйгээр утасгүй сүлжээний мэдрэгчийн дахин дамжуулалтын найдваржилтыг дээшлүүлэх тухай өгүүлжээ”. “Хэсэг судлаачид түүнчлэн 18 сарын турш Amazon, Google, болон Microsoft гэсэн компанийн үүлэн сүлжээний тив хоорондын замчлалыг хэмжсэн үр дүнгээ танилцуулжээ [16]”. Сансрын холбооны систем нь уламжлалт найдвартай холбооны системүүдийн нэг юм. Тухайлбал, “[17]-д зохиогч нь сансрын холбооны системийн янз бүрийн найдваржилтын үзүүлэлтүүдийг нарийвчлан судласан байна”. Мөн холбооны системийн найдваржилтын тухай судалгаан дээр [18], “зохиогчид нь CORBA (Common Object Request Broker Architecture) дээр суурилсан виртуал синхрон загварыг танилцуулсан бөгөөд энэхүү загвар нь өгөгдлийг найдвартай дамжуулахын тулд синхрон болон асинхрон мессеж холбогдох аргуудыг ашигладаг байна”. Үүнтэй төстэй бас нэгэн бүтээлд [19], “зарим судлаачид эрчим хүчний системийн найдваржилтыг техникийн, эдийн засгийн болон шийдвэр гаргах талаас нь судлажээ. Тэд судалгааныхаа ажилд статистикийн аргуудыг найдваржилтын өгөгдлүүд дээр дүн шинжилгээ болон эвдрэлээс урьдчилан сэргийлэх засвар үйлчилгээний ажлын найдваржилтын аргууд дээр ашигласан. Өөрөөр хэлбэл уг бүтээлийн судлаачид зарим нэгэн ажил дээрээ Вейбуллийн болон Вейбулл-Марковын процессийг ашиглан өгөгдлийн дүн шинжилгээ хийсэн байна”. Бас нэгэн бүтээлд [20], “зохиогчид нь төвлөрлийн болон сүлжээний онолыг ашигласан үр ашгийн топологийн аргыг ашиглан дэд бүтцийн харилцан хамаарлын топологийг хөгжүүлжээ”. Мөн [21], дээр зохиогчид нь “Марковын загварыг ашиглан уурхайн өөрөө буулгагчийн найдваржилт, бэлэн байдал болон үйлчилгээн хийх байдлыг судласан байна. Үүндээ тэд тухайн өөрөө буулгагчийн эвдрэлийн болон засварын мэдээллийг Марковын загвараар загварчилжээ”. Эцэст нь дүгнэхэд, дээрх бүх судалгааны бүтээлүүд нь миний судалгааны ажилтай холбоотой биш хэдий ч, зарим нэгэн судалгааны бүтээлүүд нь маш сонирхолтой төдийгүй, миний судалгааны ажилтай нилээд төстэй байлаа, тухайлбал [1], [16], [17], [19], [20], [21] болон [22].

III. УУРХАЙН ХОЛБООНЫ СИСТЕМ ДЭХ НАЙДВАРЖИЛТЫН ЗАГВАРУУД

Энэ хэсэгт бид холбооны систем дэх найдваржилтын загварчлалыг Оюутолгой уурхай дахь ТЕТРА холбооны системийн нөөц систем дээр хийлээ (Зураг 1-ийг харна уу).



Зураг 1. Нөөц систем бүхий газарзүйн өөр өөр байршилд байрлах нэг ТЕТРА системийн схем

Халуун нөөц гэдэг нь нөөцийн төхөөрөмж нь нөөц төхөөрөмж нь бүрэн идэвхтэй үйл ажиллагааны төлөв байдалд байх бөгөөд хүний оролцоо шаардлагагүй бөгөөд системд саатал гарсан тохиолдолд бүрэн ажиллагаатай байх боломжтой. Системийн саатал болон, буцаан сэргэх хоёрын хоорондох хугацааг секундээр хэмждэг.

Дулаан нөөц гэдэг нь нөөц төхөөрөмж нь зогсолтын төлөвт байх бөгөөд идэвхтэй төлөвт байгаа төхөөрөмжийн өгөгдөлтэй синхрончлолын төлөв байдалд байна. Системд саатал болсон тохиолдолд бүрэн ажиллагаатай болох боломжтой. Дулаан нөөцийн үед төхөөрөмжийг идэвхжүүлэх шийдвэрийг систем администратор хийдэг.

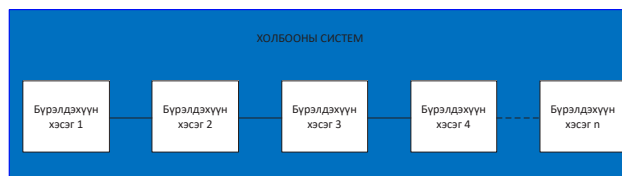
Нөөц төхөөрөмжийг асаах хугацаа нэг минутаас хэтрэхгүй байна.

Хүйтэн нөөц нь зөвхөн нөөц систем байх бөгөөд идэвхтэй ажиллаж байгаа системд саатал болсон тохиолдолд заавал гараар асаах шаардлагатай. Харин бусад үед унтраалттай байна.

[22] бүтээлд, зохиогч нь “холбооны болон сүлжээний систем дэх найдваржилтын загварчлалыг симуляцийн хамт хөгжүүлсэн байна”.

Иймд холбооны системийн найдваржилтийг сайжруулахын тулд заавал нөөц систем байх шаардлагатай юм.

Нөөцгүй холбооны системийн бүх бүрэлдэхүүн хэсгүүд ажиллаж байж системийн найдваржилтыг хангана. Гэвч системийн аль нэг бүрэлдэхүүн хэсэг гэмтэх эсвэл саатсан тохиолдолд систем бүхлээрээ саатах эрсдэлтэй.



Зураг 2. Нөөцгүй холбооны системийн бүдүүвч схем

Хэрэв бүх n бүрэлдэхүүн хэсэг бие биенээсээ тусдаа ажиллагаатай байвал:

$$R_s(t) = \prod_{i=1}^n R_i(t) \quad (5)$$

$$\lambda_s(t) = \sum_{i=1}^n \lambda_i(t) \quad (6)$$

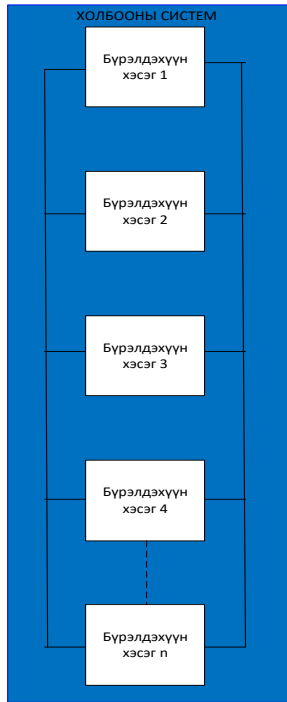


Зураг 3. Хоёр нөөц системтэй зэрэгцэн ажиллаж байгаа холбооны системийн бүдүүвч схем

Хоёр бүрэлдэхүүн хэсгүүд нь ижил ажиллагаатай бөгөөд зэрэгцээ ажиллана. Хэрэв бүх бүрэлдэхүүн хэсгүүд нь эвдрэлийн үзүүлэлттэй (λ) тогтмол тэнцүү бол:

$$R_s(t) = 2R(t)R^2(t) = 2e^{-\lambda t} \quad (7)$$

$$MTBF_s = \frac{2}{\lambda} - \frac{1}{2\lambda} \quad (8)$$



Зураг 4. Хэд хэдэн нөөц системтэй зэрэгцээ ажиллаж байгаа холбооны системийн бүдүүвч схем

Хэрэв n бүрэлдэхүүн хэсгүүд нь ижил ажиллагаатай бол зэрэгцээ ажиллана. Хэрэв бүх бүрэлдэхүүн хэсгүүд нь эвдрэлийн үзүүлэлттэй тогтмол тэнцүү бол

$$R_s(t) = \sum_{i=1}^n \binom{n}{i} R^i (1-R)^{n-i} = 1 - (1-R)^n \quad (9)$$

VI. НӨӨЦТЭЙ БОЛОН НӨӨЦГҮЙ СИСТЕМҮҮДИЙН ХАРЬЦУУЛАЛТ, ТЭДГЭЭРИЙН ГРАФИКУУД

Нөөцгүй системийн хувьд:

$$MTBF = \int_0^{\infty} e^{-\lambda t} dt = 1/\lambda \quad (10)$$

$$R(t) = e^{-\lambda t} \quad (11)$$

Халуун нөөцтэй системийн хувьд:

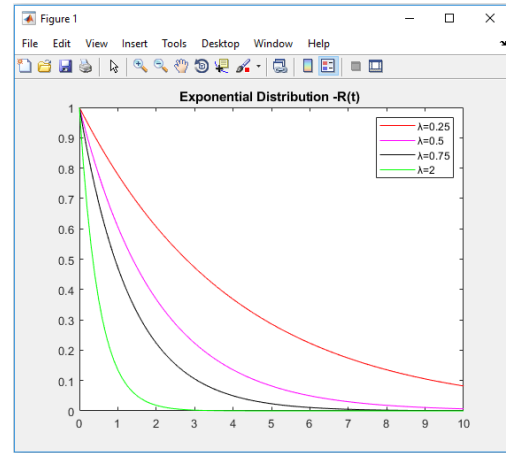
$$R_s(t) = 2R(t)R^2(t) = 2e^{-\lambda t} \quad (12)$$

$$MTBF_s = \frac{2}{\lambda} - \frac{1}{2\lambda} \quad (13)$$

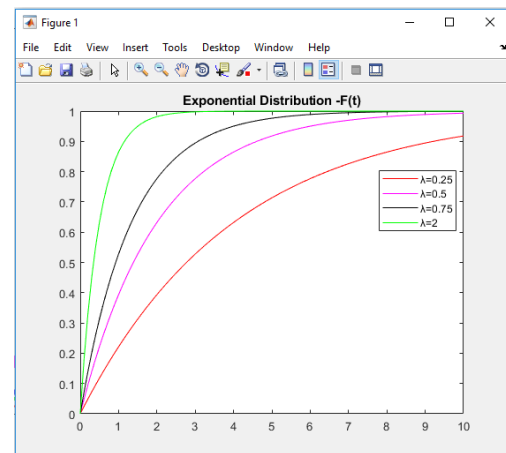
Хүйтэн нөөцтэй системийн хувьд:

$$R_s(t) = e^{-\lambda t} + \lambda t e^{-\lambda t} \quad (14)$$

$$MTBF_s = \frac{2}{\lambda} \quad (15)$$

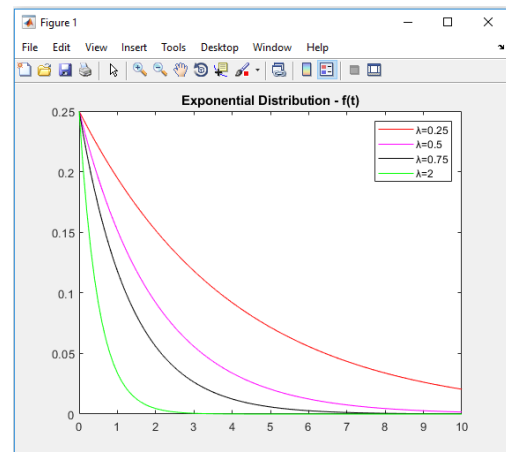


Зураг 5. Илтгэгч тархалтын $R(t) = e^{-\lambda t}$ функц ашигласан эвдрэлийн үзүүлэлтүүд

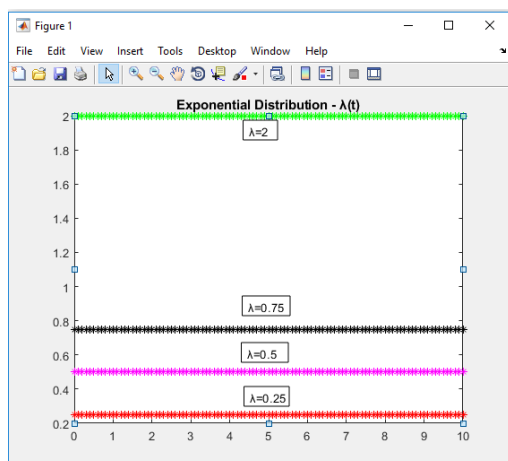


Зураг 6. Илтгэгч тархалтын $F(t) = 1 - R(t) = 1 - e^{-\lambda t}$

функц ашигласан эвдрэлийн үзүүлэлтүүд

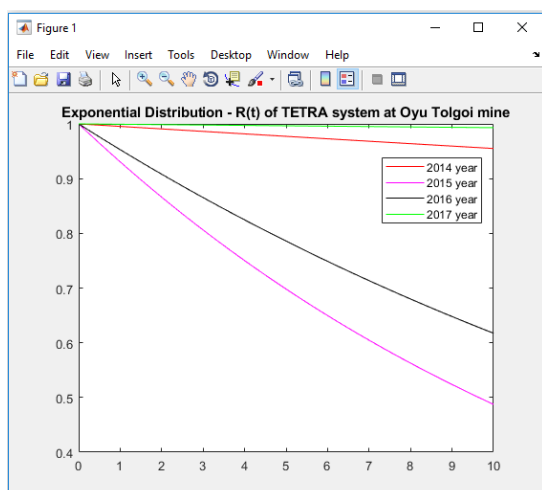


Зураг 7. Илтгэгч тархалтын $f(t) = \frac{dR(t)}{dt} = \lambda e^{-\lambda t}$ функц ашигласан эвдрэлийн үзүүлэлтүүд

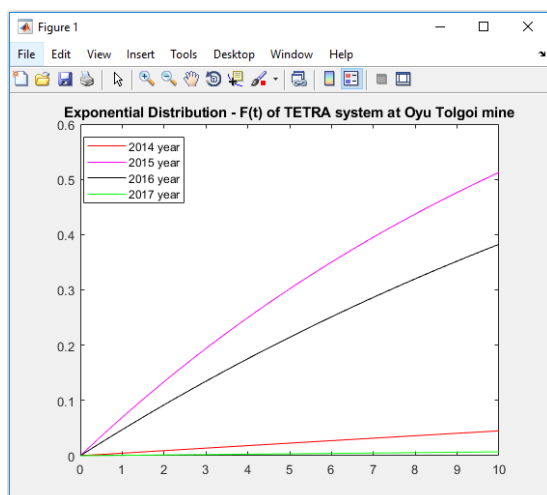


Зураг 8. Илтгэгч тархалтын $\lambda(t)=\lambda$ функц ашигласан эвдрэлийн үзүүлэлтүүд

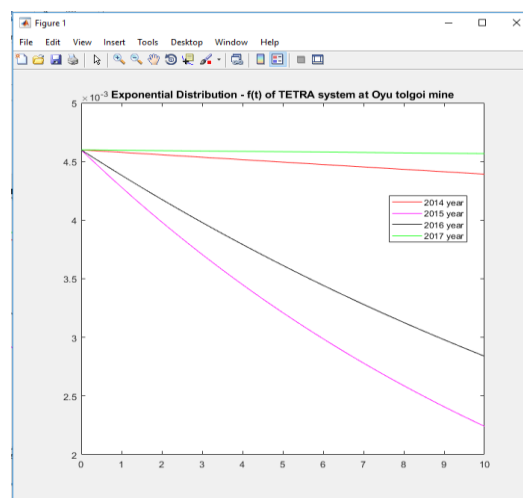
Дээрх найдваржилтын графикууд дээр үндэслэн бид Оюутолгой ХХК-ний TETRA радио системийн 2014-2017 онуудын өгөгдлийг сүлжээний хяналтын мониторингийн системээс авч доорх найдваржилтийн үзүүлэлтүүдийн графикуудыг гаргалаа.



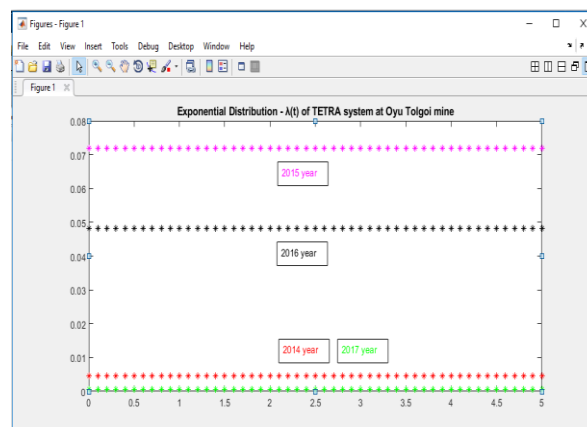
Зураг 9. Илтгэгч тархалтын $R(t)=e^{-\lambda t}$ функц ашигласан 2014-2017 оны эвдрэлийн үзүүлэлтүүд



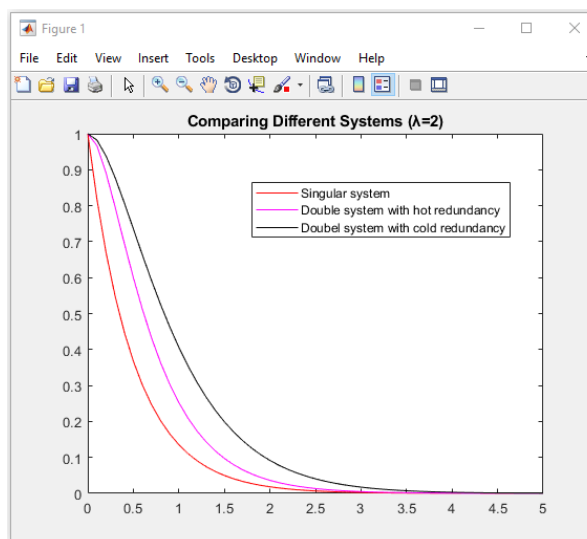
Зураг 10. Илтгэгч тархалтын $F(t)=1-R(t)=1-e^{-\lambda t}$ функц ашигласан 2014-2017 оны эвдрэлийн үзүүлэлтүүд



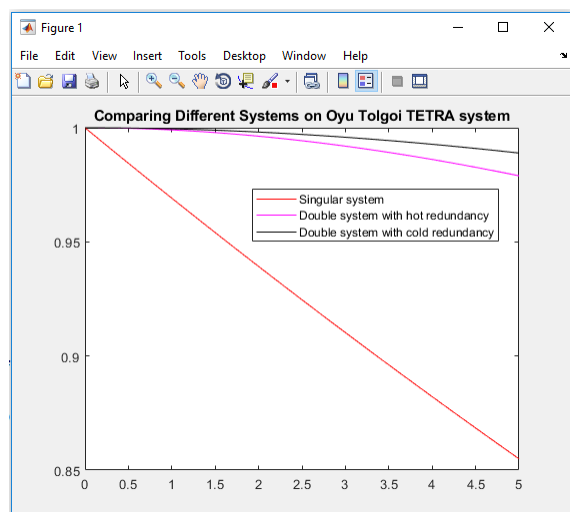
Зураг 11. Илтгэгч тархалтын $f(t)=\frac{dR(t)}{dt} = \lambda e^{-\lambda t}$ функц ашигласан 2014-2017 оны эвдрэлийн үзүүлэлтүүд



Зураг 12. Илтгэгч тархалтын $\lambda(t)=\lambda$ функц ашигласан 2014-2017 оны эвдрэлийн үзүүлэлтүүд



Зураг 13. Системийн нөөцгүй болон нөөцтэй (халуун ба хүйтэн) байх үеийн харьцуулалт



Зураг 14. Оюутолгой TETRA радио системийн нөөцгүй болон нөөцтэй (халуун ба хүйтэн) байх үеийн харьцуулалт



Зураг 15. Оюутолгой TETRA радио системийн 2014-2017 онуудын саатлын шалтгааны хувь хэмжээ

ДҮГНЭЛТ

Энэхүү ажлаар холбооны системийн ялангуяа гүний уурхайн холбооны системийн найдваржилтын загварууд, тэдгээрийн үзүүлэлтийн графикуудын үр дүнг танилцуулав. Холбооны системийн найдваржилтыг хангахын тулд заавал нөөц систем шаардлагатай гэдгийг илтгэгч тархалтын 4 янзын функц ашигласан эвдрэлийн үзүүлэлтүүд болон эвдрэлийн дундаж хугацааг тооцоолсон үр дүнгүүд харуулж байна. Бид эдгээр үзүүлэлтүүдийг Оюутолгой ХХК-ний TETRA радио холбооны системийн 2014-2017 онуудын нийт 4 жилийн эвдрэлийн үзүүлэлтийн өгөгдөл дээр мөн тооцоолж, эвдрэлийн үзүүлэлтүүдийн графикуудыг байгуулсан.

Хамгийн гол нь бид илтгэгч тархалтын онол нь системийн найдваржилтын магадлалыг ихэсгэдэг гэсэн санааг дэвшүүлж байгаа юм.

Холбооны системийн найдваржилтыг хангахын тулд дан ганц нөөц системийг байгуулахаас гадна тэжээлийн системийг 3 янзын тэжээлийн үүсгүүрт (цахилгааны байнгын үүсгүүрээс гадна нөөц системүүд болох генератор болон UPS баттерей) холбох шаардлагатай. Учир нь 2014-2017 онуудыг үзүүлэлтүүдээс харахад системийн саатсан шалтгааны

90 гаруй хувь нь зөвхөн тэжээлийн систем доголдсоноос үүссэн байна.

REFERENCES

1. R. Wisniewski, S.Schafrik, "Underground coal mine tracking and communications system reliability and availability methodology," [SME Annual Meeting, p.3, Feb. 23-26, 2014, Salt Lake City, UT, 2-3]
2. Khaled Shuaib and Issa Khalil, Mohammed Abdel-Hafez, "Communications in Smart Grid: A Review with Performance, Reliability and Security Consideration", JOURNAL OF NETWORKS, VOL. 8, NO. 6, p.1229. JUNE 2013
3. Alexandre Mouradian, Isabelle Augé-Blum, "On the Reliability of Wireless Sensor Networks Communications", ADHOC-NOW 2013, Jul 2013, Wroclaw, Poland. p.38-49, 2013.
4. Margit Mutschlechner, Bijun Li, Rudiger Kapitza, and Falko Dressler, "Using Erasure Codes to Overcome Reliability Issues in Energy-Constrained Sensor Networks".p.48. German Research Foundation (DFG) under grants no. FOR 1508.
5. Jie Shen, Wenbo Hey, Xue Liuy, Zhibo Wang, Zhi Wang and Jianguo Yao, Poster Abstract: "Communication Reliability Analysis from Frequency Domain".p.1.
6. Vasuki Narasimha Swamy, Sahaana Suri, Paul Rigge, Matthew Weiner Gireja Ranade, Anant Sahai, Borivoje Nikolic "Cooperative Communication for High-Reliability Low-Latency Wireless Control".p.1. CNS-0932410, CNS-1321155, and ECCS-1343398.
7. Klaus Krippendorff, "Agreement and Information in the Reliability of Coding". University of Pennsylvania Scholarly Commons, Departmental Papers (ASC), Annenberg School for Communication. Abstract. 2011.
8. Svetlana Girs, "COOPERATIVE COMMUNICATION FOR INCREASED RELIABILITY IN INDUSTRIAL WIRELESS NETWORKS". Mälardalen University Press Licentiate Theses. No. 171.p.i.2013.
9. Barton P. Miller, Lars Fredriksen, Bryan So, "An Empirical Study of the Reliability of UNIX Utilities". p.1.1989.
10. Nourhene Maalel, Enrico Natalizio, Abdelmadjid Bouabdallah, Pierre Roux, Mounir Kellil, "Reliability for emergency applications in Internet of Things".p.1, CEA, LIST, Communicating Systems Laboratory, F-91191 Gif-sur-Yvette, France, UTC, Heudiasyc Laboratory, UMR CNRS 6599, Compiègne, France.
11. Alessandro Ghiotto, Nick Andronis and Michael Dragojevic, "Reliability in Underwater Acoustic Networks", Proceedings of Acoustics 2012 – Fremantle, 21-23 November 2012, Fremantle, Australia, p.1.
12. AKHILESH SHRESTHA, LIUDONG XING, YAN SUN, and VINOD M.VOKKARANE, "Infrastructure Communication Reliability of Wireless Sensor Networks Considering Common-Cause Failures", International Journal of Performability Engineering Vol. 8, No. 2, March 2012, pp. 141.
13. Chrysanthi Lekka and Caroline Sugden, "WORKING TOWARDS HIGH RELIABILITY: A QUALITATIVE EVALUATION", SYMPOSIUM SERIES NO. 158, 2012, p544.

14. Jiang Liu, Juan Liu, and Renchao Xie, "Reliability-Based Controller Placement Algorithm in Software Defined Networking", *Computer Science and Information Systems* 13(2):547–560 DOI: 10.2298/CSIS160225014L, p.547.
15. Zhuangbin Chen, Ming Ma, Xiao Liu, Anfeng Liu, ID and Ming Zhao, "Reliability Improved Cooperative Communication over Wireless Sensor Networks", *Symmetry* 2017, 9, 209; doi:10.3390/sym9100209, p.1.
16. Osama Haq, Mamoon Raja, and Fahad R. Dogar, "Measuring and Improving the Reliability of Wide-Area Cloud Paths", 2017 International World Wide Web Conference Committee (IW3C2), published under Creative Commons CC BY 4.0 License. WWW 2017, April 3–7, 2017, Perth, Australia. ACM 978-1-4503-4913-0/17/04.p.253.
17. KULDEEP NAGIYA and MANGEY RAM, "Reliability Characteristics of a Satellite Communication System including Earth Station and Terrestrial System", *International Journal of Performability Engineering*, Vol. 9, No. 6, November 2013, p.667.
18. Silvano Maffei, Douglas C. Schmidt, "Constructing Reliable Distributed Communication Systems with CORBA", *IEEE Communications Magazine*, Vol. 14, No. 2, February 1997, p.1.
19. Rabah Medjoudj, Hassiba Bediaf and Djamil Aissani, "Power System Reliability: Mathematical Models and Applications", 2017, p.280.
20. José Sanchez, Raphaël Caire and Nouredine HadjSaid, "ICT and Electric Power Systems Interdependencies Modeling", French National Research Agency (ANR), Project-09-CSOSG SINARI–Sécurité des Infrastructures et Analyses des Risques, www.sinari.org, p.1
21. B. Samanta, B. Sarkar, and S.K. Mukherjee, "Reliability modelling and performance analyses of an LHD system in mining", *The Journal of The South African Institute of Mining and Metallurgy*, JANUARY/FEBRUARY 2004, p.1.
22. Prof. Jochen Seitz, "Modeling and Simulation of Communication Systems and Networks".pdf, Technische Universität Ilmenau Communication Networks Research Lab, 2010, pp. 1-20.

“Shadow” бүтэн биеийн хөдөлгөөн мэдрэгчээс авсан өгөгдлөөр 3-хэмжээст моделийг удирдах НБ

Алтангэрэлийн Баатарбилэг, Рэнцэндоржийн Жавхлан, Лхагвасүрэнгийн Ганчимэг, Намсрайн Оюун-Эрдэнэ

Монгол Улсын Их Сургууль
Мэдээл Компьютерийн ухааны тэнхим

a_bbileg@num.edu.mn, javkhlан@seas.num.edu.mn, ganchimeg@seas.num.edu.mn, oyunerdene@num.edu.mn

Хураангуй - Энэхүү үзүүлэн илтгэл нь хөдөлгөөн илрүүлэгчийн хэрэглээ болон ерөнхий ойлголтын талаар, түүнчлэн 3-хэмжээст моделийг хөдөлгөхөд зориулан хөдөлгөөн илрүүлэгчээс гарган авсан өгөгдлүүдэд суурилсан туршилтыг танилцуулах болно. Туршилтыг сүүлийн үеийн сенсор технологи болох “Shadow” хөдөлгөөн баригч системийг ашиглан хүний хөдөлгөөний хөдөлгөөний мэдээлэл дээр тулгуурлан хийсэн бөгөөд уг мэдээллээ ашиглан 3 хэмжээст моделийн хөдөлгөөнийг удирдахад ашигладаг инерцийн сенсор аргуудыг (Гироскоп, Хурдасгалыг хэмжигч хэрэгслүүд, г.м) туршиж хэрэгжүүлээ.

Түлхүүр үг: 3D motion control, motion capture, sensor, machine learning, shadow

I. ОРШИЛ

Монголд хүний биеийн хөдөлгөөний өгөгдлийг ашиглан хөдөлгөсөн 3 хэмжээст хүүхэлдэйн кино бүтээл болон биеийн хөдөлгөөнөөр удирдагддаг тоглоом, програм хангамжийн хөгжүүлэлт төдийлөн хийгдэхгүй байгаа асуудлуудыг тооцон үзэж энэхүү үзүүлэн илтгэлээр бид “Shadow” хөдөлгөөн баригч системийг ашиглан гарган авсан биеийн хөдөлгөөний өгөгдлүүдэд суурилсан 3D моделийг хөдөлгөх болон хөдөлгөхөд зориулсан хамгийн үр дүнтэй хөдөлгөөн барьж авах тохиргоог олохыг оролдлоо.

II. ХӨДӨЛГӨӨН БАРИГЧ СИСТЕМ

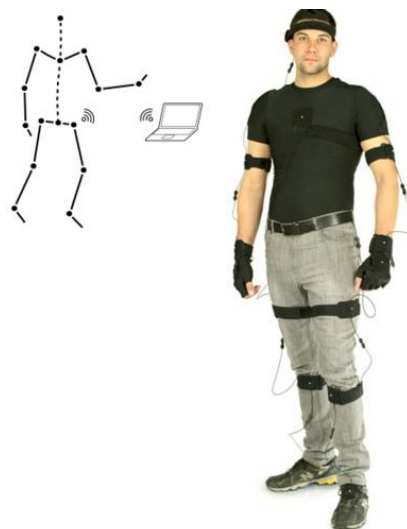
3-хэмжээст хөдөлгөөн баригч системийн худалдаа огцом нэмэгдэж байна. 3-хэмжээст хөдөлгөөн баригч системүүдийн хэрэглэгчид тоглоом, кино, биомеханик шинжилгээ, роботжуулалт, боловсрол, инженерчлэл гэх мэтчилэн олон хэрэглээнд ашиглахын тулд өндөр чанартай, хамгийн зөв өгөгдлүүд боловсруулдаг хөдөлгөөн баригч системийг хайсаар байна.

A. “Shadow” хөдөлгөөн баригч систем

“Shadow” хөдөлгөөн баригч систем нь спорт, шинжлэх ухаан, биомеханик зэрэг бүхий салбар дахь хөдөлгөөн, бэлтгэл болон дүрслэлийн шинжилгээн дэх асуудлуудад бүрэн шийдэл болдог. Хамгийн сүүлийн үеийн сенсор технологи болох “Shadow”-ыг ашигласнаар хүний биеийн хөдөлгөөнийг тухайн агшинд барьж, өгөгдлүүдийг

хадгалж, шууд /live/ байдлаар дамжуулах ч хүртэл боломжтой байна.

Тийм учраас бид энэхүү системийг өгөгдөл цулуулах үндсэн аргаар сонголоо.



Зураг 1. “Shadow” хөдөлгөөн баригчийг өмссөн байдал

B. Ерөнхий үзүүлэлтүүд

“Shadow” хөдөлгөөн баригч систем нь биеийн 17 цэг дэх мэдээллийг дамжуулах хэмжигч, 3-хэмжээст орчинд цэгийн хөдөлгөөний хурдасгалыг хэмжигч, гироскоп болон соронзон хэмжүүр, 2 хос даралт мэдрэгч улавчууд зэрэг хэрэгслүүдээс бүрднэ.

Хүснэгт 1
СЕНСОРЫН ГҮЙЦЭТГЭЛҮҮД

	Full Scale Range	Resolution
Accelerometer	±2, 4, 8, 16 g	0.18 mg
Gyroscope	±4000 °/s	0.12 °/s
Magnetometer	±8 gauss	0.25 mG

“Shadow” хөдөлгөөн баригч систем нь хөдөлгөөнүүдийн дараалал бүхий хүснэгтэй ажиллахад зориулагдсан SDK-г хэрэглэдэг. Хэрэглэгч хурдасгуур хэмжигч, гироскоп, соронзон хэмжүүрүүдийн өгөгдлүүдийг боловсруулагдсан болон боловсруулагдаагүйгээр гарган авч болно. Уг SDK нь C++, C#, Java, Javascript болон Python програмын хэлнүүдэд зориулсан нээлттэй эхийн сантай юм.

III. ХӨДӨЛГӨӨН БАРИГЧ СИСТЕМЭЭР ӨГӨГДӨЛ ЦУГЛУУЛАХ НЬ

Хөдөлгөөн болон дохио зангааны файлын формат нь өнөөдөр ижил төрлийн сигналтай харьцдаг олон хэрэглээнд ашиглагдаж байна. Жишээлбэл хүүхэлдэйн киноны дүрийн анимейшн, дохио зангааны шинжилгээ, биомеханикс, хөгжмийн дохионы интерфэйс, хийсвэр мэс засал гэх мэт.

A. BVA, BVH файл форматууд

BVN нь Biovision Hierarchical Data гэсэн үгний товчлол бөгөөд Biovision нэртэй хөдөлгөөн баригч компани хөгжүүлсэн. BVN формат нь голдуу стандарт хөдөлгөөний дүрслэлээр анимейшн болон хүн дүрстний бүтцэд ашиглагддаг. Одоогоор энэхүү формат нь хамгийн түгээмэл хөдөлгөөний өгөгдлийн формат бөгөөд анимейшн бүтээгчдийн дунд өргөнөөр ашиглагдаж байна.

B. “Shadow” хөдөлгөөний сенсороос өгөгдөл гарган авах нь

“Shadow” бүтэн биеийн хөдөлгөөн мэдрэгчийн сенсорууд хэрэглэгчийн дараалсан хөдөлгөөнүүдийг бичихэд ээлтэй интерфэйсээр хангадаг. Бүтэн биеийн хөдөлгөөн мэдрэгчийг өмссөний дараа түүнийг ажиллуулах үед “Shadow” хөдөлгөөний сенсор систем нь өөрийн гэсэн “Shadow” нэртэй утасгүй сүлжээ цацаж эхэлдэг.

“Shadow” бүтэн биеийн сенсорийн өгөгдлүүдийг хоёр алхамаар авч ашиглаж болно. Үүнд:

1. SDK сенсор өгөгдлүүдийг процесслогдсон болон процесслогдоогүй олон аргаар авч болдог. Үүнийг сенсор бүрийн байршлыг тодорхойлохын тулд ашиглана.
2. SDK-г ашиглан авч, тохируулсан өгөгдлүүдээ системийн дотоод сүлжээнд ажиллах вэб хандалтат платформруу хандаж CSV эсвэл BVN формат руу хөрвүүлэгдсэн файлыг авч ашиглана.

```
def Test_Client(host, port):
    client = Client(host, port)

    print "start"
    if client.waitForData():
        sample_count = 0
        while sample_count < NSample:
            print sample_count
            # print sample_count
            sample_count = sample_count + 1

            data = client.readData()
            if data is None:
                break

            if PortPreview == port:
                container = Format.Preview(data)
                for key in container:
                    if (key == 3):
                        q = container[key].getQuaternion(False)
                        a = container[key].getAccelerate()
```

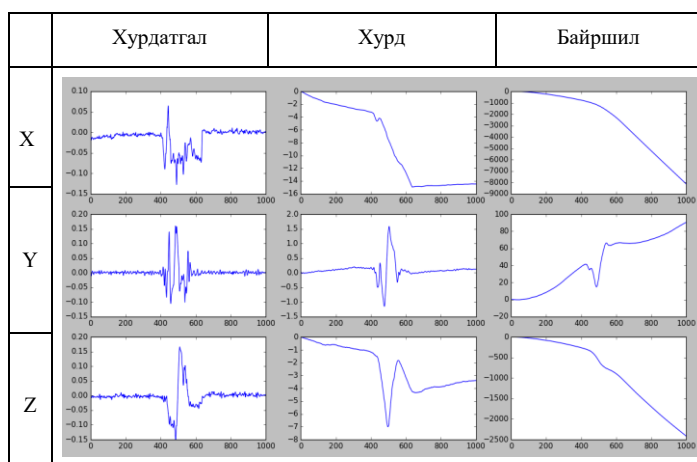
Зураг 2. “Shadow”-ын SDK ашиглан хөдөлгөөний сенсороос өгөгдөл авах нь

IV. ХӨДӨЛГӨӨНИЙ ӨГӨГДЛИЙН ШИНЖЛЭХ НЬ

Шинжилгээ 1: Бүтэн биеийн сенсор өмссөн хүн нь урагшаа нэг хөдөлгөөн хийсэн. Энэ үед биеийн нурууны сенсоруудын Z тэнхлэг нь түүний тайван зогсож байх үеийнхтэй ижил байна.

Хүснэгт 2

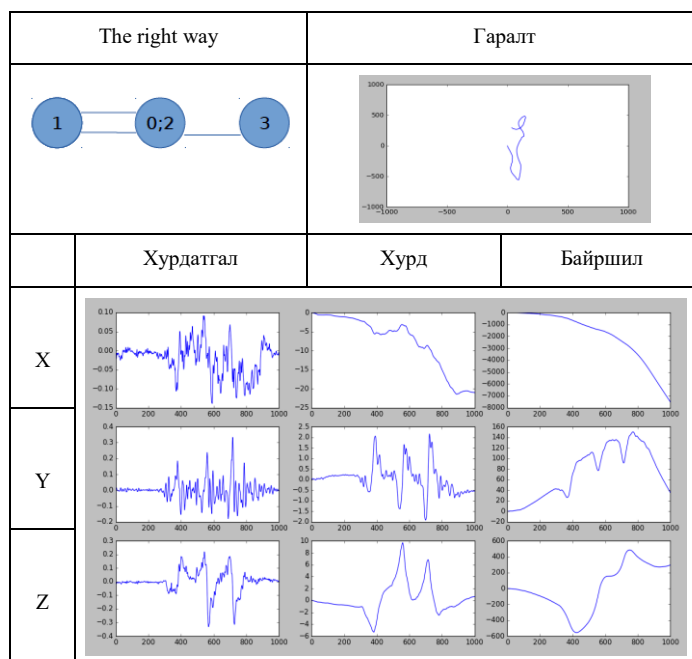
Шинжилгээ 1-ийн үр дүн (ЗУРАГТ ҮЗҮҮЛСЭН БОСОО ТЭНХЛЭГ НЬ БАЙРЛАЛ БУЮУ POSITION, ХЭВТЭЭ ТЭНХЛЭГ НЬ ХУГАЦАА БУЮУ TIME-Г ТОДОРХОЙЛНО.)

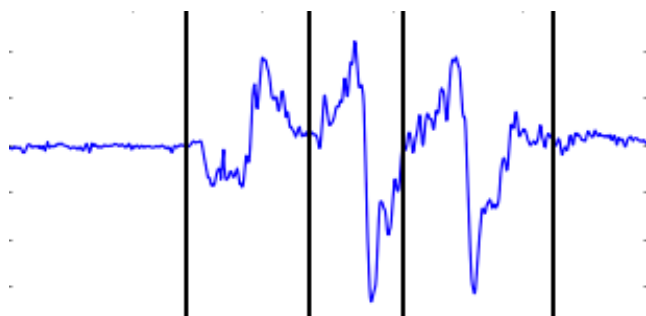


Шинжилгээ 2: Бүтэн биеийн сенсор өмссөн хүн нь урагшаа нэг алхам алхаж дараа нь хоёр алхам ухарсан. Уг хөдөлгөөн Z тэнхлэг дээр илэрч 3 алхамд задарна.

Хүснэгт 3

Шинжилгээ 2-ийн үр дүн (ЗУРАГТ ҮЗҮҮЛСЭН БОСОО ТЭНХЛЭГ НЬ БАЙРЛАЛ БУЮУ POSITION, ХЭВТЭЭ ТЭНХЛЭГ НЬ ХУГАЦАА БУЮУ TIME-Г ТОДОРХОЙЛНО.)





Зураг 3. Z тэнхлэг

V. ИНЕРЦИЙН СЕНСОР АШИГЛАН Z ТЭНХЛЭГИЙН УТГИЙГ ЗАСВАРЛАХ

Өмнөх бүлэгт бидний барьж авсан хөдөлгөөний өгөгдлийн шинжилгээнээс маш том өөрчлөлтийг Z тэнхлэг дээр харж болно. Тийм учраас бид үүнийг инерцийн навигацын системээр (INS) засахыг оролдож байна. Инерцийн навигацын систем гэдэг нь гадаад заалтийн туслацаагүйгээр хөдөлж байгаа объектийн байршил, зүг чиг, хурдыг дамжуулан байнгын тооцоолол хийхэд компьютер, хөдөлгөөний сенсорууд (хурдасгуур хэмжигч), эргэлтийн сенсорууд (гироскопууд) ашигладаг нэг төрлийн навигацын туслах хэрэгсэл юм ^[1].

А. Сонгогдсон арга зүй, алгоритм

ХҮСНЭГТ 4
СЕНСОРЫН ГҮЙЦЭГТЭЛ

Үндсэн алхамууд	Оролт	Гаралт	Код	Тайлбар
SDK Сангуудыг холбох			10	Python хэлний хэрэгжүүлэлтэнд ашиглахын тулд сангуудыг холбох
Сокетыг ашиглан өгөгдлийн авах		Nx7 бутархай тоо	20	SDK ашиглан сенсоруудаас мэдээлэл авах
Хурдасгуурийг шилжүүлэх	3 хэмжээст вектор	3 хэмжээст вектор	31	Сенсоруудын хурдасгасан өгөгдлүүийг өөрчлөх
Кватернионыг Эйлерийн өнцөг рүү өөрчлөх	4 хэмжээст вектор	3 хэмжээст вектор	8	Кватернионыг Эйлерийн өнцөг рүү өөрчлөх
Өгөгдлийг хадгалах	Nx6 бутархай тоо	CSV файл	5	Өгөгдлийг CSV форматаар хадгалах. Өгөгдлийн ахин дахин хэрэглэхэд зориулж хадгалах.
Өгөгдлийг унших	CSV файл	Nx7 бутархай тоо	10	Хадгалагдсан CSV файлаас өгөгдлийг унших
Savitzky Golay Smooth	N бутархай тоо	N бутархай тоо	20	Өгөгдлийг цэвэрлэх

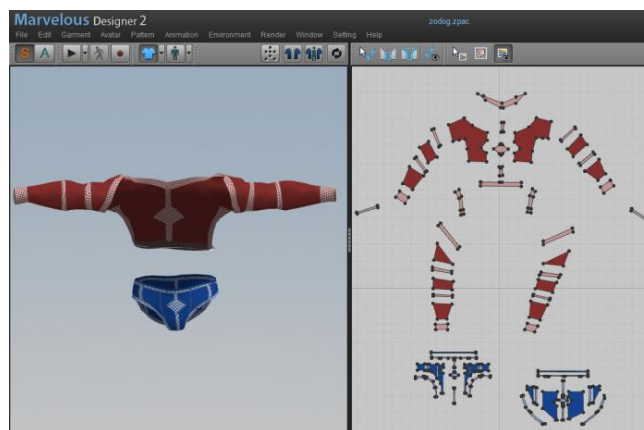
Kalman Filter	Nx6 бутархай тоо	Nx3 бутархай тоо	55	Өгөгдлийг цэвэрлэх
Complementary Filter	Nx6 бутархай тоо	Nx3 бутархай тоо	20	Өгөгдлийг цэвэрлэх
Madgwick filter	Nx6 бутархай тоо	Nx3 бутархай тоо	126	Өгөгдлийг цэвэрлэх
Байршлыг тохирлуулах	Nx3 бутархай тоо	Nx3 бутархай тоо	20	Одоогийн хурдыг олоход болон байршлыг тохируулахад хурдасгуурыг ашиглах
Үр дүнг гаргах	Nx9 бутархай тоо	График	40	Өгөгдлийг дүрслэх

Туршилтанд нийтдээ 3 төрлийн шүүлтүүрүүд (filters) болон нэг тэгшлэгч (smooth) ашиглагдсан. Тэгшлэгчийг ойлгох нь амархан боловч түүний үр дүн нь “Kalman filter”-ээс доогуур байна.

“Complementary” шүүлтүүр нь “Madgwick” шүүлтүүртэй харьцуулахад ойлгоход амархан боловч “Madgwick” шүүлтүүр нь илүү нарийвчилсан үзүүлэлтүүдийг харуулж байна.

VI. МОДЕЛ ҮҮСГЭХ

Бид хөдөлгөөндөө Монгол үндэсний хэв шинжийг агуулахыг зорьсон учир Монгол бөхийн моделийг хөдөлгөхөөр шийдсэн бөгөөд “Marvelous” дизайны програмыг ашиглан хамгийн сүүлийн үеийн технологиор 3-хэмжээст моделд хүссэн хувцсаа бэлдсэн юм болно.

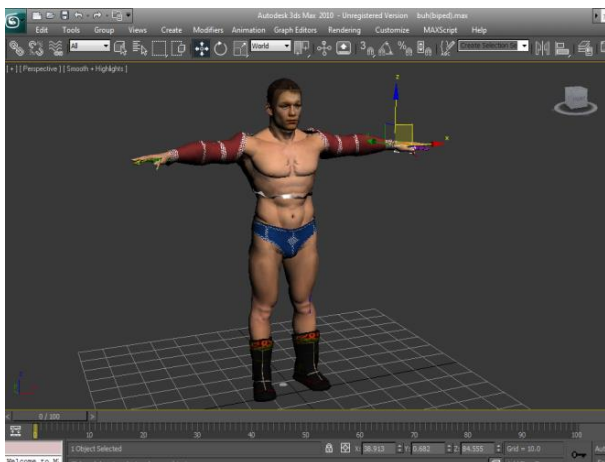


Зураг 4. 3-хэмжээст моделийн үндэсний хувцас

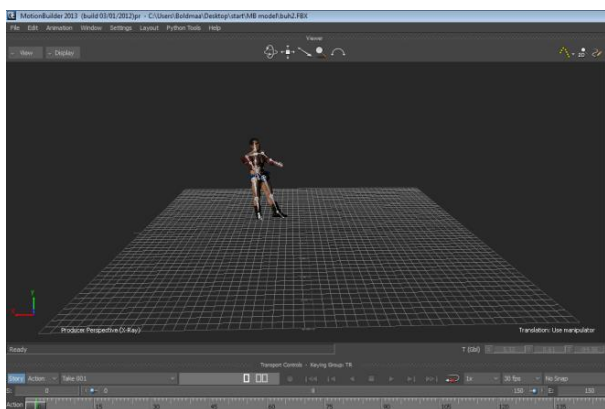
Уг програм хангамж нь материал хийдэг орчин үеийн хамгийн хүчирхэг програм хангамж бөгөөд материалыг яг материал хэлбэрээр /төмөр бол нугардаггүй хатуу, даавуу бол зөөлөн уян гэх мэт/ нь дүрсэлдэгээрээ онцлогтой. “Autodesk 3ds Max” програмыг ашиглан 3-хэмжээст моделийг “Marvelous” дээр хийсэн 3-хэмжээст хувцастай хослуулна.

VII. 3-ХЭМЖЭЭСТ МОДЕЛИЙГ ХӨДӨЛГӨӨНИЙ ӨГӨГДӨЛТЭЙ ХОСЛУУЛАХ

3-хэмжээст моделийг хөдөлгөөний өгөгдөлтэй хослуулахад бидэнд араг яс болон түүний хөдөлгөөнийг бүтээгч програм хангамж хэрэгтэй болно. Үүнд бид “Autodesk 3ds Max” програм хангамжийг сонгон хэрэгжүүлээ.

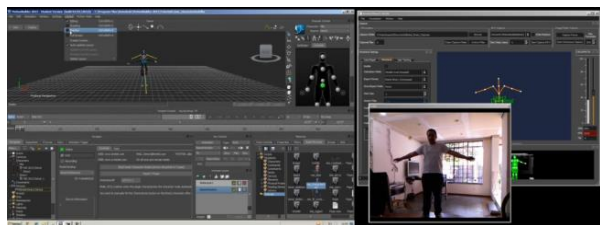


Зураг 5. 3-хэмжээст модел - Монгол бөх



Зураг 6. Араг ястай 3-хэмжээст модел

Зураг 5.3-т үзүүлсэн ёсоор бид моделуо үүсгэсэн бөгөөд түүндээ араг ясны гол цэгүүдийг тодорхойлсон бөгөөд үүний дараа Зураг 6-д үзүүлсэн “MotionBuilder” програмыг “Brekel Kinect” програмтай хослуулан BVH хөдөлгөөний өгөгдөл оруулахад хэрэглэхээр сонгон авлаа.



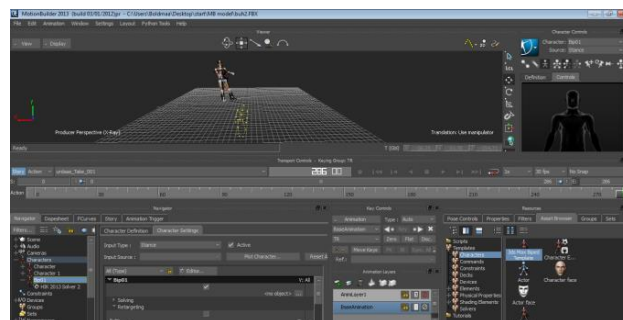
Зураг 7. “Brekel Kinect” програмаар хөдөлгөөний өгөгдлийг тест хийж байгаа нь

Эхлээд бид “Kinect” хөдөлгөөн баригч системийг “Brekel Kinect” програмтай хослуулан хэрэглэж зохистой bvh форматтай файлыг гарган авсан бөгөөд өөрсдийн shadow бүтэн биеийн мэдрэгчийн тусламжтайгаар гарган авсан bvh файльтайгаа харьцуулан шалгасан юм.

Үүний дараа “Shadow” бүтэн биеийн мэдрэгчийн тусламжтайгаар бэлдсэн *.bvh файлуудаа “Brekel Kinect”-

рүү оруулан бэлэн болсон хөдөлгөөнийг “MotionBuilder” програмд авчирна.

Үүний дараа “MotionBuilder” програмд бэлдсэн моделийг импортлосноор бидний хөдөлгөөн бэлэн болсон байна.



Зураг 8. 3-хэмжээст моделийг .bvh файльтай хослуулсан нь

VIII. ДҮГНЭЛТ

Энэхүү үзүүлэн илтгэлээр нийтлэг 3-хэмжээст моделчлол болон анимейшн програм дээр туршигдсан өргөн хэрэглэгддэг хөдөлгөөн баригч системийг туршлаа. Хөдөлгөөний өгөгдлүүдийг “3ds Max” болон “Maxscript”-ээр уншихад тохиромжтой файл байдлаар бэлтгэсэнээр модел болон хөдөлгөөн баригч системийг хэрхэн хялбар холбож болохыг харууллаа.

Дараа дараагийн судалгаагаар бид урьдчилсан бэлтгэсэн хөдөлгөөний мэдээллүүд бус тухайн агшинд (live) орж ирж байгаа хөдөлгөөний мэдээллүүд дээр тулгуурлан хэрхэн алдаагүй зөвөөр моделийг удирдах талаар судлахаар төлөвлөж байна.

АШИГЛАСАН НОМ ЗҮЙ

- [1] A. Agarwal and B. Triggs. Tracking articulated motion using a mixture of autoregressive models. In *ECCV04*.
- [2] A. Agarwal and B. Triggs. 3d human pose from silhouettes by relevance vector regression. In *CVPR*, 2004.
- [3] M. Blank, L. Gorelick, E. Shechtman, M. Irani, and R. Basri. Actions as space-time shapes. In *ICCV*, 2005.
- [4] M. Bray, P. Kohli, and P. Torr. Posecut: Simultaneous segmentation and 3d pose estimation of humans using dynamic graph-cuts. In *ECCV*, 2006.
- [5] N. Dalal and B Triggs. Histogram of oriented gradients for human detection. In *CVPR*, 2005.
- [6] P. Felzenszwalb and D. Huttenlocher. Pictorial structures for object recognition. *IJCV*, 61(1), 2005.
- [7] V. Ferrari, T. Tuytelaars, and L. Van Gool. Real-time affine region tracking and coplanar grouping. In *CVPR*, 2001.
- [8] N. Ikizler and P. Duygulu. Human action recognition using distribution of oriented rectangular patches. In *ICCV workshop on Human Motion Understanding*, 2007.
- [9] N. Jojic, J. Winn, and L. Zitnick. Escaping local minima through hierarchical model selection: Automatic object discovery, segmentation, and tracking in video. In *CVPR*, 2006.
- [10] M. P. Kumar, P. H. S. Torr, and A. Zisserman. Learning layered pictorial structures from video. In *ICVGIP*, pages 148–153, 2004.
- [11] M. P. Kumar, P. H. S. Torr, and A. Zisserman. Learning layered motion segmentations of video. In *ICCV*, 2005.
- [12] I. Laptev. Improvements of object detection using boosted histograms. n *BMV*, 2006.

- [13] I. Laptev and P. Perez. Retrieving actions in movies. In *ICCV*, 2007.
- [14] Z. Lin, L. Davis, D. Doermann, and D. DeMenthon. An interactive approach to pose-assisted and appearance-based segmentation of humans. In *ICCV workshop on Interactive Computer Vision*, 2007.
- [15] G. Mori, X. Ren, A. Efros, and J. Malik. Recovering human body configurations: Combining segmentation and ecognition. In *CVPR*, 2004.
- [16] J. Niebles and L. Fei-Fei. A hierarchical model model of shape and appearance for human action classification. In *CVPR*, 2007.
- [17] M. Ozuysal, V. Lepetit, F. Fleuret, and P. Fua. Feature harvesting for tracking-by-detection. In *ECCV*, 2006.
- [18] D. Ramanan. Learning to parse images of articulated bodies. In *NIPS*, 2006.
- [19] D. Ramanan, D. A. Forsyth, and A. Zisserman. Strike a pose: Tracking people by finding stylized poses. In *CVPR*, 2005.
- [20] C. Rother, V. Kolmogorov, and A. Blake. Grabcut: Interactive foreground extraction using iterated graph cuts. In *SIGGRAPH*, 2004.
- [21] F. Schroff, A. Criminisi, and A. Zisserman. Single-histogram class models for image segmentation. In *ICVGIP*, 2006.
- [22] E. Shechtman and M. Irani. Matching local self-similarities across images and videos. In *CVPR*, 2007.

Динамик удирдлагатай дронд тулгуурласан тээврийн хэрэгслийн улсын дугаар илрүүлэх систем

Болд Санжаа

Компьютерийн Ухааны Тэнхим
Хүмүүнлэгийн Ухааны Их
Сургууль
Улаанбаатар хот, Монгол улс
Email: sanjaa@humanities.mn

Сосорбарам Батчимэг

Компьютерийн Ухааны Тэнхим
Хүмүүнлэгийн Ухааны Их
Сургууль
Улаанбаатар хот, Монгол улс
Email: chimed-ochir@humanities.mn

Балжинням Чимэд-Очир

Компьютерийн Ухааны Тэнхим
Хүмүүнлэгийн Ухааны Их
Сургууль
Улаанбаатар хот, Монгол улс
Email: chimed-ochir@humanities.mn

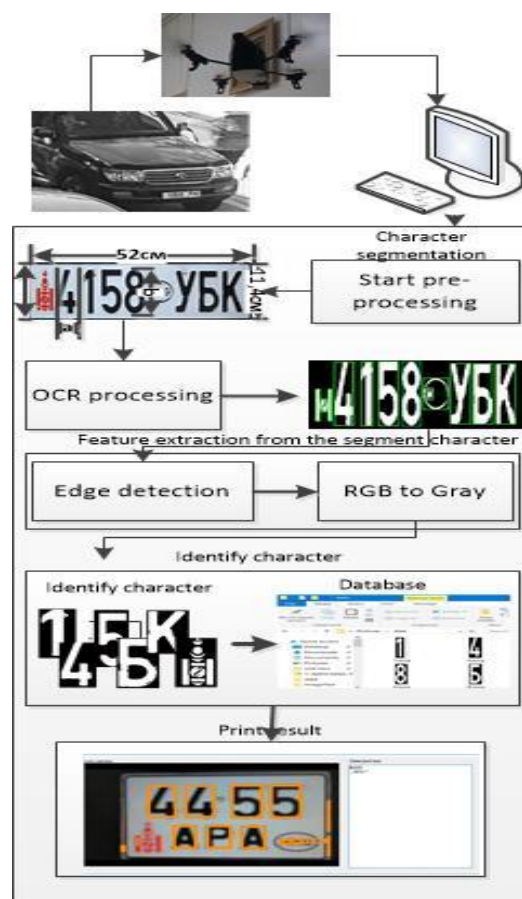
Хураангуй— Бид тус судалгааны ажлын хүрээнд хоёр төрлийн тооцооллыг нэгтгэн авч үзсэн. Үүнд тээврийн хэрэгслийн улсын дугаар илрүүлэх ба гадаад хүчний нөлөөлөлд дрон ямар дүрсний нягтшилтай тээврийн хэрэгслийн зураг авах гэсэн хоёр төрлийн нөхцөлийн тодорхойлон хөгжүүлэлт сайжруулалтыг хийж гүйцэтгэсэн судалгааны ажил юм. Энэ нь дроны хөдөлгөөн ба түүнд гадны зүгээс үйлчлэх хүчин зүйлийг судлан тогтоох, анхны төлөв байдлыг тасралтгүй хадгалах талаар судалгаа шинжилгээ тооцоолол хийж гүйцэтгэсэн ба бид нэгэн төрлийн алгоритм буюу моделийг гарган дронын тогтвортой болгосон. Дроны тогтворжилтын системийг судлах болсон учир нь илрүүлэх системд дроныг тогтвортой нэгэн төрлийн хурдтай байхыг шаарддаг. Хурд, өндөр, байрлал нь харилцан адилгүй байгаа үед дрон дээр өгөгдлийн мэдээллийг хадгалах, тэмдэгийг илрүүлэх нь маш төвөгтэй болдог. Дроны тогтворжилт, өндөр, хурд зэрэг хэмжигдэхүүнүүд нь шууд замаар дүрс илрүүлэх, адилтгах, харьцуулах, таних системүүдийн илрүүлэх нарийвчлалд нөлөөлдөг юм. Иймд илрүүлэх системийн хувьд дроныг тогтвортой байлгах үүнээс дээрх төрлийн судалгаа шинжилгээний ажлыг эхлүүлсэн. Дроны тогтворжилтын системийг судлах хүрээнд нэр бүхий алгоритмыг тодорхой онол, практикийн хүрээнд судлан сайжруулалтыг хийсэн. Үүнд хамгийн эхэнд бид дараах дөрвөн хэмжигдэхүүнийг 3D хэмжээст огторгуйд тодорхойлох юм. Эдгээр хэмжигдэхүүнийг бид thrust, pitch, yaw, roll гэж тэмдэглэнэ. Хэмжигдэхүүн бүрийн XYZ гэсэн тэнхлэгт буулгаж θ , ψ , ϕ -ээр тэмдэглэн өнцгийн өөрчлөлтөөр хөдөлгөөний чиглэлийг тодорхойлох юм. Үүний тулд бид Ньютон-Эйлерийн онолын үндсээр тайлбарласан юм. Мөн нэр бүхий онолын тэгшитгэлийг тус системд сайжруулан ашигласан.

Keywords— *Тээврийн хэрэгслийн улсын дугаар илрүүлэх алгоритм, Ньютоны хууль, Аэродинамикийн хууль, Ньютон-Эйлерийн хууль, Эйлерийн өнцөг, Хазайлтын өнцөг θ , ψ , ϕ Координатын системд дэх өнцөг хурд, Дрон*

I. ТАНИЛЦУУЛГА

Сүүлийн жилүүдэд улсын дугаар илрүүлэх алгоритмууд өргөн цар хүрээнд судлагдаж байгаа ба зарим улс оронгууд судалгааны үр дүнд тулгуурлан хэрэглээнд нэвтрүүлээд байна. Учир нь тус систем нь иргэний хяналт аюулгүй байдлыг систем болон бусад төрлийн хяналтын системийн нэгэн адил өндөр нарийвчлалтай үнэн бодит байх үндсэн

шаардлага тавьдаг. Иймд өндөр нарийвчлалтай илрүүлэх системийг бий болгох үүднээс бид хоёр төрлийн алгоритмыг сонгон авч зохиох төвшинд нэгтгэн хөгжүүлж үр дүнг боловсруулсан. Зураг. 1.



Зураг. 1. Тээврийн хэрэгслийн улсын дугаар илрүүлэх алгоритм.

Эхлээд бид тэмдэгт илрүүлэх алгоритм ямар арга замаар өгөгдлийн илрүүлэх талаар авч үзвэл. Энэ алгоритм нь дараах дөрвөн дэд алгоритмаас бүрддэг. Тус алгоритм нь

авто замын зорчих хэсгээр нэвтрэн өнгөрч байгаа тээврийн хэрэгслийн улсын дугаарын зургийг авч, тодорхой төрлийн боловсруулалтыг хийж тусгайлан бэлтгэсэн мэдээллийн санд хадгална. Дүрсийг боловсруулахдаа Тэмдэгт Илрүүлэх Алгоритм (OCR-Optical Character Recognition)-д тулгуурлан боловсруулалт хийнэ.[1-2]

Тэмдэгт илрүүлэх алгоритм нь дүрсийн боловсруулахдаа Монголын улсын тээврийн дугаарыг туршилтын объект болгон сонгон авсан. Ийм учраас илрүүлэх алгоритм зургийн боловсруулалтыг гүйцэтгэхдээ урьдчилан бэлтгэсэн тэмдэгт ба өгөгдлийн санг ашиглана. Зураг. 2.



Зураг. 2. Тээврийн хэрэгслийн улсын дугаарт агуулагдах Монгол үсгийн фонд

Тэмдэгт илрүүлэх алгоритмын нарийвчлалыг сайжруулах үүднээс дроны тогтвортой нислэг буюу гадаад хүчний нөлөөнд байршлаа хадгалах талаар тодорхой хөгжүүлэлтийг хийж гүйцэтгэсэн. Мөн дроны хөдөлгөөний траектор нь орчны нөхцөл байдлаас хамаарч илрүүлэх системийн нарийвчлалд шууд замаар нөлөөлдөг юм. Өмнөх судалгааны ажлын үр дүнд анализ хийхэд гарч байгаа үр дүнд үндэслэж тодорхой нөхцөл байдлыг судлаж тогтоосон. Үүний гол шалтгаан нь гадаад орчин ба цаг агаарын нөхцөл нь дроны нислэг буюу хөдөлгөөний траекторыг тогтвортой бус болгодог. Иймээс бид сайжруулалтыг дахин авч үзэх шаардлага тулгарсан ба зарим хангалтгүй туршилтын үзүүлэлтэд тулгуурлан дахин хэд хэдэн нэмэлт сайжруулалтыг хийсэн нь салхины хүчний эсрэг үйлчлэх алгоритм юм. Иймд бид дээрх үзүүлэлтийг сайжруулахын тулд зарим техник үзүүлэлт болон дроны математик моделийг нэмэлтээр боловсруулсан. Тус алгоритм нь дрон салхинд туугдах, салхины нөлөөлөлд орох үед салхины хүчний эсрэг алгоритм ажилласнаар тухайн дрон харьцангуй тогтвортой болно гэж үзсэн юм. Иймд хөдөлгөөний хуулийг судлахын тулд хөдөлгөөний үндсэн тэгшитгэлийг авч үзсэн. Хөдөлгөөний тэгшитгэлийг Ньютон ба Эйлерийн онолын үүднээс тайлбарлаг юм. Хөдөлгөөний чиглэл, траектор, векторын чиглэлийн 3-н хэмжээс огторгуйд тайлбарлах шаардлагатай. Иймээс хөдөлгөөний тэгшитгэлийг олон хэмжээст огторгуйд авч үзсэн. Салхины хүч дронд үйлчлэх үед дроны хазайлт ба өнцгийн өөрчлөлтийг тодорхой математик аргачлалаар тооцоолно. Хөдөлгөөний онолын

тооцоолол, тэгшитгэлийг дараагийн хэсэгт дэлгэрэнгүй авч үзэх болно. Харин хөдөлгөөний тооцооллыг хийхэд дронын хөдөлгөөний тооцооллыг хийж зарим нэг математик моденийн үр дүнг график дүрслэлийн аргаар тайлбарласан.

II. ТЭМДЭГТ ИЛЭРҮҮЛЭХ АЛГОРИТМ

A. Улсын дугаараас тэмдэгтийг илэрүүлэх нь

Бидний хөгжүүлж байгаа алгоритм нь ямар арга замаар тээврийн хэрэгслийн улсын дугаар илрүүлэх талаар авч үзье. Тээврийн хэрэгслийн дугаар илрүүлэх алгоритмын програмыг Visual Studio програм хангамжид тулгуурлан кодчиллын аргаар хөгжүүлэлтийг хийсэн.

Дрон нь нислэг үйлдэж байхдаа тухайн тээврийн хэрэгслийн мэдээллийг бодит хугацаанд дугаар илрүүлэх алгоритмд илгээнэ. Эхлээд ирж байгаа бодит видео дүрснээс дугаар илрүүлэх алгоритм нь тээврийн хэрэгслийн улсын дугаарыг зурган хэлбэрээр авна. Харин тэмдэгт илрүүлэх алгоритм нь зурган өгөгдөлд дүрсийн анализ хийнэ. Тус зурган өгөгдлийг тоон дүрст хөрвүүлж улмаар сэжигтэй тэмдэгтүүдийг ялган авна. Дугаар илрүүлэх алгоритмууд нь харилцан адилгүй байдаг ба тухайн орны улсын дугаарын стандартаас хамаарч өөр байдаг. Манай улсын хувьд тээврийн хэрэгслийн улсын дугаар нь 4-н ширхэг тоо, 3-н ширхэг кирилл үсэг, 3-н ширхэг латин үсэг, нэг тэмдэгтээс бүрдэх ба тоо, үсэг, тэмдэгт нийлсэн 12 ширхэг блокоос тогтоно. Блок гэдэг нь үсэг, тэмдэгт бүр нэг блокт тодорхойлогдох ба $N \times M$ хэмжээстэй матрицыг бодоход шаардагдах үндсэн утгыг тодорхойлно.[3-4] Матрицын тооцооллыг гүйцэтгэж дуусмагц илэрцийг тодорхойлох ба илэрсэн тэмдэгт нь ногоон өнгийн тэгш өнцөгтөөр хүрээлэн сонгох болно.[5]

Энэ нь хамгийн өндөр магадлалтайгаар илэрсэн тэмдэгтийг хайрцаглах буюу сонгох байдлаар програм тэмдэгтийг илрүүлнэ. Илэрсэн тэмдэгтийг мэдээллийн санд байгаа тэмдэгт ба үсэг, тэмдэгтүүдтэй харьцуулж хамгийн их магадлалтай таарсан тэмдэгтийг үр дүнгийн хэсэгт хэвлэнэ. Энэ дарааллаар улсын дугаарын бүх тэмдэгтийг илрүүлж үр дүнг хэвлэнэ. Зураг. 3.



Зураг. 3. Тээврийн хэрэгслийн дугаарын илэрц ба тэмдэгтийн сонголт

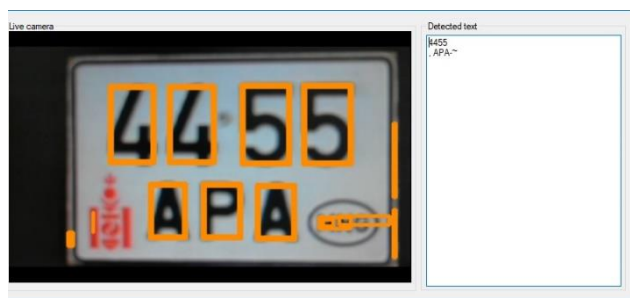


Зураг. 4. Тээврийн хэрэгслийн улсын дугаарыг блокоор илэрхийлсэн.

Тээврийн хэрэгслийн улсын дугаар илрүүлэх алгоритмын илрүүлж байгаа тэмдэгт, тусгайлан бэлтгэсэн мэдээллийн санд байгаа тэмдэгтийг хооронд нь дараах тэгшитгэлээр харьцуулалт хийнэ.

$$\begin{aligned}
 S(i, j) &= \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N f_{ij}^2(m, n) \\
 &- 2 \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N f_{ij}(m, n) t(m, n) \\
 &+ \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N f_{ij}^2(m, n) \dots
 \end{aligned} \quad (1)$$

Энэхүү тэгшитгэлийн үр дүнг Т (Т-ийн илэрцийн хязгаарын хэмжигдэхүүн)-ийн утгатай харьцуулж илэрц амжилттай ба амжилтгүй байгааг тодорхойлох юм.[6] Өөрөөр хэлбэл Т-ийн утгаас S-ийн утга их байгаа тохиолдолд тэмдэгтийг илрүүлэлтийг хангалтай сайн гэж үздэг бол Т-ийн утга S-ээс бага байгаа бол илрүүлэлт амжилтгүй болсон гэж үздэг. Энэхүү харьцуулалт ба боловсруулалтын үр дүнг дараах хэлбэрээр илэрхийлдэг.

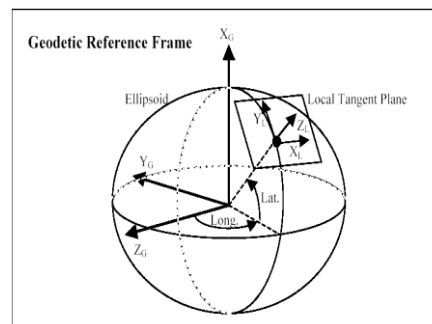


Зураг. 5. Тээврийн хэрэгслийн дугаар илрүүлэх програм ба үр дүнг хэвлэх цонх

III. ХӨДӨЛГӨӨНИЙ МОДЕЛЬ

A. Динамик хөдөлгөөний загвар

Дроны хөдөлгөөний загварыг тодорхойлоход дөрвөн сэнсний эргэлтийн хурдыг ихэсгэх ба багасгах аргачлалаар агаарын орон зайд удирдан залдаг. Динамик хөдөлгөөний загварчлалыг боловсруулахын тулд агаарын эсэргүүцлийн хүч болон бусад хүчний нөлөөллийг судлан тогтоох зайлшгүй шаардлагатай байдаг. Тиймээс дроны хөдөлгөөнийг 3-н хэмжээст огторгуйд хэд хэдэн хэмжигдэхүүнээс хамааруулан хөдөлгөөний загварчлалыг боловсруулсан. Тус боловсруулалтыг гүйцэтгэхийн тулд Ньютоны хууль, Ньютон-Эйлерийн хуулийн судалж тодорхой төрлийн өөрчлөлт сайжруулалтыг хийсэн.[7-8] Дроны хөдөлгөөн өөрчлөлтийг судлахын тулд хөдөлгөөнийг нь анхдаг ба хоёрдогч тооллын системийг сонгон авч тухайн тооллын системүүдэд өөрчлөгдөж байгаа утгуудын өөрчлөлтөөр хөдөлгөөний хандлагыг судлан тогтооно. (Зураг. 6.)



Зураг. 6. 1 ба 2-р координатын системийн байрлал

Хөдөлгөөний хандлага, чиглэлийн тодорхойлох параметрууд нь

Үүнд:

- $E = \{E_x, E_y, E_z\}$ Анхны тооллын системийн координат
- $B = \{B_x, B_y, B_z\}$ Хоёрдогч тооллын системийн координат
- $\xi = [x, y, z]^T$ Тооллын системийн байрлал
- $\alpha_{all} = [\varphi, \theta, \psi]^T$ Координатын систем дэх өнцгүүд

Дроны хөдөлгөөний чиглэлийг координатын системд $\xi = [x, y, z]^T$ цэгийн утгуудаар илэрхийлж, анхны ба хоёрдогч координатын системд байрлана. Харин дроны анхны байршил болон хоёрдогч байршлын өөрчлөлт нь Roll, Pitch, Yaw ийн Эйлерийн өнцгөөр илэрхийлэгдэнэ. Энэ гурван өнцөг нь координатын өөрчлөлт нь дараах мужид тодорхойлогдог байна.

Харин дроны хөдөлгөөнийг тооллын системд тооцоолоход x, y, z гэсэн тэнхлэг бүр дээрхи өнцгийн өөрчлөлтийн утгыг эргэлтийн матрицын аргаар тодорхойлоно. Эргэлтийн матриц нь 3×3 хэмжээтэй байдаг. [8-9] Өөрөөр хэлбэл эргэлтийн матриц нь $\text{Rot}(x, \varphi)$, $\text{Rot}(y, \theta)$, $\text{Rot}(z, \psi)$ гэсэн гурван хэмжээст матрицын аргаар илэрхийлэнэ

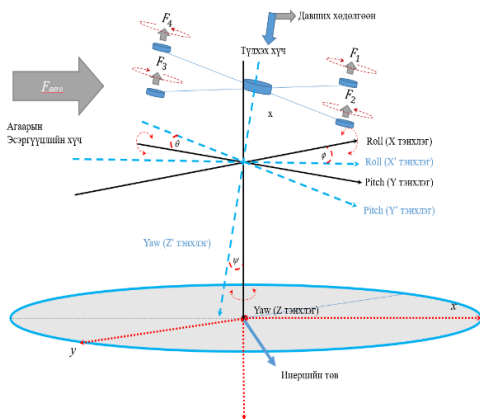
$$\begin{aligned}
 R_s(\omega) &= \begin{bmatrix} A\psi A\theta & A\psi B\theta B\varphi - B\psi A\varphi & A\psi B\theta A\varphi - B\psi B\varphi \\ -B\psi A\theta & B\psi B\theta B\varphi - B\psi A\varphi & A\psi B\theta A\varphi - B\psi B\varphi \\ -B\theta & A\theta B\varphi & A\theta B\varphi \end{bmatrix}
 \end{aligned} \quad (2)$$

Eq.2 системийн эргэлтийн матрицын тэгшитгэл нь дроны хөдөлгөөний хувьд маш чухал хөдөлгөөний тэгшитгэл юм. Өөрөөр хэлбэл огторгуйн олон хэмжээстэй хөдөлгөөний байрлал, чиглэлийг тодорхойлно.

B. Огторгуйд дахь дроны хөдөлгөөний модель

Дроны динамик удирдлагын системийн гол зорилго нь хөдөлгөөнийг тэнцвэртэй байлгах, инерцийн төв, анхны байрлалаа хадгалах зориулалт бүхий систем юм. Иймд загвар болгон гаргаж байгаа дроны моделийг гурван хэмжээст огторгуйд ба хоёр координатын системийн тусламжтай хөдөлгөөнийг шилжилт буюу траекторыг

харьцуулан тооцоолох боломжтой юм. Харин хөдөлгөөний модель нь анхны координатын системд харьцангуй тогтмол тодорхой цэгүүд дээр байрлах ба гадаад хүчний нөлөөгөөр тус координатын цэгүүд шилжиж тэнцвэрийн байрлалаа алдана. 2-р координатын системийн цэгүүдийн өөрчлөлтийг 1-р координатын системд проекцлон буулгаж координатын цэгийн өөрчлөлтийг тэмдэглэнэ. (Зураг. 7) Агаарын эсэргүүцэлээс болж үүссэн координатын цэгүүдийн өөрчлөлтийг бусад тэнхлэгүүдэд проекцлон буулгаж хөдөлгөөний тэгшитгэлийг боловсруулна. [10](Зураг. 7.)



Зураг. 7. Координатын системд дроны хазайлт ба түүнийг тодорхойлох параметрууд

1-р ба 2-р координатын системд дэх цэгийн өөрчлөлтийг дараах тэгшитгэлээр тооцоолно.

$$\begin{aligned} m\ddot{x} &= (\cos\phi\sin\theta\cos\psi + \sin\phi\sin\psi)S_1 \\ m\ddot{y} &= (\cos\phi\sin\theta\sin\psi - \sin\phi\cos\psi)S_1 \\ \ddot{z}m &= -mg + (\cos\phi\cos\theta)S_1 \end{aligned} \quad (3)$$

S_1 – хувьсах нэгж
 m – биетийн жин
 g – хүндийн хүчний хурдатгал

1-р ба 2-р координатын системд дэх цэгийн өөрчлөлтөд харгалзах өнцгийн өөрчлөлтийг авч үзье. Хөдөлгөөний моделийн загварыг тооцоолоход дараах таван нөхцөлийг тооцоон үзэх болно. Эдгээр параметрууд нь S_1, S_2, S_3, S_4 ба өнцөг хурд юм. [8-9]

$$\begin{aligned} I_x\ddot{\phi} &= \dot{\theta}\dot{\psi}(I_y - I_z) - j_r\theta\omega + lS_2 \\ I_y\ddot{\theta} &= \dot{\phi}\dot{\psi}(I_z - I_x) - j_r\phi\omega + lS_3 \\ I_x\ddot{\psi} &= \dot{\theta}\dot{\phi}(I_x - I_y) - j_r\psi\omega + lS_4 \\ S_1 &= F_{A\bar{x}}, S_2 = \tau_\phi, S_3 = \tau_\theta, S_4 = \tau_\psi \end{aligned} \quad (4)$$

Энэхүү тодорхойлсон дөрвөн хувьсагч нь дроны байрлалыг өөрчлөн тодорхойлсон координатын цэгүүдэд дроны шилжилт, өнцгийн өөрчлөлтийг үүсэж байгааг илэрхийлж байна. Агаарын хүчний нөлөөлөл нь координатын системийг цэгүүдийн өөрчлөлттэй шууд хамааралтай байдаг. Агаарын хүчний нөлөөлөлийн хэмжээнээс хамаарч дроны мотор тус бүрээс гарах хүчний хэмжээ харилцан адилгүй юм. Эндээс үзвэл дроны моторын гаргах хүчний хэмжээг дроны хазайлтын өнцөг, шилжилтийн траектороос хамаарч харилцан адилгүй

байна. Дроны тэнцвэрийн байрлалд шилжих моторын хүчний хэмжээг Ньютон-Эйлериин аргачлалд үндэслэн доорх тэгшитгэлээр тэгшитгэлээр тодорхойлно.

$$F_{sum} = F_{мотор} + F_{Агаар.Э.Хүч} + F_{ТХ} \quad (5)$$

Агаарын эсэргүүцлийн хүчийг Аэродинамикийн хуулиар тодорхойлох бол хүндийн хүчийг Таталцлын хуулийн үүднээс тодорхойлно. Дроны моторын зүгээс үүсгэх хүчний хэмжээг тооцоолоход дроныг дээш түлхэх хүчний хэмжээг нэмж авч үзнэ. Учир нь физикийн хууль ёсоор хүндийн хүчтэй холбоотой байдаг. Иймээс моторын гаргах хүчний хэмжээг доорх тэгшитгэлээр илэрхийлдэг.[10-12]

$$F_{мотор} = R_s(\omega)(\sum_{i=1}^4 F_i - \sum_{i=1}^4 D_i) \quad (6)$$

D_i – дөрвөн моторын түлхэх хүчний хэмжээ.

$R_s(\omega)$ – эргэлтийн матриц буюу өнцөг хурд

Харин агаарын эсэргүүцлийн хүчнийг дараах тэгшитгэлээр тооцоолно.

$$F_{Агаар.Э.Хүч} = \frac{1}{2} \rho AC(U^B)^2 \quad (7)$$

C- агаарын эсэргүүцлийн хүчний коэффициент

Агаарын эсэргүүцлийн хүчний коэффициент бүх координатын тэнхлэгт үйлчилдэг учир түүнийг дараах тэгшитгэлээр хүчний коэффициентийг илэрхийлдэг.

$$C = diag[C_x, C_y, C_z] \quad (8)$$

Эндээс Eq.6 ба Eq.7 тэгшитгэлийг эмхтгэн Eq.3 тэгшитгэлд орлуулан тооцвол дроны эргэлтийн динамик удирдлагын системийн үндсэн тэгшитгэл тодорхойлогдоно.

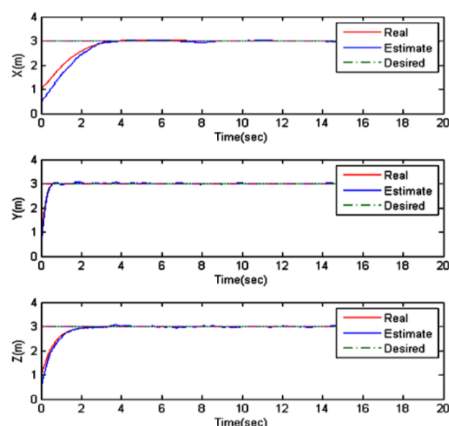
$$\begin{aligned} m\ddot{x} &= [(\cos\phi\sin\theta\cos\psi + \sin\phi\sin\psi) \sum_{i=1}^4 F_i - \sum_{i=1}^4 D_{xi} - \frac{1}{2} \rho AC(U^B)^2] \\ m\ddot{y} &= [(\cos\phi\sin\theta\sin\psi - \sin\phi\cos\psi) \sum_{i=1}^4 F_i - \sum_{i=1}^4 D_{yi} - \frac{1}{2} \rho AC(U^B)^2] \\ \ddot{z}m &= -mg + (\cos\phi\cos\theta) \sum_{i=1}^4 F_i - \sum_{i=1}^4 D_{zi} - \frac{1}{2} \rho AC(U^B)^2 \end{aligned} \quad (9)$$

Eq.9 Тэгшитгэлийн тусламжтай координатын системд дроны хөдөлгөөн, чиглэлийн тодорхойлж хариу хөдөлгөөнийг цаашид гүйцэтгэх боломжийг бүрдүүлж байна.

IV. БОЛОВСРУУЛАЛ БАҮРДҮН

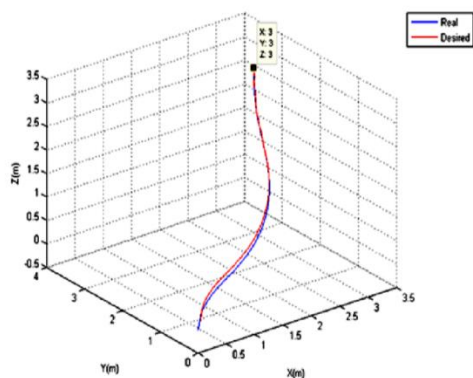
Динамик удирдлагын системийг математик моделийн боловсруулан тодорхой төвшнийг тооцооллыг хийж гүйцэтгэсэн. Дээр өгөгдсөн тэгшитгэлийн боловсруулалт анализыг MatLab програм хангамж дээр тулгуурлан боловсруулж зохиох төрлийн үр дүнг гарган авсан юм. Харин координатын тэнхлэгийн цэгийн шилжилт тодорхой t гэсэн хугацааны интервалд явагдсан гэж үзэж симуляц хийхэд дараах үр дүн гарч ирсэн.

Туршилтын моделиос хархад координатын тэнхлэгийг өөрчлөлтийг засварлах буцаж байрлалдаа шилжих хугацаа, бусад үзүүлэлтийг тус үр дүнгийн графикт тусгасан байна. Гэвч бидний тооцоолж байсан хугацаанд дрон анхны буюу тэнцвэрийн байрлалыг нөхөж чадахгүй байгаа нь бусад хүчин зүйлүүдтэй холбоотой юм. Ногооноор тэмдэглэсэн график нь тооцоолож байсан хугацаанд өөрийн шилжилтийг засаж хуучин байрлалдаа орох хугацаа юм. (Зураг.8). Харин улаанаар тэмдэглэсэн график нь туршилтын дүнд боловсруулагдсан буцааж тэнцвэрийн байрлалдаа шилжих үр дүнгийн график юм. Туршилтын үр дүнгээс үзэхэд бидний хөгжүүлсэн математик модель буюу алгоритм нь өөрчлөгдөж байгаа тэнхлэгээс хамаарч 1,5 сек-ийн нарийвчлалтай хуучин, тэнцвэрийн байрлалдаа шилжиж чадаж байна.



Зураг. 8. Координатын системийн байрлалын өөрчлөлтөөс хамаарах хамаарал

Харин гадаад хүний нөлөөллийг судлах явцад доорх хэлбэртэй үр дүнгийн график гарч байна. Энэ графикаас хархад дрон дээшээ хөөрөх үед агаарын эсэргүүцлийн нөлөөгөөр нум хэлбэрийн дүрсийг үзүүлсэн байна. (Зураг. 9.) Энэ нь нумын хэлбэр их, бага байхаас хамаарч дроны тэнцвэрийн байрлалдаа шилжих хугацаа нь харилцан адилгүй байна. Мөн нумын хэмжээ нь агаарын зүгээс үйлчлэх хүчний хэмжээтэй шууд хамааралтай байдаг. Харин туршилтын үр дүнгээс хархад бидний хөгжүүлсэн модель харьцангуй сайн үзүүлэлтийг үзүүлж байна.



Зураг. 9. Координатын системд дроны тэнцвэрийн

V. ДҮНГЭЛТ

Энэхүү ЭШ-гээ судалгааны хүрээнд улсын дугаар илрүүлэх алгоритмын нарийвчлалыг сайжруулах тал дээр төвлөрсөн судалгааны ажлыг хийж зарим төрлийн тооцооллыг хийж гүйцэтгэсэн. Дроны хөдөлгөөнөөс үүдэн дугаар илрүүлэх алгоритмд ирж байгаа дүрсд анализ хийх боломжгүй байдаг. Түүнчлэн камерын үзүүлэлтийг сайжруулан туршилтын ажлыг явуулахад хангалтгүй үзүүлэлт үзүүлж байсан. Иймээс тус туршилтын үр дүнгээс гарч ирсэн нөхцөл байдлаас үүдэн дроны хөдөлгөөнийг тогтвортой байлгах хүчин зүйлсийг судалж дараах дүгнэлтийг гаргаж байна.

Тодорхой нөхцөл байдал биелж байхад дроны динамик хөдөлгөөний тэгшитгэлийг гаргасан. Түүнчлэн агаарын эсэргүүцлийн хүч, түүний нөлөөллийг судлан хэд хэдэн хувьсагчийг тооцоолсон. Үүний үр дүнг ижил төрлийн ЭШ-ний бүтээлийн үр дүнтэй харьцуулахад тэнцвэрийн байрлалаа нөхөх хугацааны хувьд илүү давуу байсныг туршилтаар баталсан.

REFERENCES

- [1]. N. Jichkar, S. Kapse, S. Thombre and A. Meshramb, "Survey: on vehicle number plate detection techniques", IJEIR, vol. 5, issue. 2, ISSN: 2277-5668
- [2]. K. Chhikara and T. Pankej, "A Smart Technique For Accurate Identification Of Vehicle Number Plate Using Matlab And Raspberry Pi 2" IJETMAS 2016, vol. 4, issue. 5, ISSN:2349-4476
- [3]. Y. G. Zhang, C. S. Zhang. Segmenting Characters of License Plate by Hough Transformation and the Prior Knowledge. *Chinese Journal of Computers*, vol. 27, no. 1, pp. 130–135, 2004
- [4]. S. Avidan Ensemble Tracking Pattern Analysis and Machine Intelligence, IEEE Transactions, Vol. 29, No. 2, pages 261 - 271, February, 2007
- [5]. C.L. Castillo, W. Moreno, and K.P. Valavanis. Unmanned Helicopter Waypoint Trajectory Tracking Using Model Predictive Control. Au- tomatation, 2007. MED '07. Mediterranean Conference on, pages 1-8, June 2007.
- [6]. D.H. Shim, H. Chung, H.J. Kim, and S. Sastry. Autonomous Exploration in Unknown Urban Environments for Unmanned Aerial Vehicles. AIAA Guidance, Navigation, and Control Conference and Exhibit, (San Francisco, CA), Aug, pages 2005-6478, 2005.
- [7]. Andrew Zulu*, Samuel John, "A Review of Control Algorithms for Autonomous Quadrotors" Journal 2014, April 2014. (references)
- [8]. Tinashe Chingozha, Otis Nyandoro, "Adaptive Sliding Backstepping Control of Quadrotor UAV Attitude" IFAC2014 Conference, South Africa, Aug.2014
- [9]. Colmenares-Vazquez, Nicolas Marchand, Pedro Castillo Garcia, Jose-Ernesto Gomez-Balderas, "An Intermediary Quaternion-based Control for Trajectory Following Using a Quadrotor" IROS 2017, IROS 2017
- [10]. Yannick Morel, "Applied Nonlinear Control of Unmanned Vehicles with Uncertain Dynamics" Blacksburg, Virginia, April 17th, 2009
- [11]. Zoran Benić, Petar Piljek, Denis Kotarski "Mathematical Modelling Of Unmanned Aerial Vehicles With Four Rotors" Interdisciplinary Description of Complex Systems 14(1), 88-100, 2016
- [12]. H.R. Rodriguez, V.P. Vega, A.S. Orta, and O.G. Salazar, "Robust Backstepping Control Based on Integral Sliding Modes for Tracking of Quadrotors" Journal of Intelligent & Robotic Systems, Vol.73, No.1-4, pp.51-66, 2014.

Монгол ярианы хэлний корпус дээрх өгүүлбэр зүйн судалгаа

Төрийн Ууганбаяр

Мэдээлэл холбооны сүлжээ ХХК,
Энхтайваны өргөн чөлөө 1, Чингэлтэй дүүрэг,
Улаанбаатар хот 15160, Монгол Улс
uuganbayar.t@icn.mn

Чагнаагийн Алтангэрэл

Машин оюуны лаборатори, ХШУИС, МУИС,
Их сургуулийн гудамж 1, Сүхбаатар дүүрэг,
Улаанбаатар хот 14200, Монгол Улс
altangerel@seas.num.edu.mn

Хураангуй—Энэ судалгааны ажлаар орчин цагийн Монгол ярианы хэлний өгүүлбэр, өгүүлэмжийн төвшинд ярианы дундаж хугацаа, хурд, үгийн тоо, үеийн тоо, ярианы өргөлт, давтамж зэргийг тодорхойлов. Эдгээр өгөгдлүүдийг цаашид Монгол хэл, яриаг автоматаар таних систем зохион байгуулах, машин сургалтын өгөгдлүүдийг гарган авахад ашиглана.

Түлхүүр үг— Монгол ярианы хэл, дундаж хугацаа, хурд, үгийн тоо, үеийн тоо, ярианы өргөлт

I. УДИРТГАЛ

Хэл яриа бол хүн хооронд мэдээлэл дамжуулах харилцаа холбооны хамгийн чухал хэрэглүүр юм. Хүн өөрийн тархи дахь бодол, санаа, сэтгэл хөдлөлийг ярианы хэлэнд хөрвүүлэн яриагаар дамжуулж, харин алс зайд дамжуулах зорилгоор бичгийн хэлэнд дахин хөрвүүлснээр захидал харилцаа үүссэн байна. Орчин үед мэдээлэл боловсруулах, дамжуулах технологи (IT) шуудан холбооноос биеэ даасан шинжлэх ухаан болтлоо хөгжиж, харин ярианы хэлийг цахим хэлбэрт боловсруулах салбар нь компьютер хэл шинжлэлийн ухаанаар хөгжиж байна.

Компьютер хэл шинжлэлээр ярианы болон бичгийн хэл хооронд хөрвүүлэх, нэг хэлнээс нөгөөд орчуулах, хүн ба машин хоорондын холбох зэрэг хэрэглээний олон салбарт ашиглагдаж байна. Компьютерт хүнээс мэдээллийг хамгийн хурднаар, алдаагүйгээр оруулахад орчин үед хүний яриаг автоматаар таних (ASR) арга, техникүүд эрчимтэй хөгжиж хиймэл оюун ухаан (AI) боловсруулан бүх төхөөрөмжийн салшгүй нэг хэсэг болсоор байна.

Одоо үед Монгол хэлний судалгаа ихэвчлэн бичгийн хэлэнд төвлөрөн, ярианы хэлний судалгаа харьцангуй бага хийгдэж байна. Үүнд хэл шинжлэлийн судалгааны чухал бүрэлдэхүүн болох ярианы хөмрөг (корпус) одоогоор хангалтгүй төвшинд судлагдаж байна. Бид ХШУИС-ийн Машин оюуны лаборатори дээр тусгай дуу бичлэгийн кабин, бичлэгийн төхөөрөмж ашиглан үүсгэх, мөн бусад эх үүсвэрээс ямар нэгэн эх уншсан бичлэг (read speech), энгийн яриа (spontaneous speech), харилцан яриа (dialogue speech) зэргийн дууны өгөгдөл (wav), түүний бичвэр эх (txt) цуглуулан, нэг ижил загварт хөрвүүлэх замаар Монгол хэлний яриа таних систем боловсруулахад шаардлагатай өгөгдлийн сан бүрдүүлэхийг зорьж байгаа болно.^{[6],[7]}

Ярианы хэл болон бичгийн хэлний төвшинд өгүүлбэр (sentence) болон өгүүлэмж (utterance)-ийн хооронд ялгаатай ойлголтууд болно. Бичгийн хэлэнд өгүүлбэр нь том үсгээр эхэлж цэг төгсдөг тодорхой нэг үйл явдлыг дүрслэх утга тээгч үгийн олонлог байдлаар ойлгодог бол ярианы хэлэнд өгүүлэмж нь амьсгалын нэг түрэлтээр гаргах тодорхой утга бүхий авиануудын нийлбэр байдаг.

Ярианы хэлний нэг чухал параметр бол яригчийн утга санаагаа илэрхийлэх дундаж хугацаа, түүнээс хамаарах ярианы хурд юм. Тухайн хүний ярианы хурднаас хамаарч яриа таних системийн оролтын олон параметр өөрчлөгдөж байдаг.

II. ТАНИЛЦУУЛГА

A. Ашигласан өгөгдлүүд

Тус судалгаанд ШУА-ын Хэл Зохиолын Хүрээлэн, БНХАУ-ын ӨМӨЗО-ны Их Сургуулийн Монгол Судлалын Сургуультай хамтран нийгэм хэл шинжлэлийн судалгааны зорилгоор Улаанбаатар хот болон хөдөө орон нутгийн 146 хүнээс хувийн амьдрал, аж байдал, намтраар хүүрнэх хэлбэрийн яриаг бичүүлсэн энгийн яриаг ашиглав. Нийт яриануудаас гаднын шуугиан, бусад давхцал бага нас, хүйс харгалзуулсан 60 хүний яриаг судалгаанд оруулсан болно.

Хүснэгт 1 Яригчийн ангилал

Нас	Хүйс - Эр	Хүйс - Эм
18 – 29	10 хүн	10 хүн
30 – 44	10 хүн	10 хүн
45-с дээш	10 хүн	10 хүн

Нийт ярьсан ярианаас эхний 10 хүртэлх минутын яриаг тасалсан 114 минутын бичлэгийг текстийн эхтэй харгалзуулан 1,079 өгүүлбэр, 22,346 үг, 55482 үе дээр шинжилгээ хийв.

III. ЯРИАНЫ СУЛ ҮГ

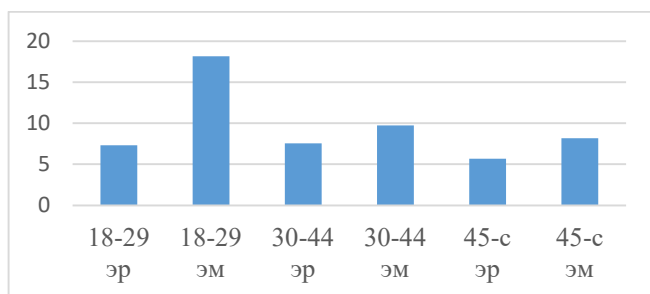
Ярианы хэлний нэг онцлог бол сул үг, аялга үг, үеийн давтагдал их хэмжээгээр ордог. Утга зүйн хувьд ямар ч үүрэггүй эдгээр үг, үеийг яригч талаас үг болон өгүүлбэр дунд зогсоц авах, үг давтан хэлэх зэрэгт орлуулах байдлаар

хэлдэг бол сонсогч талаас бага хэмжээгээр хэлэгдсэн үед анзаардаггүй болно.

Манай судалгаанд хэлэгдсэн үгнүүдээс энгийн ярианд хамгийн түгээмэл хэлэгдэж байсан үгнүүдэд **тэгээд, одоо, бол, би, хоёр, нэг, байсан, тэр, энэ, гэж** зэрэг байсан бол үгнүүдэд **ни, лл, аа, аан, уу, тээ** зэрэг байв.

IV. ЯРИАНЫ ӨГҮҮЛБЭР БА ӨГҮҮЛЭМЖИЙН ХАМААРЛАЛ

Ярианы өгүүлбэр, үг, үеийн тоог цэг, үг хоорондын хоосон зай, үеэр таслагч Syllable¹ програмаас гарсан үр дүнгээр, харин өгүүлэмж, өгүүлэмж дахь үг (хэлэмж)-ийн тоог Praat² програм дээр авианы энергийн төвшин, үндсэн давтамжийн тасалдал зэргийг тооцон тусгай скрипт бичин тооцоолов.



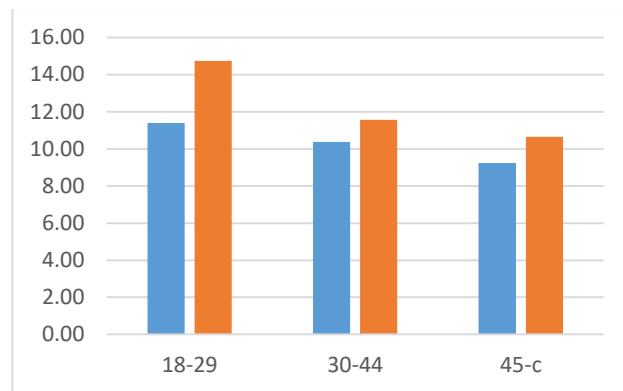
Зураг 1 Өгүүлбэр, өгүүлэмжийн харьцаа

Ярианы өгүүлбэр ба өгүүлэмжийн харьцааг харвал хамгийн өндөр нь залуу эмэгтэй бүлгийнх байна. Энэ нь энэ бүлгийн яригч нэг өгүүлбэрийн утга санааг маш олон өгүүлэмжээр, сул үг их хэрэглэж, ярих дундаа маш их тасалдалтай ярьж байгааг харж болно. Харьцангуй утгаар нэг өгүүлбэрийн утга санааг 18 өгүүлэмжээр илэрхийлж байна. Харин бусад бүх бүлгийн утга харьцангуй тогтмол ба 9,43 өгүүлэмжээр нэг өгүүлбэрийн утга санааг гаргасан байна.

V. ЯРИАНЫ ХУРД

Ярианы хурд нь хэлзүйн талаас бус яригчийн хувийн онцлогоос илүүтэй хамаардаг. Үүнд хамгийн их нөлөөлж болох онцлог бол яригчийн нас бөгөөд судалгаанд насны гурван бүлгээр нэгж хугацаанд хэлсэн үеийн тоогоор ярианы хурдыг тодорхойлов.

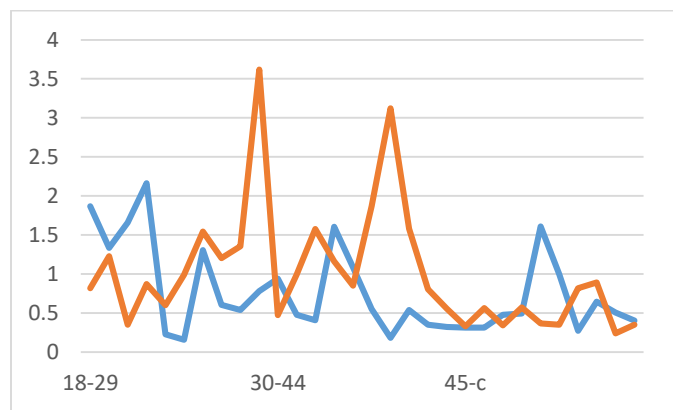
Энгийн ярианы хурдыг нэгж хугацаанд хэлсэн үеэр насны ангилаар Зураг 2-оор харуулав.



Зураг 2 Ярианы хурд

Зураг 2-оос залуу насны хүн дунджаар 13,07 үе үүнд эмэгтэй хүн 14,74 үе секунд хэлж хамгийн өндөр хурдтай ярьж байхад идэр насанд 10,97 үе, ахмад насанд 9,94 үе хэлж байна. Нас ахих тусам ярианы хурд буурах хандлагатай ба хүйсийн хувьд эмэгтэй хүн эрэгтэй хүнээс дунджаар нэгж хугацаанд хоёр үе илүү хэлж байна.

Тухайн өгүүлбэрийн урт ярианы хурданд хэрхэн нөлөөлөх талаар Зураг 3 -аар харуулав.



Зураг 3 Ярианы хурдны өсөлт

Эндээс эмэгтэй яригч идэр насанд өгүүлбэрийн тоо ихсэхэд ярих хурд дагаад ихсэх хандлагатай бөгөөд бусад үед эрэгтэй яригч харьцангуй хурдан ярих хандлага ажиглагдаж байна.

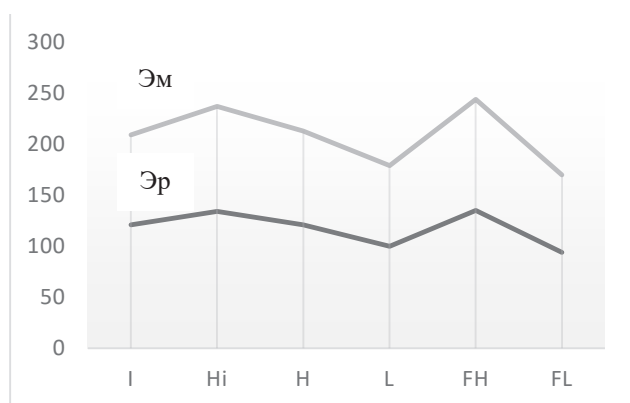
VI. ӨГҮҮЛБЭРИЙН АЯЛГА^[6]

Аливаа ярианы хэлэнд хэлзүйн хувьд үеийн, үгийн, өгүүлбэрийн төвшинд өргөлттэй байдгаас хэлэгдэх хугацааны явцад аялга болон илэрдэг. Монгол хэлний өгүүлбэрийн аялгыг халх аялгад тулгуурлан эрдэмтэн судлаач Ш.Лувсанвандан (1967) буурч уруудах аялга (хүүрнэх өгүүлбэр), өгсөж дээшлэх аялга (асуух өгүүлбэр), тэгш үргэлжлэх аялга (захирах өгүүлбэр) гэж гурав ангилсан байна.

¹ <http://milab.num.edu.mn>

² <http://praat.org>

Судалгаанд тооцсон 60 хүнийг 18-45 нас хүртэл залуу, 45-с дээш ахмад гэсэн хоёр бүлэгт хуваан ярианы үндсэн давтамжийн дундаж утгаар өгүүлбэрийн өргөлтийг тооцоолов.



Зураг 4 Ярианы өргөлт

Эндээс харахад эмэгтэй хүний үндсэн давтамж эрэгтэй хүнээс дунджаар хоёр дахин өндөр бөгөөд өгүүлбэрийн эхэнд болон сүүл хэсэгт өргөлт авсан бөгөөд өргөлт шууд өгсөж болон буураагүй байна. Ярианы эхэн болон төгсгөл хэсэгт хоёр удаа өргөлт авч байгаа нь эхний өргөлт тухайн өгүүлбэрийг утгыг гаргах, төгсгөлийн өргөлт тухайн энгийн хүүрнэх ярианы сэдэвтэй холбоотойгоор дараагийн өгүүлбэрээр үргэлжлүүлэхтэй холбоотойгоор илэрч байна.

Дүгнэлт

Тус судалгаагаар орчин цагийн Монгол хэлний энгийн ярианы хурд, ярианы өргөлтийг тодорхойлов. Энгийн яриа дахь дундаж хурд 11,32 үе/сек байгаа бөгөөд ярианы хурд нас болон хүйснээс хамааран өөрчлөгдөж байна. Ярианы хурд залуугаас ахмад нас хүртэл удааширч байна. Эмэгтэй хүн эрэгтэй хүнээс илүү хурдан ярих хандлага илэрч байна.

Өгүүлбэрт хоёр өргөлт ажиглагдаж байгаа бөгөөд төгсгөлийн өргөлт өгүүлбэр хоорондын утга зүй, учир зүйн хамаарлыг харуулж, нэг утга санааг нэгээс олон өгүүлбэр

дамжуулах үзэгдэл, хэт тоочих, яригч сэтгэлийн хөдөлгөөндөө автах, төгс бус утгаар ярих зэрэг үзэгдлүүд ярианы хэлэнд түгээмэл байгааг харуулж байна.

АШИГЛАСАН МАТЕРИАЛ

- [1] Монгол ярианы хэл, Э.Равдан, М.Базаррагчаа, МУИС, Улаанбаатар хот, 1996 он
- [2] Орчин цагийн Монгол хэлний аваа зүй, Ж.Надмид, Ж.Санжаа, Улсын Багшийн Их Сургууль, Улаанбаатар хот, 1993 он
- [3] Монгол хэлний үгийн сангийн утга зүй, Д.Бадамдорж, МУИС Пресс хэвлэлийн газар, Улаанбаатар хот, 2015 он
- [4] Монгол хэлний ярианы дифон синтезийн системийн судалгаа ба боловсруулалт, Б.Сүхбат, Б.Дамдинсүрэн, ШУТИС, 2007 он
- [5] Монгол хэлний яриа танилтын судалгаа, А.Алтангэрэл, Б.Дамдинсүрэн, ШУТИС, 2012 он
- [6] Sprachverarbeitung, Grundlagen und Methoden der Sprachsynthese und Spracherkennung, Beat Pfister, Tobias Kaufmann, 2008 Springer Verlag, ISBN 978-3-540-75909-6
- [7] Korpusbasierte Sprachverarbeitung, Eine Einfuehrung, Christoph Draxler, 2008 Narr Francke Attempto Verlag GmbH + Co. KG, \
- [8] An Acoustic and Sociolinguistic Research based on a Spontaneous Speech Corpus of the Khalkha Dialect in the Mongolian Language, Sainbilegt Dashdorj, Ph.D.; Bulgantamir Sangidkhorloo, Ph.D.; Uuganbayar Tur, M.D.
- [9] The TDT-2 Text and Speech Corpus, Chris Cieri, David Graff, Mark Liberman, Nii Martey, Stephanie Strassel, Linguistic Data Consortium, University of Pennsylvania, Philadelphia, PA 19104, USA
- [10] Design Considerations and Text Selection for BREF, a large French read-speech Corpus, Jean-Luc Gauvain, Lori F. Lamel and Maxine Eskenazi, LIMSI-CNRS, BP 133, 91403 Orsay cedex, France
- [11] Development of Kannada Speech Corpus for Prosodically Guided Phonetic Search Engine, Shridhara M V, Bapu K Banahatti, Narthan L, Veena Karjigi, R Kumaraswamy, Department of Electronics and Communication, Siddaganga Institute of Technology, Timkur, India
- [12] Benchmark Test For Speech Recognition Using the Corpus of Spontaneous Japanese, Tatsuya Kawara, Hiroaki Nanjo, Takahiro Shinozaki, Sadaoki Furui, Japan
- [13] A Speech Corpus for Multitalker Communications Research, Robert S. Bolia, W. Todd Nelson, Mark A. Ericson and Brian D. Simpson, Ohio 45433, USA
- [14] The OGI Multi-Language Telephone Speech Corpus, Yeshwant k. Muthusamy, Ronald A.Cole and Beatrice T. Oshika, Center for Spoken Language Understanding, Oregon Graduate Institute of Science and Technology, USA

eGov семантик технологид тулгуурлан шийдвэрлэх нь

Ш.Бат-Өлзий

Мэдээлэл Компьютерийн Ухааны Тэнхим
Монгол Улсын Их Сургууль –ХШУИС
batulzii@seas.num.edu.mn

Д.Гармаа

Мэдээлэл Компьютерийн Ухааны Тэнхим
Монгол Улсын Их Сургууль –ХШУИС
garmaa@hotmail.com

Хураангуй - Монгол улс Цахим засаглалын системийг хурдтай нэвтрүүлэх талд олон алхмуудыг хийгээд байна. Дата төв, өгөгдлийн интеграцийг зохион байгуулах ХУР системийг Засгийн газраас хөгжүүлэн тодорхой хэмжээнд нэвтрүүлээд байна. Энэхүү ажлаараа бид сүүлийн 20 жилийн хугацаанд төрийн удирдлагын чиглэлд олон улсын хэмжээнд ямар ямар шинэтгэлийг хэрэгжүүлсэн, тэдгээрийн хүрсэн үр дүн, дутагдалтай талыг харьцуулан дүгнэж энэхүү дутагдалтай талыг Цахим засаглал, Цахим оролцоогоор хэрхэн шийдвэрлэх тухай загварыг боловсруулан Семантик вебийн загварыг санал болгов. Өнөө үед веб системүүд хиймэл оюун ухаанд суурилсан Semantic web –ийн чиглэл рүү шилжин зохион байгуулагдаж байна. Бид энэхүү ажлаараа цахим засаглалын системийг хэрхэн Семантик вебд тулгуурлан зохион байгуулах, Онтологи санг хэрхэн ашиглах, прототайпыг үүсгэн турших талаар судлан үзлээ.

Түлхүүр үг - e-Government, RDF, Semantic web based – eGov, Ontology based eGov data interchange

I. ОРШИЛ

Монгол улс ардчилсан засаглалыг хэрэгжүүлж эхэлсэн 1990 оноос төрийн үйлчилгээг хүртээмжтэй, үр нөлөөтэй байлгаж, ард түмний амьдралыг сайжруулах зорилгоор ардчилсан засаглалын санаачлагыг төрийн үйл ажиллагаанд хэрэгжүүлж ирсэн. Энэ чиглэлээр Монгол Улсын Засгийн газар НҮБ, Дэлхийн банк, ОУВС болон хөгжингүй орнуудтай хамтран ажиллаж ирлээ.

Засаглалыг боловсронгуй болгох энэхүү үйл явцын хүрээнд төр, төрийн бус байгууллагууд, олон улсын байгууллагууд, хандивлагчдыг хамарсан өргөн хүрээтэй, төсөл, хөтөлбөрүүдийг үе шаттайгаар хэрэгжүүлж зохих үр дүнд хүрчээ.

Эдгээр төсөл хөтөлбөрүүд нь нийгмийн болон эдийн засгийн салбарыг бүхэлд нь

хамарсан бөгөөд Засгийн газраас салбар бүрт Үндэсний хөтөлбөр боловсруулан УИХ-аар батлуулж түүний хүрээнд олон хууль, хуульчилсан актууд батлан гаргаж, хөтөлбөрт тусгасан олон арга хэмжээг нийслэл болон орон нутагт хөтөлбөрийн төлөвлөгөөний дагуу хэрэгжүүлж ирсэн байна. Гэвч олон улсын донор байгууллагууд болон дотоодын их дээд сургууль, төрийн болон төрийн бус байгууллагууд холбогдох судалгаа, шинжилгээ, мониторинг хийж эдгээр санаачлагын хүрээнд хэрэгжүүлж байгаа бодлого, төсөл, хөтөлбөр тодорхойлсон зорилгоо тэр бүр бүрэн биелүүлж чадаагүй гэж дүгнэсэн байдаг[6].

Засаглалыг сайжруулж, үр дүнтэй болгох, иргэдийн амьдралын чанар, эдийн засгийн болон аюулгүй байдлын үзүүлэлтүүдийг нэмэгдүүлэхийн тулд төрийн үйлчилгээний хүртээмж, чанар, үр нөлөөг дээшлүүлэх зорилго бүхий дараагын санаачилга болох УХААЛАГ ЗАСАГЛАЛЫН үзэл баримтлалыг хэрэгжүүлэх асуудал нэн чухлаар тавигдаж байна.

Ухаалаг засаглалын тухай асуудал анх 1997 оноос Дэлхийн Банкны судлаач, мэргэжилтнүүдийн хүрээнд хөндөгдөж эхэлжээ[7]. 2007 оноос ХБНГУ, АНУ-ын эрдэмтэд ухаалаг засаглалыг тодорхойлогч элементүүдийг томъёолох судалгаа шинжилгээний ажлыг хийж 2014 онд судалгааны үр дүнг өөрсдийн засгийн газарт танилцуулсан байна. Мөн Энэтхэгийн судлаачдын хүрээнд энэ чиглэлд ихээхэн ажил хийгдсэн байна.

2013 онд Монгол Улсын Ерөнхийлөгчийн санаачилгаар зохион байгуулсан “Том төрөөс ухаалаг төр лүү” сэдэвт үндэсний зөвлөлдөх уулзалтаас УХААЛАГ ТӨР-ийн бодлого үйл ажиллагааны дараах үндсэн зарчмуудыг тодорхойлсон байна. Үүнд:

- Хуулийн засаглал, нээлттэй байдал, иргэдийн оролцоо

- Төрийн байгууллага, иргэд, орон нутгийн хамтын ажиллагаа
- Өрх бүрт хүрсэн тогтвортой өсөлтийг хэмжих бодлого
- Эдийн засгийн оролцоотой өсөлт гэж үзэхийн зэрэгцээ
- **Мэдээллийн нэгдсэн сан , судалгаанд суурилсан төрийг ухаалаг төр гэнэ гэж тодорхойлсон[8].**

II. БУСАД ОРНУУДАД ХИЙГДСЭН ТӨРИЙН ШИНЭТГЭЛ ТҮҮНИЙ ХАРЬЦУУЛАЛТ БА ЦАХИМ ЗАСАГЛАЛ

Сайн засаглал, ухаалаг засаглалын зарчим, хэрэгжүүлсэн туршлагыг тодорхой авч үзэхийн тулд төрийн удирдлагын шинэчлэлийн онолын үндэс, чиг хандлага, дэлхийн улс орнуудад хийгдсэн төрийн удирдлагын шинэчлэлийн туршлага, сургамж, шинэчлэлийг хэрэгжүүлсэн 14 орны туршлага, цахим засаглалыг нэвтрүүлсэн загваруудын талаар товч тоймлон орууллаа. Түүнээс гадна эдгээр 14 орноос Цахим Засаглалын Хөгжлийн индексээрээ дэлхийд дээгүүрт орж байгаа орнуудыг тусгайлан орууллаа. Төрийн удирдлагын шинэчлэлийн жагсаалтыг дараах хүснэгтээр харууллаа.

ХҮСНЭГТ1. Хийгдсэн үйлдлүүд- БНСУ

1. БНСУ		
Нөхцөл байдал , Тулгамдсан асуудал	Хийгдсэн шинэчлэл, хандлага	Хүрсэн үр дүн, шийдэгдээгүй асуудлууд
НӨХЦӨЛ БАЙДАЛ Ерөнхийлөгчийн засаглалтай улс	1998 онд төрийн албыг бүхэлд нь хариуцах Төрийн алба ба дотоод хэргийн яам байгуулсан.	Хүрсэн үр дүн 1999 онд ДНБ 10,2 хувиар өссөн.
Нэг танхимтай парламенттай		Сайд нарын тоо 21 ээс 17, сайдын түвшний албан хаагчийн тоо 33-аас 24 болж цөөрсөн
Улс төрд хувь хүний үүрэг роль их, улс төрийн намын үүрэг сул	1999 онд төрийн албаны шинэчлэлийг хэрэгжүүлэх	Төрийн дээд 230 албан тушаалын орон тоог үгүй болгосон .
Асуудлууд Эдийн засгийн хямрал	Төрийн албаны Комисс байгуулагдсан.	Нийт дүрэм журмын 48 хувийг эхний жилд хүчингүй болгосон.
Төрийн албан хаагчдын тоо хэт их	1998 оноос санхүүгийн урт болон дунд хугацааны төлөвлөлтийг хийж эхэлсэн.	22 хувьд өөрчлөлт оруулсан.
Төрийн албанд садан төрлийн холбоо, авилгал их	Төрийн албан хаагчдын хөрөнгө орлогын мэдүүлгийг гаргуулж эхэлсэн ба 1999 онд авилгатай тэмцэх зөвлөлийг байгуулсан.	

ХҮСНЭГТ2. Хийгдсэн үйлдлүүд -Финлянд

2.ФИНЛАНД		
Нөхцөл байдал , Тулгамдсан асуудал	Хийгдсэн шинэчлэл, хандлага	Хүрсэн үр дүн
НӨХЦӨЛ БАЙДАЛ Унитар улс	• Төвлөрлийг сааруулсан • Технократ хандлагыг дэмжсэн • Төрийн үйлчилгээ үзүүлэх цахим системийг өргөн хүрээгээр ашиглах болсон. • Төрийн үйлчилгээ үзүүлэх зарим салбарт зах зээлийн механизмийг хязгаарлагдмал хэмжээнд хэрэглэсэн. • Төрийн албыг оновчтой болгох, зарлагыг хязгаарлах цогц арга хэмжээг үе шаттайгаар авч хэрэгжүүлсэн.	Хүрсэн үр дүн • 1989-1995 онд төсвийн байгууллагын ажилтны тоо 213 мянгаас 130 мянга болж буурсан. • Засгийн газрын төсвөөс цалинждаг төрийн албан хаагчдын тоо 43%-иар буурсан. • Улсын зарлагын хэмжээ эрс буурч ДНБ-ий 8%-тай тэнцэх болсон
• Үндсэн хуулийн тулгуур сайн • Эвслийн засгийн газар байгуулдаг уламжлалтай • Төрийн албаны боловсон хүчний карьерийн систем		
Асуудлууд 1990-1993 онд ДНБ-ий хэмжээ 12 хувиар буурсан 1994 онд ажилгүйдлийн түвшин 18,4%-д хүрсэн 1993, 1994 онуудад төсвийн алдагдал ДНБ-ий 11%-д хүрсэн		

Эдгээр төрийн албаны шинэчлэлийг хийсэн орнуудын туршлага жишээг энд бүгдийг нь багтаах аргагүй бас шаардлагагүй юм. Эндээс ИБУИНВУ, Финланд, Өмнөд Солонгосыг онцолж байгаа нь эдгээр 3 орон НҮБ-аас гаргадаг Цахим засаглалын хөгжлийн индексийн 2 жил тутам гаргадаг судалгаагаар 2016 онд дэлхийд эхний таван байрыг эзэлсэн явдал юм.

III. ЦАХИМ ЗАСАГЛАЛ БА ОНТОЛОГИЙН БАЙГУУЛАЛТ

Семантик технологид суурилсан Цахим засаглалын системүүдэд ямар асуудлууд тулгардаг талаар дараах хэсэгт бүлэглэн харууллаа.

1. Семантик түвшин – Өгөгдлийн олон төрөлт байдал. Цахим засаглалын үйлчлэгчнүүд нь мэдээлэл болон тодорхой утгатай мессежийг хэрхэн солилцох вэ гэдэг асуудал хамгийн эхний үндсэн суурь асуудал юм. Бизнес зорилгуудыг тодорхойлохоор семантик загвар хөгжүүлэгддэг ба бизнес процесс семантик арга барилаар тодорхойлогдсон байх ёстой.
2. Техникийн түвшин – Цахим засаглал програм хангамжийн хувьд ажиллах дундын орчин нь

зарим нэгэн тодорхой шаардлагуудыг хангасан байх шаардлагатай. Цахим засаглалын бүрэлдхүүн элементүүд нь хоорондоо харилцан холбогдож ажиллахдаа семантик технологиор дамжин найдвартай холбогдож байх ёстой.

3. Цахим засаглалын интранет систем мэдлэгийг ашиглан автоматаар мэдлэг бүтээх боломжтой байдлаар зохион байгуулагдах ёстой. Цахим засаглалын системийг байгуулж байх явцад түүний уян хатан шинжийг сайн тодорхойлж өгөх нь үндсэн шалгуур үзүүлэлт юм.
4. Засаглалын үйлчилгээнүүд нь иргэний ба бизнесийн хэрэгцээ шаардлагад тулгуурлан динамикаар зохион байгуулагддаг байх ёстой юм.

Цахим засаглалын чиглэлд дараах төслүүд хэрэгжиж байгааг судлан үзлээ.

eGOV төсөл [2] нь “one-stop government” архитектурыг санал болгодог. Үйлчилгээг тодорхойлох өөрийн гэсэн тэмдэглэгээний хэлийг ашиглана.(GovML). GovML хэл нь төрийн удирдлагын үйлчилгээ болон амьдралын үзэгдлүүдийг тодорхойлсон мета өгөгдлүүдийн олонлогийг тодорхойлж өгдөг.

FASME төсөл [2] нь Европын холбооны улсуудын нутаг дэвсгэрээр иргэдийнхээ шилжин явахад зориулагдсан төрийн үйлчилгээг тасралтгүй үзүүлэх үйл ажиллагааг хангахад зориулагдсан. Энэ төсөл энэхүү зорилгоо иргэний бүх хувийн мэдээлэл болон бичиг баримтыг хадгалсан ухаалаг картыг ашиглан шийдвэрлэсэн байна. Үйлчилгээ нь тусгай зориулагдсан киоскоор дамжин хүрдэг.

EU-PUBLI.com төсөл нь нэгдсэн Европын Сүлжээний архитектурыг тодорхойлдог. Энэ төсөл нь ялгаатай улс орны төрийн байгууллагуудын олон төрөлт системүүдийг хооронд нь холбох middleware системийг санал болгож байгаа ба улс орнуудын засгийн газар хооронд үйлчилгээнд суурилсан хамтарсан ажиллагааг нээлттэй болгодог.

eGovSM төсөл төрийн удирдлагын үйл ажиллагааг автоматжуулах, өгөгдлийн дахин ашиглагдах байдлыг зөвшөөрөх үйлдлийг хангаж өгсөн төсөл юм. *eGovSM* төсөл нь XML Schema –ийн

олонлогийг ашиглан өгөгдлийн загварчлалаа гүйцэтгэдэг.

Цахим засаглалд хэрэглэгдэж буй семантик технологиуд

Бид энэхүү ажлынхаа хүрээнд олон ажлуудыг судалж үзсэн ба Цахим засаглалын дараах төслүүд нь семантик технологийг ашиглан зохион байгуулагдсан байна.

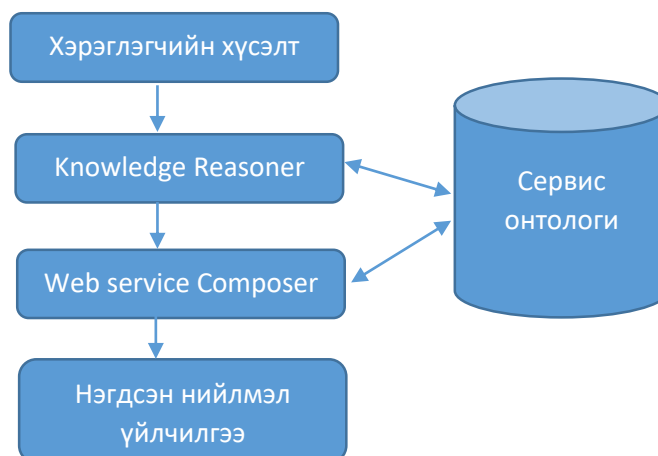
ONTOGOV төсөл нь Цахим засаглалын үйлчилгээнүүдийн тогтвортой бүрэлдхүүнийг тодорхойлж түүнийг дахин тохиргоо хийх болон хөгжүүлэх үндсэн суурь системийг хөгжүүлсэн байна.

e-Power төсөл өгөгдлийн загварчлалын техник дээр суурилдаг ба системийн тогтвортой байдлыг дүгнэлт хийх зарчим дээр суурилдаг.

SmartGov төсөл төрийн байгууллагад ажиллагсдын онлайн хүсэлтийг боловсруулах мэдлэгт суурилсан платформыг зохион боловсруулсан юм.

ICTE-PAN төсөл нь Төрийн удирдлагын үйл ажиллагааг загварчлах аргыг хөгжүүлсэн ба эдгээр загваруудаа Засгийн газрын порталд зориулагдсан загварын тодорхойлолт руу хөрвүүлэх багажуудыг мөн зохион гаргасан юм

Дараах зургаар онтологид суурилсан веб сервисийн үйл ажиллагааны бүрэлдхүүн үйл ажиллагааны диаграмыг схемээр харууллаа.



Зураг №1. Онтологид суурилсан нэгдмэл веб сервис

Семантик технологийг ашигласнаар өгөгдлийн олон төрөлт байдалтай цахим засаглалын системийн үйлчилгээнүүд хоорондоо хэрхэн хамтран ажиллах талаар ихээхэн шат ахина.

Цахим засаглал системд мэдээллийг хамтран эзэмших үйл ажиллагаа нь Веб сервисийг үр дүнтэй зохион байгуулснаар бий болно.

Семантик вебийн цөм ойлголт нь мэдээллийг зөвхөн хүн ойлгох бус бас машин ойлгох боломжтой байдлаар зохион байгуулах асуудал юм. Цахим засаглалын системд бий болж байгаа амьдралын аливаа үзэгдэл, хүсэлтийг олон түвшинд хийсвэр аргаар загварчилсан байна.

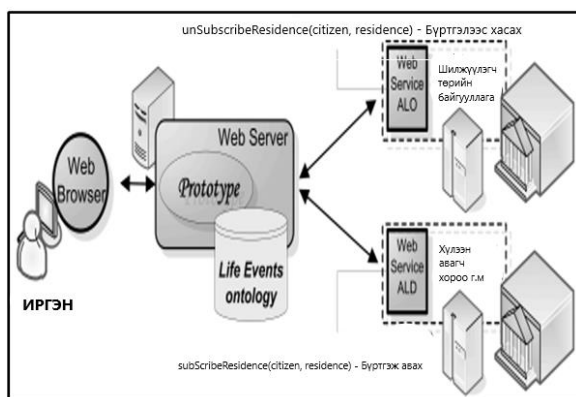
IV. ДҮГНЭЛТ

Бид энэ ажлаараа цахим засаглалын олон тооны системүүд болон онтологид суурилсан загваруудыг хооронд нь харьцуулан судлаж үзлээ. Өнөөдөр цахим засаглал судалгааны чиглэлд семантик вебд суурилан хөгжүүлэх асуудал нь ямар нэгэн өмнө нь үүсгэгдсэн онтологи хөгжүүлэх аргатай холбогдоогүй байна. Цахим засаглалын тусгайлсан онтологи аргууд нь бүгд л цахим засаглалын үйлчилгээнүүдийг хооронд нь интеграци хийсэн байна.

Эндээс харахад цахим засаглалын үйл ажиллагааг сайжруулах, үр ашигтай болгоход эцсийн хэрэглэгчийн хүсэлт шаардлагыг хангахад чигэлсэн дахин инженерчлэлийг хэрэгжүүлэх ёстой.

Дараах зургаар бид олон цахим засаглалын үйлчилгээний нэгэн жишээ олох иргэн засаг захиргааны нэг нэгжээс нөгөө нэгжид шилжих үед систем хэрхэн ажиллах талаархи ерөнхий диаграмыг харууллаа.

ЗУРАГ №2 ЦАХИМ ЗАСАГЛАЛЫН ИРГЭН ШИЛЖҮҮЛЭХ ҮЙЛ АЖИЛЛАГААНЫ ДИАГРАМ



V. НОМ ЗҮЙ

[1] Dridi, F., Pernul, G.: The Webocracy project: Overview and Security Aspects. In Schnurr et al., Professionelles Wissensmanagement: Erfahrungen und Visionen. Shaker Verlag, Aachen, 2001.

[2] Gómez-Pérez, A., Fernández-López, M., Corcho, O.: Ontological Engineering. Springer Verlag, 2003.

[3] Gómez-Pérez, A., Ortiz-Rodríguez, F., Villazón-Terrazas, B.: Legal Ontologies for the Spanish e-Government. In Proceedings of the 11th Conference of the Spanish Association for Artificial Intelligence. Santiago de Compostela, Spain, 2005.

[4] Lyytikinen, V., Tiitinen, P., Salminen, A.: Challenges for European Legal Information Retrieval. Proceedings of the IFIP 8.5 Working Conference on Advances in Electronic Government. Zaragoza, Spain, 2000.

[5] Winkels, R.G.F.: CLIME: Legal Information Serving Put to the Test. Pre-proceedings of the Second French-American Conference on AI and LAW. Available online at: <http://www.lri.jur.uva.nl/~winkels/papers/AIL98-paper.html>

[6] Бодлогын шинжилгээ II, Эрдэм шинжилгээний бичиг, УБ., 2008 он, 45, 72, 96 дахь тал

[7] B.Nunberg Re-thinking civil reform: An agenda for smart government: World Bank, 1997

[8] “Том төрөөс ухаалаг төр лүү” үндэсний зөвлөлдөх уулзалтын эмхтгэл, УБ., 2013 он. 25 дахь тал.

Программаар тодорхойлогддог радио ашигласан тоон телевизийн хэрэгжүүлэлт

Б.Улаанхүү

Хэрэглээний Шинжлэх Ухаан,
Инженерчлэлийн Сургууль
Монгол Улсын Их Сургууль
Улаанбаатар, Монгол Улс
ulaankhuu@gmail.com

Б.Батсанаа

Хэрэглээний Шинжлэх Ухаан,
Инженерчлэлийн Сургууль
Монгол Улсын Их Сургууль
Улаанбаатар, Монгол Улс
batkabold97@gmail.com

Э.Адъяабат

Хэрэглээний Шинжлэх Ухаан,
Инженерчлэлийн Сургууль
Монгол Улсын Их Сургууль
Улаанбаатар, Монгол Улс
adiyabat@seas.num.edu.mn

М.Баярпүрэв

Хэрэглээний Шинжлэх Ухаан,
Инженерчлэлийн Сургууль
Монгол Улсын Их Сургууль
Улаанбаатар, Монгол Улс
bayarpurev@seas.num.edu.mn

Хураангуй—Дэлхий нийтийн хөгжлийн чиг хандлагыг даган манай улс ч хамгийн сүүлийн үеийн дэвшилтэт технологиудыг эх орондоо нэвтрүүлж байгаагийн нэг жишээ нь тоон телевизийн систем юм. Үүнээс хамгийн үр дүнтэй амжилттай хэрэгжиж байгаа хэлбэр нь Digital Video Broadcasting Terrestrial буюу DVB-T бөгөөд сүүлийн жилүүдэд дэлхийн өнцөг булан бүрт өргөн ашиглагдаж байна. Энэхүү судалгааны ажлаар бид бодит хугацааны туршид ажиллах DVB-T системийг програмчлалын арга ашиглан хэрэгжүүлсэн бөгөөд өөрсдийн гэсэн платформийг бий болгосон. Бид RF up-down хувиргалт болон аналог-тоон хувиргалтандаа ETTUS судалгааны төвийн B210 хавтанг ашиглан хэрэгжүүлэлт хийсэн бол үлдсэн хэсгүүдийг нээлттэй эхийн GNURadio програм ашиглан шийдсэн. Бид хэрэгжүүлэлтийн үр дүнгээ Intel i7 3.3 GHz процессорын компьютер дээр хэрэгжүүлсэн бөгөөд өндөр чанарын тоон дүрсийг бодит хугацааны туршид дамжуулсан.

Түлхүүр үгс—Программаар Тодорхойлогддог Радио (SDR); Universal Software Radio Peripheral (USRP); Digital Video Broadcasting-Terrestrial (DVB-T); GNURadio; Европын Телехолбоо Стандартчлалын Байгууллага (ETSI)

I. УДИРТГАЛ

DVB-T технологи нь анх 1997 онд DVB төслийн санаачилгаар хөгжүүлэгдэж эхэлсэн бөгөөд сүүлийн 10 гаруй жилийн турш зөвхөн Европын орнуудаас гадна дэлхийн өнцөг булан бүрт амжилттай ашиглагдаж байна. Хэдийгээр DVB-T технологи нь Европын Телехолбоо Стандартчлалын Байгууллагын (ETSI) [1] стандартын дагуу хөгжүүлэгддэг ч гэсэн өнөөдөр дэлхий даяар 100 гаруй орнуудад амжилттай хэрэгжиж байгаа бөгөөд цаашид улам олон орнуудад ашиглагдах төлөвтэй байна. Иймээс DVB-T технологи нь эфирын дамжууллын гол үндсэн технологи болохоос гадна контентийн бизнесийн чухал хэсгүүдийн нэг нь юм. Дэлхий нийтээрээ DVB-T технологи руу шилжиж байгаа гол шалтгаанууд нь спектрийн хувьд үр ашигтай байдал болон тоон

дамжууллын хүчирхэг техник болох Orthogonal Frequency Division Multiplexing буюу OFDM аргыг ашигладагаараа давуу талтай юм. Анх 2009 онд DVB-T технологийг стандартын дагуу OFDM техник ашиглан хардвар дээр хэрэгжүүлж эхэлсэн ба энэхүү архитектур нь 100% хардвар дээр тулгуурласан шинжтэй байсан тул үнэ өртгийн хувьд харьцангуй өндөр байсан [2]. Сүүлийн жилүүдэд мультимедиа технологи хурдацтай хөгжиж байгаа учраас тоон контентуудыг хиймэл дагуул болон терристриал бааз станц ашиглан дамжуулах бүрэн боломжтой болсон. Тиймээс энэхүү хурдацтай хөгжлийг ашиглан DVB-T технологийн ихэнх хэсгийг хардвар биш софтвэр дээр тулгуурлан үнэ өртгийн хувьд хямд төсөр хэлбэрээр хэрэгжүүлэх шаардлагатай болж байна.

DVB-T технологийг софтвэр хэлбэрээр шийдэхийн гол давуу талууд нь :

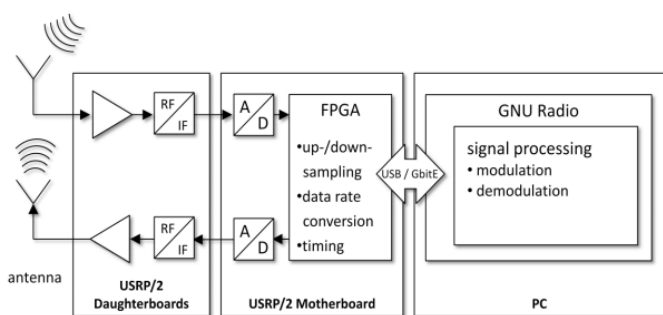
- I. Хөдөлгөөнт эфирын дамжуулалд зориулсан системийг зохион бүтээж хэрэгжүүлэх боломжтой.
- II. Дараа дараагийн DVB-T системийн стандартад амархан шилжих чадвартай.
- III. Өндөр хурд шаардах нягтаршил ихтэй тоон контентуудыг бүрэн дэмжиж ажиллана. [3]
- IV. IP суурьтай технологи учир Transport layer дээр зохицож ажиллах боломжтой.

Энэхүү судалгааны ажлаар бид бодит хугацааны туршид ажиллах хямд өртөгтэй DVB-T стандартын тоон телевизийн илгээгч болон хүлээн авагчийг Програмаар Тодорхойлогддог Радио (SDR) ашиглан хэрэгжүүлсэн бөгөөд өөрсдийн гэсэн платформийг бий болгосон. Бид Baseband болон RF up-down хувиргалт болон аналог-тоон хувиргалтандаа ETTUS судалгааны төвийн USRP B210 хавтанг ашиглан хэрэгжүүлэлт хийсэн [4] бол үлдсэн хэсгүүд болох софтвэр хэсгээ нээлттэй эхийн GNURadio

програм ашиглан шийдсэн[5] бөгөөд энэхүү GNURadio программ нь C++ болон Python хэл дээр хөгжүүлэгдсэн.

II. ПРОГРАМААР ТОДОРХОЙЛОГДДОГ РАДИО ЕРӨНХИЙ АРХИТЕКТУР

Зураг 1-т үзүүлснээр Програмаар Тодорхойлогддог Радио буюу SDR нь үндсэн гурван гол хэсгээс бүрддэг. Хамгийн зүүн талд байгаа RF frontend хэсэг нь аналог RF дамжууллыг хариуцдаг бол хоёрдахь хэсэг болох гол эх хавтангийн хэсэг нь тоон болон аналог хувиргалт болон RF Baseband хувиргалтуудыг гүйцэтгэдэг. Харин хамгийн сүүлчийн хэсэг болох GNURadio нь дохио боловсруулах үйл явцыг 100% софтвер байдлаар эх компьютер дээр хэрэгжүүлэх боломж олгодог. Тиймээс SDR архитектурын хамгийн гол давуу тал нь дохиог 100% софтвер дээр боловсруулах боломж олгодог бөгөөд DVB-T технологийг софтвер хэлбэрээр хэрэгжүүлэх боломжийг үүсгэдэг.

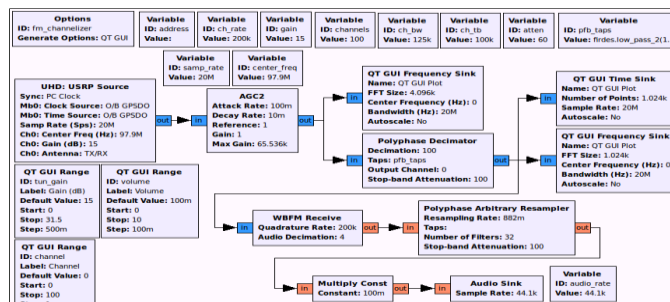


Зураг 1: Програмаар Тодорхойлогддог Радио ерөнхий бүтэц

III. СОФТВЭР ХЭСЭГ: GNURADIO ПЛАТФОРМ

GNURadio нь нээлттэй эхийн үнэ төлбөргүй чөлөөт байдлаар хөгжүүлэлт хийгддэг программ бөгөөд дохио боловсруулалтын олон янзын программ хангамжууд нь SDR системийг илүү хүчирхэг уян хатан болгож өгдөг. Мөн нэг чухал давуу тал нь GNURadio нь хардвар платформ ашиглахгүй бол MATLAB, LABView гэх мэт симуляцийн програм хангамжууд шиг бие даан ажиллах боломжтой байдаг. Одоогоор GNURadio программ хангамж нь сонирхогчидийн түвшинд, академик буюу сургалтын түвшинд болон арилжааны зорилгоор дэлхий даяар маш өргөн хэрэглэгдэж байгаа бөгөөд утастгүй холбооны нэгэн онцгой шийдэл юм. GNURadio программ хангамж нь өөрөө нэгэн төрлийн бие даасан фрэмворк бөгөөд хардвар платформтой нэгдэн ажиллан бодит хугацааны туршид ажиллах боломжтой бол дангаараа симуляцийн түвшинд ажиллах боломжтой юм. Зураг 2-т харуулсанаар GNURadio нь ерөнхийдөө flowgrap хэлбэрээр хэрэгжидэг бөгөөд дохио боловсруултын блокуудаа цуваа байдлаар угсран хэрэгжүүлэлтээ хийдэг. GNURadio программ нь хэрэглэгчдэд дохио боловсруулах загварчлалаа өөрсдийн дурын хэлбэрээр зохиох боломжийг олгодог бөгөөд SDR системийн хамгийн гол шаардлага болох дахин ашиглагдах байдал буюу re-configurability нөхцөлийг GNURadio нь маш амжилттайгаар уян хатан хэлбэрээр шийдэж чаддаг. Энэхүү GNURadio программ нь үндсэн хоёр гол программчлалын хэл дээр бичигдсэн.

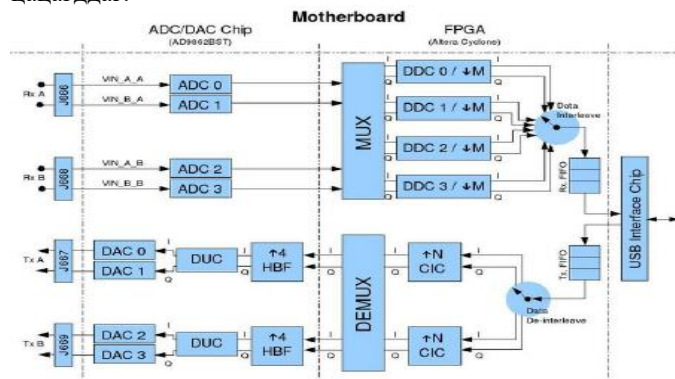
Үндсэн дохио боловсруулах хэсгээ C++ хэл ашиглан хөгжүүлсэн бол flowgraph болон хэрэглэгчийн front-end хэсгээ Python хэл ашиглан хөгжүүлсэн. Харин энэ хоёр програмчлалын хэлийг SWIG гэх технологи ашиглан холбосон.



Зураг 2: GNURadio программын flowgraph

IV. ХАРДВАР ХЭСЭГ: USRP B210 ХАВТАН

Universal Software Radio Peripheral буюу USRP хавтан нь ETTUS судалгааны төвийн бүтээл бөгөөд GNURadio блон бусад программ хангамжуудтай маш сайн нийцэж ажилладаг хардвар архитектур юм. Энэхүү хавтан нь үндсэн эх хавтан болон RF frontend гэсэн хоёр хэсгээ бүрддэг бөгөөд эх хавтан дээр аналог-тоон хувиргалтууд болон up-down хувиргалтуудыг гүйцэтгэдэг. Харин RF frontend хэсэгт аналог RF дамжууллыг гүйцэтгэдэг. Зураг 3-т ETTUS USRP B210 хавтангийн ёрөнхий схем зургийг харуулсан бөгөөд гол чип болох AD9862 дээр бүх аналог болон тоон хувиргалтуудыг хийнэ. Энэхүү чип нь өөр дээрээ нийтдээ 12 битийн 4 ширхэг өндөр хурдны ADC хувиргагчтай бөгөөд нэг секундэд 64 сая sample боловсруулах хүчин чадалтай. ADC хувиргагч нь 150 MHz хүртэл sample хийх боломжтой бөгөөд хэрэв IQ сувагтаа 32MHz хүртэл хурдтайгаар sample хийх боломжтой байдаг. Харин үүнээс илүү хурдтайгаар sample хийвэл aliasing үүсэх аюултай бөгдгөөс гадна дохио шуугианы харьцаанд сөргөөр нөлөөлдөг тул USRP хавтан 32MHz хурдтайгаар sample хийхийг шаарддаг. Тиймээс боломжит хамгийн хурдан sample хийх хурдууд нь 64MS/s, 42MS/s, 32MS/s, 25.6MS/s болон 21.33MS/s юм. [7] Хэрэв sample хийх хурдыг зөв шийдсэн бол USRP хавтан FPGA хэсэгтээ interpolate хийж Digital-Up болон Digital-Down хувиргалт хийдэг. Үүний дараа тухайн тоон дохио аналог-тоон хувиргагчаар орон аналог дохио болон RF давтамж руу цацагддаг.



Зураг 3: ETTUS USRP B210 хавтангийн схем

V. ТООН ТЕЛЕВИЗИЙН ХЭРЭГЖҮҮЛЭЛТ

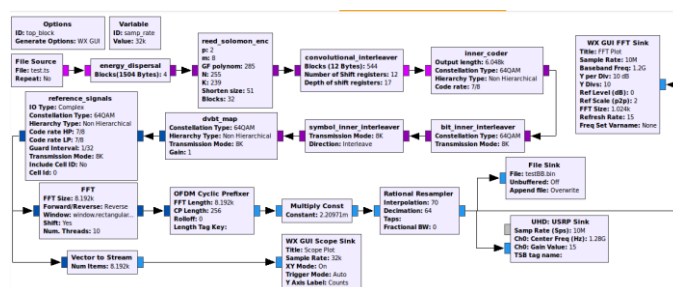
Бодит хугацааны туршид ажиллах тоон телевизийн илгээгч болон хүлээн авагчийг хэрэгжүүлэхийн тулд бүх дохио боловсруулах блокуудаа программын хангамжийн хувьд computational complexity оновчтой байхаар хөгжүүлсэн бөгөөд Европын Телехолбоо Стандартчлалын Байгууллагын гаргасан 2009 оны стандартын дагуу архитектураа гаргасан. Хүснэгт I дээр хөгжүүлэлт хийсэн бүх дохио боловсруулалтын блокуудаа жагсаасан. Энэхүү блокуудаа нэгтгэн Python хэл дээр илгээгч талдаа DVBTx.py болон хүлээн авагч талдаа DVBRx.py гэсэн скриптуудыг үүсгэсэн.

ХҮСНЭГТ I.

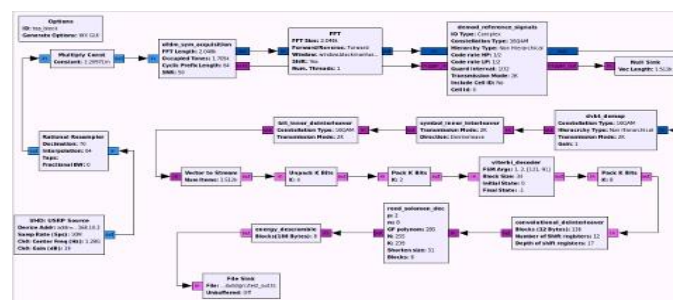
№	DVБ-T АШИГЛАСАН ДОХИО БОЛОВСРУУЛАЛТЫН БЛОКУУД		
	DVB-T block	C++ block	Python block
1	Dvbt_energy_dispersal	qa_energy_de_scramble.cc	qa_energy_descramble.py
2	Dvbt_outer_solomon_enc	Reed_solomon_enc_impl.cc	Reed_solomon_enc_impl.py
3	Dvbt_convolutional_interleaver	qa_convolutional_interleaver_impl.cc	qa_convolutional_interleaver_impl.py
4	Dvbt_inner_coder	qa_inner_coder.cc	qa_inner_coder.py
5	Dvbt_bit_interleaver	bit_inner_interleaver_impl.cc	bit_inner_interleaver_impl.py
6	Dvbt_symbol_interleaver	qa_symbol_interleaver.cc	qa_symbol_interleaver.py
7	Dvbt_dvbt_map	qa_dvbt_map.cc	qa_dvbt_map.py
8	Dvbt_reference_signals	reference_signals_impl.cc	reference_signals_impl.py
9	FFT	fft.cc	fft.py
10	Digital_cyclic_prefix	ofdm_cyclic_prefixer.cc	ofdm_cyclic_prefixer.py

Энэхүү скриптууд нь sample хийх хурд болон RF давтамжийг удирдах үүрэгтэй юм. Мөн бид GNURadio-Companion tool ашиглан дохио боловсруулах блокуудаа flowgraph хэлбэртэйгээр угсарсан бөгөөд зураг 4 болон зураг 5 дээр харуулав. Бидний сонгосон sample хийх хурд нь компьютерийн хүчин чадлаас хамаараад 5MS/s байсан бол спектрийн өргөн нь 7-MHz байсан. Мөн тэмдэгтээ буулгахдаа 16-QAM арга ашигласан бол тоон телевизийн дамжууллын α нэгжээ $\alpha=1$ байхаар сонгосон. Бодит хугацааны туршид дамжуулал хийхэд битийн алдах

магадлал маш их байдаг тул алдаа засах кодлол буруу Error Correcting Code ашигласан ба бидний сонгосон алдаа засах кодлол нь Convolutional Coding бөгөөд 2/3 хурдтайгаар битийн алдааг засаж байсан. Мөн OFDM дамжууллын хамгаалах зурвасыг $\frac{1}{4}$ байхаар тооцоолсон. Энэхүү хэрэгжүүлэлтийг хийх үед анхаарах ёстой нэг асуудал гарч ирсэн нь видео файлын өргөтгөл байсан ба DVB-T стандартын дагуу хамгийн бага алдаатай видео файлын өргөтгөл болох Transport Stream буюу .ts файлын өргөтгөлийг илгээгчийн талдаа ашигласан.



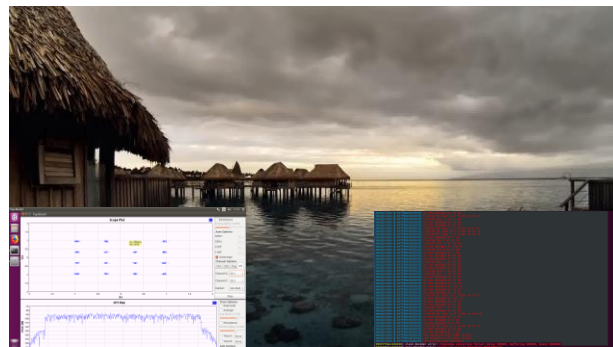
Зураг 4: Тоон телевизийн илгээгчийн хэсгийн flowgraph



Зураг 5: Тоон телевизийн хүлээн авагчийн хэсгийн flowgraph

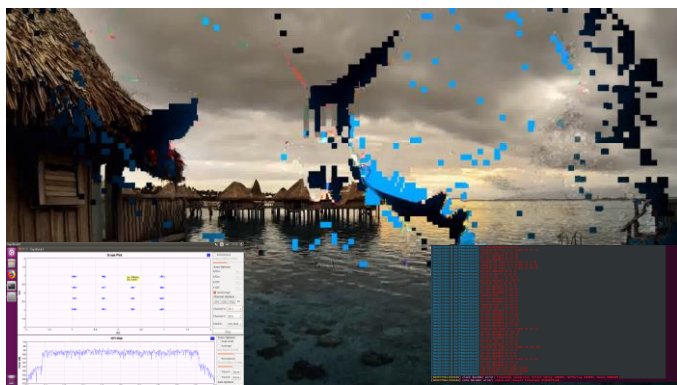
VI. ХЭРЭГЖҮҮЛЭЛТИЙН ҮР ДҮН

Бид өөрсдийн зохиосон платформуу Асер брэндийн Intel I7-р үеийн 3.3GHz хурдтай 8GB рамтай хоёр ширхэг компьютер дээр хэрэгжүүлэлтээ хийсэн. Өмнө дурьдасны дагуу зөвхөн тоон дохиог аналог болгон хувиргах болон RF давтамжруу хөрвүүлэх үйлдлийг USRP B210 хавтан дээр гүйцэтгэсэн бол бусад бүх дохио боловсруулах үйлдлээ өөрсдийн хост компьютер дээр гүйцэтгэсэн. Зураг 6-т өөрсдийн илгээгчээс цацах .ts видео файлыг харуулсан бөгөөд үүн дээр нэмээд дамжууллын үеийн log файл болон одон диаграм, спектрийн давтамжийг харуулсан.



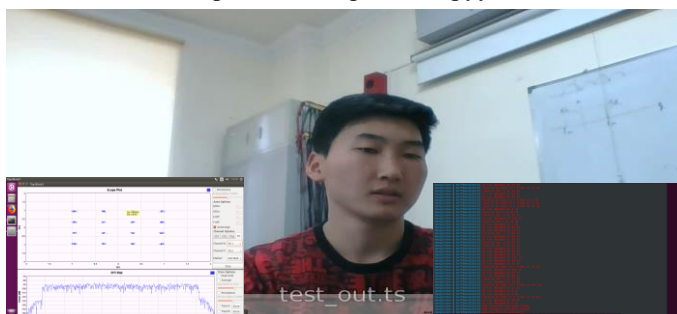
Зураг 6: Тоон телевизийн илгээгчийн видеоны log файл болон одон диаграм, давтамжийн спектр

Харин зураг 7 дээр өөрсдийн хэрэгжүүлсэн хүлээн авагчийн үр дүнг харуулсан бөгөөд хүлээн авсан видеоогоо VLC видео тоглуулагч дээр тоглуулсан. Илгээгчээс ирсэн видеоог хүлээн авах үед бага зэргийн фрэм алдагдах алдаа илэрч байсан учир нь эфирт дамжуулах үед тухайн дамжуулал маань шуугианд өртөмтгий байдлаас болж үүссэн. Зураг 7 дээр фрэм алдсан үеийн хэсгийг харуулав. Мөн тухайн хүлээн авсан видео файлын логийг болон одон диаграм, давтамжийн спектрийг харуулав.



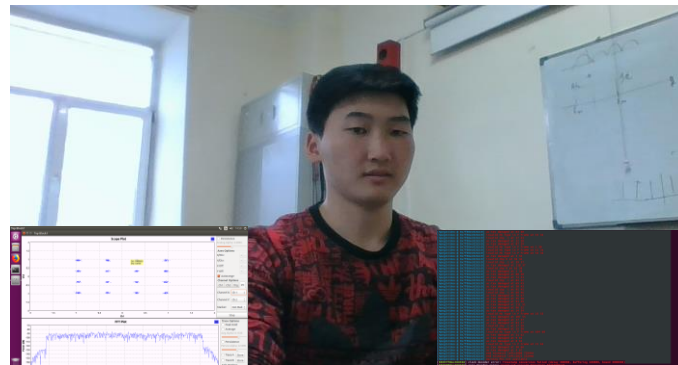
Зураг 7: Тоон телевизийн хүлээн авагчийн хүлээн авсан видеоны лог файл болон одон диаграм, давтамжийн спектр

Нөгөөтөйгүүр бид вебкамераас авсан .webcam өргөтгөлтөй видео файлаа бодит хугацаанд хоёр компьютерийн хооронд дамжуулахыг оролдсон. Хэрэгжүүлэлт хийхэд 2 том асуудал тулгарсан ба эхнийх нь тухайн вебкамераас хүлээн авсан видеоогоо илгээгч талдаа хэрхэн .ts файл болгох талаар асуудал үүссэн бол нөгөө нэг асуудал нь вебкамерын видеоог хэрхэн хамгийн бага хугацааны хоцрогдолтойгоор дамжуулах вэ гэсэн хоёр асуудал үүссэн. Бид эхний асуудлыг FFMPEG хэмээх видео хөрвүүлэлтийн программ болон Linux үйлдлийн системийн First in First Output буюу FIFO[8] хэмээх арга ашиглан шийдсэн. Тухайн вебкамераас орж ирсэн видеоог 64kb хэмжээтэй буферт хадгалан, хадгалсан видеоогоо шууд .ts файл руу хөрвүүлэлт хийж байсан бөгөөд өмнөх webcam өргөтгөлтөй видео хөрвүүлэлт хийгдэж дууссан бол шууд устдаг байхаар тохируулсан. Харин хоёр дахь асуудлыг бүрэн шийдэж чадаагүй ч маш бага хугацааны хоцрогдолтойгоор дамжуулаж байсан. Зураг 8 дээр илгээгчээс цаагдаж байгаа хөрвүүлэлт хийгдсэн видео файлыг харуулсан ба энэхүү видеонхоо лог файл болон давтамжийн спектр, одон диаграмыг харуулав.



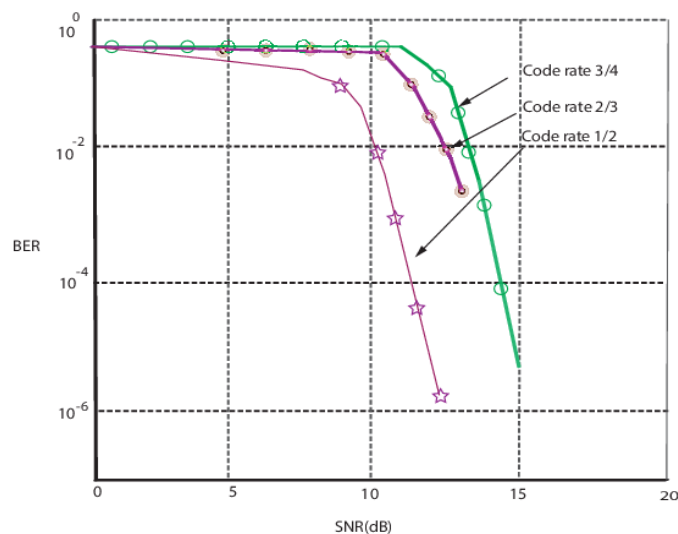
Зураг 8: Бодит хугацаанд дамжуулагдаж буй видео камерын видео файл болон түүний лог файл мөн одон диаграм, давтамжийн спектр

Зураг 9-т үзүүлснээр хүлээн авагч дээр илгээгчээс ирсэн видео камерын видеоог хүлээн авахад бага зэрэг хугацааны хоцрогдол үүсэж байсан. Энэ хугацааны хоцрогдолууд нь илгээгч болон хүлээн авагчийн хэрэгжүүлэлт хийх хугацааны зөрүү болон FFMPEG программ дээрх .webcam файлыг .ts рүү хөрвүүлэх үеийн хугацааны хоцрогдолоос болж үүссэн.



Зураг 9: Бодит хугацаанд хүлээн авч буй видео камерын видео файл болон түүний лог файл мөн одон диаграм, давтамжийн спектр

Тоон телевизийн дамжууллын үед анхаарах ёстой нэг зүйлийн нэг нь Bit Error Rate буюу BER бөгөөд бид дамжуулаж буй видео файлаа эфирт хэрхэн алдаж байгааг судалсан. Өмнө дурьдсанчилан бид convolutional coding ашиглан битийн алдах магадлалыг бууруулсан бөгөөд 3 төрлийн алдаа засах кодлолын хурдыг туршсан. Зураг 10-т 3 өөр төрлийн хурд [9] ашигласан convolutional coding харуулав.



Зураг 10: 16-QAM болон Convolution coding ашигласан үеийн BER

Мөн биднийг хэрэгжүүлэлт хийх үед нэгэн сонирхолтой үр дүн ажиглагдсан нь бидний хэрэгжүүлсэн платформ маань компьютерт хэвийн хэмжээний ачаалал үзүүлж байсан юм. Зураг 11-т үзүүлснээр бидний хэрэгжүүлсэн платформ бодит хугацааны туршид видео файл дамжуулах үедээ компьютерийн CPU-г normal буюу хэвийн түвшинд барьж байсан бол RAM буюу шуурхай санах ойны дөнгөж 99 MB [10] ашиглаж байсан.

Process Name	User	% CPU	ID	Memory	Priority
indicator-power-service	acer	0	1785	2.0 MiB	Normal
indicator-printers-service	acer	0	1794	3.9 MiB	Normal
indicator-session-service	acer	0	1796	3.0 MiB	Normal
indicator-sound-service	acer	0	1793	3.4 MiB	Normal
notify-osd	acer	0	2213	6.6 MiB	Normal
polkit-gnome-authentication	acer	0	1895	3.2 MiB	Normal
pulseaudio	acer	0	1843	3.2 MiB	Very High
python2	acer	62	2851	99.1 MiB	Normal
sh	acer	0	2250	80.0 KiB	Normal
unity-fallback-mount-helper	acer	0	1904	5.2 MiB	Normal

Зураг 11: Бодит хугацаанд видео дамжуулах байх үеийн хост компьютерийн үзүүлэлт

VII. ДҮГНЭЛТ БОЛОН ЦААШИД ГҮЙЦЭТГЭХ АЖИЛ

Энэхүү судалгааны ажлаар бид бодит хугацааны туршид ажиллах хямд өртөгтэй DVB-T стандартын тоон телевизийн илгээгч болон хүлээн авагчийг Програмаар Тодорхойлогддог Радио (SDR) ашиглан хэрэгжүүлсэн бөгөөд өөрсдийн гэсэн платформийг бий болгосон. Үр дүнгийн хувьд хугацаа нь эхлэлтэй төгсгөлтэй бүрэн хэмжээний видеог чөлөөтэй дамжуулаж байсан бол вебкамераас авсан видеог бага зэрэг хугацааны хоцрогдолтойгоор дамжуулаж байсан. Мөн илгээгч болон компьютерт үзүүлж байсан ачаалал нь харьцангуй хэвийн түвшинд байсан. Цаашид энэхүү судалгааны ажлын

хүрээнд дараа үеийн тоон телевизийн технологи болох DVB-T2 системийг программын арга ашиглан софтвер орчинд хэрэгжүүлж сайжруулах зорилготой байна.

НОМ ЗҮЙ

- [1] “Digital Video Broadcasting (DVB); Framing Structure and modulation for digital terrestrial television”, ETSI Std. EN 300 744 V1.7.1, Nov. 2009. J. Clerk Maxwell, A Treatise on Electricity and Magnetism, 3rd ed., vol. 2. Oxford: Clarendon, 1892, pp.68-73.
- [2] “Digital Video Broadcasting (DVB); Framing Structure and modulation for digital terrestrial television”, DVB Std. EN A012, June.2015
- [3] Chun-Hung Richard Lin and Kuan-Hua Tseng, “Implementation of IP-over-DVB Network as A Wireless Internet Backbone”, ISSN 2073-4212 V5.3 July 2014
- [4] Ettus Research LLC website. [Online]. Available: <http://www.ettus.com>
- [5] GNURadio website. [Online]. Available: <http://gnuradio.org/>
- [6] Gandhiraj,R and Soman.K “Modern analog and digital communication systems development using GNURadio with USRP”, New-York 367-381, V56.3,July 2014
- [7] P.Balister and J.Reed “USRP Hardware and Software Description”, No.9, June 2006
- [8] <https://ffmpeg.org/ffmpeg.html>
- [9] Mahmoud Elsharief and AbdelHaliem Zekry “Implementing a Standard DVB-T System using MATLAB Simulink” International Journal of Computer Applications (0975 – 8887) Volume 98– No.5, July 2014
- [10] <https://www.gnuradio.org/blog/buffers/>

Кинект камер ашиглан дохионы хэлийг хөрвүүлэх нь

Ч.Намуун-Эрдэнэ

Мэдээлэл Комьютерийн Ухааны тэнхим
Хэрэглээний Шинжлэх Ухаан
Инженерчлэлийн Сургууль
Монгол Улсын Их Сургууль
namuunerdene@seas.num.edu.mn

Б.Сувдаа

Мэдээлэл Компьютерийн Ухааны тэнхим
Хэрэглээний Шинжлэх Ухаан
Инженерчлэлийн Сургууль
Монгол Улсын Их Сургууль
suvdaa@seas.num.edu.mn

Хураангуй—Дохионы хэл нь сонсголын бэрхшээлтэй хүмүүс хоорондын харилцааг бий болгодог суурь хэл юм. Монгол улсад хэрэглэгддэг дохионы хэл нь хэд хэдэн төлөвүүдээр илэрдэг бөгөөд тухайлбал албан ёсны болон утгачилсан байдлаар өөрсдийн санаа бодлоо илэрхийлэн нийгмийн харилцаанд ордог байна. Энэхүү хэлээр нийгмийн харилцаанд орсныг төдийлөн эрүүл хүмүүс ойлгодоггүй учраас хоорондын харилцаа бий болж чадахгүй хязгаарлагдмал байдлаар харилцах болсон.

Тиймээс монгол дохионы хэл хөрвүүлэлтийн систем нь эрүүл хүн болон сонсголын бэрхшээлтэй хүмүүсийн хооронд камерын тусламжтайгаар хөрвүүлэлт хийх юм. Сонсголын бэрхшээлтэй хүн дохиогоор үг хэлэхэд эрүүл хүнд текст буюу бичвэр болон харагдах юм. Мөн систем нь бодит хугацаанд ажилладаг нь системийн давуу тал юм.

Бусад улс оронд дохионы хэлний хөрвүүлэлтийн систем хийгдсэн байдаг ч одоогоор монгол улсын дохионы хэл хөрвүүлэлтийн систем гэж байхгүй байгаа нь энэхүү системийг хөгжүүлэх шалтгаан нөхцөл нь болсон.

Түлхүүр үг—дохио; танилт; дүрс боловсруулалт

I. УДИРТГАЛ

Хүний харилцаа нь байгалиас заяасан хоорондоо харилцан үйлчлэх боломжтой дууны чадвартай байдаг. Үүн дээр ярианы хэл байх бөгөөд хүний гол шинж чанарын нэг болдог боловч харамсалтай нь бүх хүмүүс хэл ярианы чадвартай байдаггүй нийгмийн цөөнхи гэж нэрлэгддэг сонсголын бэрхшээлтэй иргэд байна. Эдгээр хүмүүсийн нийгмийн харилцааг дэмжих зорилгоор дохионы хэл хөрвүүлэлтээр хийгдсэн ажил системүүд байгаа ч гэсэн тулгамдаж буй асуудлыг бүрэн шийдээгүйн улмаас дохионы хэл нь судалгааны идэвхтэй талбар байсаар байгаа нь цаашид хийгдэх ажлууд судалгааны орон зай байгаагийн нотолгоо юм. Маш олон судлаачид энэ асуудлыг шийдэх шинэ зам олохыг хичээсээр байгаа ба ихэнхи нь статистик тодорхойлогч дээр суурилсан цогц хэрэгжүүлэлтийг хийж гаргаж байна. [1] Дохионы хэлэнд синтакс болон морфолог нь чухал үүрэг гүйцэтгэдэг ба үгээр тушаах эсвэл автомат дохио зангаагаар удирдах системийн бүрэлдэхүүнүүд нь дохионы утгыг бүхэлд нь тодорхойлох байдлаар авч үздэг. [2]

Аливаа орны хувьд сонсголын бэрхшээлтэй иргэд нийгэм болон хоорондын харилцаанд орохдоо өөрсдийн суурь хэл болох дохионы хэлийг хэрэглэдэг. Хэдийгээр энэ нь тэдгээр хүмүүсийн хувьд суурь хэл нь боловч эрүүл хүмүүсийн хувьд сонсголын бэрхшээлтэй хүмүүстэй харилцаа үүсгэхэд маш хүндрэлтэй байдгийг судалгаанаас харж болно[4].

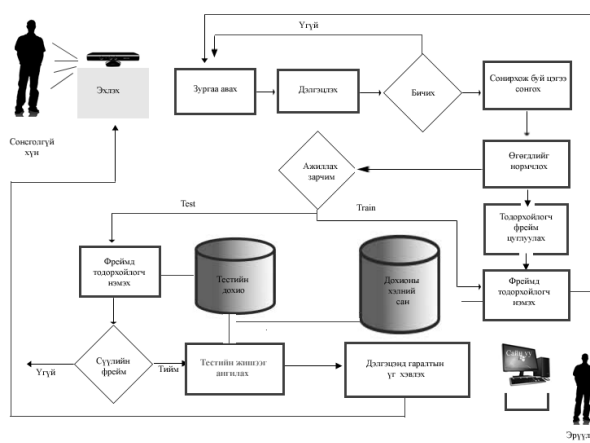
Бидний санал болгож буй систем нь тусгай хэрэгцээт боловсролыг эзэмшсэн эсвэл эзэмшиж буй хэрэглэгч нарт зориулагдан хийж байгаагаар онцлог бөгөөд монгол дохионы хэлний хөрвүүлэлтийн анхны систем болж байна. Энэхүү системийг тухайлбал, Үйлчилгээний газруудын хүлээн авах хэсэгт сонсголын бэрхшээлтэй хүмүүс ажиллаж байгаа тохиолдолд үйлчлүүлэгч ирэхэд асуултыг асууж, чиглүүлж өгдөг байхад системийн ач холбогдол харагдана. Эхний алхам нь системийг уг хэрэглээнд зориулан тодорхой цар хүрээний цөөхөн харилцан яриаг кодлож өгөх боломжтой юм.

Энэхүү өгүүллийн 2-р бүлэгт бид судлагдсан байдал тусгасан бол 3-р бүлэгт санал болгож буй аргын талаар 4-р бүлэгт туршилт үр дүнгээ, ерөнхий дүгнэлт цаашид хийх ажлаа 5-р бүлэгт танилцуулна.

II. СУДЛАГДСАН БАЙДАЛ

Энэ сэдвийн хүрээнд нийтлэг судлаачид нэг камераар авсан харагдах байдал дээр суурилсан аргаар 2 хэмжээст шинж чанаруудыг гаргаж авч далд марковын загварын оролтын утга болгон өгсөн. Тэд үгийн танилтыг 92% хүргэсэн эсвэл 40 өөр дохиотой өгүүлбэрээс танилт хийж байна [7]. Мөн Акмелиавати нар [8] дохионы хэлний танилтандаа оролтын видеоны фреймд өнгөний сегментчлэл хийн, онцлог шинжийг гарган авч нейрон сүлжээ хэрэглэн дохионы хэлийг танин хөрвүүлдэг хөрвүүлэгчийг танилцуулсан. Тэд тоо, үсэг нийт 11 орчим үгийг илрүүлэх аль нь болохыг шийддэг. Тоо болон үсэг байх тохиолдолд тэд х болон у цэгүүдийг агуулсан 10 онцлог векторыг тодорхойлсон. Энд х, у хуруу хоорондын зайг тодорхойлж гарын төвийг дүрсэлсэн. Толь бичиг дээрх үгнүүд нь нарийн мэдээллээс зайлсхийсэн ба гарын төвийг мөрдөх дээр төвлөрсөн байдаг. Ингэснээр дохионы зам нь өөр өөр фрейм дээр тодорхойлогдсон дохионы загвар дээр төв

цэгийн байрлуулж үүсгэдэг. Эцэст нь танилтын шатандаа 3 өөр нейрон сүлжээний ангилагчийг хэрэглэсэн. Дундаж танилтын хувийг 96,68 болгосон. Толь бичгийн үгнүүд дээрх тусгай танилт нь 95% болсон. Америкийн дохионы хэлний Копикатс (CATS) [6] систем бол сонсголын бэрхшээлтэй хүмүүст зориулсан нэгэн том жишээ юм. Тэд системээ Копикат (soruscit) [6] гэж нэрлэгдэх системийг хөгжүүлж сонсголын бэрхшээлтэй хүүхдүүдэд тусалж тэдний санах ойтой ажиллах болон дохионы хэлний чадварыг сайжруулах дадлагын програм хөгжүүлсэн. Систем нь Америк дохионы хэлний баталгаажуулалтын харилцан үйлчлэлийг идэвхжүүлэхээр шаарддаг. Тэд Кинект суурилсан америк дохионы хэлний танилтын систем дээр ажиллаж байна. Жонатан нар [4] далд Марковын загварт суурилсан дохио танилтын 3 хэмжээст өгөгдлийг хэрэглэн сайн шийдэл гаргаж танилцуулсан. Физик хөдөлгөөн нь марков гинжинд холбоосоор тодорхойлогдсон байдаг ба загвар нь шууд ажиглагдаагүй бодит төлвүүдийг харуулдаг. Бодит хөдөлгөөний өгөгдлийг түүнд харгалзах тоо руу буулгадаг. К-дундаж аргаар дохио бүрийн координатыг бүлэглэлт хийдэг. Воглер нар далд Марковын загвар



Зураг 1. Арга зүй

дээр суурилсан параллель аргыг танилцуулсан. Тэд 3 хэмжээст өгөгдлийг танилтын фреймворкын оролтод хэрэглэсэн. Эдгээр өгөгдөл нь 3 хэмжээст компьютерийн харааны аргуудаар цуглуулагдсан эсвэл Ascension Technologies Motion start системээр цуглуулагдсан байна. Тэд хэрхэн энэ фреймворкыг практик дээр ажиллуулах 22 дохиотой үгийн сан хэрэглэн амжилттай үр дүн гаргаснаа үзүүлсэн. Хамгийн сайн танилтын хувийг 95,83% гэж мэдээлсэн.

III. САНАЛ БОЛГОЖ БУЙ АРГА

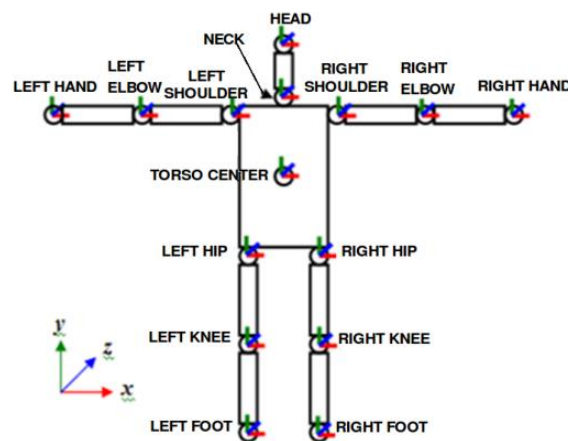
Энэ бүлэгт бид монгол хэлний дохионы хэл тэдгээрийг хэрхэн боловсруулж танилт хийх талаар дэлгэрэнгүй тайлбарлах болно.

Ангилалтын функц бол сонсголын бэрхшээлтэй хэрэглэгчид хөдөлгөөн хийхэд хөдөлгөөн нь дүрстэй нийцэж гаралтыг үүсгэнэ. Фрейм дарааллаар нь

оруулахад ангилалт нь тогтсон толь бичигнээс фреймийн дарааллаар харьцуулалт хийдэг. Сонсголын бэрхшээлтэй хэрэглэгч камер луу харж өөрийнхөө хэлэх гэсэн үгээ дохиогоор илэрхийлэхэд камер нь хүлээн авч сонирхож буй цэг дээр анализ хийж өгөгдлийг нормчлан тодорхойлогч фреймүүдийг цуглуулан харьцуулалт хийснээр тухайн дохиог текст болгон дэлгэцлэнэ. Энэхүү дэлгэцлэгдсэн текст нь эрүүл хүнд харагдах болно. Ингэснээр харилцаа нь илүү тодорхой ойлгомжтой болдог.

А. Майкрософт Кинект XBOX 360TM

Майкрософт компаниас гаргасан шинээр гаргахдаа тоглоомын консол дээр RGB-D камерыг ойлгон ажиллуулсан. RGB буюу улаан-ногоон-хөх өнгөний болон гүний мэдээлэл мөн аудио нь 3 мэдрэгчтэй байдаг. Тэд хоёулаа хөдөлгөөнийг илрүүлэхийн тулд хэрэглэгчид өөрийн биеийн хөдөлгөөнийг тодорхойлох дууг таних боломжийг олгодог.



Зураг 2. Кинект камераар илрэх холбоос

Майкрософт Кинект хөгжүүлэлт нь робот, үйлдлийн системийг таних зэрэг компьютерийн харааны салбарт бусад хэрэгцээтэй програм хамтаар хэрэглэгддэг. [6].

Б. Холбоосын байрлал

Холбоос бол бидний судалгааны хамгийн чухал хэсэг юм Зураг 2, үзүүлснээр уг шийдэл нь 15 үений байрлалыг авах боломжийг олгодог бөгөөд эдгээр 3 хэмжээст координатыг төхөөрөмжөөс миллиметрээр өгсөн X, Y, Z координат гэж нэрлэдэг. X нь хэвтээ, Y нь босоо хавтгай, Z нь гүн мэдрэгчийн хувьд хэвийн байна. [8]

Бидний санал болгож буй систем нь бодит хугацаанд ажиллах шаардлагатай, хэрэглэгч нэг удаа дохиог хийхэд хариуг нь шууд гаргаж дэлгэцлэнэ. Интерфэйс нь энгийн ойлгомжтойгоор харагдах ба энэ нь хэрэглэхэд илүү хялбар болно.

Мөн дохионы хэлний бүрэлдэхүүн нь дараах хөдөлгөөнүүдийн хослолоор бидний загварчилж өгсөн

харилцааны текстүүдийг илэрхийлнэ. Үндсэн хөдөлгөөнүүд нь:

- Гарны хөдөлгөөн
- Биеийн шилжих хөдөлгөөн
- Алганы хэлбэр
- Гарын хэлбэр
- Үгэн бус илэрхийллийн үр дүн юм.

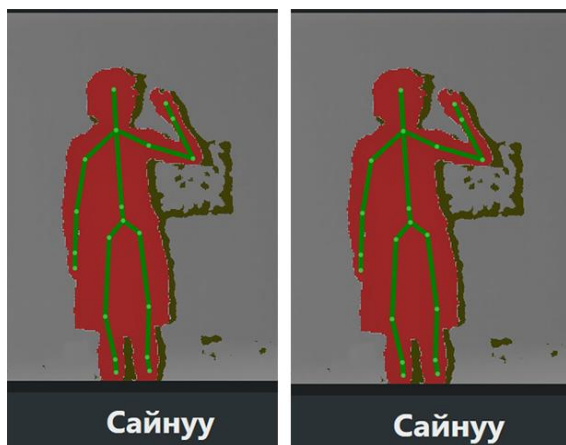
Эдгээр бүрэлдэхүүнээс гарын хөдөлгөөний хэсгийг сонгон авч монгол дохионы хэлний харилцааны зарим дохионы хөдөлгөөнийг загварчилсан. Хүснэгт 1-д зарим жишээг харуулав.

Хүснэгт 1: Дохионы хэлний танилтын координат

Үг	Танилт
Сайн уу	Баруун гарын хөдөлгөөн
Чи	Баруун гар тохойн хөдөлгөөн
Нэр	Баруун зүүн гарын хөдөлгөөн
Нас	Баруун гарын хөдөлгөөн
Хот	Баруун зүүн гарын хөдөлгөөн

Туршилт, үр дүн хэсэгт тодорхой жишээгээр системийн ажиллагааг харуулав.

IV. туршилт үр дүн



Зураг 3. Үг дэлгэцлэл

Энэхүү бүлэгт монгол дохионы хэлний хөрвүүлэлт түүний туршсан үр дүнг харуулах юм. Эдгээр ажлуудыг хийж гүйцэтгэсэн. Майкрософт Кинект ХВОХ 360 камераар дэмжигдсэн өгөгдөл хэрэглэсэн. [6]

Үгнүүдийн x , y , z координатын хувьд уг координатаар үг бүрийг илрүүлж байна. Координатыг нь тодорхойлсноор харьцуулалт хийгдэж хамгийн үнэн зөв координатын дагуу харгалзах үгийг дэлгэцлэж байна.

- Сайн уу гэдэг үгийн хувьд баруун гарын координат

- Чи гэдэг үгийн хувьд баруун гар тохойн төвийн цэгүүдийн координат
- Нэр гэдэг үгийн хувьд баруун зүүн гарын төв цэгийн координат
- Нас гэдэг үгийн хувьд баруун гарын цэгийн координат
- Хот гэдэг үгийн хувьд зүүн гарын цэгийн координат тооцож түүнд харгалцах үгнүүдийг буцааж байгаа юм.

Цэгийн холбоосыг тооцож үгийг бодит хугацаанд шууд хөрвүүлж утгыг нь буцааж байгаа нь судалгааны ажлын нэг хэсэг нь биеллээ олж байна гэж харж байна.

Тухайлбал Зураг 4-т үзүүлсэн жишээнд:

Багана 1: AgeSegment 1, AgeSegment 2 буюу нас гэдэг үгийг тодорхойлох segment юм.
Багана 2: Succeed, pausing, fail утгатай. Үгийн координат амжилттай тодорхойлогдвол Succeed, хайж байвал pausing, илрүүлж чадаагүй бол fail утгыг буцаадаг.

Багана 3: Хөдөлгөөнөөр илэрсэн үг маань координатын дагуу зөв тодорхойлогдсон нь харагдаж байна.

Багана 4: Ямар үе оролцохыг тодорхойлно

Багана 5: x , y координатыг тодорхойлно.

Эдгээр нөхцлүүд бүрэн хангагдаж байвал тухайн үгийг харуулж байна. Хүснэгт 1-д харагдаж байгаа үгнүүд нь билет худалдан авч байгаа тохиолдолд хэрэглэх боломжтой асуулгын үгнүүд болно. Үүний тусламжтай сонголын бэрхшээлтэй билетийн кассын ажилтан нь

	Багана 1	Багана 2	Багана 3	Багана 4	Багана 5
Frame 1	AgeSegment1 Succeed	->Нас: Баруун гарын координат Y:0.08377168			
	AgeSegment1 Succeed	->Нас: Толгойн координат Y:0.1943721			
	AgeSegment1 Succeed	->Нас: Мөрийн төв координат Y:0.0275133			
Frame 2	AgeSegment1 Succeed	->Нас: Баруун гарын координат Y:0.09284457			
	AgeSegment1 Succeed	->Нас: Толгойн координат Y:0.1940626			
	AgeSegment1 Succeed	->Нас: Мөрийн төв координат Y:0.02784182			
Frame 3	AgeSegment1 Succeed	->Нас: Баруун гарын координат Y:0.09835693			
	AgeSegment1 Succeed	->Нас: Толгойн координат Y:0.1938854			
	AgeSegment1 Succeed	->Нас: Мөрийн төв координат Y:0.02810055			
Frame 4	AgeSegment1 Succeed	->Нас: Баруун гарын координат Y:0.1020866			
	AgeSegment1 Succeed	->Нас: Толгойн координат Y:0.1937542			
	AgeSegment1 Succeed	->Нас: Мөрийн төв координат Y:0.02825639			
Frame 5	AgeSegment1 Succeed	->Нас: Баруун гарын координат Y:0.1046638			
	AgeSegment1 Succeed	->Нас: Толгойн координат Y:0.1936532			
	AgeSegment1 Succeed	->Нас: Мөрийн төв координат Y:0.02836563			
Frame 6	AgeSegment1 Succeed	->Нас: Баруун гарын координат Y:0.1061782			
	AgeSegment1 Succeed	->Нас: Толгойн координат Y:0.1935849			
	AgeSegment1 Succeed	->Нас: Мөрийн төв координат Y:0.02830862			
Frame 7	AgeSegment1 Succeed	->Нас: Баруун гарын координат Y:0.1064816			
	AgeSegment1 Succeed	->Нас: Толгойн координат Y:0.1935216			
	AgeSegment1 Succeed	->Нас: Мөрийн төв координат Y:0.02815487			

Зураг 4. Координатын log файл

билет худалдан авагч эрүүл иргэний талаарх мэдээллийг асуух боломжтой болж байна. Асуулгын үгийн хөрвүүлэлтийг амжилттай хийж байгаа тул дараа дараагийн харилцааны үг хэллэгийг таниж ажиллаж чадах нь туршилтаас харагдаж байна.

Цаашид хоорондын мэндлэх ёс, харилцааны энгийн хэсгүүдийг ийм байдлаар туршин сайжруулах болно.

V. ДҮГНЭЛТ

Энэ судалгааны ажлаар, Кинект камерыг ашиглан монгол дохионы хэлний хөрвүүлэлтийг хийдэг систем хөгжүүлсэн. Кинект камерыг хугацааны арга алгоритмтэй хамт ашиглаж танилтын хувь болон хугацааг хувьд бодит хугацаанд ажиллах боломжоор хангаж өгнө. Цаашид үгийн холбоосыг ашиглаж өгүүлбэрээр орчуулах болон харилцааны бүх талын дохионы хэлийг монгол хүмүүс хэрэглэх боломжтой байхаар системийн суурь нь тавигдаж байна. Сайжруулалт хийсэн үгийг хэрэглэхээс гадна утга зүйг сайжруулан хэл шинжлэлийн салбартай холбон яриа давхар үүсгэж утга зүй талаас нь зөв өгүүлбэр гаргах боломжтой юм.

VI. НОМЗҮЙ

- [1] D. Martinez, "MSc Thesis - Sign Language Translator using Microsoft Kinect XBOX 360TM", VIBOT 5., Department of Electrical Engineering and Computer Science, Computer Vision Lab, University of Tennessee.
- [2] V. I. Pavlovic, R. Sharma, and T.S. Huang, "Vision-Based Gesture Recognition: A Review", Pattern Analysis and Machine Intelligence, IEEE Transactions on, 1997.
- [3] D. M. Gavrila, "The Visual Analysis of Human Movement: A Survey", Computer Vision and Image Understanding, 1999.
- [4] Li, X., Parizeau, M., Plamondon, R.: Training Hidden Markov Models with Multiple Observations - A combinatorial Method. In: IEEE Transactions on PAMI, Vol. PAMI-22, No. 4, pp. 371-377 2000.
- [5] Microsoft Xbox website, Introduction of Kinect, <http://www.xbox.com/en-US/Kinect> 14416-14441.
- [6] CopyCat and Kinect, overview of the CopyCat Kinect demo on the website of the Center for Accessible Technology in Sign (CATS),
- [7] T. Starner, A. Pentland, Real-Time American Sign Language Recognition from Video Using Hidden Markov Models. In: ISCV '95 Proceedings of the International Symposium on Computer Vision, 1995.
- [8] R. Akmeliawati, and Ooi, M.P.-L. and Ye Chow Kuang, "S Real-Time Malaysian Sign Language Translation using Colour Segmentation and Neural Network", Instrumentation and Measurement Technology Conference Proceedings, 2007. IMTC 2007. IEEE International Journal of Computer Science & Engineering Survey (IJCSES) Vol.6, No.4, August 2015

Газар хөдлөлт бүртгэх орон нутгийн салбар станцуудын мэдээлэл дамжуулалтанд системийн сүлжээнд дүн шинжилгээ хийх нь

Г.Соёлмаа¹, О.Сарантуяа¹, Ц.Нямбаяр¹, Б.Дэнсмаа², Ч.Дэчинпунцаг²

¹ООГФХ, ШУА

²Физик электроникийн тэнхим, Улаанбаатрын Их Сургууль

Улаанбаатар хот, Монгол улс

densmaa2012@gmail.com

Хураангуй—Газар хөдлөлт бүртгэх орон нутгийн салбар станцуудыг 2005-2007 оны хооронд аналог станцуудыг орчин үеийн тоон бичлэгт станцуудаар сольж мэдээллийг нь интернетийн сүлжээгээр дамжуулан үндэсний мэдээллийн төв хүлээн авдаг. Орон нутгийн хэмжээнд одоогийн байдлаар нийт 12 салбар станц ажиллаж байгаа бөгөөд сүүлийн 3 жилийн хугацаанд багаж төхөөрөмжийн системийн гэмтэлүүдийн мэдээлэл дээр тулгуурлан хамгийн их гэмтэлтэй гараж байгаа компьютерийн дотоод сүлжээний унах, тасалдах зэрэг алдаанууд түгээмэл гарсан байдаг. Үүнийг тодорхойлохын тулд компьютерийн дотоод сүлжээнд шинжилгээ хийсэн. Компьютерийн дотоод сүлжээнд анализ хийсэний үр дүнгээс хархад дотоод сүлжээнд холбогдсон компьютерууд хөнөөлт программ халдварлагдсан, бэктор хөнөөлт программ болох нь тодорхойлогдсон.

Түлхүүр үг—газар хөдлөлт, хээрийн станц, халдлага, дайралт, интернет тасалдал

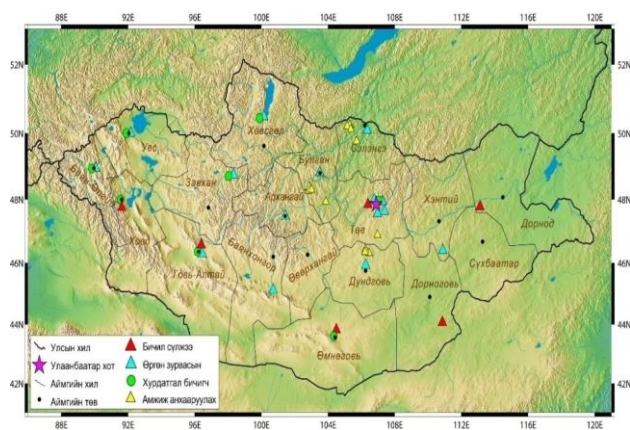
I. ОРШИЛ

Анхны газар хөдлөлт бүртгэх “Улаанбаатар” станцыг 1967 оны 7 сарын 6-нд Улаанбаатар хотноо байгуулсан. Тус станцыг ЗХУ-ын мэргэжилтэн В.Н.Шебалин, А.П.Виноградов нарын удирдлаган дор И.Балжинням, Д.Мөнхөө нар байгуулснаар Монгол улсад газар хөдлөлтийг судлах шинжлэх ухааны эх үндэс тавигдсан түүхтэй. 2005-2007 оны хооронд аналог станцуудыг орчин үеийн тоон бичлэгт станцуудаар сольж мэдээллийг нь шууд интернетийн сүлжээгээр дамжуулан үндэсний мэдээллийн төв (MNDC) дээр хүлээн авч эхэлсэн. Орон нутгийн хэмжээнд одоогийн байдлаар нийт 12 салбар станц ажиллаж байна [3]. Одоогийн байдлаар газар хөдлөлт бүртгэх болон мэдээлэл хадгалах, дамжуулах хянах зэргийг нэг станцын иж бүрдэлд олон төрлийн техник, багаж тоног төхөөрөмжүүд ашиглагдах болсон нь ажиллагсаас өндөр мэдлэг, ур чадвар шаардах болсон. Мөн төхөөрөмжүүд болон системийн хэвийн найдвартай ажиллагааг ханган ажиллах нь станцын үйл ажиллагааны хэвийн горим явуулахад чухал үүрэг гүйцэтгэдэг. Иймд орон нутгийн салбар станцуудаас өдөр тутамд техникийн мэдээллийн санд ирж байгаа мэдээллээс голлох

хувийг эзлэх болсон эвдрэл гэмтлийн мэдээллүүдэд дээр анализ хийх зайлшгүй шаардлагатай болсон. Энэхүү судалгааны ажлын хүрээнд хөдөө орон нутгийн газар хөдлөлт бүртгэх салбар станцуудад ажиллаж байгаа электрон тоног төхөөрөмжүүд болон тэдгээрт ашиглагдаж буй программ хангамжуудын эвдрэл, гэмтэл, доголдлуудыг орчин үеийн статистик анализын аргаар дүн шинжилгээ хийж тэдгээр эвдрэл, гэмтлийн учир шалтгааныг онолын үндэслэлтэйгээр, үнэн зөв, өндөр магадлалтайгаар тогтооход оршино.

II. МОНГОЛ ОРНЫ ГАЗАР ХӨДЛӨЛТ БҮРТГЭХ СТАНЦУУДЫН ӨНӨӨГИЙН БАЙДАЛ

Газар хөдлөлт бүртгэх анхны станцыг 1957 оны 7 сарын 6-нд Улаанбаатар хотод суурилуулснаар өнөөгийн “Газар хөдлөл судлалын салбар”-ын үндэс суурь тавигдсан юм. Одоогийн байдлаар Монгол орны нутаг дэвсгэрийн хэмжээнд 5-12 станцын бүрдэлтэй бичил сүлжээ станц 6, хөдөө орон нутагт 3 байгуулагч бүхий өргөн зурвасын станц 12, Улаанбаатар хот орчимд 20 гаруй станц ажиллаж байна. 2000 оноос газар хөдлөлтийн станцуудын тоо нэмэгдэж мэдээлэл боловсруулалт болон мониторингийн шинэ системийг нэвтрүүлсэн. Орон нутаг дахь газар хөдлөлт бүртгэх станцуудыг өргөн зурвасын автомат станцаар шинэчилж станцын багаж тоног төхөөрөмжүүд нь дэлхийн тэргүүлэх компаниудын багаж төхөөрөмжөөр бүрэн тоноглогдсон бөгөөд мэдээлэл дамжуулах, мэдээллийг бүртгэх систем бидний урьд хэрэглэж байснаас ялгаатай шинэ системийг нэвтрүүлж [1-3] эхэлсэн юм.



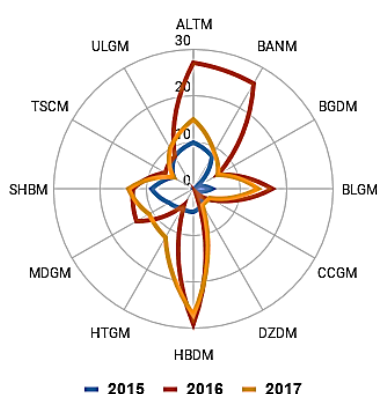
Зураг 1. Газар хөдлөлт бүртгэх станцын сүлжээ

Газар хөдлөлт бүртгэх багаж хэрэгслүүд:

Манай улс газар хэмжилтийн судалгаандаа Америк, Франц улсад үйлдвэрлэсэн өндөр нарийвчлал бүхий багаж тоног төхөөрөмжүүдийг ашигладаг болсон юм. Үүнд:

- Сейсмометр /чичирхийлэл мэдрэх сенсор /
- Дижитайзер /сенсорын сигналыг компьютерийн хэлэнд хөрвүүлэгч /
- GPS /газрын байрлал, UTC цаг/ [1-3] гэх мэт.

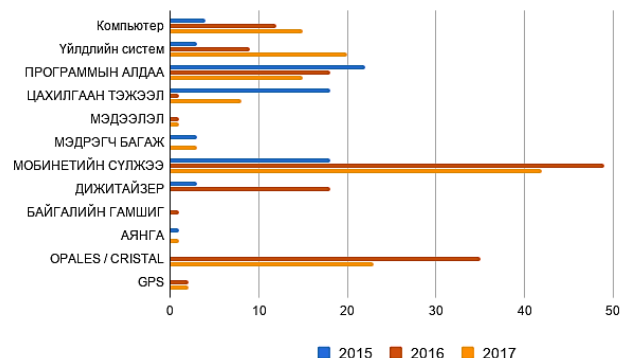
Орон нутгийн газар хөдлөлт бүртгэх салбар станцууд нь Үндэсний Мэдээлэлийн Төврүү станцын мэдээлэл бүрдүүлэлдэг. Мэдээлэл хэвийн явж байгааг шалгаж, гэмтэл саатлыг цаг алдалгүй арилгах зорилгоор өдөр тутмын техникийн мэдээллийг дамжуулдаг. Бид судалгааны ажилд Үндэсний Мэдээлэлийн Төврүү Орон нутгийн газар хөдлөлт бүртгэх салбаруудаас ирсэн өдөр тутмын техникийн мэдээллийг 2015, 2016, 2017 оны байдлаар гарган авч тухайн баримтанд тулгуурлан мэдээлэл дамжуулалтын системд гарсан алдаа, эвдрэл гэмтлийн талаар судалгаа хийсэн. Судалгааны үр дүнг зураг 2-т харуулав.



Зураг 2. Хэрийн станцын 3 жилийн хугацаанд гарсан эвдрэл, гэмтэл

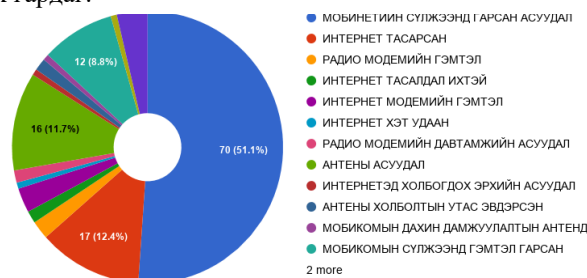
Зураг 2-д үзүүлсэнээр нийт 12 хэрийн станцын 3 жилийн хугацаанд гарсан эвдрэл, гэмтэл дээр гарсан тоо үзүүлтийг харуулав. Эндээс хархад сүүлийн 3

жилийн хугацаанд хамгийн их гэмтэл гарсан станц нь Алтай, Ховдын станцууд хамгийн их гэмтэлтэй байгаа нь харагдаж байна. 2016 онд ООГФХ-ээс эвдрэл, гэмтэлийг багасгах зорилгоор орон нутгийн станцын инженерүүдэд сургалт явуулсаны үр дүн дээр Алтай, Баян-Өлгий, Мандалговь стацуудын эвдрэл гэмтэлийн тоо буурсан.



Зураг 3. Хэрийн станцын 3 жилийн хугацаанд гарсан эвдрэл, гэмтэлийн тоо

2015-2017 онуудад хамгийн их гарсан гэмтэл нь мобинетийн сүлжээний гэмтэл 2015 оноос эхлэн газар хөдлөлийн мэдээлэлийг Үндэсний Мэдээлэлийн Төврүү бүртгүүлдэг болсонтой холбоотойгоор интернетийг хэрэглээ ихссэн. Мобинетийн сүлжээнээс болоод интернет удаашрах, тасрах гэх мэтчлэн гэмтэл их гардаг.



Зураг 4. Мобинетийн сүлжээний 3 жилийн хугацаанд гарсан эвдрэл, гэмтэл

Зураг 4-т үзүүлсэнээр Мобинетийн сүлжээний гарсан асуудал гэсэн гэмтэл нь 51.1%, интернет тасалдал ихтэй 11.7%, интернет тасарсан 12.4%, интернет хэт удаан 8.8% байсан. Хамгийн гэмтэл багатай Цэцэрлэг сум дээр сүүлийн 3 жилийн хамгийн их гэмтэл нь Мобинетийн сүлжээний гэмтэл 50% эзэлж байна. Иймд төвийн станц болон хэрийн станцуудын нэг сүлжээнд холбогдон ажилдаг. Иймээс төвийн дотоод сүлжээний орчинд дүн шинжилгээ хийх шаардлагатай байна гэсэн дүгнэлт хүрсэн. Иймд Wireshark хэрэгсэлээр анализ хийсэн.

III. СҮЛЖЭЭНИЙ ОРЧИНД ДҮН ШИНЖИЛГЭЭ ХИЙСЭН ТҮРШИЛТЫН ҮР ДҮН

“Wireshark” хэрэгсэл нь хэдэн зуун протоколуудыг дэмжин ажиллаж чаддаг бөгөөд компьютерын сүлжээний интерфэйс картаар орж ирж буй бүх өгөгдлийг хуулбарлан авч тухайн багцуудад нарийн дүн шинжилгээ хийх боломжийг олгодог. Интерфэйс картаар орж ирж буй өгөгдөл нь битүүдийн цуваа

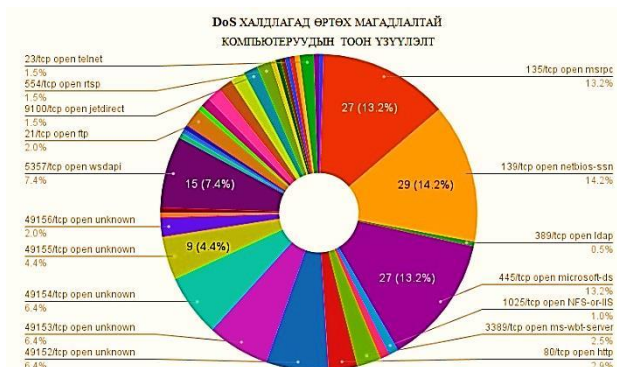
байх бөгөөд “Wireshark” програм нь үүнийг “TCP/IP” түвшинт загварын дагуу багцалж түвшин болон протокол бүрээр нь ялган харуулж чаддаг. Энэхүү програмыг ашиглан сүлжээний хувьд бүх төрлийн анализыг хялбар аргаар хийж болно. “Wireshark” програмыг дараах зорилгоор ашиглаж болно.

Үүнд:

- Сүлжээнд учирсан асуудлыг илрүүлж засварлах.
- Үүнийг шийдэхийн тулд сүлжээний түвшин загварын хувьд доод түвшинээс нь эхлэн дээш нь шалгах болон дээд түвшинээс нь эхлэн доош нь шалгах аргуудыг ашигладаг.
- Сүлжээний гүйцэтгэлд дүн шинжилгээ хийх. Сүлжээгээр дамжигдаж байгаа өгөгдлүүд нь хэрэгтэй өгөгдөл мөн эсэх мөн сүлжээнд байгаа төхөөрөмж хэвийн үйлчилгээг үзүүлж буй эсэхийг шалгадаг.
- Сүлжээний аюулгүй байдлыг шалгах. Сүлжээнд байгаа төхөөрөмж болон нөөцийн аюулгүй байдал хэр хангагдсаныг мөн ямар эмзэг байдал байгааг олж илрүүлдэг.
- Сүлжээнд учирч буй халдлагыг илрүүлэх. Сүлжээгээр дамжигдаж буй өгөгдлүүд нь зөвшөөрөгдсөн өгөгдөл мөн эсэх, сүлжээнд хор хөнөөл учруулахаар өгөгдөл явж буй эсэхийг шалгадаг.
- Програм хангамжийн ажиллагааг шалгах. Шинээр зохиосон програм хангамж нь сүлжээгээр өгөгдлийн дамжуулалт зөв хийж буй эсэхийг шалгадаг.

А. ТУРШИЛТ1. WIRESHARK ХЭРЭГСЭЛЭЭР АНАЛИЗ ХИЙСЭН ҮР ДҮН

Одон Орон геофизикийн хүрээлэнгийн мэдээллийн аюулгүй байдал дээр дүн шинжилгээ хийхийн тулд тусгайлан бэлдсэн /acer брэндийн Celeron компьютерийг форматлаж виндоус 7 үйлдлийн систем суулгасны дараа Одон Орон геофизикийн хүрээлэнгийн компьютерийн дотоод сүлжээгээр дамжиж буй өгөгдлийг скан хийх зорилготойгоор wireshark хэрэгслийг суулгаж анализ хийсэн. Одон Орон Геофизикийн хүрээлэнгийн дотоод сүлжээнд холбогдож сүлжээний сул тал болон дотоод сүлжээгээр дамжиж байгаа өгөгдлийг цуглуулсаны дараа Zenmap буюу Nmap хэрэгслийг ашиглан санамсаргүй түүврийн аргаар сүлжээнд идэвхитэй байгаа rcag web.0 хаяганд хамрагдах 52 компьютерт дүн шинжилгээ хийсэн. Тухайн судалгаанд хамрагдсан 52 компьютероос нийт 29 компьютер нь NETBIOS буюу DoS attack-г өртөх магадлалтай бөгөөд уг DoS attack нь DDoS халдлага болох магадлал өндөртэй байгаа нь доорх үр дүнгээс харагдаж байна.



Зураг 5. DoS халдлага өртөх магадлалтай компьютерийн тоон
ҮЗҮҮЛЭЛТ

Компьютерийн сүлжээнд холбогдсон DoS attack-тай компьютер дотоод сүлжээнд олон байх тусам DDos халдлага болж өргөжсөнөөр серверийн үйл ажиллагааг доголдуулах цаашилбал орон нутгийн өгөгдөл дамжуулалтад нөлөөлөх болон гажуудуулах магадлалтай. Одон Орон геофизикийн хүрээлэнгийн дотоод сүлжээнд холбогдсон компьютер дээр илэрсэн халдлагад өртөх боломжтой нээлттэй портуудын тоо үзүүлэлтийг Зураг 5-д харуулав. Эндээс ZENMAP хэрэгсэл хэрэглэн нийт 52 компьютер дээр 65000 портоос идэвхтэй портууд дээр анализ хийж үзсэний үр дүнд 17 порт DDos attack өртөх магадлалтай. Зураг 36-аас харахад хамгийн их өртөж байгаа нь 139/tcp open netbios-ssn портоос илэрсэн.

[illegible]

Зураг 6. DoS халдлага өртөх магадлалтай компьютерийн тоон үзүүлэлт

Зураг 6-д харуулснаар 192.168.100.23 IP хаягууд хар өнгөөр тодруулсан нь Retransmission буюу тандалт хийж байгааг илрүүлсэн. Мөн IP хаяг нь 192.168.100.23-ыг 162.125.34.29-тэй IP хаягаас хост уруу тандалт хийж байгаа нь ажиглагдсан. Иймээс 192.168.100.23 IP хаягийг блок хийх шаардлагатай. Учир нь тухай байгууллагын мэдээлэл алдагдах эрсдэлтэй.

276294	5077-35742	13.13.35.4	192.168.100.40	TLSv1.2	182 Application Data
276300	5077-04207	13.13.35.4	192.168.100.40	TCP	182 TCP Retransmission
276301	5077-74475	13.13.35.4	192.168.100.40	TCP	443 -> 48279 (PSM, ACK) Seq=61 Acl=1-Win=2083 Len=0
276302	5077-74258	13.13.35.36	192.168.100.40	TCP	Application Data
276303	5077-74258	13.13.35.36	192.168.100.40	TLSv1.2	80 -> 48279 Alert
276315	5077-74269	13.13.35.36	192.168.100.40	TCP	68 -> 443 (PSM, FIN, ACK) Seq=756 Win=2083 Len=0
276316	5077-01113	13.13.35.36	192.168.100.40	TCP	443 -> 48279 (PSM, ACK) Seq=1 Acl=1-Win=2083 Len=0
276318	5077-04547	13.13.35.36	192.168.100.40	TCP	60 TCP Retransmission
276319	5077-04647	13.13.35.36	192.168.100.40	TCP	60 TCP Retransmission
276324	5077-74411	13.13.35.4	192.168.100.40	TCP	154 TCP Retransmission
276325	5077-74411	13.13.35.4	192.168.100.40	TCP	443 -> 48279 (ACK) Seq=1 Acl=1-Win=2083 Len=0
276347	5080-05047	13.13.35.4	192.168.100.40	TCP	164 TCP Retransmission
276348	5080-05047	13.13.35.4	192.168.100.40	TCP	443 -> 48279 (PSM, ACK) Seq=1 Acl=1-Win=2083 Len=0
276349	5080-23336	13.13.35.36	192.168.100.40	TCP	131 TCP Retransmission
276350	5082-71110	13.13.35.4	192.168.100.40	TCP	443 -> 48279 (PSM, ACK) Seq=1 Acl=1-Win=2083 Len=0
276351	5082-71110	13.13.35.4	192.168.100.40	TCP	443 -> 48279 (PSM, ACK) Seq=1 Acl=1-Win=2083 Len=0
276352	5082-71216	13.13.35.4	192.168.100.40	TCP	164 TCP Retransmission
276353	5082-71216	13.13.35.4	192.168.100.40	TCP	443 -> 48279 (PSM, ACK) Seq=1 Acl=1-Win=2083 Len=0
276354	5082-13416	13.13.35.4	192.168.100.40	TCP	154 TCP Retransmission
276355	5082-13416	13.13.35.4	192.168.100.40	TCP	443 -> 48279 (PSM, ACK) Seq=1 Acl=1-Win=2083 Len=0
276356	5082-04203	13.13.35.4	192.168.100.40	TLSv1.2	131 Application Data, Encrypted Alert
276357	5082-01113	13.13.35.4	192.168.100.40	TCP	114 TCP Retransmission
276358	5082-01113	13.13.35.4	192.168.100.40	TCP	443 -> 48279 (PSM, ACK) Seq=1 Acl=1-Win=2083 Len=0
276359	5082-01113	13.13.35.4	192.168.100.40	TCP	443 -> 48279 (PSM, ACK) Seq=1 Acl=1-Win=2083 Len=0
276360	5082-01113	13.13.35.4	192.168.100.40	TCP	443 -> 48279 (PSM, ACK) Seq=1 Acl=1-Win=2083 Len=0
276361	5082-01113	13.13.35.4	192.168.100.40	TCP	443 -> 48279 (PSM, ACK) Seq=1 Acl=1-Win=2083 Len=0
276362	5082-01113	13.13.35.4	192.168.100.40	TCP	443 -> 48279 (PSM, ACK) Seq=1 Acl=1-Win=2083 Len=0
276363	5082-01113	13.13.35.4	192.168.100.40	TCP	443 -> 48279 (PSM, ACK) Seq=1 Acl=1-Win=2083 Len=0
276364	5082-01113	13.13.35.4	192.168.100.40	TCP	443 -> 48279 (PSM, ACK) Seq=1 Acl=1-Win=2083 Len=0
276365	5082-01113	13.13.35.4	192.168.100.40	TCP	443 -> 48279 (PSM, ACK) Seq=1 Acl=1-Win=2083 Len=0
276366	5082-01113	13.13.35.4	192.168.100.40	TCP	443 -> 48279 (PSM, ACK) Seq=1 Acl=1-Win=2083 Len=0
276367	5082-01113	13.13.35.4	192.168.100.40	TCP	443 -> 48279 (PSM, ACK) Seq=1 Acl=1-Win=2083 Len=0
276368	5082-01113	13.13.35.4	192.168.100.40	TCP	443 -> 48279 (PSM, ACK) Seq=1 Acl=1-Win=2083 Len=0
276369	5082-01113	13.13.35.4	192.168.100.40	TCP	443 -> 48279 (PSM, ACK) Seq=1 Acl=1-Win=2083 Len=0
276370	5082-01113	13.13.35.4	192.168.100.40	TCP	443 -> 48279 (PSM, ACK) Seq=1 Acl=1-Win=2083 Len=0
276371	5082-01113	13.13.35.4	192.168.100.40	TCP	443 -> 48279 (PSM, ACK) Seq=1 Acl=1-Win=2083 Len=0
276372	5082-01113	13.13.35.4	192.168.100.40	TCP	443 -> 48279 (PSM, ACK) Seq=1 Acl=1-Win=2083 Len=0
276373	5082-01113	13.13.35.4	192.168.100.40	TCP	443 -> 48279 (PSM, ACK) Seq=1 Acl=1-Win=2083 Len=0
276374	5082-01113	13.13.35.4	192.168.100.40	TCP	443 -> 48279 (PSM, ACK) Seq=1 Acl=1-Win=2083 Len=0
276375	5082-01113	13.13.35.4	19		

Зураг 7. IP 31.13.95.8 хаяг нь middle attack

Зураг 7. IP 192.168.100.40 хаягыг судлаж үзэхэд IP 31.13.95.8 хаяг нь middle attack төрлийн халдлага юм. Middle attack нь хостод суулгасан интернэт хөтгүүд

дээр халдварлагдсан. Иймээс интернэт хөтчүүдийг шинжлэх шаардлагатай. Хэрэв шинжлэхгүй бол цахим орчинд бүртгэлтэй (интернет банк, эмайл хаяг, facebook хаягийн нэр, паспорт гэх мэт) мэдээлэлээ алдах өндөр эрсдэлтэй.

Б. ТҮРШИЛТ2. СҮЛЖЭЭНИЙ ХЭВИЙН БОЛОН ХАЛДЛАГАТАЙ ПАКЕТ ДЭЭР ДҮН ШИНЖИЛГЭЭ ХИЙСЭН ҮР ДҮН

Судалгаанд хамрагдсан 52 компьютероос дараах MALWARE хөнөөлтэй программ өртсөн хостууд илэрсэнийг хүснэгт 5-д үзүүлэв. Эндээс хархад 8 хэрэглэгч лицензгүй DROPBOX хэрэглэдэг эсвэл вирустэй файл дундын хэрэглээнд оруулсанаас болж MALWARE хөнөөлтэй программ дотоод сүлжээгээр тарахсан байна. Мөн хүснэгт 5-аас харахад UDP протоколоор дамжиж байгаа пакетуудын мэдээлэл алдагдаж байгаа нь ажиглагдсан.

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
1526	2018-01-26 04:16:14.380246	192.168.100.2	192.168.100.255	BROWSER	243	Loc
7303	2018-01-26 04:18:06.504281	192.168.100.2	192.168.100.255	BROWSER	243	Loc
25234	2018-01-26 04:23:45.744153	192.168.100.2	192.168.100.255	NBNS	92	NaN
30702	2018-01-26 04:25:30.732593	192.168.100.2	192.168.100.25	NBSS	60	NBS
30805	2018-01-26 04:25:32.810688	192.168.100.2	192.168.100.25	TCP	60	ITC
30903	2018-01-26 04:25:34.888835	192.168.100.2	192.168.100.25	TCP	60	ITC
30997	2018-01-26 04:25:36.857557	192.168.100.2	192.168.100.25	TCP	60	ITC
31089	2018-01-26 04:25:39.826289	192.168.100.2	192.168.100.255	TCP	60	ITC
37568	2018-01-26 04:27:45.547820	192.168.100.2	192.168.100.255	NBNS	92	NaN
37606	2018-01-26 04:27:46.293281	192.168.100.2	192.168.100.255	NBNS	92	NaN
37658	2018-01-26 04:27:47.043332	192.168.100.2	192.168.100.255	NBNS	92	NaN
39159	2018-01-26 04:28:17.246153	192.168.100.2	192.168.100.255	BROWSER	243	Loc
41597	2018-01-26 04:30:40.450701	192.168.100.2	192.168.100.255	BROWSER	243	Loc

Зураг 8. NMAP халдлагатай пакет

Зураг 8-д харуулсанаар 30805 мөрнөөс 31089 мөрний хооронд 192.168.100.2 хостоос 192.168.100.25 хост уруу холболтоос харахад Nmap халдлагын шинж чанартай болох нь харагдаж байна.

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
23276	2018-01-26 04:23:09.586796	192.168.100.3	192.168.100.255	BROWSER	243	Host
60573	2018-01-26 04:35:11.562915	192.168.100.3	192.168.100.255	BROWSER	243	Host
99060	2018-01-26 04:47:14.194124	192.168.100.3	192.168.100.255	BROWSER	243	Host
139340	2018-01-26 04:59:12.254434	192.168.100.3	192.168.100.255	BROWSER	243	Host
177836	2018-01-26 05:11:12.997927	192.168.100.3	192.168.100.255	BROWSER	243	Host
215694	2018-01-26 05:23:14.053277	192.168.100.3	192.168.100.255	BROWSER	243	Host
254116	2018-01-26 05:35:12.456812	192.168.100.3	192.168.100.255	BROWSER	243	Host
292344	2018-01-26 05:47:10.984591	192.168.100.3	192.168.100.255	BROWSER	243	Host
329416	2018-01-26 05:59:08.654941	192.168.100.3	192.168.100.255	BROWSER	243	Host

Зураг 9. Broadcast өгөдөл дамжуулалт host илрүүлсэн байдал

Зураг 9-д харуулсан 321475 мөрнөөс 321763 мөрний хооронд 192.168.100.2 хостоос 192.168.100.23 холболт холболтоос харахад үргэлжилсэн өгөгдөл дамжуулалт илэрсэн. 321952 мөрнөөс 322492 болон 322809 мөрнөөс 326697 мөрнүүдийн хооронд Nmap халдлагын хэрэгсэл ашиглан 192.168.100.23 хостын нээлттэй болон хаалттай портуудын мэдээллийг 162.125.34.129 IP хаяг уруу дамжуулж байгааг тодорхойлсон. Уг IP хаягийг нарийвчилан судалахад thunder.v.dropbox.com сайт илэрсэн. 332682 мөрнөөс 334773 мөрний хооронд 74.125.204.189 IP хаягнаас 192.168.100.23 хостын нээлттэй болон хаалттай портын мэдээлэл дээр тандалт хийсэн байна. 74.125.204.189 IP хаягийг нарийн судалж үзэхэд google chrome вэб хөтөч болохыг тодорхойлсон.

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
321379	2018-01-26 05:56:32.756212	192.168.100.2	192.168.100.23	NBNS	92	NaN
321380	2018-01-26 05:56:32.756212	192.168.100.2	192.168.100.23	NBNS	92	NaN
321381	2018-01-26 05:56:32.756212	192.168.100.2	192.168.100.23	NBNS	92	NaN
321382	2018-01-26 05:56:32.756212	192.168.100.2	192.168.100.23	NBNS	92	NaN
321383	2018-01-26 05:56:32.756212	192.168.100.2	192.168.100.23	NBNS	92	NaN
321384	2018-01-26 05:56:32.756212	192.168.100.2	192.168.100.23	NBNS	92	NaN
321385	2018-01-26 05:56:32.756212	192.168.100.2	192.168.100.23	NBNS	92	NaN
321386	2018-01-26 05:56:32.756212	192.168.100.2	192.168.100.23	NBNS	92	NaN
321387	2018-01-26 05:56:32.756212	192.168.100.2	192.168.100.23	NBNS	92	NaN
321388	2018-01-26 05:56:32.756212	192.168.100.2	192.168.100.23	NBNS	92	NaN
321389	2018-01-26 05:56:32.756212	192.168.100.2	192.168.100.23	NBNS	92	NaN
321390	2018-01-26 05:56:32.756212	192.168.100.2	192.168.100.23	NBNS	92	NaN
321391	2018-01-26 05:56:32.756212	192.168.100.2	192.168.100.23	NBNS	92	NaN
321392	2018-01-26 05:56:32.756212	192.168.100.2	192.168.100.23	NBNS	92	NaN
321393	2018-01-26 05:56:32.756212	192.168.100.2	192.168.100.23	NBNS	92	NaN
321394	2018-01-26 05:56:32.756212	192.168.100.2	192.168.100.23	NBNS	92	NaN
321395	2018-01-26 05:56:32.756212	192.168.100.2	192.168.100.23	NBNS	92	NaN
321396	2018-01-26 05:56:32.756212	192.168.100.2	192.168.100.23	NBNS	92	NaN
321397	2018-01-26 05:56:32.756212	192.168.100.2	192.168.100.23	NBNS	92	NaN
321398	2018-01-26 05:56:32.756212	192.168.100.2	192.168.100.23	NBNS	92	NaN
321399	2018-01-26 05:56:32.756212	192.168.100.2	192.168.100.23	NBNS	92	NaN
321400	2018-01-26 05:56:32.756212	192.168.100.2	192.168.100.23	NBNS	92	NaN
321401	2018-01-26 05:56:32.756212	192.168.100.2	192.168.100.23	NBNS	92	NaN
321402	2018-01-26 05:56:32.756212	192.168.100.2	192.168.100.23	NBNS	92	NaN
321403	2018-01-26 05:56:32.756212	192.168.100.2	192.168.100.23	NBNS	92	NaN
321404	2018-01-26 05:56:32.756212	192.168.100.2	192.168.100.23	NBNS	92	NaN
321405	2018-01-26 05:56:32.756212	192.168.100.2	192.168.100.23	NBNS	92	NaN
321406	2018-01-26 05:56:32.756212	192.168.100.2	192.168.100.23	NBNS	92	NaN
321407	2018-01-26 05:56:32.756212	192.168.100.2	192.168.100.23	NBNS	92	NaN
321408	2018-01-26 05:56:32.756212	192.168.100.2	192.168.100.23	NBNS	92	NaN
321409	2018-01-26 05:56:32.756212	192.168.100.2	192.168.100.23	NBNS	92	NaN
321410	2018-01-26 05:56:32.756212	192.168.100.2	192.168.100.23	NBNS	92	NaN
321411	2018-01-26 05:56:32.756212	192.168.100.2	192.168.100.23	NBNS	92	NaN
321412	2018-01-26 05:56:32.756212	192.168.100.2	192.168.100.23	NBNS	92	NaN
321413	2018-01-26 05:56:32.756212	192.168.100.2	192.168.100.23	NBNS	92	NaN
321414	2018-01-26 05:56:32.756212	192.168.100.2	192.168.100.23	NBNS	92	NaN
321415	2018-01-26 05:56:32.756212	192.168.100.2	192.168.100.23	NBNS	92	NaN
321416	2018-01-26 05:56:32.756212	192.168.100.2	192.168.100.23	NBNS	92	NaN
321417	2018-01-26 05:56:32.756212	192.168.100.2	192.168.100.23	NBNS	92	NaN
321418	2018-01-26 05:56:32.756212	192.168.100.2	192.168.100.23	NBNS	92	NaN
321419	2018-01-26 05:56:32.756212	192.168.100.2	192.168.100.23	NBNS	92	NaN
321420	2018-01-26 05:56:32.756212	192.168.100.2	192.168.100.23	NBNS	92	NaN
321421	2018-01-26 05:56:32.756212	192.168.100.2	192.168.100.23	NBNS	92	NaN
321422	2018-01-26 05:56:32.756212	192.168.100.2	192.168.100.23	NBNS	92	NaN
321423	2018-01-26 05:56:32.756212	192.168.100.2	192.168.100.23	NBNS	92	NaN
321424	2018-01-26 05:56:32.756212	192.168.100.2	192.168.100.23	NBNS	92	NaN
321425	2018-01-26 05:56:32.756212	192.168.100.2	192.168.100.23	NBNS	92	NaN
321426	2018-01-26 05:56:32.756212	192.168.100.2	192.168.100.23	NBNS	92	NaN
321427	2018-01-26 05:56:32.756212	192.168.100.2	192.168.100.23	NBNS	92	NaN
321428	2018-01-26 05:56:32.756212	192.168.100.2	192.168.100.23	NBNS	92	NaN
321429	2018-01-26 05:56:32.756212	192.168.100.2	192.168.100.23	NBNS	92	NaN
321430	2018-01-26 05:56:32.756212	192.168.100.2	192.168.100.23	NBNS	92	NaN
321431	2018-01-26 05:56:32.756212	192.168.100.2	192.168.100.23	NBNS	92	NaN
321432	2018-01-26 05:56:32.756212	192.168.100.2	192.168.100.23	NBNS	92	NaN
321433	2018-01-26 05:56:32.756212	192.168.100.2	192.168.100.23	NBNS	92	NaN
321434	2018-01-26 05:56:32.756212	192.168.100.2	192.168.100.23	NBNS	92	NaN
321435	2018-01-26 05:56:32.756212	192.168.100.2	192.168.100.23	NBNS	92	NaN
321436	2018-01-26 05:56:32.756212	192.168.100.2	192.168.100.23	NBNS	92	NaN
321437	2018-01-26 05:56:32.756212	192.168.100.2	192.168.100.23	NBNS	92	NaN
321438	2018-01-26 05:56:32.756212	192.168.100.2	192.168.100.23	NBNS	92	NaN
321439	2018-01-26 05:56:32.756212	192.168.100.2	192.168.100.23	NBNS	92	NaN
321440	2018-01-26 05:56:32.756212	192.168.100.2	192.168.100.23	NBNS	92	NaN
321441	2018-01-26 05:56:32.756212	192.168.100.2	192.168.100.23	NBNS	92	NaN
321442	2018-01-26 05:56:32.756212	192.168.100.2	192.168.100.23	NBNS	92	NaN
321443	2018-01-26 05:56:32.756212	192.168.100.2	192.168.100.23	NBNS	92	NaN
321444	2018-01-26 05:56:32.756212	192.168.100.2	192.168.100.23	NBNS	92	NaN
321445	2018-01-26 05:56:32.756212	192.168.100.2	192.168.100.23	NBNS	92	NaN
321446	2018-01-26 05:56:32.756212	192.168.100.2	192.168.100.23	NBNS	92	NaN
321447	2018-01-26 05:56:32.756212	192.168.100.2	192.168.100.23	NBNS	92	NaN
321448	2018-01-26 05:56:32.756212	192.168.100.2	192.168.100.23	NBNS	92	NaN
321449	2018-01-26 05:56:32.756212	192.168.100.2	192.168.100.23	NBNS	92	NaN
321450	2018-01-26 05:56:32.756212	192.168.100.2	192.168.100.23	NBNS	92	NaN

3 жилийн мэдээллүүд дээр анализ хийж үзэхэд олон дараахи үр дүн харагдаж байна. Мобинетийн сүлжээний алдаа гэмтлийн статистик үзүүлэлт мөн адил илт өсөх хандлагатай байгаа зэрэг нь энэ ажлын үр дүнд харагдаж байна. Түүнчлэн дээрхи статистик үзүүлэлтүүдээс цааш нь нарийвчилсан анализ хийж хөдөө орон нутгийн салбар станцуудын техник технологийн өргөтгөл шинэчлэлтийн ажлуудыг нарийвчилсан судалгаа үндэслэлтэйгээр хийх шаардлагатай болох нь харагдаж байна. Бусад гэмтлүүдийн хувьд 2016 онд 50%, 2017 онд 40% болж буурсан харагдаж байна.

Одон орон геофизикийн хүрээлэнгийн дотоод сүлжээний төгсгөлийн төхөөрөмж дээр wireshark хэрэгсэлийн тусламжтайгаар дотоод сүлжээнд холболт тогтоосон 52 компьютерын сүлжээ дээрх өгөгдөлийн урсгал дээр туршилт болон анализ хийсэн. Үүний үр дүнд тухайн байгууллага дээр мэдээлэлийн алдагдал болон аюулгүй байдлын анхан шатны шинэжилгээ хийгдсэн. Дүн шинжилгээгээр ихэнх компьютерууд хөнөөлт программаар халдварлагдсан, бэктор хөнөөлт программ болох нь тодорхойлогдсон. Хөнөөлт программаар халдварлагдсан компьютерын сүлжээнд холбогдсон хостуудыг тандалт хийдэг. Ингэснээр тухайн байгууллагын хүний нөөц, хувийн мэдээлэл, зарим нууцлалтай файлуудыг ил болгох, хакерууд нэвтэрэх эрсдэлд хүргэж байна. Мөн дундын халдлага буюу (Middle attack) илэрсэн нь facebook, twitter, email хаягын хэрэглэгчийн хувийн мэдээлэл, нэвтрэх эрх, нууц үгийг цуглуулдаг. Байгууллагын дотоод сүлжээ нь дараах 3 дутагдалтай талууд илэрсэн.

1. Компьютерийн дотоод сүлжээ нь нэг Broadcast хаягтай
2. Wifi хэрэглэгчийн нууц ил тод
3. Сүлжээний зохион байгуулалтыг VLAN үүсгэх эсвэл өөр шийдэлээр шийдвэрлэх шаардлагатай.

Судалгааны үр дүнд хөнөөлд нэрвэгдэх магадлалтай хостуудын жагсаалтын хавсралт А үзүүлсэн. Энэхүү дутагдалыг засахын тулд тухайн байгууллагын сүлжээний адимстатор үүрэг оролцоо нэмэгдүүлэх мэдээллийн урсгалын шинжилгээ хийлгэх хэрэгтэй бөгөөд энэхүү магистрын ажлыг үргэлжлүүлэн эрсдэлийн үнэлгээ хийлгэх шаардлагатай. Мөн инженерүүдэд анхан шатны зөвлөмж гаргасан ба facebook, twitter, анхаарал татах төрөл бүрийн линкрүү холболт тогтоох хэрэггүй гэдгийг ажилтануудад анхааруулах хэрэгтэй гэсэн дүгнэлт хүрсэн.

REFERENCES

- [1] Ц. Цэрэндорж, Г. Элдэв-Очир, Статистикийн онол Улаанбаатар, 2005
- [2] Б. Машир Эдийн засгийн судалгаанд индексийн аргыг хэрэглэх нь 1995
- [3] Одон орон геофизикийн хүрээлэнгийн техник мэдээллийн сангийн 2015-2017 оны мэдээ
- [4] J. H. Baxter, *Wireshark Essentials*. Packt Publishing, 2014.
- [5] Y. Orzach, *Network Analysis Using Wireshark Cookbook : Over 80 recipes to analyze and troubleshoot network problems using Wireshark*. Packt Publishing, 2013.
- [6] Anish Nath., *Packet Analysis with Wireshark*. Packt Publishing, 2015.
- [7] “Wireless_Communications_2nd_Edition_1998_-_Rappaport.pdf.” .
- [8] C. Mishra, *Mastering Wireshark : analyze data network like a professional by mastering Wireshark, from 0 to 1337*. .
- [9] D. T. Britt and C. Matthews, “Front cover TCP / IP Tutorial and,” *Contract*, vol. 1, no. December 2006, p. 1004, 2006.
- [10] P. Miller, *TCP/IP : the ultimate protocol guide*. BrownWalker Press, 2009.
- [11] P. Miller, *TCP/IP : the ultimate protocol guide : complete 2 volume set*. Brown Walker Press, 2010.

Байгууллагын дотоод сүлжээн дэх хөнөөлт программыг илрүүлэх нь

Д.Бямбадорж¹, 2Б.Өсөхбаяр², С.Байгальтөгс³,

¹Физик электроникийн тэнхим, Улаанбаатрын Их Сургууль

²ХШУИС, МУИС

³ Хүмүүнлэгийн Ухааны Их Сургууль

Улаанбаатар хот, Монгол улс

pheelectro2013@gmail.com, baigaltugs.s@humanities.mn

Хураангуй— Халдлага илрүүлэх системийг сүлжээнд суурилсан болон хостод суурилсан гэж ангилдаг. Энэхүү судалгааны ажилд хост суурилсан халдлага илрүүлэх аргыг судалж. Халдлага илрүүлэх алгоритм зохиосон. Алгоритмын дагуу халдлага илрүүлэх програм хангамжийг C# хэл дээр зохиож. DoS төрлийн халдлага илрүүлэх програм хөгжүүлэн, туршилт хийж програмыг тестэлсэн үр дүнг танилцуулна.

Түлхүүр үг: Халдлага илрүүлэх систем, DoS attack, SYN-Flood

I. ОРШИЛ

Компьютерийн дотоод сүлжээнд холбогдсон хостуудад суулгасан лицензгүй программ хангамжийн хор хөнөөлөөс улбаалан сүлжээний ачааллыг нэмэгдүүлж интернетийн хурдыг багасгах хор хөнөөлтэйгээс гадна, сүлжээний тоног төхөөрөмжүүдийн үйл ажиллагааг доголдуулдаг. Хөнөөлтэй программ нь компьютерд нэгэнт халдварлагдсан тохиолдолд программд агуулагдаж байгаа хор хөнөөл учруулах зорилготой кодын зааврын дагуу үйл ажиллагаа [1] хийдэг. Иймд нэгэнд халдварлагдсан хост сүлжээ болон системийн үйл ажиллагаа доголдох бүрийд администраторууд сүлжээгээр дамжиж байгаа өгөгдөл болон төхөөрөмжийн аюулгүй байдлыг сайжруулах зорилгоор янз бүрийн аргачлал ашигласнаар эргээд сүлжээний ачааллыг нэмэгдүүлэх, интернет хурдыг багасгах эрсдэлтэй [2] байдаг. Дээрх хүчин зүйлс нь тухайн байгууллагын сүлжээгээр дамжин сүлжээнд холбогдсон хостууд халдлагад өртөх аюултай байдаг. Уг судалгааны ажил нь үндсэн хоёр хэсгээс бүрдэж байгаа. Үүнд:

- “Одон орон геофизик” хүрээлэнгийн компьютерийн дотоод сүлжээгээр дамжиж байгаа өгөгдлийг хуулбарлан авч цуглуулж анализ хийх
- Тухайн байгууллагын хостуудад халдлага илрүүлэх программыг суулгаж туршиж үзсэн

Дээрх хоёр туршилтын аргачлалаа хооронд нь харьцуулснаар халдлагын танилт хэр үр дүнтэй болохыг тодорхойлох юм.

II. ХАЛДЛАГА ИЛРҮҮЛЭХ СИСТЕМИЙН ХӨГЖҮҮЛЭЛТ

Судалгаанд ашиглагдаж байгаа программаа бичихдээ C# программчлалд түгээмэл ашигладаг үйлдлийн системийн сангийн файл болох WS2_32.DLL-ын Bind, Send, Recv, connect функц болон флаг битийн шинж чанар дээр тулгуурлан халдлага илрүүлэх системийн хөгжүүлэлт хийсэн. Сүлжээгээр дамжиж байгаа өгөгдлөөс халдлага болон хөнөөлт программыг илрүүлэхдээ гажуудал буюу (anomaly) ашигласан. Уг аргачлалыг ашиглан хуулбарлан авсан сүлжээний өгөгдлөөс хөнөөлт программ болон халдлагатай IP хаягийг логин файлд бүртгэж авах юм.

- Bind функц нь портны дотоод хаяг болон холбогдсон хаягийн жагсаалтуудыг ашигладаг[3].
- Send функц нь алсын зайнаас холбогдсон хост уруу өгөгдөл илгээдэг. Хөнөөлт программ нь өгөгдөл илгээхдээ алсын зайнаас команд болон сервер төхөөрөмжүүдийг ихэвчлэн ашигладаг [3].
- Recv функц нь алсын зайнаас холбогдсон хостоос өгөгдөл хүлээн авдаг. Хөнөөлт программ нь өгөгдөл илгээхдээ алсын зайнаас команд болон сервер төхөөрөмжүүдийг ихэвчлэн ашигладаг[3].

Connect функц нь алсын зайнаас холболт хийхэд хэрэглэдэг. Хөнөөлт программ нь доод түвшний командын кодоор сервер болон удирдлагыг ихэвчлэн [3] ашигладаг.

III. СУДАЛГААНЫ АРГА ЗҮЙ

Халдлага илрүүлэх системийг сүлжээнд суурилсан болон хостод суурилсан гэж үндсэн хэсгээс бүрдэх

бөгөөд халдлага дайралтыг илрүүлэхдээ синатюраар илрүүлэх болон гажилтаар илрүүлэх гэсэн үндсэн техникт тулгуурлаж илрүүлдэг[4]. Синатюрд тулгуурласан халдлага илрүүлэх систем нь санд хадгалагдсан халдлагын сигнатурыг сүлжээний урсгалтай харьцуулалт хийх аргачлалаар [5] илрүүлдэг. Гажилтаар (Anomaly) нь илрүүлэх техник нь шинээр гарч байгаа халдлагуудыг боломжтой бөгөөд синатюраар илрүүлэх техникээс [6]. давуу талтай. Сүүлийн үед гажилтаар илрүүлэх техникт өгөгдөл олборлох техник болон сурдаг машиныг хэрэглэх судалгаа эрчимтэй хийгдэж байгаа үр дүн нь практикт нэвтэрч хэрэглээ болоогүй [7]. байна. Уг ажлын хүрээнд “Одон орон геофизик” хүрээлэнгийн компьютерийн дотоод сүлжээний өгөгдлийг WireShark хэрэгслээр хуулбарлан авч цуглуулахдаа acer брэндийн CPU Core 2 Duo 2.0Ghz, RAM 4 GB, 1Gbps сүлжээний карт бүхий физик машин дээр виндоус 7 үйлдлийн систем суулгасан нөүтбүүкээр түүврийн аргаар сүлжээнд идэвхтэй байгаа ажилчдын 52 компьютер дээр анализ хийсэн. Мөн түүнчлэн 20 компьютерд халдлага илрүүлэх прогаммаа суулгаж туршилт хийсэн. Нийт 52 компьютерийн сүлжээний өгөгдөл болон 20 компьютерд суулгасан халдлага илрүүлэх системийн өгөгдөлтэй харьцуулалт хийсэн. Халдлага илрүүлэх системийн туршилтын эхний ажил бол туршилтад ашиглах онцлог шинж болон өмнөх судалгааны ажлууд дээр тулгуурлан дараах протоколуудыг сонгосон.Үүнд:

- Холболтын хугацаа
- Протокол
- Порт / төрөл
- Илгээгч болон хүлээн авагч
- Сүлжээний урсгалыг цуглуулах;
- Тодорхой порт, протокол, хаяг дээр шүүлт хийх;
- Сэжигтэй пакет болон ачаалаж байгаа программын лог мэдээллийг бичих гэсэн мэдээллийг ашигласан. Сүлжээнд учирсан асуудлыг илрүүлж засварлах.
- зөвшөөрөгдсөн өгөгдөл мөн эсэх, сүлжээнд хор хөнөөл учруулахаар өгөгдөл явж буй эсэхийг шалгадаг.
- Програм хангамжийн ажиллагааг шалгах. Шинээр зохиосон програм хангамж нь сүлжээгээр өгөгдлийн дамжуулалт зөв хийж буй эсэхийг шалгадаг.

IV. ТУРШИЛТЫН ҮР ДҮН

Халдлага илрүүлэх загвар прогарммыг ачаалласны дараа сүлжээгээр дамжиж байгаа өгөгдлийг хуулбарлан авч нарийн дүн шинжилгээ хийх боломжтой. Дүн шинжилгээ хийсний дараа тухайн

пакет дээр халдлага илрүүлэх процесс ажилласнаар халдлагын хэв шинжийг агуулсан байвал тухайн пакетыг халдлага гэж үзэж гаралтын модуль буюу лог файлд мэдээллийг бичнэ.

No	Угсаа	Илгээгчийн IP хаяг	Илгээгдсэн порт	IP хаяг лалт	Очих порт	Протокол	Пакетын байдал
1	19.42.46.567	192.168.10.253	61350	124.158.127.12	53	UDP	61
2	19.42.46.667	192.168.10.253	61351	172.217.24.206	443	UDP	1378
3	19.42.46.916	192.168.10.253	61351	172.217.24.206	443	UDP	67
4	19.42.46.921	192.168.10.253	61351	172.217.24.206	443	UDP	910
5	19.42.46.926	192.168.10.253	61351	172.217.24.206	443	UDP	52
6	19.42.47.162	192.168.10.253	61351	172.217.24.206	443	UDP	66
7	19.42.47.244	192.168.10.253	61351	172.217.24.206	443	UDP	66
8	19.42.47.310	192.168.10.253	61351	172.217.24.206	443	UDP	66
9	19.42.49.206	192.168.10.253	6617	31.13.95.8	443	TCP	381
10	19.42.49.389	192.168.10.253	6617	31.13.95.8	443	TCP	52
11	19.42.50.544	192.168.10.253	61351	172.217.24.206	443	UDP	528
12	19.42.50.627	192.168.10.253	61351	172.217.24.206	443	UDP	66
13	19.42.54.909	192.168.10.253	50873	172.217.25.3	443	UDP	51
14	19.42.57.87	192.168.1.1	0	224.0.0.1	0	IGMP	32
15	19.42.57.115	192.168.1.1	0	224.0.0.1	0	IGMP	32
16	19.42.57.302	192.168.10.12	0	224.0.0.251	0	IGMP	32
17	19.43.01.273	192.168.10.102	0	224.0.0.252	0	IGMP	32
18	19.43.02.272	192.168.10.102	0	239.255.255.250	0	IGMP	32
19	19.43.05.545	192.168.10.253	61351	172.217.24.206	443	UDP	51
20	19.43.06.122	192.168.10.253	6275	64.233.189.188	5228	TCP	41

Зураг 1. Халдлага илрүүлэх программын дэлгэцийн харагдах байдал

Дээрх халдлага илрүүлэх системийг урьдчилан туршиж үзсэний дараа тус программыг Одон орон геофизик” хүрээлэнгийн 20 компьютер суулгаж туршиж үзсэн. Туршилтын үр дүнг хүснэгт 1-д үзүүлэв. Халдлага илрүүлэх туршилтын программын лог бүртгэлд бүргэгдсэн хөнөөлтэй програмууд системийн аль хэсэгт нөлөөлж байгааг судалсан. Тухайн хөнөөлтэй программ системийн аль хэсэгт халдварлагдсан байгаа болон халдлагатай домайн хаягийг хүснэгт 1-д харууллаа. Дээрх хүснэгт 1-д үзүүлсэн жагсаалтууд нь халдлага илрүүлэх программ туршилтын программаар илрүүлсэн хөнөөлт программ болон домайн хаягуудийг WireShark хэрэгслээр хуулбарлан авсан өгөгдөлтэй харьцуулан үзсэний дараа домайн хаяг болон хөнөөлт программуудыг нарийн судлахын тулд www.virustotal.com сайтаар шалгаж үзсэн. Тухайн халдлага илрүүлэх туршилтын программ нь бусад халдлага программын үр дүнтэй харьцуулан үзэхэд туршилтаар хийсэн хөнөөлт программын илрүүлэлт үр дүнтэй болох харагдаж байна.

Хүснэгт 1. Халдлага илрүүлэх программын илрүүлэлтийн үр дүн

Системийн файл болон Домайн хаяг	Malware gen	Trojan	Worm	Middle attack	Backdoor
C:\ProgramFiles\Google\Chrome\Application\chrome.exe	x		x	x	x
http://scontent.fuln7-1.fna.fbcdn.net/			x	x	x
C:\windows\temp\svchost.exe	x	x	x	x	x
fe-self003.nos-avg.cz			x		x
C:\ProgramFiles\Dropbox\Dropbox LAN	x	x	x		x

- [7] Lee, W., S.J. Stolfo, and K.W. Mok (1999a, 9-12 May) A Data mining framework for building intrusion detection models. In Proc. Of the 1999 IEEE Symp. on Security and Privacy, Oakland, CA, pp. 120-132 IEEE Computer Society Press.

ДҮГНЭЛТ

Энэхүү судалгааны ажлаар хостод суурилсан халдлага илрүүлэх туршилтын программ болох хөнөөлт программ болон халдлагатай IP хаягийг илрүүлэх хосолмол загварын программ бий болгож байга юм.

Уг туршилтын программын нэгэн давуу тал нь хөнөөлт код болон хөнөөлт программыг илрүүлэхдээ WS2_32.Dll үйлдлийн системийн сангийн файлыг ашигласнаар халдлага илрүүлэх туршилтын программыг туршиж үзэх боломжтой болсон. Уг судалгааны ажлын үр дүнд халдлага илрүүлэх загвар программ нь хөнөөлт программ болон халдлагатай IP хаягийг богино хугацаанд таних боломжтой болох нь харагдаж байна. Цаашид уг туршилтын программыг сервер компьютер уруу лог бүртгэлийн мэдээлэлийг илгээдэг болгох зэрэг программын хөгжүүлэлт хийх боломжтой.

REFERENCES

- [1] MMT2015 “Троян хөнөөлтэй программын шинжилгээ” Д.Бямбадорж, Б.Өсөхбаяр, Ж.Нямжав. 2015 он
- [2] MMT2015 “Хиймэл оюуны хэрэгсэл ашиглан сүлжээний урсгалыг шинжлэх”. Н.Угтахбаяр, 2015 он
- [3] “Malware Analysis Challenge III” – Dean De Beer. 2007
- [4] MMT2015 Сурдаг машинд суурилсан халдлага илрүүлэх систем. Б.Өсөхбаяр, Ж.Нямжав. 2015 он
- [5] Сигнатурт тулгуурласан сүлжээний халдлага илрүүлэх систем хөгжүүлэх нь. Ч. Эрдэнэбат ШУТИС, КТМС, КУСалбар
- [6] Robert Mitchell, Ing-Ray Chen A survey of intrusion detection techniques for cyber –physical system April 2014 ACM Computing Surveys Volume 46 Issue 4

Эх хэлний үүсгүүр, машин сургалт ашиглан харилцан ярианы агентыг хялбар хэрэгжүүлэх нь

М.Эрхэмбаатар*, Ч.Алтангэрэл†
МУИС-ХШУИС,

Мэдээлэл, Компьютерийн Ухааны Тэнхим

* erkhemee@on-air.mn † altangerel@seas.num.edu.mn

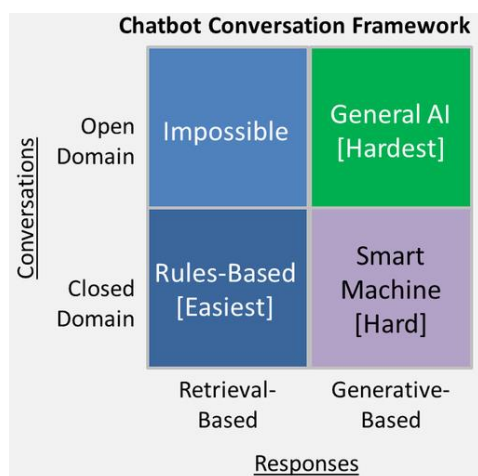
Хураангуй—Эх хэлний үүсгүүрээр машин сургалтын өгөгдлийн санг үүсгэж, даалгавар хандалтат харилцан ярианы агент (ХЯА) буюу захиалга хүлээн авагч жишээ чатботыг машин сургалт, эх хэл боловсруулалтын сан зэрэг хэрэгслүүдийг ашиглан хурдан, хялбар аргаар хэрэгжүүлж туршив.

Түлхүүр үг— Харилцан ярианы агент, чатбот, Эх хэлний үүсгүүр, машин сургалт, автомат хариулагч.

I. ОРШИЛ

ХЯАгентыг хэрэгжүүлэх хамгийн түгээмэл аргачлалууд нь харилцан ярианы өгүүлбэрийн текстүүдийг шигтгэж (embed) вектор болгон хувирган боловсруулах бөгөөд олон үгнээс тогтох хэллэг нь гол сорилт болно.

ХЯАгент нь ажиллагааны хувьд хайлтад тулгуурласан (retrieval-based) болон үүсгэвэрт тулгуурласан (generative-based), мэдээлэл өгөгдлийн цар хүрээний хувьд хаалттай сэдвийн (closed-domain) буюу хязгаарлагдмал болон нээлттэй сэдвийн (open-domain) буюу хязгаарлагдмал бус гэсэн 2 үндсэн төрөлд хуваагдах ба зураг 1-т харуулав.



Зураг 1. ХЯАгентын бүтэц

ХЯАгентыг практикт бодит хэрэглээнд зориулан хэрэгжүүлэхэд дараах шаардлагууд тавигдаж байна:

1. *Хэрэгжүүлж, ашиглахад энгийн хялбар байдал (Simplicity)*

Ярианы өгүүлбэрүүдийг урьдчилан тодорхойлсон загвараар эх хэлний үүсгүүр ашиглан автоматаар өгөгдлүүдийг үүсгэх арга боловсруулсан нь машин сургалтын оролтын өгөгдлүүдийг их хэмжээгээр хялбархан үүсгэж ашиглах боломжтой болсон.

2. *Ашиглалтын найдвартай байдал (Robustness)*

Техник хэрэгсэл болон программ хангамж бүхий сан, код, эх хэлний загвар, машин сургалтаар үүссэн загвар баазын ажиллагааны найдвартай, тогтвортой ажиллах чадвар, системийн ажиллагааны төлөв, тэдгээрийн хяналт, үзүүлэлтүүд зэрэг нь энд хамаарна.

3. *Уян хатан байдал (Flexibility)*

Хэрэглэгчдийн түгээмэл хэрэглэдэг FB messenger, Telegram, Slack, WeChat, KakaoTalk зэрэг мессенжер платформ руу болон гар утасны SMS, апп, веб чат хуудас руу API үйлчилгээгээр холбогдох хялбар шийдэл, ярианы архив үүсэх (logging) зэрэг ажиллагаа хамаарна.

4. *Дахин ашиглагдах байдал (Reproducibility)*

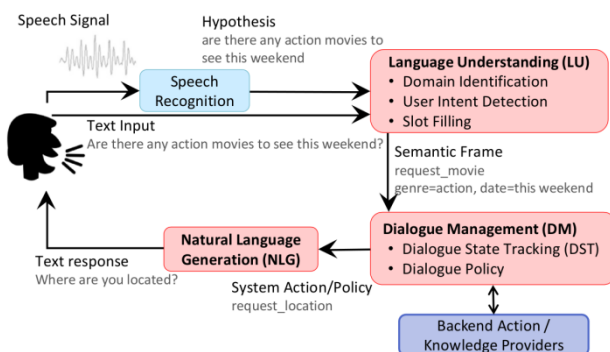
Ярианы хэлцүүдийн загваруудыг бусад ХЯАгентуудад дахин ашиглах боломжтой бөгөөд жишээ нь мэндлэх, хэрэглэгчийн ерөнхий мэдээллийг асуух зэрэг загвар, бэлдцүүд нь бусад өөр даалгаврын агентуудад давхар ашиглана.

5. *Хялбар өргөтгөгдөх байдал (Expandability)*

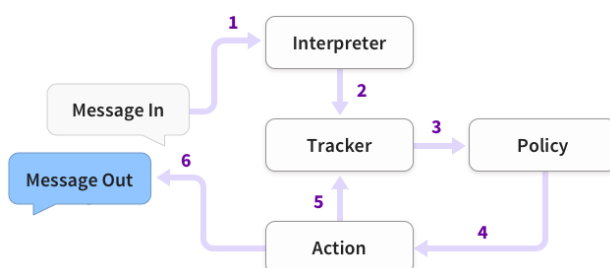
Тухайн зорилго, даалгаврыг хүсэж буй сэдэв, ярианы хэлц өгүүлбэрийг ойролцоо утгатай үгсээр загвар ашиглан хялбар өргөтгөх аргачлал нь системд шинэ сэдэв, яриаг нэмж оруулахад программчлалын нэмэлт код бичилгүйгээр ажиллах, олон хэрэглэгчтэй ажиллахад системийн даах ачааллыг нэмэгдүүлэх зэрэг боломжийг олгоно.

II. ХАРИЛЦАН ЯРИАНЫ АГЕНТ

Даалгавар хандалтат (*task-oriented*) ХЯАгентууд нь урьдчилан тодорхойлсон сургалтын өгөгдөл бүхий дүрэм, сэдэв, яриа, байрлалын дүүргэлт, даалгавар зэрэг хэсгүүдээс бүрдсэн байдаг тул харьцангуй алдаа бага гардаг ба олон нийтийн хэрэглээнд идэвхтэй ашиглагдаж буй өнөөгийн ихэнх бүтээгдэхүүн, үйлчилгээнүүд энэ төрлийн системд хамаарч байна.



Зураг 2. Дүрэмд тулгуурласан ХЯАгентын бүрэлдэхүүн хэсгүүдийн ерөнхий бүтэц



Зураг 3. ХЯАгентын оролт, гаралт, ажлын дараалал

Хэрэглэгчээс ирсэн оролтын мессеж, ярианы өгүүлбэр нь 1) Interpreter руу дамжуулагдаж intent, entry болон бусад бүтэцлэгдсэн мэдээлүүд болж задарна. 2) Tracker хэсэгт ярианы төлөв байдлыг нь тодорхойлно. 3) Policy хэсэгт тухайн ярианы төлөв байдлыг хүлээн авна. 4) Дараагийн үйлдэлд тохирох хариултыг боловсруулж өгнө. 5) Сонгогдсон хариу үйлдэл нь Tracker хэсэг руу дамжуулагдаж хадгалагдана. 6) Сонгогдсон хариу үйлдлийг гүйцэтгэнэ (Хэрэглэгчид хариулт мессеж өгнө) 7) Хэрвээ тухайн үйлдэл амжилтгүй болвол 3-р алхам руу шилжинэ.

1. ЭХ ХЭЛНИЙ УТГЫГ ОЙЛГОХ

1) *Сэдэв танилт (Domain identification)* нь

2) *Зорилго илрүүлэлт (Intent detection)* нь урьдчилан тодорхойлсон бүдүүвч (predefined schema), текст корпус үүсгэх шаардлагатай. Жишээ нь,

Өгүүлбэр -> *Би итали пицца захиалъя*

Зорилго -> *"пицца_захиалах"*

Байрлалын дүүргэлт: { төрөл: "итали" }

Байрлалын дүүргэлт (Slot-filling) нь оролтын өгүүлбэрээс хэрэгцээт параметруудийг ялгаж авах ба үүнд урьдчилан тодорхойлсон бүдүүвч (predefined schema) үүсгэнэ. Хүснэгт 1-д жишээ харуулав.

Хүснэгт 1
Байрлалын дүүргэлт, IOB TAG жишээ

Өгөгдсөн өгүүлбэр	Өвөр	Монгол	хоол	захиалъя
Нэршлийн таар (Entity tag)	B-food	I-food	O	O
Байрлалын таар (Slot tag)	B-type	I-type	O	O

2. ЯРИАНЫ УДИРДЛАГА

1) *Нөхцөл байдлын хяналт (State tracking)* нь төлөвүүдийг урьдчилан тодорхойлох шаардлагатай ба тухайн зорилго (intent) бүр дээр урьдчилан холбоос үүсгэнэ.

2) *Ярианы бодлого (Dialogue policy)*

ХЯАгентын үйлдлүүдийн ярианы бодлого нь хэрэглэгчид хариу өгөхдөө,

- мэдээлэл өгөх (*Inform*),

- нэмэлт мэдээлэл лавлан асуух (*Request*),

- бататгах асуулт (*Confirm*) гэх мэт хэлбэртэй ярианы өгүүлбэр үүсгэхийг хэлнэ. Жишээ нь,

Request(size) → "Та ямар хэмжээтэйг захиалах вэ?"

3) ЭХ ХЭЛНИЙ ҮҮСГҮҮР

Тухайн нөхцөл, шаардлагын дагуу хэрэглэгчтэй харилцах яриаг үүсгэх гаралтын хэсэг бөгөөд утгын хүрээг (semantic frame) эх хэл рүү холбох функц байна [19]. Жишээ нь,

Confirm(type=Итали) → Та итали пицца захиалах уу?

Эх хэлний яриаг үүсгэх хамгийн түгээмэл ашиглагддаг нэг хувилбар нь урьдчилан бэлтгэсэн загвар (Template-Based NLG) ашиглах хэлбэр юм.

Давуу тал нь энгийн, алдаагүй, удирдахад хялбар.

Сул тал нь үүсгэх болон нэмж өргөтгөхөд гар ажиллагаа, цаг хугацаа их зарцуулдаг.

III. ХЭРЭГЖҮҮЛЭЛТ

1. СИСТЕМИЙН БҮТЭЦ

Уг сан нь эх хэл боловсруулалтын практик хэрэглээнд зориулж программчлалын Cython хэл дээр хэрэгжүүлсэн тул хурдан ажиллагаатай.

ХҮСНЭГТ 2
СИСТЕМИЙН БҮРЭЛДЭХҮҮН ХЭСГҮҮДИЙН ДАВХАРГА

	Бүрэлдэхүүний давхарга	Ашигласан хэрэгсэл
10	Хэрэглэгчтэй харилцан холбогдох хэсэг	CUI: FB messenger, Slack, Telegram, Webchat
9	API веб үйлчилгээ	RESTful: NodeJS, Nginx
8	Админ удирдлагын график интерфэйс	NodeJS
7	Харилцан ярианы агент	spaCy, Python, NodeJS
6	Эх хэлний үүсгүүрийн загвар сан	NodeJS, JSON templates
5	Машин сургалт хийгдэх эх хэлний өгөгдлийн сан	BoW, N-Gram, Word2Vec, GloVe, ConvNN, RNN, ...
4	Эх хэл боловсруулалтын сан	spaCy, Python, Cython
3	Машин сургалтын сан	Keras: Scikit-learn, Tensorflow
2	Параллель тооцоолуур, хурдасгуур төхөөрөмж	CUDA, Nvidia GPU, ...
1	Үйлдлийн систем, Сүлжээ	Linux (MN utf-8 locale), TCP/IP

1-3 нь техник төхөөрөмж, үйлдлийн систем, сүлжээний түвшин буюу систем инженерүүдийн ажиллах хэсэг.

3-5 нь Эх хэл боловсруулалт, машин сургалт зэрэг компьютерийн ухаан, Хиймэл оюун ухааны түвшин буюу судлаачдын ажиллах хэсэг.

6-8 нь Машин сургалтын өгөгдөл үүсгэх, ХЯАгентыг программчлах, удирдах зэрэг дата оператор, судлаач хөгжүүлэгчдийн ажиллах хэсэг.

9-10 нь Хэрэглэгчтэй харилцан холбогдох веб хөгжүүлэгчдийн ажиллах хэсэг.

2. spaCy¹: ЭХ ХЭЛ БОЛОВСРУУЛАЛТЫН САН

Уг сан нь эх хэл боловсруулалтын практик хэрэглээнд зориулж программчлалын Cython хэл дээр хэрэгжүүлсэн тул хурдан ажиллагаатай, мөн машин сургалт, гүн сургалт, үгийн аймгийн тэмдэглэгээ (PoS tagging), нэрлэсэн нэгжийн тэмдэглэгээ (NER tagging), Word2Vec, Glove зэрэг баялаг хэрэгсэлтэй ахисан түвшний сан юм. Уг сан дээр Монгол кирилл хэл бичгийг нэмж оруулан туршсан ба цаашид улам сайжруулахаар ажиллаж байна.

3. ЭХ ХЭЛНИЙ ҮҮСГҮҮР

Сэдэв, зорилго, яриа зэргийг урьдчилан тодорхойлсон DSL (*domain-specific language*) загваруудыг үүсгэх бөгөөд энэ нь машины сургалтын өгөгдлийг бэлтгэх нүсэр гар ажиллагааг хөнгөвчилж хялбаршуулах зорилготой.

1) Пицца захиалах хэлцийг тодорхойлох жишээ загвар:

%[үйлдэл] - Үйлдлийг тодорхойлж буй хэлц.

~[бүлэг] - ойролцоо утгуудын бүлэг.

~[бүлэг?] - асуултын тэмдэг нь тухайн бүлэг үгс ярианы өгүүлбэрт орохгүй байж болохыг илэрхийлнэ.

@[байрлалын дүүргэлт] - Уг утга нь өгүүлбэрт буй байрлалын дүүргэлт утга буюу параметруудийг заана.

%[pizzaOrder]
~[greet?] @[size?] @[type?] ~[pizza] ~[order]

~[greet]
сайн байна уу
сайн уу

@[size]
том
жижиг

@[type]
~[italian]
мексик
~[topping]

~[pizza]
пицца

~[order]
захиалъя
захия
авъя

~[italian]
итали
италийн

~[topping]
бяслаг
хиам
сийр

2) Захиалга хүлээн авах хялбар ХЯАгентын ярианы сэдэв, үг хэллэг, үйлдэл, төлөв, байрлалын дүүргэлт буюу параметруудийг тодорхойлох загварын хялбар жишээ:

intents: /хэллэгүүдийг тодорхойлох/
 - order_pizza /пицца захиалах хэлцийн загвар/
 - greet /мэндлэх хэлцийн загвар/

entities: /байрлалын дүүргэлтийг тодорхойлох/
 - size /пиццаны хэмжээ/
 - toppings /пиццаны төрөл/

slots: /параметруудийг тодорхойлох/
 size:
 type: text
 toppings:
 type: text

templates: /Хэллэгийн загварууд/
 utter_greet:
 - 'Сайн байна уу, Танд юугаар туслах вэ?'
 - 'Тань энэ өдрийн мэнд хүргэе, Танд туслах даа таатай байна.'
 utter_get_pizza_size:
 - 'Ямар хэмжээтэй пицца захиалах вэ?'
 utter_get_pizza_toppings:
 - 'Та пиццан дээр юу тавиулах вэ? Хиам, бяслаг, сийр?'

actions: /Үйлдлүүдийг тодорхойлох/
 - utter_greet
 - utter_get_pizza_size
 - utter_get_pizza_toppings
 - actions.ActionOrderPizza /Захиалгыг гуравдагч систем руу дамжуулах үйлдэл/

3) Харилцан яриануудын боломжит хувилбаруудын загварыг тодорхойлох хялбар жишээ:

#version 01 /мэндлээд, шууд захиалгаа авна/
 * _greet /мэндлэнэ/
 - utter_greet
 * _order_pizza /захиалах пиццаны хэмжээг асууна/
 - utter_get_pizza_size
 * _order_pizza /пиццаны төрлийг асууна/
 - utter_get_pizza_toppings
 * _order_pizza /захиалгыг авч, цааш дамжуулна/
 - action_order_pizza

#version 02 /мэндлэлгүйгээр, шууд захиалгаа авна/
 * _order_pizza /захиалах пиццаны хэмжээг асууна/
 - utter_get_pizza_size
 * _order_pizza /захиалгыг авч, цааш дамжуулна/
 - action_order_pizza

4. МАШИН СУРГАЛТ, ХЭЛЛЭГИЙН ЗАГВАРУУД

ХЯАгент нь тухайн сэдвийн ярианы өгүүлбэр хэллэгүүдийн текстийг ангилах (utterance classification) ажиллагаа болно.

Текст корпусын u_i өгүүлбэр, харгалзах c_i ангилал бүхий $D = \{(u_1, c_1), \dots, (u_n, c_n)\}$ өгөгдөл өгөгдөх ба, $c_i \in C$ үед, шинэ өгүүлбэр u_k -г тохирох ангилалд хамааруулах машин сургалт хийгдэнэ. Жишээ нь,

Киноны сэдэв: {Кино_хайх, Билет_захиалах, ...}
 Зоогийн газар сэдэв: {Ресторан_хайх, Ширээ_захиалах} гэх мэтчилэн урьдчилан бэлтгэнэ.

Машин сургалт нь CNN, RNN, LSTM гэх мэт төрлийн нэйрон сүлжээ бүхий өндөр үр дүнтэй аргачлалууд сүүлийн үед олноор боловсруулагдан гарч байгаа ба тэдгээрээс судлаач Жэйсон Уильямс нарын боловсруулсан Hybrid Code Networks (HCN) аргачлал нь [1] бусад RNN end-to-end аргачлалтай харьцуулбал сургалтын өгөгдөл бага шаарддаг, тухайн сэдвийн мэдлэг (domain-specific knowledge), системийн үйлдлүүдийн загваруудыг (system action template) нэгтгэсэн хувилбар бөгөөд харилцан яриаг ангилахдаа зааварлагчтай сургалт (supervised learning), дахин баталгаажуулах сургалт (reinforcement learning) аргуудыг тус тусад болон хамтад нь ашиглан ажиллагааг сайжруулах боломжтой байдгаараа давуу талтай байна [1].

Уг аргачлал нь ХЯАгентыг хялбар буюу бэлтгэл ажиллагаа багатайгаар практик хэрэглээнд нэвтрүүлэх зорилготой боловсруулагдсан бөгөөд өмнө тодорхойлсон загваруудаас машин сургалтын өгөгдлүүдийг автоматаар ялган гаргаж авах ба ярианы төлөв (state tracking), бодлого (policy), байрлалын дүүргэлтүүд (slot filling) зэргийг DSL загвар, дүрмийн дагуу гаргаж авна.

Мөн харилцан ярианы асуултад тохирох хариултуудыг интерактив байдлаар шууд системд алхам алхмаар шууд зааварлан оруулах байдлаар машин сургалтын өгөгдлийг үүсгэн, нарийвчлах боломжтой [2].

5. АЖИЛЛАГАА

Хүснэгт 3
 жишээ, ЗАХИАЛГА ХҮЛЭЭН АВЧ БҮЙ ХАРИЛЦАН ЯРИА

Харилцан яриа	Intent, Slots
User: Сайн байна уу?	Intent=greeting
Bot: Сайн байна уу, Танд юугаар туслах вэ?	Response(greeting)
User: Би пицца захиалах гэсэн юм	Intent=pizzaOrder
Bot: Ямар хэмжээтэй пицца захиалах вэ?	Request(size)
User: том	Slot(size=big)
Bot: Ямар төрлийн пицца захиалах вэ?	Request(type)

Харилцан яриа	Intent, Slots
Хиа, Бяслаг, Сийр, Үхрийн махтай?	
User: Хиа нь болж байна	Slot(type=ham)
Bot: Таны захиалгыг хүлээн авлаа. Манайхаар үйлчлүүлсэнд баярлалаа!	Action(orderPizza)

ТОВЧИЛСОН ҮГСҮЙН ЖАГСААЛТ

ХЯА Харилцан Ярианы Агент
 API Application Programming Interface
 DSL Domain-Specific Language
 CNN Convolutional Neural Network
 RNN Recurrent Neural Network
 LSTM Long Short-term Memory

НОМЗҮЙ

- [1] J. D. Williams, K. Asadi, and G. Zweig. Hybrid code networks: practical and efficient end-to-end dialog control with supervised and reinforcement learning. *arXiv preprint arXiv:1702.03274*, 2017.
- [2] J. D. Williams and L. Liden. Demonstration of interactive teaching for end-to-end dialog control with hybrid code networks. In *Proceedings of the 18th Annual SIGdial Meeting on Discourse and Dialogue*, pages 82–85, 2017.