



# 2023

## ЦАХИМ ШИЛЖИЛТ

Монголын Мэдээллийн Технологийн  
10 дахь удаагийн хурлын эмхэтгэл  
5-р сарын 12, 2023, Улаанбаатар хот

- ◆ Цахим шилжилт
- ◆ Холбоо, сүлжээ, мэдээллийн аюулгүй байдал
- ◆ Электрон систем, дохио боловсруулалт
- ◆ Тооцоолол, Мэдээллийн Технологийн Хэрэглээ
- ◆ Хиймэл оюун ухаан
- ◆ Сургалтын салбар: Блокчэйн, цахим шилжилт

# МОНГОЛЫН МЭДЭЭЛЛИЙН ТЕХНОЛОГИ – 2023

Монгол улс, Улаанбаатар хот  
2023 оны 05 сарын 12

---

© Copyright 2023, ММТ

Энэхүү эмхэтгэлийг хуулбарлах, олшруулах, хэвлэхийг  
“Зохиогчийн эрхийн тухай хууль”-аар хориглоно.

[www.mmt.edu.mn](http://www.mmt.edu.mn)

Хавтасны дизайн: Э.Цэцэгжаргал  
Хэвлэлийн эх бэлтгэсэн: Б.Мөнхтулга  
Редактор: Б.Ганбат /Доктор, профессор/

Удам соёл хэвлэх үйлдвэрт хэвлэв.

## МЭНДЧИЛГЭЭ

“Монголын Мэдээллийн Технологи-2023” 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 10 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 хөтөлгөч 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.

Мэдээллийн технологи салбарын эрчимтэй хөгжил, технологийн хувьсгалын үед ээлжит Монголын Мэдээллийн Технологи-2023 хурлаа “Цахим шилжилт” сэдвээр зохиож илтгэл хэлэлцүүлж буйгаараа онцлог юм.

Энэ удаагийн хурлаар “Цахим шилжилт”, “Холбоо, сүлжээ, мэдээллийн аюулгүй байдал”, “Электрон систем, дохио боловсруулалт”, “Тооцоолол, Мэдээллийн технологийн хэрэглээ”, “Хиймэл оюун ухаан” салбар хуралдаанаар эрдэм шинжилгээний өгүүллүүд хэлэлцүүлэхээс гадна “Блокчэйн, цахим шилжилт” 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-ХШУИС-ийн захирал Д.БЯМБАЖАВ

## ӨМНӨТГӨЛ

Монгол улсын засгийн газар “Шинэ сэргэлт”-ийн бодлогыг хэрэгжүүлж байна. Энэ бодлогын хэрэгжилтийн нэг гол тулгуур нь төрийн бүх байгууллагын үйл ажиллагаанд цахим шилжилт хийж, түүнийг төрийн үйлчилгээний чанар, хүртээмж, ил тод, нээлттэй байдлыг дээшлүүлж, Монголын нийгэмд нүүрлэсэн авлига, хээл хахуулыг багасгах арга зам гэж харж байна.

Иймийн учир Монголын мэдээллийн технологийн консорциум уламжлалт эрдэм шинжилгээний хурлынхаа энэ жилийн онцлох сэдвийг “Цахим шилжилт” хэмээн томъёолж байна. Өнөөдрийн ММТ-2023 хурлыг манай ууган их сургууль болох МУИС өөрийн номын их өргөөндөө гардан зохион байгуулж байна. Хуралт онцлох болон мэдээлэл, харилцаа холбооны бүхий л чиглэлээр олон арван бүтээл ирснийг хурлын хөтөлбөрийн хороо, салбарын тэргүүлэх эрдэмтдийн оролцоотой шүүн тунгааж, оюуны өргөн хэлэлцүүлэгт оруулахаар бэлтгэл ажлыг хангаад байна. Хурлын эмхэтгэлд мэргэжлийн хянан магадалгааны олон улсад хэрэглэж буй шаардлага, шалгуурт тэнцсэн өгүүллүүдийг нэгтгэн та бүхний гар дээр өргөн барьж байгаадаа баяртай байна.

Уламжлал ёсоор манай хурлыг ШУТИС болон бусад их сургуулиуд, салбарын бизнесийн байгууллагууд бүх талаар дэмжин оролцож байгааг дурдахад таатай байна.

Сүүлийн жилүүдэд ММТ хурлын үеэр үндсэн салбар хуралдаануудаас гадна оюутан залуус, залуу судлаачдын мэдлэгийн хүрээг тэлэх зорилготой сургалтыг бас зохион байгуулдаг уламжлал тогтоод байгаа. Энэ удаа “Мэдээллийн технологийн ухаалаг хэрэглээ”, “Мэдээллийн аюулгүй байдлын аудит” гэсэн сэдвээр явагдах гэж байна. Сонирхолтой, үр өгөөжтэй байна гэж найдаж байна.

Жил бүр хүрээгээ тэлж, судлаачдын хүсэн хүлээдэг болсон ММТ-2023 эрдэм шинжилгээний хуралд бүтээлээ ирүүлсэн нийт эрдэмтэн судлаачид, оюутан залуус болон эрдэм судлалын үр дүнг үйлдвэрлэл, амьдралд бүтээлчээр ашигладаг төр, бизнесийн байгууллагын төлөөлөлд талархал илэрхийлж, амжилт, бүтээлийн дээдийг хүсье.

Оюуны хөрс, үр шимээр тэжээгдэж, хөгжлийн манлайд гарахыг ерөөе.

Хүндэтгэсэн,

Проф. А.Эрдэнэбаатар  
Монголын мэдээллийн технологийн консорциумын  
гүйцэтгэх захирал

## Хурлын зохион байгуулах комисс

### Хурлын дарга:

Д.Бямбажав /МУИС-ХШУИС-ийн захирал, доктор, дэд профессор/

### Орлогч дарга:

А.Эрдэнэбаатар /ШУТИС-МХТС, ПХС-ын эрхлэгч, МТК-ын гүйцэтгэх захирал, доктор, профессор/

### Хөтөлбөрийн хорооны дарга:

Б.Ганбат /МУИС-ХШУИС, ЭХИТ-ийн доктор, профессор/

### Хөтөлбөрийн хорооны орлогч дарга:

Х.Загарзүсэм /ШУТИС-МХТС, ЭЗНБ дарга/

### Хөтөлбөрийн хорооны нарийн бичгийн дарга:

Б.Наранчимэг /МУИС-ХШУИС, МКУТ-ийн дэд профессор/

### Хөтөлбөрийн хорооны гишүүд:

Н.Оюун-Эрдэнэ /МУИС-ХШУИС-МКУТ-ийн эрхлэгч/  
 М.Баярпүрэв /МУИС-ХШУИС-ЭХИТ-ийн дэд профессор/  
 Б.Сувдаа /МУИС-ХШУИС-МКУТ-ийн дэд профессор/  
 У.Ганбаяр /МУИС-ХШУИС-ЭХИТ-ийн гэрээт дэд профессор/  
 А.Алтангэрэл /ШУТИС-Мэдээллийн технологийн салбарын эрхлэгч/  
 А.Одгэрэл /ШУТИС-Электроникийн салбарын эрхлэгч/  
 З.Буянхишиг /ШУТИС-Холбооны салбарын эрхлэгч/  
 Д.Болормаа /СЭЗИС-ийн АТС-ийн профессор/  
 Л.Эрдэнэсайхан /СЭЗИС-МСМТ-ийн ахлах багш/  
 Д.Цэдэвсүрэн /МУБИС-ийн СЦШХ-ийн дарга/  
 Р.Мижиддорж /МУБИС-ийн МЗТ-ийн дэд профессор/  
 Б.Баянмөнх /АШУИС-ийн МТА-ны дарга/

### Зохион байгуулах хорооны дарга:

Д.Баттулга /МУИС-ХШУИС-ЭХИТ-ийн эрхлэгч, доктор, дэд профессор/

### Хурал зохион байгуулах хороо:

Д.Болормаа /МУИС-ХШУИС, дэд профессор/  
 Б.Өсөхбаяр /МУИС-ХШУИС, дэд профессор/  
 Р.Амартүвшин /МУИС-ХШУИС, дэд профессор/  
 Б.Төрмандах /МУИС-ХШУИС, дэд профессор/  
 П.Гантуяа /МУИС-ХШУИС, дэд профессор/  
 Д.Энхзол /МУИС-ХШУИС, дэд профессор/  
 Х.Золзаяа /МУИС-ХШУИС, ахлах багш/  
 Э.Шүрэнцэцэг /МУИС-ХШУИС, ахлах багш/  
 Д.Сумъяаханд /МУИС-ХШУИС, ахлах багш/  
 Б.Гэрэлмаа /МУИС-ХШУИС, ахлах багш/  
 Г.Ууганбаяр /МУИС-ХШУИС, ахлах багш/  
 Б.Батням /МУИС-ХШУИС, ахлах багш/  
 Н.Даваасүрэн /МУИС-ХШУИС, багш/  
 О.Цэнд-Аюуш /МУИС-ХШУИС, багш/  
 Б.Алтанцоож /МУИС-ХШУИС, дадлагажигч багш/  
 Э.Цэцэгжаргал /МУИС-ХШУИС, дадлагажигч багш/  
 Т.Тэлмүүн /МУИС-ХШУИС, дадлагажигч багш/  
 Н.Баярсайхан /МУИС-ХШУИС, тэнхимийн туслах/  
 Э.Адъяабат /МУИС-ХШУИС, лаборант/  
 Б.Мөнхтулга /МУИС-ХШУИС, лаборант/

## ММТ2023 Эрдэм шинжилгээний хурлын хөтөлбөр БҮРТГЭЛ

08:30- 09:00	Бүртгэл	<i>МУИС-ийн Номын сан, V давхар 502 тоот</i>
-----------------	---------	--

### НЭЭЛТИЙН ҮЙЛ АЖИЛЛАГАА

09:00- 09:10	Зочид төлөөлөгчдийг танилцуулах	
09:10- 09:25	Нээлтийн үг хэлэх	Д.Бадарч, МУИС-ийн захирал А.Эрдэнэбаатар /профессор/ ММТКонсорциумын гүйцэтгэх захирал Ч.Лодойравсал, Ерөнхийлөгчийн Боловсрол, шинжлэх ухаан, технологийн бодлогын зөвлөх
09:25- 09:35	ММТ-2023 ЭШХ-ын хөтөлбөрийг танилцуулах, дурсгалын зураг авхуулах	

### ҮНДСЭН ХУРАЛДААН

Хуралдаан даргалагч: Б.Ганбат /МУИС, ХШУИС/ *МУИС-ийн Номын сан, V давхар 502 тоот*

09:40- 10:05	Б.Мягмарнран И-МОНГОЛ АКАДЕМИ УТУГ	Монгол улсын цахим шилжилт
10:05- 10:30	Г.Амарсанаа МУИС, ХШУИС	Дижитал их сургууль: Өгөгдлийн нэгтгэлээс шинэ боломж
10:30- 10:55	Ц.Энхтөр ШУТИС, МХТС	Гүн сургалтын аргуудад суурилсан Зүйлсийн интернетийн (IoT) экосистем дэх кибер халдлагуудыг илрүүлэх болон хариу арга хэмжээ авах аргачлалууд
10:55- 11:20	Б.Хуягбаатар МУИС, ХШУИС	UniMorph 4.0 (Universal Morphology) and its applications in NLP

### ЗАВСАРЛАГА

11:20- 11:30	Завсарлага	<i>МУИС-ийн Номын сан, V давхар 502 тоот</i>
-----------------	------------	--

### САЛБАР ХУРАЛДААН

	<b>Салбар хуралдаан 1.</b> Холбоо, сүлжээ, мэдээллийн аюулгүй байдал		<b>Салбар хуралдаан 2.</b> Цахим шилжилт	
	<b>3. Буянхишиг: ШУТИС-Холбооны салбарын эрхлэгч</b>		<b>Б.Баянмөнх: Эрүүл мэндийн мэдээлэл технологийн нийгэмлэгийн тэргүүн</b>	
	<i>МУИС-ийн Номын сан, V давхар 502 тоот</i>		<i>МУИС-ийн Номын сан, II давхар 204 тоот</i>	
11:30- 11:45	Сүлжээ (Граф)-ний чухал оройг илрүүлэх хувьслын алгоритм	10	Финтек ББСБ-уудын мэдээллийн аюулгүй байдлын менежментийн тогтолцоог хэрэгжүүлэх арга зам	32
11:45- 12:00	Монгол улсын үндэсний хиймэл дагуулын холбоог газрын суурь сүлжээтэй хослуулан хөгжүүлэх боломж	15	Их дээд сургуулийн дипломыг блокчэйн сүлжээнд баталгаажуулах нь	42
12:00- 12:15	Гүйцэтгэлийн Үзүүлэлтэнд Суурилан Параметруудийг Өөрчилдөг Нөхцөлт Хэндовр	21	Төв банкны цахим валют: Олон улсын туршлага, Монголд хэрэгжүүлэх боломж	46
12:15- 12:30	Андройдын хөнөөлт програмыг зурган өгөгдлөөс гүн сургалтын арга ашиглан илрүүлэх нь	26	Эрүүл мэндийн салбарын ажил мэргэжлийн мэдлэгийг удирдах системийн загварчлал	51

**ӨДРИЙН ХООЛНЫ ЗАВСАРЛАГАА**

13:00-14:00	Өдрийн хоол	<i>МУИС-ийн Багш Оюутны Хөгжлийн Төв, I давхар</i>
-------------	-------------	--

**САЛБАР ХУРАЛДААН**

	<b>Салбар хуралдаан 3.</b> Хиймэл оюун ухаан  <b>Б. Сувдаа: МУИС, ХШУИС</b>		<b>Салбар хуралдаан 4.</b> Электрон систем, дохио боловсруулалт  <b>Б. Зоригтбаатар: ШУТИС, МХТС</b>		<b>Сургалт №1</b> HelloWorld ухаалаг гэрээ, web3api  <b>Багш: М.Золжаргал МУИС, ХШУИС</b>
	<i>МУИС-ийн Номын сан, V давхар 502 тоот</i>		<i>МУИС-ийн Номын сан, II давхар 204 тоот</i>		<i>МУИС-ийн Номын сан, V давхар 515 тоот</i>
14:00-14:15	Бодлыг бодит болгох нь – ТКИ системд суурилсан машин сургалт	62	Virtex-5 FPGA-д суурилсан эмбэддэд системийн хөгжүүлэлт	82	
14:15-14:30	Тоглоомын орчинд хөдөлгөөнт роботыг бататган сургах аргаар сургах нь	67	Дрон эсэргүүцэгч системийн судалгаа	86	
14:30-14:45	Жүдо бөхийн тамирчдын өгөгдлийг шинжлэх нь	72	Дөрвөн дугуйтын шарвалтаас үүдэлтэй эргэлтийг тэгшлэх удирдлага	90	
14:45-15:00	Бага өгөгдөлд холимог хяналттай сургалтын аргаар загварын үнэлгээг ихэсгэх нь	77	Тоон давтамж бууруулагчийн симуляц	94	

**ЗАВСАРЛАГА**

15:20-15:30	Цайны завсарлага	<i>МУИС-ийн Номын сан, V давхар 502 тоот</i>
-------------	------------------	--

**ҮЗҮҮЛЭН ИЛТГЭЛ**

15:30-16:00	Хурлын дарга. Б. Наранчимэг (МУИС, ХШУИС)	<i>МУИС-ийн Номын сан, V давхар 502 тоот</i>
-------------	---	--

**САЛБАР ХУРАЛДААН**

	<b>Салбар хуралдаан 5.</b> Тооцоолол, мэдээллийн технологийн хэрэглээ  <b>Д.Болормаа: СЭЗИС, АТС</b>		<b>Салбар хуралдаан 6.</b> Дүрс боловсруулалт  <b>Д.Цэдэвсүрэн: МУБИС, МЗТ</b>		<b>Сургалт №2</b> Мэдээллийн аюулгүй байдлын аудит  <b>Багш: Ч.Сэлэнгэ Инфо Сек Плас</b>
	<i>МУИС-ийн Номын сан, V давхар 502 тоот</i>		<i>МУИС-ийн Номын сан, II давхар 204 тоот</i>		<i>МУИС-ийн Номын сан, V давхар 515 тоот</i>
16:00-16:15	Metrics for Evaluating Classifier Performance	142	Чулуун Зэвсгийн Онцлог Цэгийг Коварианц Шинжилгээгээр Оновчтой Илрүүлэх нь	164	
16:15-16:30	Зэрэгцээ Боловсруулалт ба GPU дээрх програмчлал	146	Том Хэмжээний Зураг Үүсгэлт болон Хэрэгжүүлэлт	169	
16:30-16:45	Програм хангамжийн статик загвараас зохиомжийн согогийг илрүүлэх нь	152	Зурган файл бүхий гар бичвэрийн төсөөгийн кофицейнтийн босго утга шинжлэх нь	173	
16:45-17:00	A tsunami of e-waste	157			

## Үндсэн хуралдаан: Уригдсан илтгэл

МУИС-ийн Номын сан, V давхар 502 тоот

Хуралдаан даргалагч: Б.Ганбат /МУИС, ХШУИС/

1. “Монгол улсын цахим шилжилт” ..... 2  
Б.Мягмарнаран
2. “Дижитал их сургууль: Өгөгдлийн нэгтгэлээс шинэ боломж” ..... 4  
Г.Амарсанаа
3. “Гүн сургалтын аргуудад суурилсан Зүйлсийн интернетийн (IoT) экосистем дэх кибер халдлагуудыг илрүүлэх болон хариу арга хэмжээ авах аргачлалууд” ..... 6  
Ц.Энхтөр
4. “UniMorph 4.0 (Universal Morphology) and its applications in NLP” ..... 8  
Б.Хуягбаатар

## Салбар хуралдаан 1: Холбоо, сүлжээ, мэдээллийн аюулгүй байдал

МУИС-ийн Номын сан, V давхар 502 тоот

Хурлын дарга: З. Буянхишиг /ШУТИС-Холбооны салбарын эрхлэгч/

1. “Сүлжээ (Граф)-ний чухал оройг илрүүлэх хувьслын алгоритм” ..... 10  
Г.Гантулга, П.Батцэнгэл, П.Далайжаргал
2. “Монгол улсын үндэсний хиймэл дагуулын холбоог газрын суурь сүлжээтэй хослуулан хөгжүүлэх боломж” ..... 15  
Ю.Отгонбаатар, Ш.Ганболд, З.Буянхишиг
3. “Гүйцэтгэлийн Үзүүлэлтэнд Суурилан Параметруудийг Өөрчилдөг Нөхцөлт Хэндовр” ..... 21  
О.Шинэбаяр, Х.Золзаяа, Т.Тэлмүүн, Д.Баттулга, Д.Нанзадрагчаа
4. “Андройдын хөнөөлт програмыг зурган өгөгдлөөс гүн сургалтын арга ашиглан илрүүлэх нь” ..... 26  
Э.Содномцэрэн, Б.Өсөхбаяр, Х.Золзаяа

## Салбар хуралдаан 2: Цахим шилжилт

МУИС-ийн Номын сан, II давхар 204 тоот

Хурлын дарга: Б.Баянмөнх /Эрүүл мэндийн мэдээлэл технологийн нийгэмлэгийн тэргүүн/

1. “Финтек ББСБ-уудын мэдээллийн аюулгүй байдлын менежментийн тогтолцоог хэрэгжүүлэх арга зам” ..... 32  
Э.Эрэлхэгзориг, Д.Болормаа
2. “Их дээд сургуулийн дипломыг блокчэйн сүлжээнд баталгаажуулах нь” ..... 42  
М.Золжаргал, Д.Сүрэнбаяр, Д.Нанзадрагчаа
3. “Төв банкны цахим валют: Олон улсын туршлага, Монголд хэрэгжүүлэх боломж” ..... 46  
М.Золжаргал, Б.Билгүүн, И.Шинэбаяр
4. “Эрүүл мэндийн салбарын ажил мэргэжлийн мэдлэгийг удирдах системийн загварчлал” ..... 51  
Ц.Анударь, Д.Болормаа



**Салбар хуралдаан 3: Хиймэл оюун ухаан***МУИС-ийн Номын сан, V давхар 502 тоот*

Хурлын дарга: Б. Сувдаа /МУИС, ХШУИС/

1. “Бодлыг бодит болгох нь – ТКИ системд суурилсан машин сургалт” ..... 62  
Т.Цэрэндондог, М.Бат-Эрдэнэ, Ү.Лувсансамбуу, Б.Амар
2. “Тоглоомын орчинд хөдөлгөөнт роботыг бататган сургах аргаар сургах нь” ..... 67  
Г. Гантулга, Б. Луубаатар, Г. Мөнхжаргал
3. “Жүдо бөхийн тамирчдын өгөгдлийг шинжлэх нь” ..... 72  
Я.Сайнсанаа, Б.Наранчимэг
4. “Бага өгөгдөлд холимог хяналттай сургалтын аргаар загварын үнэлгээг ихэсгэх нь” ..... 77  
Ж.Оргил, Б.Мөнх-Оргил, Д.Золзаяа

**Салбар хуралдаан 4: Электрон систем, дохио боловсруулалт***МУИС-ийн Номын сан, II давхар 204 тоот*

Хурлын дарга: Б. Зоригтбаатар /ШУТИС, МХТС/

1. “Virtex-5 FPGA-д суурилсан эмбэддэд системийн хөгжүүлэлт” ..... 82  
Г. Ууганчимэг, Ц.Сугир
2. “Дрон эсэргүүцэгч системийн судалгаа” ..... 86  
А.Тэргэл, Б.Дорж
3. “Дөрвөн дугуйтын шарвалтаас үүдэлтэй эргэлтийг тэгшлэх удирдлага” ..... 90  
А.Саруулбуян, Б.Луубаатар
4. “Тоон давтамж бууруулагчийн симуляц” ..... 94  
П.Балжинням, Б.Луубаатар

**Үзүүлэн илтгэл***МУИС-ийн Номын сан, V давхар 502 тоот*

Хурлын дарга: Б.Наранчимэг /МУИС, ХШУИС/

1. “Үндэсний хиймэл дагуул дээр суурилсан хөвсгөл нуурын арлуудыг холбоожуулах харилцаа холбооны сүлжээ төлөвлөлт ба технологийн шийдэл” ..... 104  
Ю.Отгонбаатар, Ш.Ганболд, З.Буянхишиг
2. “Машин сургалтын загварыг ашигласан дуу хоолой танидаг роботын хөгжүүлэлт” .. 110  
А.Одгэрэл, Т.Амартүвшин
3. “Морзын код үүсгэх тоон төхөөрөмжийн хөгжүүлэлт” ..... 115  
Б.Баянсан, А.Одгэрэл
4. “Дулаан мэдрэгч дроны хөгжүүлэлт” ..... 120  
Г.Ганчимэг, А.Даваасүрэн
5. “MS-SQL болон NO-SQL өгөгдлийн сангуудын бүтэцлэгдээгүй өгөгдлийг ашиглах харьцуулсан судалгаа” ..... 124  
С.Жаргалсүрэн, Г.Ганчимэг
6. “360° зураг, видеоний хэрэглээ ба виртуал аялал” ..... 127  
Б.Батшагай
7. “Мэдээллийн системийн аудит хийх аргачлал” ..... 133  
Г.Дэлгэрмаа, С.Уянга, Б.Энхтуул

**Салбар хуралдаан 5: Тооцоолол, мэдээллийн технологийн хэрэглээ***МУИС-ийн Номын сан, V давхар 502 тоот*

Хурлын дарга: Д.Болормаа: СЭЗИС, АТС

1. “Ангилагчийн гүйцэтгэлийг үнэлэх хэмжүүр: Өсвөр үеийхний сэтгэл хөдлөлийн өгөгдөл” ..... 142  
Т.Ахыт, Ц.Жавзмаа, В.Баярмаа, Л.Ажнай, Ч.Баасандорж
2. “Параллель Боловсруулалт ба GPU дээрх програмчлал” ..... 146  
Д.Энхзол, Б.Батням
3. “Програм хангамжийн статик загвараас зохиомжийн согогийг илрүүлэх нь” ..... 152  
Б.Батням, Ц.Лхамролом, Б.Наранчимэг
4. “Цахим хог хаягдлын цунами” ..... 157  
Г.Уртнасан

**Салбар хуралдаан 6: Дүрс боловсруулалт***МУИС-ийн Номын сан, II давхар 204 тоот*

Хурлын дарга: Д.Цэдэвсүрэн /МУБИС, МЗТ/

1. “Чулуун Зэвсгийн Онцлог Цэгийг Коварианц Шинжилгээгээр Оновчтой Илрүүлэх нь” ..... 164  
А.Халиунаа, Э.Шүрэнцэцэг
2. “Том Хэмжээний Зураг Үүсгэлт болон Хэрэгжүүлэлт” ..... 169  
С.Нямлхагва, Ж.Ариунболд
3. “Зурган файл бүхий гар бичвэрийн төсөөгийн кофецейнтийн босго утга шинжлэх нь” ..... 173  
Ж.Пүрэвсүрэн, Ч.Алтангэрэл

## **Уригдсан илтгэл**

## Монгол улсын цахим шилжилт

*Б.Мягмарнаран, захирал, И-Монгол Академи УТҮГ*

### Хураангуй

Монгол улс нь 3,4 сая хүн амтай, дэлхийд цахим засаглалын хөгжлийн индексээрээ сүүлийн жилүүдэд дэлхийн 190 гаруй орноос 92 дугаар байранд жагсаж байсан бол 2022 онд 193 орноос 74-р байранд жагсаж, түүхэндээ анх удаа 18 байраар огцом урагшилсан амжилтыг үзүүлсэн.

Монгол Улсын засгийн газар “Алсын хараа 2050” урт хугацааны нэгдсэн бодлогын баримт бичигтэй болж, “Цахим Монгол” хэмээх зорилтыг дэвшүүлж, сүүлийн 3 жилд цахим шилжилтийг эрчимжүүлж ажилласнаар “И-Монголиа” төрийн үйлчилгээний нэгдсэн системийг 2020 оны 10 дугаар сарын 01-ний өдөр анх олон нийтэд 23 байгууллагын 181 үйлчилгээг цахим хэлбэрээр үзүүлэх боломжтойгоор танилцуулж байсан бол өнөөдрийн байдлаар 81 байгууллагын 986 үйлчилгээг цахим хэлбэрт шилжүүлээд байна.

И-Монгол Академи УТҮГ нь Нийтийн ил тод байдлын тухай хуульд заасан үндсэн болон дэмжих системүүд, мөн бусад чухал системүүдийг хөгжүүлж хэвийн найдвартай ажиллагааг хангаж ажиллаж байна. Үүнээс хамгийн нөөцөө зарцуулж байгаа нь төрийн үйлчилгээний нэгдсэн систем болох И-Монголиа платформ юм.

И-Монголиа платформ нь өнөөдөр 1,59 сая хэрэглэгчтэй болж, улсын насанд хүрсэн хүн амын 75% нь нийт 27.7 сая удаа төрийн үйлчилгээг авч байна. Иргэн төрийн үйлчилгээ авахдаа үйлчилгээ үзүүлэгч байгууллага руу ирж, буцах үйл ажиллагаа /унаа/-ны зардал, үйлчилгээ авахдаа зарцуулж буй хугацаанаас үүдэлтэй зардал, үйлчилгээ авахад шаардагдах баримт бичиг бүрдүүлэх зардал гээд энэ хугацаанд иргэний зүгээс 232.43 тэр бум хэмнэсэн гэсэн тооцоог гаргаад байна.

Бид хүртээмж болон мэдээллийн аюулгүй байдлыг хангахад анхаарч ажилладаг. Хүний хувийн мэдээллийг хамгаалах нь И-Монголиа платформын нэн тэргүүний зорилтуудын нэг юм. Иргэд зөвхөн өөрийн бүртгэлтэй гар утасны дугаар, онлайн банкны эрх, тоон гарын үсгээрээ системд нэвтрэх боломжийг бүрдүүлснээр системийн аюулгүй байдлыг хангаж байгаа бөгөөд нөгөө талаас хэрэглэгчийн хувийн мэдээллийг хамгаалж буй чухал шийдэл юм. Мөн иргэдэд хүртээмжтэй байх тал дээр байнга анхаарал хандуулж ирсэн бөгөөд нүүдэлчин өрхүүд, алслагдмал бүсэд оршин суудаг, ухаалаг төхөөрөмжгүй, интернэтэд холбогдох боломжгүй иргэдэд зориулж оператораар дамжуулан (ХУРДАН) төрийн үйлчилгээний цэгүүдийн системийг хөгжүүлэн ажиллаж байна.

Удахгүй И-Монголиа платформын 3.0 хувилбараа танилцуулах гэж байна. Системийг динамик scaleable бүтэцтэй болгон ачаалал даах чадварыг сайжруулсан. Аль нэг сервер ачаалалд орсон үед хэвийн ажиллаж байгаа сервер лүү нүүлгэн ажиллуулах HA-Cluster бүтэцтэйгээр системийг бүрэн шинэчилсэн. Цахим шилжилтийг хөгжлийн бэрхшээлтэй иргэдэд хүртээмжтэй болгохын тулд харааны бэрхшээлтэй иргэдэд зориулан веб accessibility WCAG WAI ARIA стандартыг хангасан хөгжүүлэлт хийж байна. Иргэн төрд байгаа мэдээллээ харах, чатботоор мэдэгдлээ авах гэх мэт хэд хэдэн чухал сайжруулалтыг хийж байна.

**Товч намтар:**

Бавуужав овогтой Мягмарнаран нь 2004 онд Монгол Улсын Их Сургуулийг электроникийн инженер мэргэжлээр бакалавр, 2012 онд Австралийн Нью Саут Уэльсийн Их Сургуулийг магистр зэрэгтэй дүүргэсэн. Одоо И-Монгол Академи УТҮГ-ын захирлаар ажиллаж байгаа. 2022 оноос 2023 он хүртэл “Харилаа Холбооны Зохицуулах Хороо”-нд зохицуулалтын бодлогыг хэрэгжүүлэх газрын дарга, 2016 оноос 2022 он хүртэл “Харилаа Холбооны Зохицуулах Хороо”-нд хамтын ажиллагаа, харилцагчийн хэлтсийн даргаар ажиллаж байсан.

## Дижитал их сургууль: Өгөгдлийн нэгтгэлээс шинэ боломж

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

### Хураангуй:

Дижиталд бүрэн шилжихэд стратеги, менежментээс эхлээд шинэ технологийг ашиглах, шинэ үйлчилгээ бий болгох олон сорилт байна. Энэ нь зөвхөн техник, технологийн хувьсал биш бөгөөд бас нийгмийн өөрчлөлтийн асуудал бөгөөд үүнд нөлөөлөх нэг том хүчин зүйл нь дижитал их сургууль байх болно. Дижитал их сургууль нь өөрийн эрхлэх үйл, үйлчилгээг бүхэлд дүрсэлсэн виртуал тусгал – дижитал ертөнцийг байгуулж түүнийгээ орчин үеийн технологийн тусламжтайгаар бодит амьдралд ашиглах дижитал стратегитэй хөгждөг ирээдүйн их сургууль юм. Харин тэр ертөнцийг байгуулахад тогтвортой өгөгдлийн суурь бүтэц, чанартай их өгөгдлийг бий болгох нь зайлшгүй шийдвэрлэх ёстой үндсэн асуудал болж байна. Их сургуулийн өгөгдөл, мэдээлэл нь олон төрлийн мэдээллийн системд тархаж байрласан байдаг. Тэдгээр систем нь тодорхой зорилготой үйлчилгээ үзүүлдэг. Тухайлбал, ном, өгүүллийн мэдээллийг нэг системд хадгалж байхад, тэдний зохиогчдын тухай мэдээллийг хүний нөөцийн удирдлагын өөр системд хадгалж байдаг. Цаашилбал, нэг ижил өгөгдлийг олон ялгаатай байдлаар хадгалж байна. Өгөгдлийн ийм ялгаатай нөхцөлд ахисан түвшний хайлт, шинжилгээ хийх бараг боломжгүй юм. Хэрэв бид өгөгдлийг нэгтгэж их сургуулийн дижитал ертөнцийг байгуулж чадвал тухайн газар хэрэгжүүлсэн төслийн үр дүнг хөрөнгө оруулагчийн хамтад нь олох; ямар нэг үйл ажиллагаанд их сургуулийг илүү сайн төлөөлж чадах тухайн салбарын мэргэжилтнүүдийг олох; тухайн тэнхимийн, тухайн профессорын, тухайн сэдвээр эрдэм шинжилгээний бүтээлийн цаашдын чиг хандлагыг үнэлэх зэрэг боломж бүрдэнэ. Үүгээр тогтохгүй орчин үеийн технологи – хиймэл оюун, блокчэйн, AR/VR зэрэгт түшиглэсэн шинэ үйлчилгээг сургалт, судалгаа, нийгэмд нэвтрүүлэхэд илүү хялбар байх болно. Түүнчлэн их сургууль нь өөрийн суралцагч, хамтрагчдын талаар олон талт өгөгдөл цуглуулж тэднийг илүү сайн мэдсэнээр тусгайлсан, хувьчилсан үйлчилгээг ч хүргэх боломж бий. Тухайлбал, суралцагчийн хувьд хичээл сурлагын үйл явцаас гадна тэдний өдөр тутмын амьдралын хэв маяг, суралцахуйн чадамжийг таньж мэдсэнээр хүн бүрт тусгайлсан, магадгүй тохирсон ялгаатай үйлчилгээг дижитал их сургуулиар дамжуулан хүргэх боломжтой.

Энэ илтгэлээр дижитал их сургуулийг байгуулахад өгөгдлийг семантик аргаар нэгтгэж суурь бүтэц, мэдлэгийн граф байгуулсан гарааны туршлага, түүнд түшиглэсэн шинэ үйлчилгээг жишээгээр харуулна. Мөн суралцагчийн зан хандал, өдөр тутмын үйлийн талаарх өгөгдөлд хийсэн зарим судалгааны ажлын талаар танилцуулна. Дижитал их сургуулийг байгуулахад цаашид хийх ажил, судалгааны боломжийн талаар тоймлон танилцуулах болно.

**Товч намтар:**

Ганболдын Амарсанаа нь МУИС-ийн Хэрэглээний Шинжлэх Ухаан Инженерчлэлийн Сургуулийн (ХШУИС) Мэдээлэл, компьютерийн ухааны тэнхимийн дэд профессор. 2004 онд МУИС-ийн Мэдээллийн технологийн сургуулийг электроникийн инженер мэргэжлээр бакалавр, 2006 онд компьютерийн ухааны магистрын зэрэг хүртсэн. 2012 оноос Италийн Трентогийн их сургуультай Эрасмус Мундус хөтөлбөрөөр суралцаж 2016 онд компьютерийн ухааны докторын зэрэг хамгаалсан. МУИС-ийн Машин оюуны лабораторийн Мэдлэг ба өгөгдлийн инженерчлэлийн багийн ахлагчаар ажилладаг. Тэрээр цахим хэл шинжлэл, тэр дундаа үг зүйн семантик, олны хүч, мэдлэгийн дүрслэл, онтологи, мэдлэгийн граф, өгөгдлийн суурь бүтцийн чиглэлээр судалгааны ажил хийдэг. 2007 онд МУИС-ийн дэргэдэх Компьютер хэл шинжлэлийн судалгааны төвийг үүсгэн байгуулалцаж гадаад дотоодын санхүүжилттэй хэд хэдэн судалгааны төсөлд голлох судлаачаар ажиллаж байсан. 2016 оноос хойш үг зүйн семантик, өгөгдлийн шинжилгээ, мэдлэгийн граф үүсгэх судалгаа-хөгжүүлэлтийн 5 төслийн удирдагчаар ажилласан туршлагатай. Тухайлбал, Монгол хэлний Нутгийн мэдлэгийн цөм, Монгол хэлний ВөрдНэт, Дижитал их сургууль төслийн удирдагчаар, Европын холбооны H2020 хөтөлбөрийн хүрээнд хэрэгжиж буй Бидний интернет төслийн Монгол талын удирдагчаар ажилладаг. Түүнчлэн Монгол Улсын Засгийн Газрын Хэрэг эрхлэх газар, Улаанбаатар хотын Захирагчийн ажлын алба, Харилцаа холбооны зохицуулах хороо, Мэдээллийн технологийн үндэсний парк зэрэг байгууллагуудад их ба нээлттэй өгөгдлийн зөвлөх үйлчилгээний ажлын ахлагчаар ажиллаж байсан. Мөн Оюу толгой ХХК зэрэг хувийн хэвшлийн байгууллагад их өгөгдлийн шинжилгээний төслийг хэрэгжүүлж байсан. 2021 оноос Монголын Дата Клубын Өгөгдлийн бодлогын зөвлөхөөр үүргээр нээлттэй өгөгдлийг хөгжүүлэх, өгөгдөлд түшиглэн шийдвэр гаргахад иргэний нийгмийн байгууллагыг чадавхыг сайжруулах, нийгэмд нөлөөллийг бий болгох чиглэлээр ажиллаж байна.

## Гүн сургалтын аргуудад суурилсан Зүйлсийн интернетийн (IoT) экосистем дэх кибер халдлагуудыг илрүүлэх болон хариу арга хэмжээ авах аргачлалууд

*Ц.Энхтөр, доктор, Ахлах багш, ШУТИС, МХТС*

### Хураангуй

Зүйлсийн интернет (IoT)-ийн хурдацтай хөгжил нь физик болон виртуал ертөнцийн хоорондын ялгааг арилгах замаар бидний өдөр тутмын амьдралыг илүү ухаалаг болгохын тулд олон тэрбум интернэт холболттой төхөөрөмжийг бидний өдөр тутмын амьдралд авчирсан ба Business Insider-ийн 2020 IoT тайланд IoT төхөөрөмжийн тоо 2027 он гэхэд 41 тэрбумд хүрэх төлөвтэй байна гэж таамагласан байна. Ухаалаг гэр, ухаалаг эрүүл мэндийн хяналт, ухаалаг хот болон ухаалаг машин зэрэг IoT-ийн төхөөрөмжүүдийн хэрэглээнүүд нь аль хэдийн бидний өдөр тутмын амьдралын нэг хэсэг болсон байна. Гэсэн хэдий ч эдгээр төхөөрөмжүүдийг үйлдвэрлэгчид аюулгүй байдлын үндсэн шаардлагуудыг хангахгүйгээр үйлдвэрлэж мөн хэрэглэгчид эдгээр IoT-ийн төхөөрөмжүүд болон хэрэглээнүүдийг хэрэглэхдээ тохиргооны болон хэрэгжүүлэлтийн үндсэн аюулгүй байдлыг хангахгүй байна. Иймээс сүүлийн жилүүдэд эдгээр аюулгүй байдлын эмзэг сул байдалтай IoT-ийн хэрэглээний төхөөрөмжүүд нь компьютерээс илүү халдлагад өртөхөд хялбар байгаа учир эдгээр IoT-ийн төхөөрөмжүүдийг ашиглан хийх халдлагын тоо эрс нэмэгдэж байна. Жишээ нь: Мирай ботнет нь 100000 орчим IoT төхөөрөмжийг ашиглан Дин домайн нэрийн серверийн (Dyn DNS) дэд бүтцийн эсрэг DDoS халдлагыг гүйцэтгэсэн ба Github, Amazon, Netflix, Twitter, CNN болон PayPal зэрэг олон алдартай вебсайтуудыг хэдэн цагийн туршид хандалтгүй болгосон. IoT-ийн төхөөрөмжүүд нь тооцоолон бодох болон батерейн хязгаарлагдмал нөөцтэй учир уламжлалт аюулгүй байдлын халдлагаас хамгаалах болон сэргийлэх технологиудыг эдгээр төхөөрөмжүүд дээр хэрэгжүүлэх боломжгүй юм. Мөн олон төрлийн IoT-ийн төхөөрөмж болон үйлчилгээнүүд байгаа ба эдгээр нь өөр өөр төрлийн өгөгдлийн урсгал үүсгэж байгаа учир төхөөрөмж бүрт зориулсан аюулгүй байдлын шийдлийг боловсруулахад төвөгтэй байна. Тиймээс IoT-ийн хэрэглээний төхөөрөмжүүдийн халдлагыг илрүүлэхэд машин болон гүн сургалтын аргыг ашиглах нь илүү зохимжтой байгааг сүүлийн үеийн судалгаанууд харуулж байна. Бид эдгээр асуудлуудыг шийдэх зорилгоор IoT төхөөрөмжүүдийн халдлагыг үр дүнтэй илрүүлэх болон IoT төхөөрөмжүүдийн ирээдүйн төлвийг таамаглах гүн ensemble сургалтын модел болон програм хангамжаар тодорхойлогдсон сүлжээ (SDN)-г ашигласан DeL-IoT аргыг санал болгосон. Санал болгосон арга маань IoT төхөөрөмжүүдийн халдлагыг илрүүлэх, халдлагад өртсөн эсвэл халдлага үүсгэж байгаа сүлжээний төхөөрөмжийг сүлжээнээс тусгаарлах эсвэл дамжуулж байгаа өгөгдлийн хэмжээг бууруулах гэх мэт өгөгдлийн урсгалын удирдлага болон IoT төхөөрөмжийн ирээдүйн төлвийг таамаглах гэсэн үндсэн гурван модультай. DeL-IoT арга маань эхлээд deep болон stacked автоэнкодерийг ашиглан халдлагын өгөгдлүүдээс гүн сургалтын моделд сургахад үр дүнтэй байх feature-уудыг extract хийж гаргаж аваад гаргаж авсан feature-үүдээ гүн ensemble сургалтын моделдоо өгнө. Бид санал болгосон DeL-IoT фреймворкоо testbed болон benchmark датасетуудийг ашиглан гүйцэтгэлийг үнэлсэн. Бидний санал болгож арга маань 1% imbalanced датасет дээр ч гэсэн дан моделуудаас 3% илүү гүйцэтгэлтэйгээр халдлагыг илрүүлж байна. Мөн туршилтын үр дүнгээс



харахад бидний санал болгож байгаа арга ижил төстэй судалгааны ажлуудын санал болгосон аргуудтай харьцуулахад илүү сайн, найдвартай ажиллагаатай болохыг харуулж байна.

**Товч намтар:**

Цогбаатар овогтой Энхтөр нь Шинжлэх Ухаан Технологийн Их Сургуулийн (ШУТИС), Мэдээлэл Холбооны Технологийн Их Сургуульд (МХТС) Мэдээллийн сүлжээ мэргэжлээр бакалавр болон магистрын зэргээ 2011 болон 2013 онд төгссөн ба Япон улсын Нарагийн Шинжлэх Ухаан Технологийн Их Сургуульд компьютерын ухааны докторын зэргээ 2022 онд хамгаалсан. Одоо ШУТИС, МХТС-н Мэдээллийн Сүлжээ, Аюулгүй Байдлын салбарт ахлах багшаар ажиллаж байгаа. Зүйлсийн интернетийн аюулгүй, гүн сургалт, аномали илрүүлэх, болон мэдээллийн аюулгүй байдлын эрсдэлийн үнэлгээний чиглэлээр судалгаа хийдэг.

## UniMorph 4.0 (Universal Morphology) and its applications in NLP

*Б.Хуягбаатар, доктор, дэд профессор, МУИС*

### **Abstract:**

The Universal Morphology (UniMorph) project is a collaborative effort providing broad-coverage instantiated normalized morphological inflection tables for hundreds of diverse world languages. The project comprises two major thrusts: a language-independent feature schema for rich morphological annotation and a type-level resource of annotated data in diverse languages realizing that schema. This paper presents the expansions and improvements made on several fronts over the last couple of years (since McCarthy et al. (2020)). Collaborative efforts by numerous linguists have added 67 new languages, including 30 endangered languages. We have implemented several improvements to the extraction pipeline to tackle some issues, e.g. missing gender and macron information. We have also amended the schema to use a hierarchical structure that is needed for morphological phenomena like multiple-argument agreement and case stacking, while adding some missing morphological features to make the schema more inclusive. In light of the last UniMorph release, we also augmented the database with morpheme segmentation for 16 languages. This new release also makes a push towards inclusion of derivational morphology in UniMorph by enriching the data and annotation schema with instances representing derivational processes from MorphyNet. Finally, I will talk about the usages of morphological resources in NLP.

### **Biography:**

Khuyagbaatar Batsuren is an Associate Professor at the National University of Mongolia. His research interest focuses on computational morphology and multilingual NLP. He received M.Sc. degree from Chungbuk National University, South Korea and Ph.D. degree in Computer Science from University of Trento, Italy.

**Салбар хуралдаан 1**  
**Холбоо, сүлжээ, мэдээллийн аюулгүй**  
**байдал**

# Сүлжээ (Граф)-ний чухал оройг илрүүлэх хувьслын алгоритм

Г.Гантулга  
МУИС, ХШУИС, Мэдээлэл  
Компьютерийн Ухааны Тэнхим  
gantulga\_g@num.edu.mn

П.Батцэнгэл  
МУИС, ХШУИС, Мэдээлэл  
Компьютерийн Ухааны Тэнхим  
pbattsengel1@gmail.com

П.Далайжаргал  
МУИС, ХШУИС, Мэдээлэл  
Компьютерийн Ухааны Тэнхим  
dalajargal@seas.num.edu.mn

**Abstract**—Энэхүү ажлаар сүлжээ (граф) -ний чухал оройн бодлого (ЧОБ) -ыг хувьслын алгоритм (evolutionary algorithm (EA)) -аар бодох аргыг судална. ЧОБ нь сүлжээнээс хамгийн цөөн тооны оройг устган, үлдэгдэл сүлжээний хамгийн том холбоост бүрдлийн хэмжээг өгөгдсөн  $L$  параметрээс бага байлгах бодлого юм. Сүүлийн жилүүдэд хийгдэж буй өгөгдөл суурилсан судалгаагаар байгаль, нийгэм дэх сүлжээ (систем) нь бүлэг бүтэц (community structure)-тэй гэдгийг тогтоогоод байна. Энэ ажилд сүлжээний бүлэг бүтцийн мэдээллийг ЧОБ-д ашиглах шинэ аргыг танилцууллаа. Тодруулбал, бүлэг бүтцийн мэдээллийг генийн дүрслэлээр (representation) ашиглах хувьслын алгоритмыг зохиомжлов. ЧОБ-д өргөн ашиглагддаг зургаан бодит сүлжээн дээр алгоритмын ажиллагааг туршиж, гурван аргатай харьцуулан, гүйцэтгэлийг үнэллээ. Дэвшүүлж буй алгоритм богино хугацаанд сайн шийд гаргаж байгааг туршилтын үр дүн харуулав.

**Keywords**—Бүлгийн бүтэц, чухал оройны бодлого, комплекс сүлжээ, хоорондын төв, хувьсалын алгоритм

## I. УДИРТАЛ

Технологи, нийгэм, эдийн засгийн системүүдийг загварчлах үндсэн аргуудын нэг нь сүлжээ/граф юм. Сүлжээний зангилаа (орой)-нууд өөр хоорондоо харилцан адилгүй үүрэг, зорилготой байдаг. Иймээс сүлжээнээс цөөн тооны чухал оройг илрүүлэх нь практик ач холбогдол өндөртэй. Теле-холбооны сүлжээг удирдах [1, 2], байгалийн гамшигт үзэгдлийн үед тээврийн сүлжээний ачаалал даах чадварыг үнэлэх [3], цөлжилт явагдаж буй бүс нутгийн гол, мөрний сүлжээний дахин сэргэх чадамж (resilience)-ийг үнэлэх [4], террористын харилцаа холбооны сүлжээг задлах [5] гэх мэт практикийн асуудлыг ЧОБ-оор загварчлан бодох судалгаанууд хийгдэж байна.

Жингүй, чиглэлгүй сүлжээ/Граф  $G(V, E)$  болон бүхэл тоо  $L$  өгөгдөхөд сүлжээний бүтцэд нөлөө өндөртэй хамгийн цөөн тооны чухал оройг илрүүлэх асуудлыг ЧОБ бодлогоор судална. Тодруулбал, илрүүлсэн чухал оройг устгасны дараа үлдэх хамгийн том холбоост бүрдлийн хэмжээ өгөгдсөн  $L$ -ээс бага байх хязгаарлалт хангах ёстой бөгөөд хамгийн цөөн тооны оройн олонлогийг хайж олох бодлого юм [6, 7]. ЧОБ-г оновчлолын бодлогоор томъёолж болно (Томъёо 1, Томъёо 2), энд  $f(S)$  нь зорилгын функц,  $S$  нь устгах оройн олонлог,  $C$  нь сүлжээнд үлдэх холбоост бүрдлийн олонлог,  $c_i$  нь  $i$ -р холбоост бүрдлийн хэмжээг тус тус тэмдэглэв. Цаашид графын оройн олонлог  $V$ , түүний

элементийн тоо  $|V| = n$ , ирмэгийн олонлог  $E$ , түүний элементийн тоо  $|E| = m$  гэж тус тус тэмдэглэнэ.

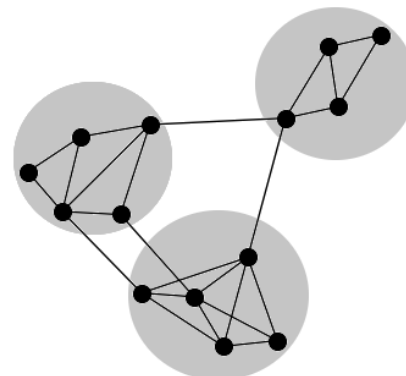
$$f(S) = \min\{|S|\} \quad (1)$$

$$s. t. : \{c_i\} \leq L \quad (2)$$

Анх чухал оройн бодлогыг [A. Arulselvan](#), et al., нар 2007 [1] онд танилцуулсан. Уг бодлого нь холболтын хэмжүүрээс хамааран хэд хэдэн хувилбартай, өөрөөр хэлбэл нийт хос орой хоорондын холболтын тоо ( $[1, 8, 9]$ ), үлдэх хамгийн том холбоост бүрдэл (largest connected component)-ийн хэмжээ ( $[6, 10, 11]$ ), сүлжээний мэдээлэл тархахдаа өгөгдсөн  $K$  зайнаас их зайд дамжихгүй байна гэсэн нэмэлт шаардлага бүхий ЧОБ-ууд ( $[12, 13]$ ) томъёологдсон байдаг. ЧОБ болон түүний хувилбарууд нь NP-hard байна [8, 14, 15]. Бодлогын хувилбарууд болон аргуудын талаар дэлгэрэнгүй мэдээлэл [16]-ээс үзэх боломжтой. Бид энэ ажлаар хамгийн том холбоост бүрдлийн хэмжээг өгөгдсөн  $L$  тооноос бага болгох хувилбарыг судална.

Байгаль, нийгэм дээрх ихэнх сүлжээ нь бүлэг бүтэц (community structure) бүхий зохион байгуулалттай байдаг [17, 18]. Сүлжээний нэг бүлгийн гишүүд хоорондоо холбоо (ирмэг) ихтэй харин бусад гишүүдтэй холбоо багатай байна [17, 18]. Зураг 1-д гурван бүлэг бүхий жижиг сүлжээг дүрслэв. Эхлээд бүлэг илрүүлэхэд өргөн хэрэглэгддэг, стандарт алгоритмын нэг болох Гирван-Нүмэн [17] (Girvan-Newman (GN)) алгоритмыг авч үзье. GN нь ирмэгийн хоорондын төв (edge betweenness centrality [19, 20, 21])-ийг ашиглан, хамгийн

Зураг 1. Гурван бүлэгтэй сүлжээ.



төвд орших нэг ирмэгийг устгаад, дахин хоорондын төв (ХТ)-ийг тооцоолж, өндөр оноотой ирмэгийг устгах байдлаар үргэлжилнэ. Эдгээр үйлдлийн дүнд бүлгүүд үүснэ [17].

Бид GN алгоритмын санааг өргөтгөн, ЧОБ-д ашиглав. Өргөтгөлийн санааг гурав хуваан авч үзэж болно: (1) ХТ-н мэдээлэлд суурилан нэгэн зэрэг олон орой устгана (GN нь ХТ-н мэдээлэлд суурилан өндөр оноотой нэг ирмэгийг устгадаг [17] нь GN-г удаан ажиллах үндэс болдог), (2) ХТ-г тооцоолох нь  $O(nm)$  хугацаа [19] шаарддаг тул ХТ-г  $O(m \log^2(n))$  хугацаанд ойролцоолох [20, 21] алгоритмыг ашиглах, (3) үр дүн бага оройнуудыг буцаан нэмэх зэрэг үйлдлүүд болно. Эхний хоёр өөрчлөлт нь нарийвчлалыг алдаж, хугацааг хожно. Алдсан нарийвчлалыг хугацааны алдагдал багатайгаар нөхөх зорилгоор зарим оройг буцаан нэмэв. GN алгоритмын өргөтгөлөөр илрүүлэх оройн олонлогийг сэжигтэй бүс (critical region), сэжигтэй бүсийг илрүүлэн сүлжээнээс устгах процедурыг сэжигтэй бүсийн устгах (critical region extraction) арга гэж тус тус нэрлэе. Сүлжээний сэжигтэй бүсийн устгах аргыг дараалуулан гүйцэтгэвэл тухайн сүлжээ задран жижиг бүрдэл хэсгүүдэд хуваагдана. ЧОБ-г бодох сэжигтэй бүсийг гений дүрслэл (representation) -ээр ашиглах хувьслын алгоритмыг дэвшүүлэв. Зургаан бодит сүлжээн дээр алгоритмын гүйцэтгэлийг туршив. Өмнө хэвлэгдсэн гурван аргатай үр дүнг харьцуулан, үнэлэв. Дэвшүүлж буй алгоритм богино хугацаанд сайн шийд гаргаж байгааг туршилтын үр дүн харуулав.

## II. Бүлэг бүтэц дээр суурилсан хувьслын алгоритм

ХТ дээр суурилсан хувьслын алгоритм нь граф  $G$ , бодлогын хязгаарлалт  $L$ , хүн амын тоо  $N$ ,  $repair$  операторт ашиглагдах  $\beta$  параметр, хугацаагаар хязгаарлах  $T_{max}$ , сайжраагүй олон үе явахад алгоритмыг дуусгах  $I_{max}$  параметруудийг авна (Алгоритм 1). Хувьслын алгоритмын генүүд нь графын оройнуудаас тогтно. Энэ ажлын нэг шинэлэг тал нь нэг ген нь оройн олонлог байх бөгөөд ихэвчлэн давхардсан тоогоор  $\beta\sqrt{n}$  ширхэг оройг агуулах (сэжигтэй бүс) ба энэ тоо хувьсаж өөрчлөгддөг. Харин нэг хүний агуулж буй хромосомын тоо  $\frac{n-L}{\beta\sqrt{n}}$  утгаас эхлүүлсэн бөгөөд уг тоо хувьсан өөрчлөгдөнө. Хүн амыг эхлүүлэхдээ графыг холбоост бүрдлийн хэмжээг  $L/2$  хүртэл задлах сэжигтэй бүсүүдийг цуглуулан тэдгээрээс хромосомын урт ширхгийг санамсаргүйгээр сонгон хүнийг үүсгэнэ. Алгоритмын 4-р мөрөнд байрлах үндсэн давтал нь  $I_{max}$  удаа сайжраагүй ажиллах эсвэл алгоритмын ажиллах хугацаа дууссан үед дуусна. Алгоритмын 5-аас 9-р мөрөнд  $N$  ширхэг хүүхэд агуулах шинэ үеийнхнийг, хүн

амаас санамсаргүй хоёр хүнийг сонгон авч тавь, тавин хувиар генийг нь холих замаар үүсгэнэ. Мөн 5 үе явсны дараагаар шинэ үеийг мутацтайгаар үүсгэнэ. Үүний дараагаар  $S$  олонлогт байгаа хүүхэд бүрийн хувьд ХТ-ийн утгыг ашигласан  $repair$  оператор дуудагдах бөгөөд уг оператор нь тухайн хүүхдийн генүүдэд байгаа оройнуудыг графаас устгаснаар үлдэгдэл графын хамгийн том бүрдэл хэсэг  $L$ -ээс том бол уг нөхцөлийг хангах генүүдийг сүлжээнээс олж нэмж өгөх үйлдлийг хийнэ (Алгоритм 2). Хүүхдийг генүүдийг  $repair$  оператораар зассаны дараа уг хүүхэд хамгийн сайн шийдийг агуулж байх бол хамгийн сайн шийдээ шинэчлэн, сул давталтыг тоолох тоолуурыг 0 болгоно (12-15-р мөр). Ийнхүү бүх шинэ үеийнхэн дээр засварлах үйлдэл хийгдсэний дараа хүн амтайгаа нийлүүлэн, тэднээс сонгон  $N$  хүн амаа дахин байгуулна. Үүнийг  $fitness\_selection$  үйлдлээр хийсэн болно (16-р мөр). Уг үйлдэл нь дараах томъёогоор хүмүүсийг эрэмбэлж хамгийн эхний  $N$  хүнийг амьд үлдээх буюу хүн амд сонгон авна.

$$fitness(P, s) = |s| * (1 - diff(P, s) * 2 / n) \quad (3)$$

Томъёо 3-т ашигласан  $diff(P, s)$  үйлдэл нь  $s$  хүний генд агуулагдах оройнууд, нийт хүн амаасаа хэдэн оройгоор ялгаатай байгааг буцаах үйлдэл ба  $|s|$  нь тухайн хүний генд агуулагдах ялгаатай оройн тоо. Иймээс уг функц нь аль болох бусдаасаа ялгаатай оройнуудыг агуулсан болон шийдийн чанар сайтай оройнуудыг авч үлдэх болно.

---

### Алгоритм 1. $EA(G, L, \beta, N, T_{max}, I_{max})$

---

```

1:  $P \leftarrow Initialize\_population(G, N)$ ;
2:  $i\_cnt \leftarrow 0, s_{best} \leftarrow V$ ;
3:  $idle \leftarrow 0, mutation\_interval \leftarrow 5$ ;
4: while ( $idle < I_{max}$  and  $time < T_{max}$ ) do
5:   if ( $i\_cnt \% mutation\_interval = 0$ ) then
6:      $S \leftarrow mutation(P, N)$ ;
7:   else
8:      $S \leftarrow crossover(P, N)$ ;
9:   end
10:  for  $\forall s \in S$  do
11:     $repair(G, s, L, \beta)$ ;
12:    if ( $|s_{best}| > |s|$ ) then
13:       $s_{best} \leftarrow s$ 
14:       $idle \leftarrow 0$ 
15:    end
16:  end
16:   $P \leftarrow fitness\_selection(P \cup S, N)$ ;
17:   $i\_cnt \leftarrow i\_cnt + 1$ ;
18: end
19: return  $s_{best}$ ;

```

---

Алгоритм 2. *repair*(*G*, *offspring*,  $\beta$ ,  $\gamma$ )

```

1:  $S \leftarrow \{\forall v \in V: v \in \text{offspring}\}$ ;
2:  $G \leftarrow G(V/S, E)$ ;
3: while (хамгийн том бүрдэл хэсэг(G) > L) do
4:    $S' \leftarrow \{\text{хамгийн том ХТ утгатай } \beta\sqrt{n} \text{ орой}\}$ ;
5:    $S \leftarrow S \cup S'$ ;
6:    $G \leftarrow G(V/S', E)$ ;
7:  $S \leftarrow S / \{\text{шаардлагагүй зарим орой}\}$ ;
7: offspring-ийн генийг S-д агуулсан оройгоор нэмнэ
    
```

Алгоритм 2-т харуулсан *repair* үйлдэл нь хүүхдийн генд байх бүх оройг *G* графаас утгасны дараа хамгийн том бүрдэл хэсэг нь *L*-ээс их байх үед граф дээр ХТ-ийн утгыг бодож хамгийн том ХТ утгатай  $\beta\sqrt{n}$  ширхэг оройг олж нэмж устгах үйлдлийг давтан гүйцэтгэнэ. Харин давталтын нөхцөл биелэхгүй болох буюу графын хамгийн том холбоост бүрдлийн хэмжээ *L*-ээс бага болох үед нийт устгасан оройг агуулах *S* олонлогоос зарим нэг шаардлагагүй орой буюу хамгийн том холбоост бүрдлийн хэмжээг *L*-ээс их болгохгүй байх зарим оройнуудыг графт буцааж нэмж өгнө. Энэ үйлдэл нь шийдийн чанарыг сайжруулдаг [22]. Ингээд эцэст нь хүүхдийн генийг *S* олонлогийн оройнуудаас тогтох генүүдээр солино. Уг засварлах үйлдэл хувьслын алгоритм хурдан нийлэхэд туслах боловч ХТ-ийг бодох үйлдлийн давталтаар дахин, дахин хийж байгаа нь алгоритмыг удаашруулна. Гэхдээ ХТ-ийн утгыг яг оновчтой бодох шаардлагагүй тул энд ойролцоогоор бодох алгоритмыг ашиглан ажиллах хугацааг багасгасан [20].

III. Туршилт

Бид кодоо Networkit графын санг ашиглан Python 3 дээр хөгжүүлсэн. Туршилтыг Intel(R) Core(TM) i7-7700 CPU @ 3.60GHz, 8GB санах ойтой энгийн суурийн компьютер дээр хийсэн болно. Өөрсдийн алгоритмаа CC-CNP бодлогыг бодоход тэргүүлэх алгоритмууд болох Greedy1 (G1), Greedy2 (G2) [11], Genetic Algorithm (GA)[10] нартай харьцуулж гүйцэтгэлийг нь хэмжсэн.

A. Өгөгдөл

Хүснэгт 1-т харуулсан өгөгдлүүд нь [10] дээр ашиглагдсан өгөгдлүүд бөгөөд бодит амьдрал дээрх техник, биологи, замын сүлжээнүүд болно. Хүснэгтэд байгаа өгөгдлийн жижиг графаас томруу дарааллаар нь жагсаасан. *Bovine* граф нь үхрийн төрөл зүйл дэх уураг хоорондын холбоо харилцааны граф болно [23]. *USAir97* граф нь 1997 оны Америкийн нислэгийн сүлжээгээр байгуулсан граф болно. *HumanDisease* граф нь генетик өвчнүүдийн хоорондын хамаарлын граф. Граф *openflights* нь 2011 оны Америкийн нислэгийн сүлжээний граф болно. *Facebook* болон *hepph* нь нийгмийн сүлжээний графууд бөгөөд харгалзан *facebook* олон нийтийн сүлжээний найзуудын граф болон өндөр энергийн

Хүснэгт 1: Туршилтын өгөгдөл. Баганууд нь оройн тоо (*V*), ирмэгийн тоо (*E*), бодлогын хязгаарлалт (*L*), дундаж зэрэг (*d*), хамгийн том холбоост бүрдлийн хэмжээ (*LCC*).

Сүлжээний нэр	V	E	L	d	LCC
Bovine	121	190	15	3.14	121
USAir97	332	2,126	70	12.81	332
HumanDisease	516	1,188	10	4.60	516
Openflight	1,858	13,900	140	14.96	1,485
Facebook	4,039	88,234	450	43.69	4,039
hepph	12,008	118,489	3,600	19.74	11,204

үзэгдэл судалдаг физикийн салбарт ажилладаг эрдэмтдийн харилцааны граф болно. Хүснэгт 1-т эдгээр графуудын оройн тоо, ирмэгийн тоо, ЧОБ-ын хязгаарлалт, дундаж зэрэг, хамгийн том холбоост бүрдлийн хэмжээг харуулсан. Өгөгдөл тус бүр дээр алгоритмын гүйцэтгэлийг хэмжихдээ хүснэгтэд харуулсан бодлогын хязгаарлалт *L*-ийг ашигласан.

B. Ажиллах хугацааны харьцуулалт

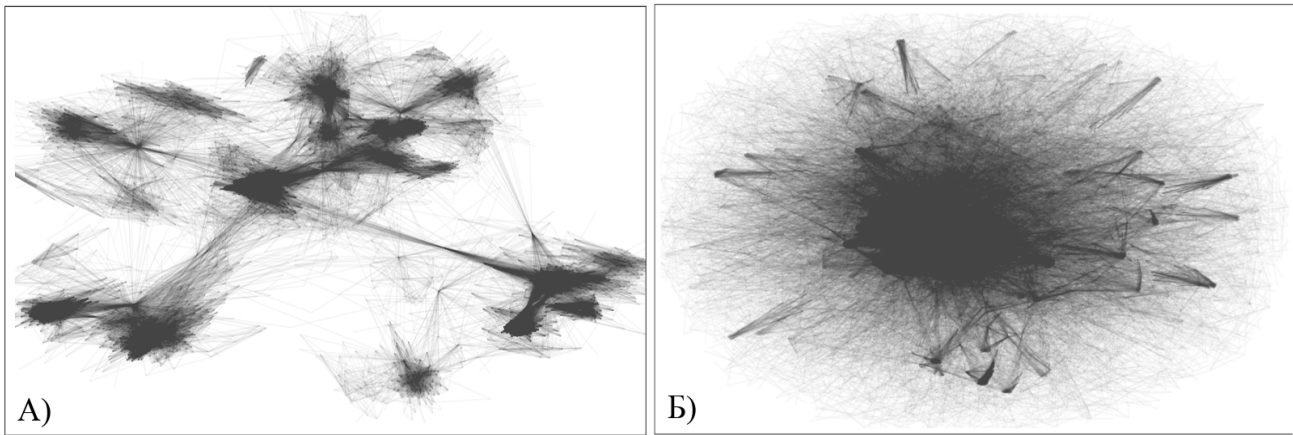
EA алгоритмын хугацааны гүйцэтгэлийг G1, G2 болон GA алгоритмуудтай харьцуулсан. Эдгээр алгоритмын үр дүнг [10]-аас авсан болно. Эдгээр туршилтууд нь бидний туршилт хийсэн орчноос өөр орчинд хийгдсэн тул ажиллах хугацааг харьцуулахдаа дараах зөрүүг авч үзэх нь зохимжтой. G1, G2, GA-ийн туршилтууд нь 2.1 GHz хурдтай хоёр AMD Opteron 8425HE процессортой, 16GB рамтай компьютер дээр C++ хэл дээр хөгжүүлж туршилтыг гүйцэтгэсэн. Хэдийгээр өөр өөр орчинд ажилласан эдгээр туршилтын үр дүнг харьцуулахад хэцүү боловч нэр хүндтэй CPU-benchmark<sup>1</sup> хийдэг үйлчилгээнээс харвал бидний хэрэглэсэн процессор 1.48 дахин хурдан гэж үзэж болно. Шударгаар харьцуулахын тулд Хүснэгт 2-т харуулсан эдгээр алгоритмын ажиллах хугацааг хоёр дахин багасган бидний алгоритмтай харьцуулж болно.

Хүснэгт 2: Ажиллах хугацааны харьцуулалт секундээр.

Сүлжээний нэр	G1	G2	GA	EA
Bovine	100	100	100	100
USAir97	300	300	300	100
HumanDisease	300	300	300	100
openflight	4,000	4,000	4,000	100
facebook	3,000	3,000	3,000	100
hepph	10,000	10,000	10,000	1,000

Алгоритмуудын ажилласан хугацааг секундээр хэмжин Хүснэгт 2-т харуулав. Хүснэгтээс үзэхэд G1, G2, GA алгоритмуудад яг адилхан хугацааны хязгаарлалт өгөгдсөн бол EA алгоритмд илүү бага хугацааны

Зураг 2: Facebook (А), hepph (Б) графуудын бүлэг бүтэц.



хязгаарлалт өгч ажиллуулсан. EA алгоритм нь бүлгийн бүтцийг ашиглан хувьслын алгоритмыг илүү хурдан нийлүүлэх тул богино хугацаанд оролцоо шийд гаргах зорилготой. EA алгоритмыг hepph-ээс бусад сүлжээн дээр 100 секунд, hepph сүлжээн дээр 1000 секундийн хязгаарлалт тавьж ажиллуулсан.

*С. Чанарын харьцуулалт*

Шийдийн чанарын хувьд харьцуулж буй алгоритмуудын үзүүлсэн хамгийн сайн үзүүлэлтийг Хүснэгт 3-д харуулав. Энэ нь бодлогын хязгаарлалт L-д багтаахын тулд устгасан оройн хамгийн бага тоогоор харьцуулсан. Уг тоо бага байх тусам гүйцэтгэл сайн байна гэсэн үг. Bovine граф дээр бүх алгоритмууд адилхан үр дүнг гаргасан нь энэ үр дүн уг графын хувьд хамгийн сайн шийд гэдэг нь харагдаж байна. Харин USAir97, HumanDisease графууд дээр алгоритмууд ялгаатай үр дүнг үзүүлсэн байгаа боловч хамгийн сайн үр дүнг GA, EA алгоритмууд харуулсан байна. Харин openflight сүлжээн дээр GA, EA алгоритмууд нөгөө хоёроосоо сайн шийд гаргасан бөгөөд GA алгоритм хамгийн сайн шийд харуулсан нь EA-ийн үзүүлэлтээс 3 оройгоор бага байна. Facebook өгөгдөл дээр бүгд ялгаатай үр дүнг

гаргалаа. EA-ийн гаргасан шийд нь бусад 3 алгоритмын хамгийн сайн нь болох GA-ийн шийдээс даруй 28 оройгоор бага байна. Hepph графын хувьд GA, EA алгоритмууд нөгөө хоёроосоо сайн шийдийг харуулсан бөгөөд хамгийн сайн шийдийг GA алгоритм гаргасан нь EA-ээс 22 оройгоор бага байна.

Бидний дэвшүүлж буй EA алгоритмын хувьд бүх өгөгдөл дээр богино хугацаанд, G1, G2 алгоритмуудаас сайн үр дүнг гаргах хандлага ажиглагдаж байна. Харин GA алгоритмтай харьцуулахад богино хугацаанд 3 өгөгдөл дээр адил хариу гаргаж, 1 өгөгдөл дээр (facebook) 28 оройгоор сайн үзүүлэлт, 2 өгөгдөл дээр харьцуулж болохуйц үр дүнг гаргасан байна. EA алгоритм нь бүлэг бүтэц нь илүү тодорхой графууд дээр сайн ажиллах хандлага туршилтаар батлагдаж байна. Зураг 2-г facebook, hepph графуудын бүлгийн бүтцийг харуулахын зорьсон бөгөөд facebook граф дээр бүлгүүд нь илүү тодорхой харагдаж байна. Харин hepph графын хувьд бүлгүүд харагдаж байгаа боловч нэг аварга том бүлгээс тогтож байгаа нь уг сүлжээг задлахад илүү хүндрэлтэй болж байна.

IV. Дүгнэлт

Сүлжээний бүлэг бүтэц дээр суурилсан, богино хугацаанд ойролцоо шийд гаргах хувьслын алгоритм дэвшүүлж зургаан өгөгдөл дээр туршив. Дэвшүүлсэн EA алгоритм богино хугацаанд сайн үр дүнг өгч байна. Ялангуяа бүлэг бүтэц нь илүү тодорхой сүлжээнүүд дээр сайн гүйцэтгэлийг харуулав. Бүлэг бүтцийн мэдээлэлд суурилсан генийн дүрслэл нь хувьслын алгоритмын нийлэлтийн хурд төдийгүй хайлтын чадварыг сайжруулж байна. Цаашдаа өгөгдлийн тоо, төрөл, хэмжээг нэмэгдүүлэх, тэдгээр өгөгдөл дээр алгоритмыг туршиж параметруудийг тохируулах, сайжруулах зэрэг ажлуудыг гүйцэтгэнэ. Буцаан нэмэх үйлдлийн үнэлгээг нарийвчлах шаардлагатай.

Хүснэгт 3: Алгоритмуудын чанарын харьцуулалт

Сүлжээний нэр	G1	G2	GA	EA
Bovine	4	4	4	4
USAir97	34	40	33	33
HumanDisease	51	50	49	49
openflight	194	206	184	187
facebook	472	821	324	296
hepph	1,416	1,572	1,228	1,255

үзүүлсэн бөгөөд EA алгоритм G1, G2, GA-ийн үр дүнгээс харгалзан 176, 525, 28 оройгоор сайн үр дүн

## НОМЗҮЙ

- [1] A. Arulselvan, C. W. Commander, P. M. Pardalos, O. Shylo, Managing network risk via critical node identification, *Risk management in telecommunication networks*, Springer (2007) 79–92.
- [2] D. Santos, A. de Sousa, P. Monteiro, Compact models for critical node detection in telecommunication networks, *Electronic Notes in Discrete Mathematics* 64 (2018) 325–334.
- [3] V. Cantillo, L. F. Macea, M. Jaller, Assessing vulnerability of transportation networks for disaster response operations, *Networks and Spatial Economics* 19 (1) (2019) 243–273.
- [4] S. Sarker, A. Veremyev, V. Boginski, A. Singh, Critical nodes in river networks, *Scientific reports* 9 (1) (2019) 1–11.
- [5] L. Tian, A. Bashan, D.-N. Shi, Y.-Y. Liu, Articulation points in complex networks, *Nature communications* 8 (1) (2017) 1–9.
- [6] A. Arulselvan, C. W. Commander, O. Shylo, and P. M. Pardalos, Cardinality-Constrained Critical Node Detection Problem, *Performance Models and Risk Management in Communications Systems*, N. Gülpınar, P. Harrison, and B. Rüstem, (eds.), Springer, 2011, pp. 79–91.
- [7] A. Veremyev, V. Boginski, and E. L. Pasilio, Exact identification of critical nodes in sparse networks via new compact formulations, *Optim. Lett.* 8 (2014), 1245–1259.
- [8] A. Arulselvan, C. W. Commander, L. Elefteriadou, and P. M. Pardalos, Detecting critical nodes in sparse graphs. *Computers & Operations Research* 36 (2009), 2193–2200.
- [9] R. Aringhieri, A. Grosso, P. Hosteins, & R. Scatamacchia, Local search metaheuristics for the critical node problem. *Networks* 67 (2016), 209–221. [10] R. Aringhieri, A. Grosso, P. Hosteins, and R. Scatamacchia, A general Evolutionary Framework for different classes of Critical Node Problems, *Engineering Applications of Artificial Intelligence* 55 (2016), 128–145.
- [11] B. Addis, R. Aringhieri, A. Grosso, and P. Hosteins, Hybrid constructive heuristics for the critical node problem, *Ann Oper Res* 238 (2016), 637–649.
- [12] G. U. Alozie, A. Arulselvan, K. Akartunali, and E. L. Pasilio Jr, Efficient methods for the distance-based critical node detection problem in complex networks, *Computers & Operations Research* 131 (2021), 105254.
- [13] H. Salemi, A. Buchanan, Solving the distance-based critical node problem, *INFORMS Journal on Computing* 8 (4) (2022) 1309–1326.
- [14] M. Garey, D. Johnson, L. Stockmeyer, Some simplified np-complete graph problems, *Theoretical Computer Science* 1 (3) (1976) 237–267. doi:[https://doi.org/10.1016/0304-3975\(76\)90059-1](https://doi.org/10.1016/0304-3975(76)90059-1)
- [15] B. Addis, M. Di Summa, A. Grosso, Identifying critical nodes in undirected graphs: Complexity results and polynomial algorithms for the case of bounded treewidth, *Discrete Applied Mathematics* 161 (16-17) (2013) 2349–2360.
- [16] M. Lalou, M. A. Tahraoui, H. Kheddouci, The critical node detection problem in networks: A survey, *Computer Science Review* 28 (2018) 92–117
- [17] M. Girvan, M. E. Newman, Community structure in social and biological networks, *Proceedings of the national academy of sciences* 99 (12) (2002) 7821–7826.
- [18] S. Fortunato, M. E. Newman, 20 years of network community detection, *Nature Physics* 18 (8) (2022) 848–850.
- [19] U. Brandes, A faster algorithm for betweenness centrality, *Journal of mathematical sociology* 25 (2) (2001) 163–177.
- [20] R. Geisberger, P. Sanders, D. Schultes, Better approximation of betweenness centrality, in: 2008 Proceedings of the Tenth Workshop on Algorithm Engineering and Experiments (ALENEX), SIAM, 2008, pp. 90–100.
- [21] Cousins, Cyrus, Chloe Wohlgemuth, and Matteo Riondato. "BAVARIAN: Betweenness centrality approximation with variance-aware Rademacher averages." *ACM Transactions on Knowledge Discovery from Data* 17.6 (2023): 1-47.
- [22] Fan C, Zeng L, Feng Y, Xiu B, Huang J, Liu Z. Revisiting the power of reinsertion for optimal targets of network attack. *Journal of Cloud Computing*. 2020 Dec;9:1-3.
- [23] Ventresca M, Aleman D. A derandomized approximation algorithm for the critical node detection problem. *Computers & Operations Research*. 2014 Mar 1;43:261-70.



# Монгол улсын үндэсний хиймэл дагуулын холбоог газрын суурь сүлжээтэй хослуулан хөгжүүлэх боломж

1<sup>st</sup> Ю. Отгонбаатар  
Мэдээлэл холбооны тэнхим  
Хүрээ Мэдээлэл Холбооны  
Технологийн Дээд Сургууль  
Улаанбаатар, Монгол  
otgonbaatar@huree.edu.mn

2<sup>nd</sup> Ш. Ганболд  
Холбооны салбар  
ШУТИС-ийн Мэдээлэл Холбооны  
Технологийн Сургууль  
Улаанбаатар, Монгол  
sh\_ganbold@must.edu.mn

3<sup>rd</sup> З. Буянхишиг  
Холбооны салбар  
ШУТИС-ийн Мэдээлэл Холбооны  
Технологийн Сургууль  
Улаанбаатар, Монгол  
zbuya@must.edu.mn

*Хураангуй* - Мэдээлэл харилцаа холбооны технологи асар хурдацтай хөгжиж, хүмүүсийн болон нийгмийн мэдээлэл, холбоо хэрэглээ улам бүр шинэ шатанд гарч, хэрэглээний төрөл олширч түүнийг хэрэглэх арга, цар хүрээ нь улам бүр тэлж байна.

Дэлхий нийтийн төвшинд холбооны технологи, түүний хэрэглээний төрлүүд маш эрчимтэй хөгжиж байгаа хэдий ч энэ нь зөвхөн хөгжсөн орнууд, хүн амын нягтаршил ихтэй нийслэл, хот суурин газруудад илүү хэрэглэгдэж байна.

Хүмүүсийн холбоо үйлчилгээний хэрэглээ өсөх тутам холбооны дэд бүтцийг хөгжүүлэх, илүү найдвартай болгох, өргөжүүлэх шаардлага гарч байна. Мөн ихэнх улс орны засгийн газар хөдөөгийн холбооны дэд бүтцийг хөгжүүлэх асуудалд тэр бүр өндөр ач холбогдол өгдөггүй байна.

Хөдөөгийн нөхцөлд холбоо хэрэглээний төвшин доогуур, хэрэглэгчдийн тоо харьцангуй цөөн байдгаас хот хөдөөгийн холбооны хөгжлийн төвшин нилээн зөрүүтэй байна.

Манай улсын хувьд ч гэсэн өндөр хурдны шилэн кабелийн сүлжээ аймгийн төв, томоохон сум суурин хүртэл холбогдсон ба алслагдсан бүс нутаг, улсын хил хязгаарын орчим, нүүдэллэн амьдардаг малчид, газар тариалан эрхлэгч нарт төдийлөн харилцаа холбооны үйлчилгээг хүргэж чадаагүй байна. Эдгээрээс хамаарч хөдөө орон нутгийг холбоожуулах асуудлыг шийдэхэд хиймэл дагуулын холбоо чухал ач холбогдолтой юм.

Иймд бид энэхүү судалгааны ажлаараа Монгол улсын үндэсний хиймэл дагуулын холбоог газрын суурь сүлжээтэй хослуулан хөгжүүлж, алслагдсан бүс нутагт амьдарч байгаа хүн ам, өрх бүрт харилцаа холбооны үйлчилгээг цогцоор нь хүргэх боломжийг судалж, үр дүнг тодорхойлохыг зорилгоо.

*Тулхуур үгс—Сансрын холбоо, хиймэл дагуулын ИИ.3.6Е зурвас байршил, газрын суурь сүлжээ*

## I. УДИРТГАЛ

Дэлхийн улс орнууд өөрсдийн эрэлт хэрэгцээндээ тулгуурлан сансрын холбооны төрөл бүрийн хиймэл дагуулыг сансрын уудамд хөөргөж, улмаар олон талт хэрэгцээгээр нийгмийн бүхий л салбартаа ашиглаж байна. Монгол улсын хувьд ч гэсэн мэдээлэл холбооны олон талт хэрэгцээндээ тулгуурлан өөрийн үндэсний хиймэл дагуулыг 2030 онд хөөргөхөөр төлөвлөн ажиллаж байна [1]. 2022 оны 1 сарын байдлаар 4852 идэвхитэй хиймэл дагуулуудыг дэлхийн тойрог замд байрлуулан ашиглаж байна [2,3].

Дэлхийн хөгжингүй орны сансар судлаачид, зохион бүтээгчид, инженерүүд сүүлийн жилүүдэд хиймэл дагуулын нийт системийн тоног төхөөрөмжийн овор хэмжээг багасгах, өндөр давтамжаар асар их мэдээлэл дамжуулах, сувгийн багтаамжийг нэмэгдүүлэх тал дээр төрөл бүрийн судалгааг хийж, техник технологийн дэвшлийг бий болгосоор байна.

Үүний үр дүнд хиймэл дагуулууд улам бүр жижиг хэмжээтэй болж, түүнийг зохион бүтээх, хөөргөхөд илүү хялбар болсон бөгөөд сансрын холбоог хэрэглэх хэрэглээ улам бүр нэмэгдсээр байна.

Энэ нь монгол улс шиг өөрийн хиймэл дагуулгүй оронд үндэсний хиймэл дагуулаа ойрын ирээдүйд хөөргөх боломж бүрдэж байгааг тодорхойлж байна.

Монгол улсын засгийн газрын 2012 оны 137 тоот тогтоолоор “Үндэсний хиймэл дагуул” хөөргөх хөтөлбөрийг баталсан ба Олон Улсын Цахилгаан Холбооны Байгууллагаас-(ОУЦХБ) тус улсад сансрын уудмын “Geostationary” буюу Гео тогтонги тойрогт зүүн уртрагийн 113.6 E зурвас байршлыг сансрын холбооны суурин үйлчилгээнд, зүүн уртрагийн 74E зурвас байршлыг сансрын холбооны өргөн нэвтрүүлгийн үйлчилгээнд тус тус хуваарилсан байдаг [4].

## II. СЭДВИЙН СУДЛАГДАСАН БАЙДАЛ

Сэдвийн судлагдсан байдлыг авч үзэхэд Монгол орны хувьд харилцаа холбооны сансрын сүлжээний талаар Монгол орны цаг уурын өгөгдөл ашиглан сансрын холбооны трассад радио долгион тархахад унтралт үүсгэдэг атмосферийн элементүүдээс чийглэг, температур, даралт, шороон шуурга, борооны эрчимшил зэргийн нөлөөлөлийг онолын төвшинд математик аргачлал, симуляцын загвар ашиглан тооцоолсон шинжлэх ухааны томоохон судалгааны ажлууд байна. [5,6].

Гадны орны судлаачид хиймэл дагуулын холбоог газрын суурь сүлжээтэй хослуулан хөгжүүлэхдээ сүлжээгээр дамжих харилцаа холбооны ачааллын судалгааг үйлчилгээний төрөл бүрээр тодорхойлж гаргасан байна. Канадын “Simon Fraser” их сургуулийн судлаачид хиймэл дагуулын холбоогоор дамжиж байгаа ярианы үйлчилгээнээс үүсэх ачааллаас илүүтэйгээр интернет үйлчилгээнээс үүсгэж байгаа ачаалал маш өндөр байгааг тодорхойлжээ. Интернет үйлчилгээний ачааллын судалгааг хийхдээ хэрэглэгчээс үүсгэж байгаа ачаалалд өдрийн тодорхой цагуудад, сарын тодорхой өдрүүд, амралтын өдрүүдэд хэмжилт хийж, интернэтийн холболтоор үүсч байгаа ачааллыг нарийвчлан судалж, дүн шинжилгээ хийжээ [7].

Европын орны их сургуулиудын судлаачид хамтран сансрын холбооны сүлжээ, газрын суурь сүлжээг тус тусад нь хөгжүүлснээс хиймэл дагуулын холбоог газрын сүлжээтэй хослуулан хөгжүүлэх нь харилцаа холбооны дэд бүтэц, улс орны нийгэм эдийн засгийн хувьд олон талын ашигтай шийдэл гэдгийг тодорхойлжээ [8].

### III. МОНГОЛ ОРНЫ СУУРЬ СҮЛЖЭЭНИЙ ӨНӨӨГИЙН БАЙДАЛ БА ХИЙМЭЛ ДАГУУЛЫН ХОЛБОО

Монгол улсын мэдээлэл харилцаа холбооны үндсэн сүлжээний дэд бүтцийн өнөөгийн байдал нь газар зүйн байршлаар нь гурван бүсэд хувааж цагариг хэлбэрийн сүлжээ үүсгэсэн ба тэдгээрээс салбарлуулан сумдыг од хэлбэрийн сүлжээний бүтцээр холбосон байдаг. 3.1 дүгээр зурагт шилэн кабелийн суурь сүлжээний статистик тоон үзүүлэлтийг 2022 оны эхний хагас жилийн байдлаар харуулав [9].



Зураг-3.1: Монгол улсын шилэн кабелийн өнөөгийн байдал

Монгол улсын нийт нутаг дэвсгэрийн 80 гаруй хувь нь өндөр хурд, өргөн зурвасын шилэн кабелийн сүлжээнд хамрагдсан бөгөөд дараах компаниуд шилэн кабелийн суурилуулалтын үйлчилгээг үзүүлж байгаа бөгөөд суурь сүлжээ өргөтгөх ажлыг шат дараатайгаар хэрэгжүүлж байна. Үүнд:

- Мэдээлэл холбооны сүлжээ ТӨК-19549 км
- Мобиком нэтворкс ХХК-12903 км
- Скайнэтворкс ХХК-12290 км
- Жемнэт ХХК-2265 км, МТ нэтворкс ХХК-723 км
- Айрон товер ХХК-134 км
- Эс Ти Би Эс ХХК-120 км тус тус суурилуулсан байна.

#### A. Хиймэл дагуулын холбоо

Хиймэл дагуулын холбоо нь газрын сүлжээтэй харьцуулахад дараах онцлог, давуу болон сул талуудтай юм. Үүнд:

- Алсын зайд болон уудам нутаг дэвсгэрийг хамрах боломжтой
- Хязгаарлагдмал нутаг дэвсгэрт холбоо зохион байгуулах боломжтой.
- Газрын гадарга, уул нуруудын хаалтын нөлөө үүсэхгүй
- Давтамж, хугацаа, кодын нягтруулагтай FDMA/TDMA/CDMA зэрэг модуляцийн системийг ашигладаг учир сувгийн багтаамж ихтэй.
- Хэрэглэгчийн шаардлагад тулгуурласан буюу ачааллын өсөлтөөс хамааруулан сүлжээг өргөтгөх боломж ихтэй.
- Сүлжээний менежмент хийхэд илүү уян хатан.
- Тонго төхөөрөмжийг угсарч монтажлахад газрын төхөөрөмжтэй харьцуулахад хугацаа бага шаардах боловч хөрөнгө оруулалтын зардал өндөр.
- Газрын станцаас сигнал цацаж, хиймэл дагуулаас хүлээн авахад 250 мс хугацаа шаардагдах ба энэ нь дууны сигнал дамжуулахад цуурай үүсгэдэг ба өгөгдөл, дүрс, видео дамжуулахад саатал үүсч, мэдээллийн чанарт муугаар нөлөөлдөг. Үүнээс гадна цаг агаарын хүчин зүйлүүд болох бороо, цас, үүл манан, шороон шуураг зэрэг нөлөөлөлд өртөж, унтралт үүсдэг [4].

#### B. Монгол улсад хиймэл дагуулын холбоо зохион байгуулах онцлог.

Монгол орны хувьд өргөн уудам нутаг дэвсгэртэй хүн ам таруу суурьшсан, хоёр их гүрний дунд байршилтай далайд гарцгүй учраас сансрын холбооны системийг хөгжүүлж нэвтрүүлэх нь хамгийн тохиромжтой юм.

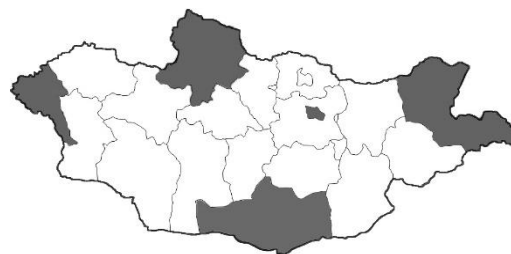
- Байгаль цаг уурын хувьд эх газрын эрс тэс уур амьсгалтай, жилийн 4 улиралтай бөгөөд улирлын ялгаа ихтэй. Иймд холбооны систем өвөл зундаа бороо цасны үйлчлэл, хавар намартаа хээрийн түймэр, салхи, шороон шуурга зэрэг байгалийн гамшигт байнга өртдөг.
- Хүн амын амьдралын хэв маягийг аваад үзвэл ихэнх хувь нь нийслэл хотдоо төвлөрсөн суурьшмал хэлбэртэй, хөдөөдөө таруу, дөрвөн улиралд нутаг сэлгэн амьдардаг нүүдэлчин соёл иргэншилтэй, алслагдсан уул тал, говиор амьдардаг малчидтай.
- Хөдөөгийн алслагдсан бүс нутгаар харилцаа холбооны дэд бүтэц тийм ч сайн хөгжөөгүй ба төв суурин газарт ашиглагддаг бага багтаамжийн тоон холболтын систем, хамрах хүрээ багатай үүрэн холбооны бага чадлын бааз станц зэргээр хязгаарлагдаж байна.

Төрийн болон хувийн хэвшлийн хөрөнгө оруулалтаар орон нутгийг шилэн кабелийн сүлжээгээр холбох ажлыг эрчимтэй хийж байгаа боловч манай орны хувьд алслагдсан өрх бүрт харилцаа холбооны бүх төрлийн үйлчилгээг тэгш хүртээмжтэй хүргэх асуудлыг үндэсний хиймэл дагуулаа хөөргөж, сансрын холбооны сүлжээг зохион байгуулснаар шийдвэрлэх боломжтой юм [4].

#### IV. СУДАЛГААНЫ БҮС НУТАГ

Бид үндсэн судалгаандаа Монгол орны нутаг дэвсгэрийн байршлаас хамаарсан сансрын холбооны газрын станцын нэвтрүүлэх, хүлээн авах антенны хэвтээ, босоо чиглэлийн өнцөг болон тухайн цэгээс зүүн уртрагын 113.6 E, 74E зурваст байрлах хиймэл дагуул руу долгион тархах налуу замын урт буюу зайг аймаг бүрээр тооцоолсон [7].

Энэхүү бүтээлдээ нутаг дэвсгэрийн төвийн болон хязгаарын цэгүүдийг сонгон авч, хураангуйлан загварчилж, хиймэл дагуулын 113.6E байршлаар тооцоолсон үр дүнг орууллахаар төлөвлөлөө. 4.1 дүгээр зурагт судалгааны бүс нутгийн сонгогдсон аймгуудыг үзүүлэв.



Зураг 4.1: Судалгааны бүс нутаг.

Монгол орны баруун бүсээс Баян-Өлгий аймаг, төвийн бүсээс Улаанбаатар хот, зүүн бүсээс Дорнод аймаг, Хойд бүсээс Хөвсгөл аймаг, Өмнөд бүсээс Өмнөговь аймгуудыг тус тус сонгон авч уртраг өргөрөгийн байршлаар нь 4.1 дүгээр хүснэгтээр харуулав.

ХҮСНЭГТ 4.1: БҮС НУТГИЙН УРТРАГ ӨРГӨРӨГ

Бүс	Айгуудын нэр	Уртраг	Өргөрөг
Төв	Улаанбаатар хот	106.92 E	47.92 N
Хойд	Хөвсгөл	100.15 E	49.64 N
Баруун	Баян-Өлгий	89.97 E	48.97 N
Өмнөд	Өмнөговь	104.43 E	43.57 N
Зүүн	Дорнод	114.53 E	48.08 N

Аймгуудын уртраг өргөргийн байршлын градус, минут, секунд бүхий форматтай тоон өгөгдлийг зөвхөн градус бүхий форматтай тоон өгөгдөлд хөрвүүлэн, дараагийн бүлгийн сансрын холбооны шугамын геометр параметрыг тооцоолоход шууд ашиглана [8].

V. САНСРЫН ХОЛБООНЫ ШУГАМЫН ГЕОМЕТР ТООЦООЛЛОЛ

Бүс нутгийн аймгуудын байршлаас хамаарсан сансрын холбооны газрын станцын нэвтрүүлэх, хүлээн авах антенны хэвтээ, босоо чиглэлийн өнцөг болон тухайн цэгээс зүүн уртрагийн 113.6 E зурваст байрлах хиймэл дагуул руу долгион тархах налуу замын урт зэрэг параметруудийг сонгогдсон аймаг бүрээр тооцоолно.

Хиймэл дагуул болон газрын станцын байршлын уртрагийн абсолют зөрүүг 5.1 дүгээр томъёогоор, газрын станцын нэвтрүүлэх, хүлээн авах антенны хэвтээ чиглэлийн өнцгийг 5.2 дугаар томъёогоор, антенны босоо чиглэлийн өнцгийг 5.3 дугаар томъёогоор, тухайн цэгээс зүүн уртрагийн 113.6°E байрлах хиймэл дагуул руу долгион тархах налуу замын уртыг 5.4 дүгээр томъёогоор тус тус тооцоолж [9], үр дүнг 5.1 дүгээр хүснэгтэд харуулав.

Абсолют зөрүү:

$$\Delta\lambda = \lambda_{\text{sat}} - \lambda_{\text{earth}} \quad (5.1)$$

Энд:

- $(\lambda_{\text{sat}})$  – Хиймэл дагуулын уртрагийн байршил
- $(\lambda_{\text{earth}})$  – Газрын станцын уртрагийн байршил

Антенны хэвтээ чиглэлийн өнцөг:

$$\sin(A_z) = \frac{\sin(\Delta\lambda)}{\sin \gamma} \quad (5.2)$$

Энд:

- $\sin(A_z)$  – Антенны эргэх өнцөг
- $\sin(\Delta\lambda)$  – Хиймэл дагуул & газрын станцын байршлын уртрагийн абсолют зөрүү
- $\sin(\gamma)$  – Төвийн өнцгийн градус

Антенны босоо чиглэлийн өнцөг:

$$\cos \theta = \frac{r_s}{R} * \sin \gamma \quad (5.3)$$

Энд:

- $\cos(\theta)$  – Антенны хазайх өнцөг
- R – Долгион тархах зай
- $r_s$  – Хиймэл дагуулын радиус

Долгион тархах налуу замын урт буюу зай:

$$R = (r_e^2 + r_s^2 - 2 * r_e r_s \cos \gamma)^{\frac{1}{2}} \quad (5.4)$$

Энд:

- R – Налуу замын урт буюу зай
- $r_e$  – Дэлхийн радиус

- $r_s$  – Хиймэл дагуулын радиус
- $\cos \gamma$  – Өнцгийн косинус

Эдгээр параметруудийг тооцоолох нь сансрын холбооны сүлжээ төлөвлөлт, системийн найдвартай ажиллагаанд нөлөөлөх зарим хүчин зүйлүүдийг тодорхойлоход чухал ач холбогдолтой юм.

ХҮСНЭГТ 5.1 ГЕОМЕТР ПАРАМЕТР ТООЦООЛСОН ҮР ДҮН.

Арлуудын нэр	Налуу замын урт [км]	Газрын станцын антенны	
		Босоо чиглэлийн өнцөг	Хэвтээ чиглэлийн өнцөг
Улаанбаатар	38213	34.5°	171.04°
Хөвсгөл	38463	31.6°	162.6°
Баян-Өлгий	38662	28°	150°
Өмнөговь	37865	40°	166.8°
Дорнод	38196	35°	181.26°

Сансрын холбооны газрын станцын нэвтрүүлэх, хүлээн авах антенны босоо чиглэлийн өнцөг нь 5° градусаас доош тохиолдолд техникийн характеристикийн хувьд хамгийн муу үзүүлэлт хэмээн үздэг [4].

Хүснэгтээр тодорхойлсон техникийн үзүүлэлтээс харахад хиймэл дагуулын 113.6° E байрлал дээр Монгол орны харьяалагдаж байгаа уртраг, өргөрөгийн аль ч цэгт нэвтрүүлэх, хүлээн авах антенны босоо чиглэлийн өнцөг нь (28°-40°) градусын хооронд байгаа нь хиймэл дагуулаас сигнал хүлээн авч, нэвтрүүлэх энергийн нөөц, чадлын хувьд боломжтой байгааг тодорхойлж байна

VI. УЛС ОРНУУДЫН ХИЙМЭЛ ДАГУУЛЫН ХОЛБООГ ГАЗРЫН СҮЛЖЭЭТЭЙ ХОСЛУУЛАН ХӨГЖҮҮЛЖ БАЙГАА АРГА ТУРШЛАГА БА ХАРЬЦУУЛСАН СУДАЛГАА

Дэлхийн улс орнууд газар нутгийн хэмжээ, хүн амын байршил, нягтаршил, тархан суурьшсан байдал, үйлчилгээний хэрэглээ, зэргээс хамаараад сансрын холбоог газрын суурь сүлжээтэй хослуулан хөгжүүлж, олон талт хэрэглээгээр ашиглаж байна.

A. Солонгос улс

Солонгос улс нь 1992 оноос хиймэл дагуул хөөргөж, сансрын сүлжээг ашиглаж эхэлсэн ба 2022 оны байдлаар харилцаа холбоо, цаг уур, тандан судалгааны зориулалтаар нийтдээ 25 гаруй хиймэл дагуулыг сансар огторгуйд хөөргөн ашиглаж байна [9]. Газар нутгийн хэмжээ бага, хүн амын нягтаршил их, дараа үеийн техник, технологи, харилцаа холбооны дэд бүтэц, сүлжээ өндөр хөгжсөн Солонгос улсын хувьд хиймэл дагуулын холбоог 5G сүлжээтэй хослуулан алслагдсан бүс нутгуудад харилцаа холбооны үйлчилгээг үзүүлэхээр төлөвлөн, туршилт судалгааг хийж эхлүүлсэн байна.

Энэхүү туршилт судалгааг дэлхийн анхны 5G үйлчилгээг үзүүлэгч оператор компаниудын нэг Korea Telecom болон түүний охин компани KT-Sat компаниуд хамтран Геостационар орбитын “Koreasat 5A” харилцаа холбооны хиймэл дагуулыг ашиглан, 5G үйлчилгээг нэвтрүүлэхээр зорин ажиллаж байна.

Энэхүү хиймэл дагуулын сүлжээн дээр суурилсан 5G сүлжээний холболт туршилт нь газар зүйн байршилаас үл хамааран алслагдсан бүс нутаг, уул нурууд, далай тэнгисийн орчимд ажиллаж амьдарч байгаа хүн ам, оршин суугчидад харилцаа холбооны үйлчилгээг хүргэх боломжийг бий болгож байна.

**В. Энэтхэг улс**

Энэтхэг улс газар нутгийн хэмжээгээрээ дэлхийд долоодугаарт, хүн амаараа хоёрт ордог далайгаар хүрээлэгдсэн Энэтхэгийн хойгт оршдог.

Байгаль цаг уур, газар зүйн онцлог нь газар нутгийн ихэнх хэсгийг өндөр уулс, гол мөрөн, ой тал хээр эзэлсэн ба өмнөд хэсгээрээ далайн чийглэг, зөөлөн уур амьсгалтай, харин хойд хэсгээрээ эх газрын хүйтэн сэрүүн уур амьсгалтай орон юм [10].

Энэтхэг улс нь 1975 оноос хиймэл дагуулыг хиймэл дагуулыг хөөргөж, сансрын сүлжээг ашиглаж эхэлсэн ба 2022 оны байдлаар харилцаа холбоо, цаг уур, тандан судалгаа, байршил тогтоох, цэрэг армийн зориулалтаар нийтдээ 100 гаруй хиймэл дагуулыг сансар огторгуйд хөөргөж, нийгмийн бүхий л салбартаа өргөнөөр ашиглаж байна [9].

Энэтхэг улс нь хиймэл дагуулын холбоо, сансрын технологи өндөр хөгжсөн, үйлдвэрлэгч, хөөргөгч, нийлүүлэгч бөгөөд сансрын холбооны зах зээлд тэргүүлэгч орнуудын нэг юм. Энэ орны хувьд газрын сүлжээнээс илүүтэйгээр хиймэл дагуулын холбоог өргөнөөр ашиглаж байна.

**С. Казахстан улс**

Казахстан улс нь байгаль цаг уур, газар нутгийн бүтэц, хүн амын нягтаршил, хөдөөдөө тархмал суурьшсан амьдралын хэв маяг, далайд гарцгүй байдал зэрэг олон хүчин зүйлээрээ Монгол улстай ойролцоо орон юм.

2005 оны 12 сард Казахстаны анхны сансрын хөлгийн удирдлагын цогцолбор болон холбооны хяналтын системийг ашиглалтанд оруулсан ба тус төвийг 2008-2010 онд KazSat-2 төслийн хүрээнд, 2013 онд KazSat-3 төслийн хүрээнд өргөтгөл хийж өргөжүүлсэн.

KazSat сансрын холбооны газрын удирдлагын сүлжээ нь Аккул газрын станцын үндсэн төв, Коктерек газрын станцын нөөц төвөөс тус тус бүрддэг. KazSat-аар дамжуулан сансрын холбооны газрын 13 мянга гаруй станц ажиллаж байгаа бөгөөд телевизийн өргөн нэвтрүүлгийн хэрэгцээг 100% хангаж байна. Дотоодын болон Төв Азийн орнуудад сансрын холбооны үйлчилгээг экспортолдог.

KazSat сансрын холбоогоор дамжуулан дараах үйлчилгээнүүдийн олон нийгэд үзүүлж байна [11].

- Цахим засаглал буюу E-Government
- Өргөн нэвтрүүлгийн үйлчилгээ-ТВ, Радио
- Телефоны үйлчилгээ
- Интернет өгөгдөл дамжуулах үйлчилгээ
- Олон төрөлт мультимедиа үйлчилгээ
- ВиСАТ-ийн үйлчилгээ
- Хөдөлгөөнт холбоо

Сансрын холбооны үндэсний сүлжээн дээрээ суурилсан харилцаа холбооны дараах дэд бүтцийг хөгжүүлэх бодлого төлөвлөн ажиллаж байна.

- Дижитал торгоны замын харилцаа холбооны дэд бүтцийг шинээр хөгжүүлэх
- Дараа үеийн 5G технологийг хөгжүүлэх
- Smart city буюу Ухаалаг хотын дэд бүтцийг өргөжүүлэх
- Internet of things буюу IoT-ыг хөгжүүлэх
- Дижиталчлал, инноваци, шинжлэх ухаан технологийн нээлтүүдийг дэмжих төсөл хөтөлбөрүүд

Хүн ам алслагдсан бүс нутгийг хамарсан өндөр хурдны, хүртээмжтэй өргөн хүрээний сансрын холбооны сүлжээний платформын шийдлүүдийг хөгжүүлэн ажиллахаар төлөвлөж байна. 6.1 дүгээр хүснэгтээр дэлхийн улс орнуудын сансрын холбооны сүлжээний төлөвлөлтийн харьцуулсан үзүүлэлтийг харуулав.

ХҮСНЭГТ 6.1 ХАРЬЦУУЛСАН СУДАЛГАА.

Үзүүлэлт	Солонгос улс	Энэтхэг улс	Казахстан улс	Монгол улс
Газар нутаг хүн амын харьцаа	Газар нутгийн хэмжээ бага, хүн ам их	Газар нутгийн хэмжээ том, хүн ам асар их	Газар нутгийн хэмжээ том, хүн ам цөөн	Газар нутгийн хэмжээ том, хүн ам маш цөөн
Газар нутаг/ Хүн амын тоо	100.2 мян.км <sup>2</sup> 51.3 сая	3.287 мян.км <sup>2</sup> 1.4 тэрбум	2.725 мян.км <sup>2</sup> 19.2 сая	1.564 мян.км <sup>2</sup> 3.4 сая
Хүн амын нягтаршил	511	426	7	2.2
Хиймэл дагуул хөөргөж эхэлсэн он	1992	1975	2006	<b>2030 оноос</b>
Хиймэл дагуулын тоо	21	120+	6	-
Үйлчилгээний төрөл	5G, IoT, Smart city, харилцаа холбооны үйлчилгээ.	Харилцаа холбооны үйлчилгээ, алсын зайн эмчилгээ, оношлогоо, алсын зайн сургалт	Интернэт, IoT, Smart city, Дижитал Казахста холбооны үйлчилгээ.	Интернэт, IoT, E-Mongolia, харилцаа холбооны үйлчилгээ
Сансрын холбооны сүлжээний стратеги	Хиймэл дагуулын холбоог 5G-тэй хослуулах	Газрын сүлжээнээс илүүтэйгээр хиймэл дагуулын холбоог ашиглах	Хиймэл дагуулын холбоог газрын сүлжээтэй хослуулан ашиглах	Хиймэл дагуулын холбоог газрын сүлжээтэй хослуулан хөгжүүлэх
Хамрах бүс нутаг	Алслагдсан бүс нутаг, далай тенгисийн орчим	Алслагдсан бүс нутаг, уул нурууд, далай тенгисийн орчим	Хот суурин газар, алслагдсан бүс нутаг, хөдөө	Алслагдсан бүс нутаг, тариаланчид, нүүдлийн соёлтой малчид

**Д. Монгол улс**

Монгол улс өөрийн хиймэл дагуулгүй хэдий ч мэдээлэл холбооны олон тал хэрэгцээндээ тулгуурлан үндэсний хиймэл дагуулыг 2030 оноос хөөргөхөөр төлөвлөн ажиллаж байна.

Үүнтэй холбоотойгоор үндэсний хиймэл дагуулыг хөөргөх үндэсний цогц бодлогын баримт бичиг, зорилтот хөтөлбөрүүдийг боловсруулах, сансрын холбооны үндэсний зөвлөлийг байгуулах [13, 14] зэрэг шийдвэрүүд гаргаж, үе шаттайгаар хэрэгжүүлэхээр төлөвлөн ажиллаж байна.

**VII. Үндэсний хиймэл дагуулын холбоог газрын суурь сүлжээтэй хослуулан хөгжүүлэх боломж**

Монгол улсад сансрын холбооны сүлжээ төлөвлөн зохион байгуулахдаа бүсчилсэн загвараар тооцоолж, газрын үндсэн суурь сүлжээтэй хослуулан хөгжүүлэх нь тохиромжтой байна.

Монгол улсын мэдээлэл харилцаа холбооны үндсэн сүлжээний дэд бүтцийн өнөөгийн байдал нь газар зүйн байршлаар нь гурван бүсэд хувааж цагариг хэлбэрийн сүлжээ үүсгэсэн ба тэдгээрээс салбарлуулан сумдыг од хэлбэрийн сүлжээний бүтцээр холбосон байдаг.

Энэ нь цагираг сүлжээний аль нэг хэсэгт техникийн гэмтэл саатал гарах, сүлжээ тасрах мөн газар хөдлөлт, үер усны гамшиг, гал түймэр зэрэг байгалийн төлөвлөгдөөгүй хүчин зүйлээс болж ямар нэгэн асуудал үүсэхэд тус бүсийн ихэнх сумдууд сүлжээгүй болох эрсдэлтэй юм.

Иймд хиймэл дагуулын холбоогоор сансрын сүлжээ төлөвлөн зохион байгуулахдаа аймгуудыг бүсчилсэн загварт оруулж, бүс тус бүрийн хүн ам, газар нутгийн хэмжээ, суурь сүлжээний дэд бүтэц, дамжуулж байгаа мэдээллийн урсгалын ачаалал, нэвтрүүлэх, хүлээн авах сансрын трассад нөлөөлөх хүчин зүйлүүдээс хамааруулан газрын дэд станцуудын оновчтой байрлалд байршуулах ба эдгээр бүсүүдэд байрласан газрын станцууд нь нь өөр хоорондоо сансрын холбооны хиймэл дагуулаар дамжин тор хэлбэрийн сүлжээний тополоогоор зохион байгуулах нь илүү тохиромжтой шийдэл байж болно.

Сансрын холбооны сүлжээ зохион байгуулахад хууль эрх зүйн орчин, үйл ажиллагааг зохицуулах стратеги, сансрын технологийг хөгжүүлэх бодлого, чадварлаг хүний нөөцийг бэлдэх, тухайн улс орны болоод бүс нутгийн зах зээлийг судалгаа зэргийг хийх шаардлагатай байдаг. 7.1-дүгээр хүснэгтээр Монгол улсын бүс нутгийн хүн ам, газар нутгийн хэмжээ, аймаг болон сумдын тоо, хүн амын нягтаршлаар харьцуулан судалж, статистикийг үзүүлэлтийг 2021 оны эцсийн байдлаар харуулав [12].

ХҮСНЭГТ 7.1 СТАТИСТИК ХАРЬЦУУЛСАН СУДАЛГАА

Бүс	Аймгийн тоо	Сумдын тоо	Газар нутгийн хэмжээ [км <sup>2</sup> ]	Хүн ам [мянга]	Хүн амын нягтаршил
Төв-А	УБ-хот	-	4.704	1.639.172	349
	4	85	308.2	392.448	1.3
Хойд-В	5	63	194.62	524.079	2.69
Баруун-С	5	91	415.3	418.607	0.99
Өмнөд-Д	4	47	355.14	208.247	0.58
Зүүн-Е	3	44	286.2	227.386	0.79
<b>Нийт</b>	<b>21</b>	<b>330</b>	<b>1.559.569</b>	<b>3.409.939</b>	<b>2.2</b>

Харьцуулсан судалгааны хүснэгтээс үзэхэд нийслэл Улаанбаатар хотод хүн амын нягтаршил маш өндөр хувьтай байгаа нь газар нутгийн хамжээ бага, хүн ам их Япон, Солонгос зэрэг орнуудтай ижил төстэй байна.

Мөн хойд бүсийн аймгуудад уул уурхай, барилга, үйлдвэрлэл хөгжиж хотожсон Орхон, Дархан-Уул аймгууд хамрагдаж байгаа нь бусад бүс нутгуудтай харьцуулахад хүн амын нягтаршил нь өндөр хувийг эзэлж байна. Баруун бүсийн аймгуудын хувьд газар нутгийн хэмжээ том, хүн ам сийрэг ч сумдын тоогоороо бусад бүс нутгуудаасаа хамаагүй өндөр хувийг эзэлж байна.

Өмнөд болон зүүн бүсийн хувьд газар нутгийн хэмжээ том, хүн амын нягтаршил бага, хамрагдах сумдын тоо нь цөөхөн байгаа нь өмнөд бүс-(D) болон зүүн бүс-(E) хоёрыг нэгтгэн нэг бүсэд оруулан сансрын холбооны сүлжээ төлөвлөлт зохион байгуулж болохоор байна.

Энэхүү зах зээлийн судалгаанаас гадна хиймэл дагуулын холбооны системийн найдвартай ажиллагааны төлөвлөлтөд нөлөөлөх хүчин зүйлүүдийг давхар авч судлах нь чухал ач холбогдолтой байдаг. Үүнд:

Сансрын хиймэл дагуулын холбоонд ашигладаг радио долгионы тархах явцад нөлөөлөх долгионы хугарлын индекс, түүний градиент, борооны унтралт, шороон шуурганы унтралт, дэлхийн болон газрын соронзон шуурга, үүлний цахилгаан цэнэгийн хуримтлалаас хэт

богино долгионы туйлшралд үзүүлэх нөлөө, нарны идэвхжил болон түүний байршилтай сансрын трассын чиглэл давхацлын нөлөө, цас, бороо, шороон шуурга түүний найрлага дахь элсний хэлбэр, бүтэц, утаа, мөндөр, манан агуулсан үүлний массын нөлөө зэрэг олон хүчин зүйлсүүд хамрагдна.

Монгол улсад сансрын холбооны сүлжээ төлөвлөлтийг оновчтой зохион байгуулах нь хиймэл дагуулын холбоогоор дамжих мэдээллийн урсгалын ачааллыг тэнцвэржүүлэх, үндсэн газрын суурь сүлжээний дэд бүтцийг бэхжүүлэх, газрын цагариг сүлжээний холболтон дээр суурилсан сумдын сүлжээний нөөцийн системийн нэмэгдүүлэх зэрэг олон зорилго, зорилтуудыг агуулна.

СУДАЛГААНЫ ҮР ДҮН

Энэхүү судалгааны ажлаараа Монгол улсын үндэсний хиймэл дагуулын холбоог газрын суурь сүлжээтэй хослуулан хөгжүүлж, алсагдсан бүс нутаг, хөдөөгийн нүүдэлчин малчид, газар тариалан эрхлэгчдэд харилцаа холбооны үйлчилгээг цогцоор нь хүргэх боломжийг судалж дараах үр дүнг тодорхойлж байна.

- Монгол улсын ирээдүйд хөөргөх хиймэл дагуулын 113.6E байршлыг сонгон авч, нутаг дэвсгэрийн байршлаас хамаарсан сансрын холбооны газрын станцын нэвтрүүлэх, хүлээн авах антенны хэвтээ, босоо чиглэлийн өнцөг болон тухайн цэгээс хиймэл дагуул руу долгион тархах налуу замын урт зэрэг геометр шугамын параметруудийг урьдчилан тооцоолж, үр дүнг гаргасан нь давуу тал юм.
- Сонгогдсон бүс нутгийн уртраг өргөргийн өгөгдлөөр тооцоолсон геометр шугамын тооцооллын үр дүнгээс харахад хиймэл дагуулын 113.6E байрлал дээр Монгол орны харьяалагдаж байгаа уртраг, өргөрөгийн аль ч цэгт нэвтрүүлэх, хүлээн авах антенны босоо чиглэлийн өнцөг нь (28<sup>0</sup>-40<sup>0</sup>) градусын хооронд байгаа нь хиймэл дагуулаас сигнал хүлээн авч, нэвтрүүлэх энергийн нөөц, чадлын хувьд боломжтой байгааг тодорхойлж байна.

Монгол улсын цахилгаан холбооны суурь сүлжээ нь голлон шилэн кабелийн суурь сүлжээнд суурилж, томоохон хотууд, аймгийн төвүүд, хөдөөгийн суурьшмал газар болох сумдын төвийн нийт 80 хувийг хамарсан байна.

Иймд газрын суурь сүлжээнд түшиглэн хиймэл дагуулын холбоотой хослуулан сүлжээ зохион байгуулах нь бүх төрлийн харилцаа холбооны нэгдмэл үйлчилгээний хурд, хүчин чадлыг нэмэгдүүлэхээс гадна суурь сүлжээний найдваржилтыг нэмэгдүүлэхэд чухал ач холбогдолтой болно.

Өмнөх судлаачид Монгол орны нөхцөлд сансрын холбооны дамжуулах системийн найдвартай ажиллагаанд нөлөөлөх цаг агаарын зарим хүчин зүйлүүдийг онолын түвшинд математик аргачлал, симуляцын аргаар судалсан шинжлэх ухааны бүтээлүүд байна.

Энэхүү судалгааны ажил нь Монгол улсын ирээдүйд хөөргөх хиймэл дагуулын 113.6 E байршлыг сонгон авч, хиймэл дагуулын холбоог газрын сүлжээтэй хослуулан хөгжүүлэх сүлжээний архитектур талаас нь судалж байгаагаараа онцог юм.

Эцэст нь бид энэхүү судалгааны ажлаараа хиймэл дагуулын холбоог газрын сүлжээтэй хослуулан хөгжүүлэх замаар оновчтой сүлжээний шийдэл гаргаж,

үндсэн суурь сүлжээг өргөтгөх, багтаамжийг нэмэгдүүлэх, дэд бүтцийг бэхжүүлэхээс гадна баг, бригад, алслагдсан бүс нутагт үйл ажиллагаагаа явуулж байгаа аж ахуйн жижиг нэгж, хилийн цэргийн анги, нүүдлийн горимоор ажилладаг хайгуулын анги салбар, улирлын чанартай ажилладаг газар тариалан, геологи хайгуул, уул уурхайн салбар, аялал жуулчлалын газар, иргэний хамгаалалтын болон онцгой шуурхай холбоо мэдээллийн үйлчилгээ явуулах, хэсэг бүлгээрээ амьдардаг хөдөөгийн айл өрхүүдэд харилцаа холбооны бүхий л төрлийн үйлчилгээг ижил тэгш, хүртээмжтэйгээр хүргэх боломжтойг тодорхойлж байна.

#### ТАЛАРХАЛ

“Цахим шилжилт-2023” эрдэм шинжилгээний хурлыг зохион байгуулж, бидний шинжлэх ухааны бүтээлийг олон нийтэд таниулах, түгээх боломж олгож байгаа хурлын зохион байгуулагч нартаа талархал илэрхийлье!

#### НОМ ЗҮЙ

- [1] “Алсын хараа-2050”, Монгол улсын урт хугацааны хөгжлийн бодлого, стратегийн баримт бичиг
- [2] Number of satellite in orbit by major country as January 1, 2022, [www.statista.com](http://www.statista.com)
- [3] How many satellites are in space, [www.gofeedercloud.com](http://www.gofeedercloud.com)
- [4] Ю. Отгонбаатар, Г.Баярсүрэн, “Сансрын холбооны системийн найдвартай ажиллагаанд нөлөөлөх зарим хүчин зүйлс ба тооцоолсон үр дүн”, Цахим үндэстэн ЭШХ-ын эмхтгэл, Улаанбаатар, Монгол улс, 2021 он.
- [5] Доктор. Г. Баярсүрэн: “Особенности Проектирования РРЛС и Сетей ТВ Вещания, Связанные Со Спецификой Распространения Радиоволн в Климатических и Географических Условиях МНР”, докторын диссертаци, ОХУ, 1991 он.
- [6] Доктор. Н. Эрдэнэхүү: “Сансрын трассад радио долгионд нөлөөлөх хүчин зүйлүүд, атмосферийн шингээлт тооцоолсон үр дүн”, докторын диссертаци, Монгол улс, 2008 он
- [7] Savio Lau, Ljijana Trajkovic, “Analysis of traffic Data from a Hybrid Satellite-Terrestrial Network”
- [8] Pauline ML Chan, Evangelos Papapetrou, Rafael Asorey-Cacheda, “Hybrid satellite/ terrestrial networks: State of the and future perspective”, Researchgate, August, 2007.
- [9] Харилцаа холбооны тусгай зөвшөөрөлтэй үйлчилгээ эрхлэгчдийн 2022 оны эхний хагас жилийн үндсэн үзүүлэлтүүд, [www.crc.gov.mn](http://www.crc.gov.mn)
- [10] Otgonbaatar Yura, Kwangcheol, Shin, Rajesh Kumar Singh “System Design & Analysis of Hybrid Terrestrial and Satellite Networks, Its Simulation of Propagation Effect for Mongolia”, магистрын диссертаци, Энэтхэг улс, 2021 он.
- [11] Монгол улсын уртраг, өргөрөг: [www.mon.timegenie.com](http://www.mon.timegenie.com)
- [12] Satellite Communication Principles and Application book: R.N Mutagi P42-P48, and P185-P.187, first published 2016.
- [13] Satellites by countries and organizations, [www.n2yo.com](http://www.n2yo.com)
- [14] India, [www.en.wikipedia.org/india](http://www.en.wikipedia.org/india)
- [15] Kazsat-2, Kazsat-3, [www.space.skyrocket.de](http://www.space.skyrocket.de)
- [16] Хүн амын тоо, бүс, аймаг, (нийслэл, хот), хөдөөгөөр-Үндэсний статистикийн хороо, 1212.mn
- [17] “Монгол улсын үндэсний хиймэл дагуул хөтөлбөр” [www.legalinfo.mn](http://www.legalinfo.mn)
- [18] “Сансрын холбооны үндэсний хиймэл дагуул төсөл” 2020.08.11, [www.cita.gov.mn](http://www.cita.gov.mn)

# Гүйцэтгэлийн Үзүүлэлтэд Суурилан Параметруудийг Өөрчилдөг Нөхцөлт Хэндовр

О.Шинэбаяр  
Электроник, Холбооны  
Инженерчлэлийн Тэнхим  
Монгол Улсын Их Сургууль  
Монгол, Улаанбаатар  
o.shinebayar127@gmail.com

Х.Золзаяа  
Электроник, Холбооны  
Инженерчлэлийн Тэнхим  
Монгол Улсын Их Сургууль  
Монгол, Улаанбаатар  
zolzaya@seas.num.edu.mn

Т.Тэлмүүн  
Электроник, Холбооны  
Инженерчлэлийн Тэнхим  
Монгол Улсын Их Сургууль  
Монгол, Улаанбаатар  
telmuun@seas.num.edu.mn

Д.Баттулга  
Электроник, Холбооны  
Инженерчлэлийн Тэнхим  
Монгол Улсын Их Сургууль  
Монгол, Улаанбаатар  
battulgad@num.edu.mn

Д.Нанзадрагчаа  
Мэдээлэл, Компьютерийн Ухааны  
Тэнхим  
Монгол Улсын Их Сургууль  
Монгол, Улаанбаатар  
nanzadragchaa@seas.num.edu.mn

**Хураангуй**— Нөхцөлт хэндовр нь 5G сүлжээнд зориулан хөгжүүлсэн хэндовр механизм юм. Энэхүү механизм нь уламжлалт хэндоврийн бэлтгэх болон гүйцэтгэх үе шатуудыг салгах, бай үүрийн жагсаалт бий болгох замаар хэрэглэгчийн шилжин орох боломжтой үзүүдийн тоог олон байлгаж RLF, HPP болон бэлтгэх шатанд гарах алдааг багасгах давуу талтай юм. Харин хяналтын мессежний тоо ихсэх, олон бай үүрээс сонголт хийх асуудал зэрэг сул талуудтай. Энэхүү судалгааны ажлаараа бид NPI-д суурилсан нөхцөлт хэндоврийн механизм танилцуулна. Энэхүү механизм нь гүйцэтгэлийг сайжруулах, алдааг бууруулах зорилгоор хэндоврийн гүйцэтгэх шатыг эхлүүлэхэд хэрэглэдэг параметруудийн утгыг автоматаар тохируулах юм. Өгүүллийнхээ төгсгөлд бид туршилтын үр дүнг танилцуулж дүгнэлт хийнэ. Бид санал болгосон механизмаа 3GPP-ийн стандарт хувилбартай харьцуулахад алдаа багассан, гүйцэтгэл тогтворжсон сайн талтай байсан.

**Түлхүүр үг**— NPI, CHO, Хэндовр, 5G Networks, Parameter Optimization

## I. УДИРТГАЛ

Дэлхий даяар нэвтэрч буй 5G сүлжээний давуу талууд болон дагалдах олон технологийн нөлөөгөөр мобайл сүлжээ хурдтай хөгжиж байна. Бидний хэлж заншсанаар 5G буюу мобайл/үүрэн сүлжээний тавдугаар үеийн гол хөгжүүлэгч болох 3GPP<sup>1</sup> нь дан холболттой хэрэглэгчийн хөдөлгөөний үеийн алдааг бууруулах, үйлчилгээний чанарыг сайжруулах зорилгоор Нөхцөлт Хэндовр (НХ)-ийг стандартад багтаасан боловч бүх төрлийн сүлжээ (NR<sup>2</sup>, LTE<sup>3</sup>, HetNets<sup>4</sup>, UDN<sup>5</sup>), олон төрлийн холболт (дан, хос, давхар, зэрэгцээ)-д ашиглахаар судлаачдаас санаа, шийдэл гарч туршигдсаар байна [1]-[5].

НХ-ийн үндсэн өөрчлөлт бол үүр хооронд шилжих үе шатуудыг салган бие даан ажилладаг болгох, хэрэглэгчийн төхөөрөмж дээрх радио дохионы хэмжилтийн үр дүнд үндэслэн шилжин орох боломжтой үүрнүүдээс тусгай нөхцөлүүдийг хангасныг жагсаан Бай

Үүрийн Жагсаалт (БҮЖ) гаргах, тэдгээр жагсаалт дахь үүрнүүдтэй хэрэглэгчийг нэвтрэн ороход шаардлагатай тохиргоонуудыг хийж радио нөөцийг бэлтгэх зэрэг юм [6]-[8]. Тусгай нөхцөлүүдэд жагсаалтад нэмэх болон жагсаалтаас хасах, гүйцэтгэх шатыг эхлүүлэх гэсэн 3 нөхцөл байна [9].

Хэрэглэгч үйлчлэгч үүрийн дохио тодорхой түвшнээс буурах үес эхлэн давтамжтайгаар хэмжилт хийх ба жагсаалтанд нэмэх нөхцөл хангасан үүрүүдтэй хэндоврийн бэлтгэх шатыг хийж гүйцэтгэн тохиргоо хийн радио нөөцийг нөөцөлнө. Харин жагсаалтаас хасах нөхцөл хангасан үүрүүдийг бай үүрийн жагсаалтаас хасаж, тохиргоог устгах, радио нөөцийг чөлөөлөх үйлдлийг гүйцэтгэнэ. НХ-ийн үед гүйцэтгэх нөхцөл биелбэл бай үүрийн жагсаалтын хамгийн сайн үүрүү хэрэглэгчийг шилжүүлэх үе шат эхэлнэ. Энэ шат амжилттай дуусахад хэндоврийг дуусгах шат эхлэх ба ингэснээр шилжин орсон үүрийг үйлчлэгч үүр гэж үзэн хуучин үүр болон БҮЖ дахь бусад үүрүүдийн радио нөөцийг суллаж хэндоврийг дуусгана.

Стандартад багтсан НХ-ийн сул талууд нь а) хяналтын мессежний тоо эрс өссөн, б) бай үүрийн жагсаалт дахь үүрүүдийг эрэмблэх асуудал үүссэн, в) гүйцэтгэх үе шат эхлүүлэхэд бай үүрийг сонгох үр ашигтай аргачлал хэрэгтэй, г) нэмэх, хасах нөхцөлүүдийн параметруудийн утгыг оновчлох, д) гүйцэтгэх нөхцөлийг оновчлох буюу хэндоврийг зөв цагт эхлүүлэх юм.

Бид энэхүү өгүүлэлээрээ дээр дурьдсан сул талуудаас гүйцэтгэх шатыг эхлүүлэх нөхцөлийн параметруудийн утгыг тохируулан асуудлыг шийдэх зорилгоор өмнө LTE уламжлалт хэндоврт зориулан хийгдсэн сүлжээний орчинтой уялдан өөрчлөгддөг параметрууд бүхий автоматжуулсан механизмыг НХ-т зориулан өөрчлөн танилцуулах болно. Энэхүү танилцуулж буй механизм нь хэндоврүүдийн гүйцэтгэл буюу Хэндоврийн Гүйцэтгэлийн Үзүүлэлт (NPI)-ийн мэдээлэлтэй уялдаатайгаар НХ-ийн параметруудийг өөрчлөх функцийг үйлчлэгч үүр дээр ажиллуулах юм.

Өмнөх ажлуудаас ялгаатай тал нь НХ-ийн онцлогт тохируулан зөвхөн гүйцэтгэх шатыг эхлүүлэх нөхцөл дэх үйлчлэгч үүр болон бай үүрүүдийн радио дохионы чадлын зөрөөг илэрхийлэх параметр болох hysteresis-ийг өөрчилнө. Мөн нэмэлтээр хэндоврийн ямар алдаа их

<sup>1</sup> The 3rd Generation Partnership Project (3GPP)

<sup>2</sup> New Radio

<sup>3</sup> Long Term Evolution

<sup>4</sup> Heterogeneous networks

<sup>5</sup> Ultra-Dense Networks

байгаагаас хамаарч БҮЖ-аас үүрийг хасах босгыг өөрчлөх болно.

Энэхүү өгүүлэл нь дараах хэсгүүдээс бүрдсэн. Хоёрдугаар бүлэгт бидний санал болгосон механизмтай холбоотой судалгааны ажлуудыг дүгнэн танилцуулсан. Гуравдугаар бүлэгт санал болгож буй механизмаа танилцуулна. Дөрөвдүгээр бүлэгт туршилтын орчны талаар болон үр дүнг нэгтгэсэн бол тавдугаар бүлэгт энэхүү судалгааны ажлаа дүгнэх болно.

## II. НӨХЦӨЛТ ХЭНДОВРИЙН ТУХАЙ

Энэ бүлэгт НХ-ийн талаарх ойлголт болон түүний олон тооны бай үүрнүүдийн онцлогыг тайлбарлах болно. НХ нь стандартад тодорхойлсноор дараах 3 төрлийн нөхцлийн хэндоврийн шатуудын турш ашиглана [6],[10],[11].

- Хэрэв дурын үүрийн радио дохио нь Томьёо 1 нөхцлийн хангавал БҮЖ-т нэмж, хэрэглэгчийн төхөөрөмж байнга хянана. Мөн үйлчлэгч үүр нь тухайн бай үүртэй хэндоврийг гүйцэтгэх шатыг эхлүүлэхэд шаадлагатай тохиргоонуудыг хяналтын мессежүүд солилцож хийнэ.

$$RSRP_{TC} > RSRP_{SC} + O_{add} \quad (1)$$

- Хэрэглэгчийн төхөөрөмж бай үүрийн радио дохионд байнга хяналт тавина. Хэрэв аль нэг бай үүрийн радио дохионы чадал Томьёо 2 нөхцлийг хангавал жагсаалтаас хасаж цаашид хянахаа зогсооно.

$$RSRP_{TC} > RSRP_{SC} - O_{remove} \quad (2)$$

- Хэрэглэгчийн төхөөрөмж Томьёо 3 нөхцлийн хамгийн түрүүлж биелүүлсэн бай үүртэй хэндоврийн гүйцэтгэх шатыг эхлүүлнэ.

$$RSRP_{TC} > RSRP_{SC} + O_{exec} \quad (3)$$

Томьёо 1, 2, 3 дахь  $O_{add}$ ,  $O_{remove}$  болон  $O_{exec}$  гэсэн хоёр үүрийн радио дохионы зөрүүг илэрхийлэх параметруудийг сүлжээний администратор гараар тохируулах зохицуулалттай байгаа нь нэг сул тал бий болгож байна гэж бид үзсэн.

Уламжлалт хэндоврийн үед хэрэглэгч үйлчлэгч үүрийн захад ирэхэд радио дохионы хэмжилт хийх ба хамгийн боломжтой үүрийг бай үүр гэж сонгоод гүйцэтгэх нөхцөл биелтэл хянадаг. Харин НХ нь БҮЖ дахь бүх үүрийг хэрэглэгч хянах ба гүйцэтгэх нөхцөл биелэхэд эсвэл үйлчлэгч үүрээс гарах нөхцөл бүрдсэн үед бай үүрнүүдээс хамгийн сайныг сонгож гүйцэтгэх шатыг эхлүүлнэ. Уламжлалт хэндовроос НХ-ийн ялгарах гол онцлог нь энэхүү олон үүрээс гүйцэтгэх шат эхлэх үедээ сонгох явдал юм. Уламжлалт хэндоврийн үед бай үүрийг хянаж байхад дохионы чанар заасан түвшингээс буувал дахин хэмжилт хийж өөр бай үүр сонгох буюу хэндоврийн процедурыг дахин эхлүүлэх шаардлага үүсдэг. Энэ нь гүйцэтгэх шатыг оройгож эхлүүлэх, улмаар хэндовр гүйцэтгэж дуусаагүй байхад хэрэглэгч үйлчлэгч үүрээс гарах зэрэг эрсдэлүүдийг дагуулна.

## III. ГҮЙЦЭТГЭЛД СУУРИЛСАН НӨХЦӨЛТ ХЭНДОВР

Үүрэн сүлжээний хэрэглэгч идэвхтэй төлөвт үүр хооронд шилжих үйлдэл хийх буюу хэндоврийг алдаагүй гүйцэтгэх нь маш чухал юм. Хэрвээ хэндоврийн үед алдаа гарвал хэрэглэгчийн холбогдсон үйлчилгээ тасалдах, холболт бүр мөсөн тасрах зэрэг үйлчилгээний гүйцэтгэлд нөлөөлөхүйц алдаанууд гарна. Иймд бид хэндоврийн алдааг багасгах зорилгоор НРI-ийг тооцоолоод их байвал бууруулах зорилгоор алдаатай холбоотой параметруудийг автоматаар өөрчлөх замаар гүйцэтгэлийг сайжруулахад чиглэсэн сайжруулалтыг НХ-д хийх юм.

Дараах дэд бүлгүүдэд бид НРI-ийн үзүүлэлтүүд, НРI-ийг хэрхэн тооцоолох тухай, НРI-тэй хамааралтайгаар хэндоврийн параметруудийг хэрхэн өөрчлөх талаар танилцуулах болно.

### A. Үзүүлэлтүүд

Бид [12]-д суурилан дараах байдлаар НРI-ийн үзүүлэлтүүдийг хэндоврийн алдаануудаас хамааруулан тодорхойлсон. Үүнд:

- Хэндоврийн Алдаа (HOF) гэдэг нь хэрэглэгч бай үүррүү холбогдох үед хэндоврийн хяналтын хэсэгтэй холбоотой гарсан алдаа юм. Энэхүү алдаа нь хэрэглэгч үйлчлэгч үүрлүү буцаж холбогдоод шинэ хэндоврийг эхлүүлдгээрээ онцлогтой юм. Энэхүү алдааны үзүүлэлтийг бид алдаа гарсан  $N_{failed}$  болон нийт хэндовр хийх оролдлого  $N_{attempt}$ -ын харьцаагаар илэрхийллээ.

$$HOF = N_{failed} / N_{attempt} \quad (4)$$

Мөн энэ үзүүлэлтэнд буруу үүр сонгох гэсэн алдаа багтана.

- Пинг-Понг Хэндовр (HPP) гэж хэрэглэгч байр үүррүү шилжин орсны дараа төд удалгүй (тодорхой хугацааны дотор) өмнөх үйлчлэгч үүррүү хэндовр хийн буцаж холбогдох процедурыг хэлнэ. Энэхүү алдааны үзүүлэлтийг пинг-понг алдаа гэж тоологдсон алдаануудын тоо  $N_{ping-pong}$  болон нийт хэндовр хийх оролдлого  $N_{attempt}$ -ын харьцаагаар илэрхийлнэ.

$$HPP = N_{ping-pong} / N_{attempt} \quad (5)$$

Энэ алдаанд мөн Томьёо 3 дахь  $O_{exec}$ -ийн утга хэт бага байх буюу хэндоврийг эрт эхлүүлэх алдаа багтана.

- Радио Холболтын Алдаа (RLF) нь хэрэглэгчийн төхөөрөмж хэндоврийг бүрэн гүйцэтгэж амжаагүй үйлчлэгч үүрийн хамрах хүрэнээс гарах, эсвэл хэндовр эхлүүлж чадалгүй хамрах хүрэнээс гарах зэрэг үүрийн радио дохио алдагдахтай холбоотой алдаа юм. Энэхүү алдааны үзүүлэлтийг бид RLF алдаа гэж тоологдсон алдаануудын тоо  $N_{RLF}$  болон нийт хэндовр хийх оролдлого  $N_{attempt}$ -ын харьцаагаар илэрхийлнэ.

$$RLF = N_{RLF} / N_{attempt} \quad (6)$$



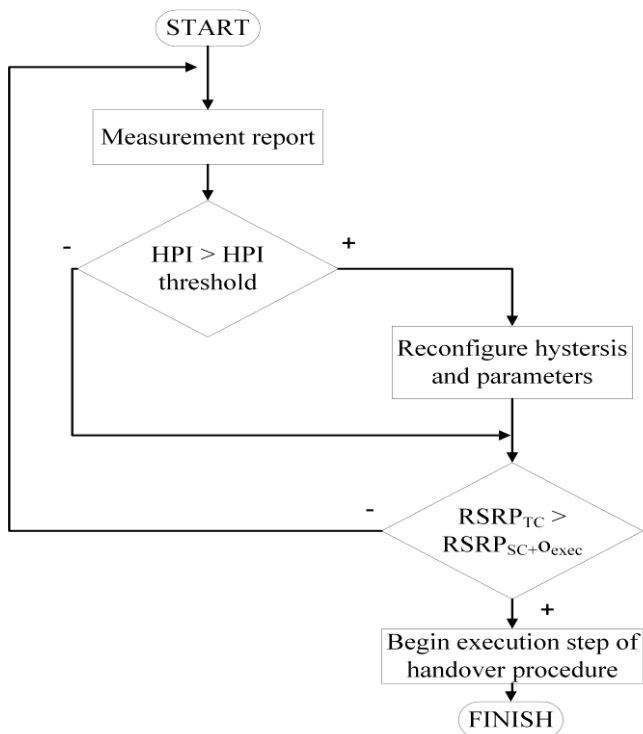
Энэ үзүүлэлтэд мөн хэндөврийг хожуу эхлүүлэх буюу Томьёо 3 дахь  $O_{exec}$ -ийн утга их байхад гарах алдаа багтана.

**В. HPI тооцоолол**

Үүрэн сүлжээний цөмд HPI-ийг тооцоолдог сервер ажиллуулах ба дараах алхамуудын дагуу тогтмол тооцоолол хийнэ. Өөрөөр хэлбэл гүйцэтгэгдсэн хэндөвр бүрийн дараа сервер дээр хэндөврийн гүйцэтгэлийг тооцоолно.

- Бүх үүрийн хослол бүрд HPI-ийг үзүүлэлтүүдийн нийлбэр байдлаар олно. HPI их байх нь тухайн хослолд алдаа их байгааг илэрхийлнэ. Хэрэв HPI нь зааж өгсөн хэмжээнээс их байвал бууруулахад шаардлагатай параметруудийн утгыг өөрчлөх хэрэгтэй.
- Гурван үзүүлэлтийн аль нь HPI-д илүү нөлөөлж байгааг эрэмбэлэх ба хамгийн ихтэй нь уялдаатай параметрийн утгыг өөрчлөх функцийг дуудан ажиллуулна.
- HPI-ийг дараагийн хэндөвр хийхэд дахин тооцоолох ба өмнөхөөс хэрхэн өөрчлөгдсөнг шалгаад 2 дахь алхамруу өсөрнө.

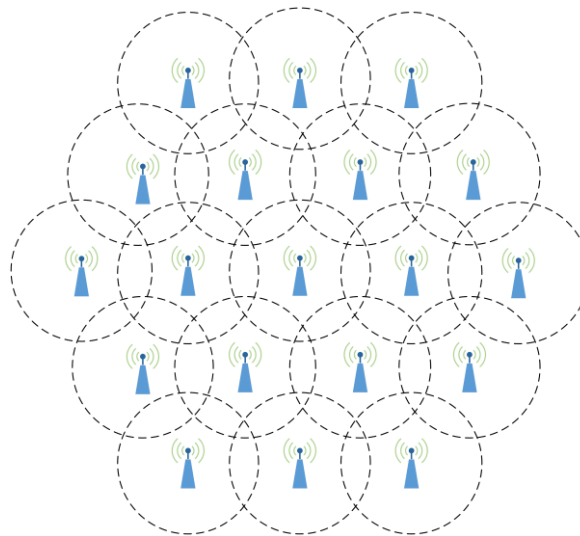
Зураг 1-д стандартад тусгагдсан HX-ийн үйл ажиллагаан дээр нэмэгдэж байгаа параметр өөрчлөх механизмын ажиллах зарчмыг үзүүлэв. Хэрэглэгчийн төхөөрөмж давтамжтайгаар хэмжилт хийж үйлчлэгч үүрүү илгээнэ. Үйлчлэгч үүр гүйцэтгэлийн түвшин зааж өгсөн босгоос давсан тохиолдолд параметруудийг өөрчлөөд, гүйцэтгэх шат эхлүүлэх эсэхийг шалгана. Гүйцэтгэх шат эхлүүлэх нөхцөл бүрдсэн бол хэндөврийн гүйцэтгэх шатыг дуудан ажиллуулах бол нөхцөл хангагдаагүй үед дахин хэмжилт хийх байдлаар үйлдлүүдээ давтан гүйцэтгэнэ.



Зураг 1. Хэндөврийн ажиллагаа

**IV. Туршилтын Үр Дүн**

Энэ бүлэгт бид санал болгож байгаа HPI-д суурилсан HX-ийн үзүүлэлтийг туршилтын орчинд стандарт HX [6] буюу параметрийн автомат өөрчлөлтгүй хувилбартай харьцуулсан үр дүнг үзүүлэв. HOF, HPP, RLF гэсэн үр дүнгүүдийг туршилтын хугацааны туршид хийгдсэн хэндөврийн оролдлогын тоог алдаа гарсан тоотой харьцуулан 50 удаагийн симуляцаас дунджилж үзүүлэв. Туршилтад ашигласан параметруудийг Хүснэгт 1-д үзүүлэв. Хэрэглэгчийн тоо, туршилт эхлэх үеийн байршил, хөдөлгөөний загвар болон хэрэглэгчийн хурд гэсэн параметруудийг санамсаргүй байдлаар сонгохоор програмчилсан болно. Хэрэглэгч хөдөлгөөний загвар нь random-walk болно. Туршилтад ашигласан сүлжээний загварыг Зураг 2-д үзүүлэв.



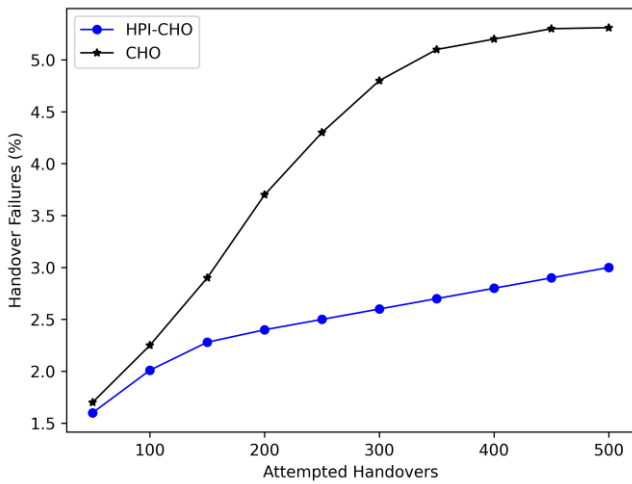
Зураг 2. Туршилтын үүрэн сүлжээ

Хүснэгт 1. Симуляцын параметрууд

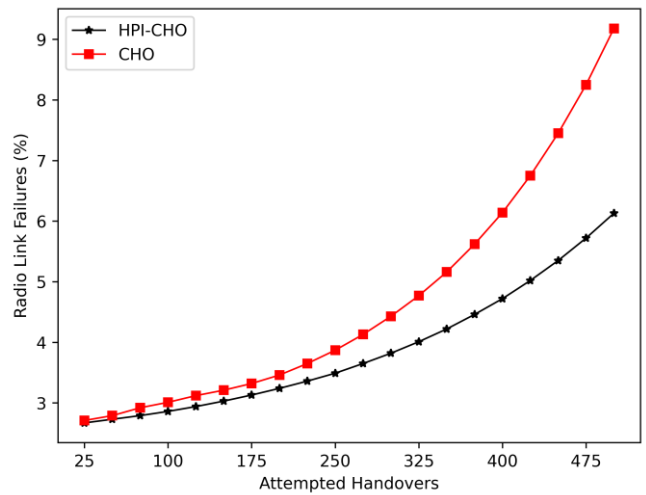
Параметрууд	Утга
Зөөгч давтамж	2100 MHz
Үүрийн тоо	19
Үүрийн хэмжээ	1 km
Path loss model	128.1+37.6log10d
Shadow fading deviation	1 dB
Hysteresis	4 dB
Time-To-Trigger	40 ms
HPI threshold	1.5
Үүрээс гарах нөхцөл	-10 dB
Хэндөврийн бүс	30%
Хэрэглэгчийн тоо	250 хүртэл
Хэрэглэгчийн хурд	6 km/h up to 120 km/h

**А. Хэндөврийн алдаанууд**

Зураг 3-г хэндөврийн алдааг нийт гүйцэтгэгдсэн хэндөврийн тоотой харьцуулан үзүүлэв. Зургаас харвал HX-ийн алдаа нь хийсэн оролдлогын тоотой уялдаатай тогтмол өсөж байгаа бол бидний санал болгож байгаа өөрчлөгдсөн механизмын үед тодорхой түвшинд хүрээд цаашид өсөлт багасаж байгаа харагдана. Энэхүү өөрчлөлт нь HPI-ийг тооцоод симуляцийг эхлүүлэхдээ тогтмол утгатайгаар тохируулсан  $HPI_{Threshold}$ -аар утгаар босго ажиллаж байгаатай холбоотой юм.

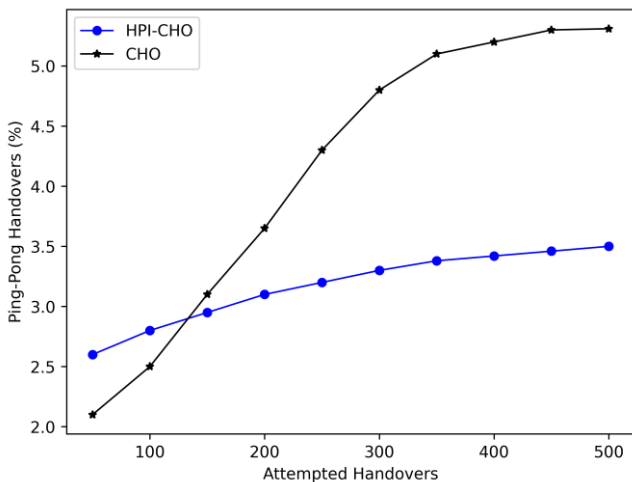


Зураг 3. HOF-ийн тоо



Зураг 5. RLF-ийн тоо

Зураг 4-т пинг-понгийн тоог нийт гүйцэтгэгдсэн хэндврийн тоотой харьцуулан үзүүлэв. HOF-тай адилаар бидний санал болгосон механизм НХ-аас НРР-ийн тоогоор бага байна. Энэ нь HOF болон НРР алдаануудын өсөлт адилхан багассан сайн үр дүн юм.  $HPI_{Threshold}$ -оос  $HPI$ -ийн утга их, Томъёо 5-ийн утга нөгөө хоёроосоо их байвал Томъёо 3-ийн  $O_{remove}$ -ийн утгыг багасгаж байгаагийн нөлөө юм.



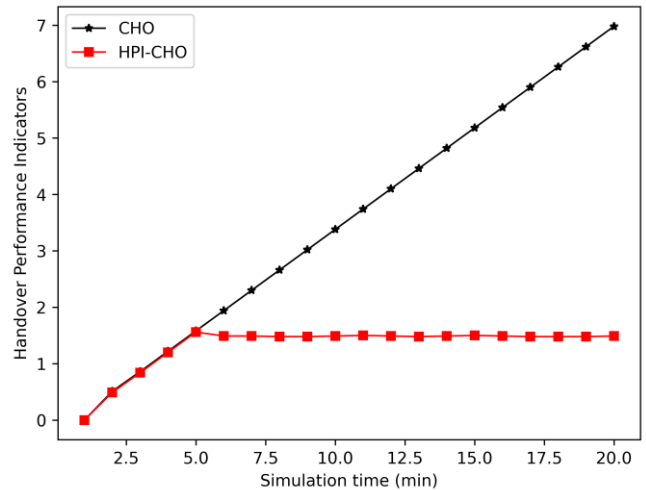
Зураг 4. НРР-ийн тоо

Зураг 5-д RLF-ийн тоог хэндврийн алдааны нийт гүйцэтгэгдсэн хэндврийн тоотой харьцуулан үзүүлэв. RLF-ийн тоо нь хоцорч эхлүүлсэн хэндврийн тоог илтгэдэг талаар өмнө танилцуулсан. Энэхүү алдааны хувьд бидний механизм НХ-аас бага байна.

$HPI_{Threshold}$ -оос  $HPI$ -ийн утга их, Томъёо 6-ийн утга нөгөө хоёроосоо их байвал Томъёо 3-ийн  $O_{exec}$ -ийн утгыг багасгаж хэндврийг эрт эхлүүлэхээр тохируулж байгаа нь хамгийн том нөлөө юм.

**В. Хэндврийн гүйцэтгэл**

Зураг 6-д дундаж хэндврийн гүйцэтгэлийг туршилтын хугацаатай харьцуулан үзүүлэв. Үүнд бид  $HPI$ -ийг туршилтийн эхэнд ихсэж байгааг харж болно. Харин зааж өгсөн түвшинг давсан үеэс хойш параметруудийг өөрчилж байгаа учир гүйцэтгэлийн утга тогтворжиж байна.



Зураг 6. HPI-ийн утга

**V. ДҮГНЭЛТ**

5G сүлжээний НХ-ийн гүйцэтгэлийг сайжруулах зорилгоор бид  $HPI$ -д суурилсан сайжруулалтын механизмийг санал болгосон. Энэхүү механизм нь НХ-ийн гурван нөхцөлийн параметруудийг туршилтанд ашигласан 19 үүрийн хөрш тус бүрд  $HPI$ -ийг тооцоолон зааж өгсөн утгаас давсан тохиолдолд голчлон гарч байгаа алдаатай холбоотой параметрийг автоматаар өөрчилж, улмаар алдааг бууруулсан. Симуляцийн туршилтад бид санал болгосон механизм аа стандарт НХ-тай харьцуулан HOF, НРР, RLF гэсэн гурван үзүүлэлтээр үр дүнг танилцуулав.

Үр дүнг нэгтгэн үзвэл параметруудийг гарч байгаа алдаатай нь уялдуулан тухай бүрд өөрчилснөөр сүлжээний гүйцэтгэл сайжирсан үр дүн үзүүлсэн. Хэндвэр хийгдэх бүрд тухайн үйлчлэгч болон бай

үүрийн хоорондох NPI-ийг тооцоолх учир гүйцэтгэгдсэн хэндврийн тоо их болох тусам параметрийн утга тогтворжиж өөрчлөлт бага гарч байсан. Цаашид бид NPI-ийг тооцоолоход ашиглаж байгаа үзүүлэлтүүдийн жинг тохируулах болон утгын нөлөөний талаар судлах болно.

#### ТАЛАРХАЛ

МУИС-ийн санхүүжилтэй “P2022-4381 Хиймэл оюун ухаанд суурилсан 5G хөдөлгөөнт байдлын удирдлагын автоматжуулалт” төслийн хүрээнд гүйцэтгэв.

#### ТОВЧИЛСОН ҮГСИЙН ЖАГСААЛТ

NPI Handover Performance Indicator

НХ Нөхцөлт Хэндвэр

БҮЖ Бай Үүрийн Жагсаалт

НОФ Хэндвэрийн Алдаа

НРР Пинг-Понг Хэндвэр

RLF Радио Холболтын Алдаа

LTE Long Term Evaluation

#### НОМ ЗҮЙ

- [1] 3GPP, “Radio resource control (rcc); protocol specification,” Technical Specification TS38.300, Standard, 2018.
- [2] —, “Radio resource control (rcc); protocol specification,” Technical Specification TS38.331, Standard, 2018.
- [3] D. Chandramouli, R. Liebhart, and J. Pirskanen, *5G for the Connected World*. John Wiley & Sons, 2019.
- [4] I. Viering, H. Martikainen, A. Lobinger, and B. Wegmann, “Zero-zero mobility: Intra-frequency handovers with zero interruption and zero failures,” *IEEE Network*, vol. 32, no. 2, pp. 48–54, 2018.
- [5] “simulation results on conditional handover,” Tech. Rep., October 2018.
- [6] H. Martikainen, I. Viering, A. Lobinger, and T. Jokela, “On the basics of conditional handover for 5g mobility,” in 2018 IEEE 29th Annual International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications (PIMRC). IEEE, 2018, pp. 1–7.
- [7] 3GPP, “Radio access network; evolved universal terrestrial radio access (e-utra) and evolved universal terrestrial radio access network (e-utran); overall description; stage 2,” Tech. Rep., 2019.
- [8] “performance evaluation of conditional handover,” Tech. Rep., October 2018.
- [9] “conditional handover basic aspects and feasibility in rel-15,” Tech. Rep., June 2017.
- [10] H.-S. Park, Y. Lee, T.-J. Kim, B.-C. Kim, and J.-Y. Lee, “Handover mechanism in nr for ultra-reliable low-latency communications,” *IEEE Network*, vol. 32, no. 2, pp. 41–47, 2018.
- [11] U. Karabulut, A. Awada, I. Viering, A. N. Barreto, and G. P. Fettweis, “Analysis and performance evaluation of conditional handover in 5g beamformed systems,” arXiv preprint arXiv:1910.11890, 2019.
- [12] B. Davaasambuу and T. Sato, “A cost based handoff hysteresis scheme in wireless mobile relay node,” in 2014 IEEE 80<sup>th</sup> Vehicular Technology Conference (VTC2014-Fall), 2014, pp. 1–5.

# Андройдын хөнөөлт програмыг зурган өгөгдлөөс гүн сургалтын арга ашиглан илрүүлэх нь

Э.Содномцэрэн

Хэрэглээний шинжлэх ухаан,  
инженерчлэлийн сургууль,  
Монгол улсын их сургууль,  
Улаанбаатар, Монгол  
21m1num0311@stud.num.edu.mn

Б.Өсөхбаяр

Хэрэглээний шинжлэх ухаан,  
инженерчлэлийн сургууль,  
Монгол улсын их сургууль,  
Улаанбаатар, Монгол  
usukhbayar@num.edu.mn

Х.Золзаяа

Хэрэглээний шинжлэх ухаан,  
инженерчлэлийн сургууль,  
Монгол улсын их сургууль,  
Улаанбаатар, Монгол  
zolzayakhkh@num.edu.mn

**Хураангуй**—Ухаалаг төхөөрөмжийн хэрэглээ нэмэгдэхийн хэрээр мэдээлэлд илүү хялбар хандах боломжтой болж байгаа хэдий ч тэдгээрийн аюулгүй байдал чухал асуудлуудын нэг байсаар байна. Нөгөө талаараа хөнөөлт програмуудын тусламжтайгаар хэрэглэгчийн эмзэг, чухал мэдээлэлд зөвшөөрөлгүй хандах боломжийг бий болгож байдаг. Учир нь Google play store -д өөрийн бичсэн програмыг байрлуулах нь тийм ч хүндрэлтэй биш бөгөөд энэ нь хэрэглэгч аюул, заналд өртөх нөхцөлийг бүрдүүлэх хүчин зүйлсийн нэг болдог. Тиймээс энэхүү судалгааны ажлын хүрээнд андройдын цэвэр болон хөнөөлт програмыг зурагт хөрвүүлж гүн сургалтын Convolutional Neural Network (CNN) загвар ашиглан хөнөөлт програмыг илрүүлэхийг зорьсон. Судалгааны явцад 120 цэвэр програмыг цуглуулж бэлтгэсэн бөгөөд CICAndMal2017 датасетээс хоёр төрлийн хөнөөлт програмыг зурган файлд ижил аргаар хөрвүүлэн нэгтгэн гүн сургалтын арга ашиглан туршилтыг хийж гүйцэтгэсэн. Туршилтын үр дүнд зөвхөн classes.dex файлыг ашиглан андройд програмаас хөнөөлт програм мөн болохыг бусад аргатай харьцуулахад 92,7% -ийн нарийвчлалтай програмыг илрүүлж байгааг харуулсан болно.

*Түлхүүр үгс*—андройдын хөнөөлт програмыг илрүүлэх, машин сургалт, CNN, аюулгүй байдал

## I. УДИРТГАЛ

Ухаалаг гар утасны хурдацтай хөгжлийг дагаад андройд үйлдлийн систем нь зах зээлийн 82 гаруй хувийг эзэлж, iOS, Windows, Blackberry зэрэг үйлдлийн системүүдийг ардаа орхиж байгааг 2020-2021 оны Гартнер ухаалаг гар утасны худалдааны судалгааны тайланд [1] өгүүлжээ. Учир нь андройд систем нээлттэй эхийн, чөлөөтэй хэрэглэж болох их хэмжээний програмуудыг агуулж байдаг нь хамгийн өргөн хэрэглэгддэг систем болоход чухал нөлөөлдөг [2] байна. Үүний зэрэгцээ Андройд хэрэглэгчдийн аюулгүй байдлыг хангахын тулд гар утасны аюулгүй байдлын судлаачид хөнөөлт програмыг илрүүлэх олон тооны хүнд сорилтуудтай тулгарч байна. Хэдийгээр Google 2017 онд “Google Play Protect” хөнөөлт програмыг илрүүлэх механизмыг Google Play Store-д суулгасан ч Германы хамгаалалтын компанийн AV Test-ын [3] судалгааны үр дүнгээс харахад “Google Play Protect” нь андройд төхөөрөмжүүдийн аюулгүй байдлын зохих хамгаалалтыг хангаж чадахгүй байна гэжээ. Түүнчлэн ихэнх гуравдагч програмын сангуудаас татаж авсан програмаас хөнөөлтэй програмыг илрүүлэх функц байдаггүй. Андройдын zero-day хөнөөлтэй програмыг үр дүнтэй илрүүлэх аргыг бий болгох нь чухал асуудлуудын нэг байсаар байна.

Энэхүү судалгааны ажлын хүрээнд андройдын цэвэр болох хөнөөлт програмын APK файлыг задлан Dalvik Executable (DEX) bytecode файлыг сонгон grayscale 64x64 хэмжээтэй зураг болгон хөрвүүлж гүн сургалтын CNN загвар ашиглан хөнөөлт програмыг илрүүлэх юм. Уг судалгааны ажлын гол ач холбогдлыг дараах байдлаар тодорхойллоо:

- Бодит сүлжээний орчинд байгаа цэвэр програмын APK файлыг задлан шинжилж зурган файлд хөрвүүлэх, CICAndMal2017 датасеттэй нэгтгэн аугментед датасет үүсгэх
- Андройд програмын зурган өгөгдөлд хөрвүүлэн түүн дээрээ тулгуурлан CNN гүн сургалтын арга ашиглан хөнөөлт програм болохыг тодорхойлох

Уг ажил нь 5 бүлгээс бүрдэх бөгөөд Удиртгал хэсгийг Бүлэг I, тус сэдвийн хүрээнд гүйцэтгэсэн бусад судлаачдын судалгааны ажлуудыг Бүлэг II танилцуулсан. Бүлэг III Андройд програмын бүтэц, CICAndMal2017 андройдын хөнөөлт програмын санг танилцуулсан бол, Бүлэг IV -т тус судалгааны ажлаар санал болгож буй аргын алхамуудыг тайлбарласан. Бүлэг V судалгааны үр дүнг тайлбарлан орууллаа.

## II. СУДЛАГДСАН БАЙДАЛ

Хөнөөлт програмыг илрүүлэх системийн хувьд илрүүлэх хувийг нэмэгдүүлэх, алдаатай илрүүлэх хувийг бууруулах, илрүүлэх хугацааг багасгах төрөл бүрийн судалгаа ихээхэн хийгддэг байна. Энэ хэсэгт хөнөөлт програмыг илрүүлэхдээ програмын чухал мэдээллийг агуулж байгаа файлуудыг зураг болгон хөрвүүлэх, машин сургалтын арга ашиглах нь илүү үр ашигтай байгааг дараах судалгааны ажлуудын үр дүн харуулж байна.

A. Наваа болон бусад судлаачид [4] цэвэр болон хөнөөлт програмуудыг интернет орчноос цуглуулж туршилтын өгөгдлөө цуглуулсан байна. Ингэхдээ Permission, APIs call, Intent filter зэрэг хэд хэдэн онцлог шинжийг хослуулан болон онцлог шинж тус бүрээр нь Deep Neural Network (DNN) загварыг сургаж 82,29%-аас 95,31%-ийн нарийвчлалтай хөнөөлт програм болохыг илрүүлсэн байна. Харин Я. Фанг [5] болон бусад судлаачид судалгаандаа андройд програмын зөвхөн DEX файлыг RGB зурган болон текст хэлбэрт хөрвүүлж SVM ангилагч алгоритм ашигласан аргыг танилцуулсан байна. Алгарни нарын судлаачид [7] EfficientNet3 загварыг ашиглан ImageNet дээр урьдчилан сургасан CNN загварыг ашиглан хөнөөлт програм болох эсэхийг тодорхойлсон байна. Мөн [8, 9] судалгааны ажлуудад

APK файлаас API calls, Permission файлуудыг csv dataframe хэлбэр ашиглан SVM, kNN, DT, RF, NB аргуудаар ангилсан байна.

Энэхүү судалгааны ажлаар андройдын цэвэр болон хөнөөлт програмыг grayscale 64x64 хэмжээтэй зураг болгон хөрвүүлж, дээрх зурган өгөгдлөөс програмыг хөнөөлтэй эсвэл цэвэр гэдгийг илрүүлнэ.

### III.АНДРОЙД ПРОГРАМЫН БҮТЭЦ

Андройд үйлдлийн систем хөдөлгөөнт төхөөрөмжүүдэд зориулсан Линуксын кернел дээр суурилсан үйлдлийн систем юм. Нээлттэй эхийн үйлдлийн систем бөгөөд цахим гэмт хэрэг үйлдэгчдийн гол хэрэглүүрүүдийн нэг юм.

Энэхүү бүлэгт андройд програмын бүтэц болон жишиг хөнөөлт програмын сан болох CICAndMal2017 датасетын талаар танилцуулна.

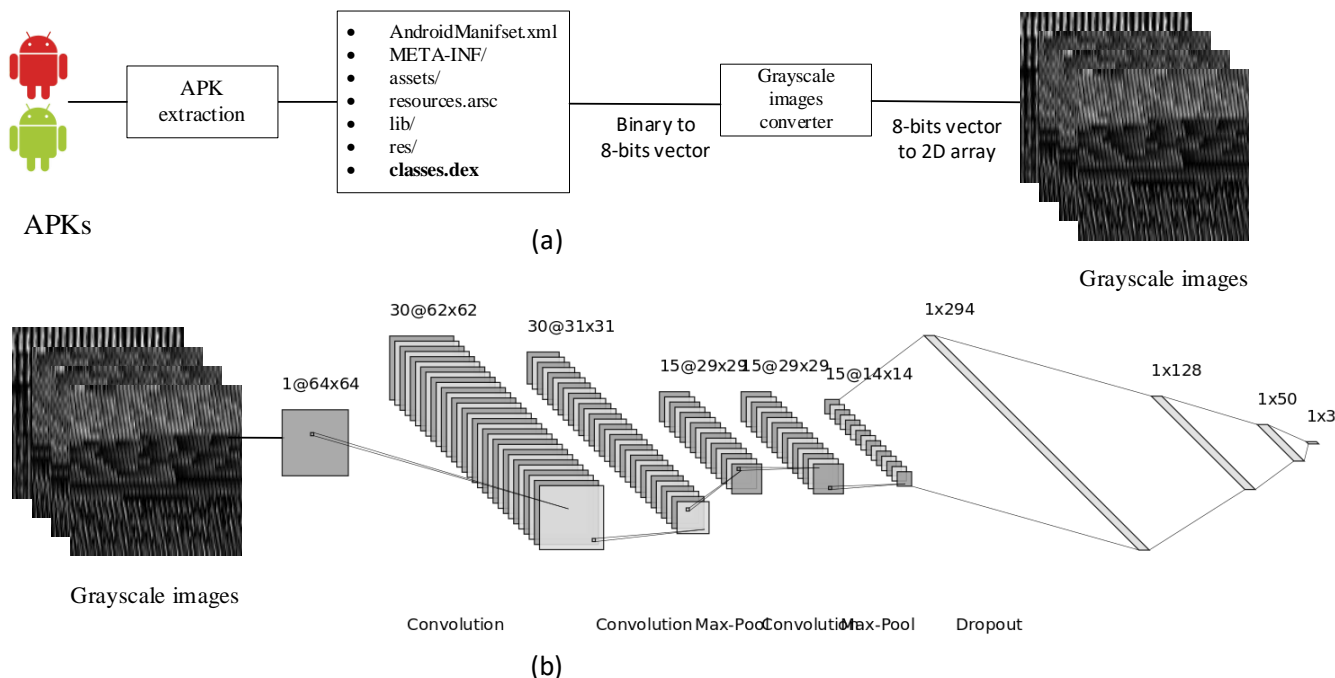
### APK файлын бүтэц

Андройд програмууд нь Жава, C++ хэл дээр бичдэг бөгөөд өгөгдлийн болон эх файлуудыг Android Application Package (APK) .apk өргөтгөлтэй [2] байна.

*AndroidManifest.xml* – Андройд програмын хамгийн чухал файлуудын нэг бөгөөд програмын ерөнхий мэдээлэл, програмын бүрэлдэхүүн хэсэг болох үйл ажиллагаа, үйлчилгээ, хүлээн авагч болон тухайн багцын тухай зөвшөөрлийн мэдээлэл, багцын нэр, програмын ID зэргийг хадгалдаг.

*Assets/* – *Assets* хавтсад аппликэйшны хөрөнгө болох зураг, xml, фонт, хөгжим, видео, текст зэрэг дурын файлуудыг агуулна.

*Resources.arsc* – Res хавтсанд байгаа програмын файлуудыг хүснэгт хэлбэрээр андройд нөөцийн хүснэгтэд хадгалж байдаг.



Зураг 1 Санал болгож буй загвар (a) Андройд APK файлыг grayscale зурагт хөрвүүлэх процесс (b) Хөнөөлт програмыг илрүүлэх CNN загвар

*META-INF/* – Энэ үндсэн гурван файлыг агуулах бөгөөд гарын үсгийн гэрчилгээ, APK -д зориулсан manifest файл буюу MANIFEST.MF, SF, болон \*. RSA байна.

*Lib/* – Тухайн програмын кодын сангуудыг агуулна. Ихэнхдээ сангуудыг .jar форматаар агуулсан байдаг.

*Res/* – Энэ хавтсад програмын лаунч дүрс, хөгжим, зураг, тэмдэгт, стайл, өнгө, хэмжээс зэрэг хэсгүүдийг агуулдаг. Эдгээр хэсгүүд resources, arsc хавтаснуудад хэрэглэдэггүй.

*Classes.dex* – Жава кодыг ажиллуулсны дараа үүсэх андройд програмын байткодыг илэрхийлэх dex код юм. Энэ нь файлын толгой хэсэг, мөрийн хүснэгт, дотоод хувьсагчийн жагсаалт, классыг тодорхойлох хүснэгт, аргын жагсаалт зэрэг бүх класст олон бүтцийг агуулсан бөгөөд Dalvik виртуал машинд ойлгомжтой байж болно.

Dex файл дахь аливаа өөрчлөлт нь APK-д шууд нөлөөлнө.

### CICAndMal2017 датасет

CICAndMal2017 датасет [6] нь нийт 4 төрлийн 426 хөнөөлт програм байгаагаас энэхүү судалгааны ажилд Scareware, Adware төрлийн нийт 109 хөнөөлт програмыг сонгон авсан. Энэ судалгааны ажлаар 120 цэвэр програмыг интернет орчноос цуглуулж, CICAndMal2017 датасеттэй нэгтгэн туршилтад ашигласан. Цуглуулсан програмуудыг зурагт хөрвүүлсэн аргачлалын талаар IV бүлгийн Алхам 1-д дэлгэрэнгүй тайлбарласан.

### IV.САНАЛ БОЛГОЖ БУЙ ЗАГВАР

Зураг 1-д санал болгож буй загварын бүтцийг харууллаа. Санал болгож буй загвар нь дараах гурван алхамтай:

Алхам 1. APK файлыг задлах

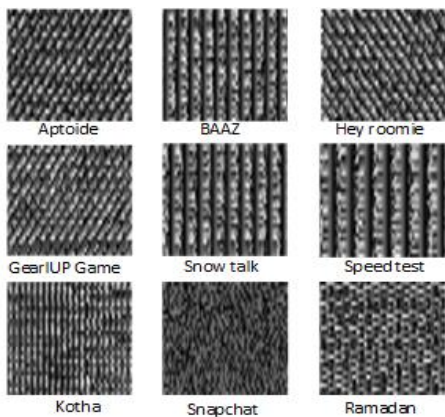
Цэвэр болон хөнөөлт арк файлуудыг Google Play store, Arkpure програмын сан болон CISCAndMal2017 датасетүүдээс цуглуулсан. Эхлээд андройд програмын APK файлаас arktool ашиглан програмын хоёртын файлуудыг задалсан. classes.dex файл нь эмхтгэсэн кодыг агуулсан "Dalvik Executable" форматаар хадгалагдсан файл юм. "classes.dex" файлууд нь андройд үйлдлийн системд зориулагдсан програмыг эхлүүлэх, ажиллуулахад ашиглагддаг үндсэн класс функцуудыг агуулсан байдаг. Эдгээр "classes.dex" файлд хадгалагдсан өгөгдөл нь програмыг ажиллуулахад шаардлагатай холбогдох програмуудын бусад файлуудыг хайж олох, эхлүүлэх хөрвүүлсэн кодыг агуулдаг. DEX файл нь толгой, индекс, өгөгдлийн гэсэн гурван хэсэгт хуваагддаг бөгөөд Зураг 3-д андройд програмын classes.dex файлын бүтцийг харуулав.

Name	Value
struct dex magic header <b>Header Portion</b>	
uint dex_magic	DEX 035
uint checksum	BB3F3021h
SHA1 signature[20]	29BCA37BDE1BB2AD7ED69B1EC358DB263136C71A
uint file size	154024
uint header size	80
uint endian tag	12345658h
uint link size	0
uint link off	0
uint map off	153816
uint string ids size	1977
uint string ids off	80
uint type ids size	346
uint type ids off	8020
uint proto ids size <b>Index Portion</b>	440
uint proto ids off	9404
uint field ids size	473
uint field ids off	14684
uint method ids size	1244
uint method ids off	18468
uint class defs size	74
uint class defs off <b>Data Portion</b>	20484
uint data size	121924
uint data off	32068

Зураг 3 DEX файлын бүтэц

Алхам 2. Grayscale зураг үүсгэх

classes.dex файлыг гарсан авсны дараа grayscale зураг болгон хөрвүүлсэн. Үүний тулд classes.dex файлын хэмжээг len(data) функцийг дуудаж авсан “файлын хэмжээг байгаар авсан. Авсан хэмжээг int(ceil(sqrt(dataalen))) функцийг ашиглан бүхэл тоон утга гарган авч sqrtlen хувьсагчид хадгалсан. sqrtlen утгыг ашиглан квадрат матриц үүсгэн classes.dex файлын утгыг байршуулсан. Үүсгэсэн вектор файлыг ашиглан 64x64 хэмжээтэй хоёр хэмжээст grayscale зураг үүсгэсэн. Нийт 229 цэвэр болон хөнөөлт програмыг зурган файлд хөрвүүлсэн. Зураг 4-т Artoide, GearIUP Game, Kotha зэрэг 9 цэвэр програмын classes.dex файлуудыг зураг болгон хөрвүүлсэн үр дүнг жишээгээр харуулав.



Зураг 4 Grayscale зурган өгөгдөл үүсгэсэн жишээ

Алхам 3. CNN загварын бүтэц

CNN загварыг Зураг 5-д харуулсан бүтцээр байгуулсан бөгөөд туршилтын явцад batch\_size = 32, нийт epochs = 30 байхаар тохируулсан. Мөн Convolution давхарга дээр Relu activation ашигласан бөгөөд Dropout хувийг 0.25, 0.5 байхаар тус тус тохируулсан. Харин Optimization алгоритмын хувьд Adam optimizer ашиглах нь сургалтын явцад илүү өндөр танилтын хувьтай байсан. Мөн categorical\_crossentropy алдааны функцийг ашиглан сургалтын алдааг бууруулсан. Үүнийг Зураг 7-оос харж болно.

Хүснэгт 1. Хөнөөлт програмыг илрүүлэх CNN загварын бүтэц

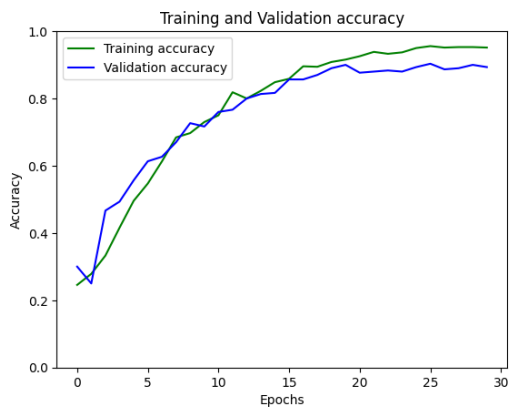
Layer (type)	Output Shape	Param #
Conv2D	(None, 62, 62, 32)	896
Max_pooling2D	(None, 31, 31, 32)	0
Conv2D	(None, 29, 29, 15)	4335
Max_pooling2D	(None, 14, 14, 15)	0
Dropout	(None, 14, 14, 15)	0
Flatten	(None, 2940)	0
Dense	(None, 128)	376448
Dropout	(None, 128)	0
Dense	(None, 50)	6450
Dense	(None, 3)	1326

Total params: 389,455  
Trainable params: 389,455  
Non-trainable params: 0

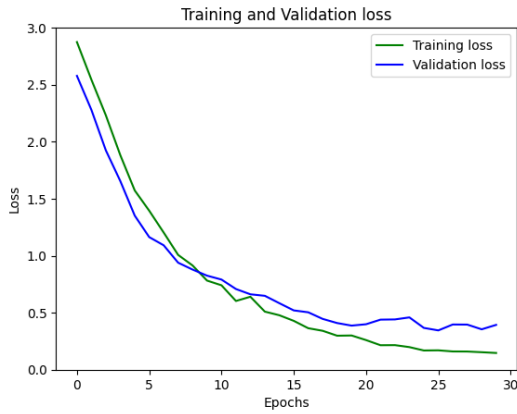
V. ТУРШИЛТЫН ҮР ДҮН

Туршилтыг Google colabatory орчныг ашиглан Python 3.8, Keras 2.9.0 дээр гүйцэтгэсэн.

Нийт өгөгдлийн 80%-иар CNN загварыг сургаж, үлдсэн 20%-ийн өгөгдлөөр сурсан загварыг шалгахад ашигласан. Зураг 6-д CNN загварын сургалтын явцын үр дүнг харууллаа. Тестийн өгөгдлөөр сурсан загвараа шалгаж үзэхэд 92,7%-ийн нарийвчлалтай ямар төрлийн програм болохыг таньж байсан.



Зураг 6 CNN загварын нарийвчлалын үр дүн



Зураг 7 CNN загварын алдааны функцын үр дүн

Андройдын хөнөөлт програмыг зураг хэлбэрт оруулж хөнөөлтэй эсвэл цэвэр болохыг судлахдаа ихэнх судлаачид урвуу инженерчлэлийн аргыг ашигладаг байна. Энэ судалгааны ажлаараа Classes.dex файлыг grayscale зурагт хөрвүүлж гүн сургалтын CNN арга ашиглан туршилтыг хийж гүйцэтгэсэн бөгөөд 92.7% -ийн нарийвчлалтай хөнөөлт програмыг ангилж байна. Я. Фанг [5] болон бусад судлаачдын судалгааны аргатай харьцуулахад мульти-модал аргачлалаар буюу зураг болон текстээс онцлог шинжийг нэгтгэн тооцож хөнөөлт програмын танилтын хувийг нэмэгдүүлэх боломжтой болохыг олж харлаа. Бусад судалгааны үр дүнтэй харьцуулсан хүснэгтийг Зураг 8-т харууллаа.

Хүснэгт 2. Бусад судалгааны ажилтай харьцуулсан байдал

	Арга	Ашигласан өгөгдөл	Нарийвчлал
1	DNN [4]	Permission, APIs call, Intent filter	82.29%-95.31%
2	SVM [5]	Classes.dex -> RGB, text	96%
3	EfficientNet3 [7]	MalImg dataset	99.93%
4	CNN [8]	API sequences	90%
5	SVM [8]		88%
6	KNN [8]		87%
7	RF [8]		90%
8	Дэвшүүлж буй арга	Classes.dex -> grayscale	92.7%

## VI. ДҮГНЭЛТ

Энэхүү судалгааны ажлаар Андройд үйлдлийн систем дээрх програмын бүтэц, ажиллагааны зарчим, хөнөөлт байдлыг судаллаа. Нийт 229 цэвэр, хөнөөлт програмыг цуглуулсан бөгөөд arktool ашиглан "classes.dex" файлыг гарган авсан. Програмын "classes.dex" -ыг 64 x 64 хэмжээтэй grayscale зурган файлд хөрвүүлсэн. Үүсгэсэн датасетээ гүн сургалтын CNN загвар ашиглан андройд хөнөөлт програмыг илрүүлэх аргаа сургаж андройд програмыг цэвэр болон ямар төрлийн хөнөөлт програмыг болохыг 92.7% -тай илрүүлсэн.

Цаашид хөнөөлт болон цэвэр програмын туршилтын өгөгдлийн тоог нэмэгдүүлэх нэн шаардлагатай байгаа бөгөөд мульти-модал аргыг ашиглан танилтын хувийг сайжруулах юм.

## НОМ ЗҮЙ

[1] "Gartner Smartphone Reports." Gartner. (2019). Gartner Smartphone Reports. <https://www.gartner.com/en/newsroom/press-releases/2020-03-03-gartner-says-global-smartphone-sales-fell-slightly-in>.

[2] Zhou, Wu, Yajin Zhou, Xuxian Jiang, and Peng Ning. "Detecting repackaged smartphone applications in third-party android marketplaces." In Proceedings of the second ACM conference on Data and Application Security and Privacy, pp. 317-326. 2012.

[3] Cunningham, E. "Keeping you safe with google play protect" Retrieved March 28 (2017): 2020

[4] Naway, Abdelmonim, and Yuancheng Li. "Using deep neural network for Android malware detection." arXiv preprint arXiv:1904.00736 (2019).

[5] Fang, Yong, Yangchen Gao, Fan Jing, and Lei Zhang. "Android malware familial classification based on dex file section features." IEEE Access 8 (2020): 10614-10627.

[6] Canadian Institute for Cybersecurity. Available online: <https://www.unb.ca/cic/datasets> [Accessed 18 Nov 2022]

[7] AlGarni, Musaad Darwish, Roobaea AlRoobaea, Jaseem Almotiri, Syed Sajid Ullah, Saddam Hussain, and Fazlullah Umar. "An efficient convolutional neural network with transfer learning for malware classification." Wireless Communications and Mobile Computing 2022 (2022): 1-8.

[8] Ding, Yu-Xin, Wei-Guo Zhao, Zhi-Pan Wang, and Long-Fei Wang. "Automatically learning features of android apps using cnn." In 2018 international conference on machine learning and cybernetics (ICMLC), vol. 1, pp. 331-336. IEEE, 2018.

[9] Sabhadiya, Sagar, Jaydeep Barad, and Jaydeep Gheewala. "Android malware detection using deep learning." In 2019 3rd International Conference on Trends in Electronics and Informatics (ICOEI), pp. 1254-1260. IEEE, 2019.





## **Салбар хуралдаан 2**

**Цахим шилжилт**

# Финтек ББСБ-уудад мэдээллийн аюулгүй байдлын менежментийн тогтолцоог хэрэгжүүлэх арга зам

Энхжаргалын Эрэлхэгзориг  
ЛэндМН ББСБ ХК  
МТА-ны менежер  
Монгол Улс, Улаанбаатар  
erelkhegzorig@lend.mn

Дэмчигийн Болормаа  
СЭЗИС, Ахисан Түвшний Сургууль  
Ахисан түвшний профессор  
Монгол Улс, Улаанбаатар  
dbolormaa@ufe.edu.mn

*Хураангуй*—Олон улсын санхүүгийн зохицуулах байгууллагуудын тайланд Ковидын цар тахал гарснаас хойш санхүүгийн үйлчилгээг технологид суурилж үзүүлдэг Финтекийн бүтээгдэхүүн, үйлчилгээ асар их өсөлттэй байгааг дурьджээ [1]. Энэ өсөлт Монгол улсын хувьд ч ялгаагүй ижил байгаа бөгөөд 2021 онд цахим зээлийн үйлчилгээ үзүүлдэг 20 финтек байсан бол 2022 онд 36 болж өссөн байна [2]. Мэдээллийн технологи нь онлайн бизнесийн боломжийг эрс нэмэгдүүлэхийн зэрэгцээ мэдээллийн аюулгүй байдалтай холбоотой ноцтой эрсдэлүүдийг бий болгож байгаа нь “Финтек” салбарыг ч тойроогүй юм. Энэ судалгааны ажлаар цахим зээлийн үйлчилгээ үзүүлж буй нийт 36 компаниас зөвхөн финтек бүтээгдэхүүн үйлчилгээ үзүүлдэг 4, финтек болон уламжлалт санхүүгийн үйл ажиллагаа хосолсон үйлчилгээ үзүүлдэг 4 нийт 8 финтек ББСБ-ууд дахь MNS ISO27001:2021 стандартын хэрэгжүүлэлтийн явц, хэрэгжүүлэлтэд нь тулгарч буй сорилтуудын талаарх мэдээллийг тоон аргын судалгааны асуулгын арга зүйг ашиглан цуглуулж тодорхойлсны үр дүнд тулгамдаж буй асуудлуудыг шийдэх зарим саналыг дэвшүүлэв. Судалгааны үр дүн нь финтек байгууллагуудад СЗХ-ын “ББСБ-уудын зээлийн үйл ажиллагааны журам”-аар зохицуулаагүй эсвэл зохицуулалтыг буруугаар ойлгох асуудлууд, хууль эрх зүйн зохицуулалт дутагдах, төөрөгдөл үүсгэхээр нөхцөл байдлууд гарч байгааг харуулж байна.

*Keywords*—Финтек, Банк бус санхүүгийн байгууллага, Мэдээллийн аюулгүй байдал, Мэдээллийн аюулгүй байдлын менежментийн тогтолцоо, MNS ISO27001:2021 стандарт

## I. УДИРТГАЛ

Орчин үеийн технологид суурилсан санхүүгийн үйлчилгээ үзүүлж буй компаниудын мэдээллийн аюулгүй байдлыг хангах чиглэлд төрийн зохицуулах байгууллагууд хууль, эрхзүйн янз бүрийн зохицуулалтуудыг гаргаж байгаа нь сайшаалтай боловч зарим зөрчилдөөнтэй, бодит нөхцөл байдалд нийцэхгүй, дутуу заалт, зохицуулалтууд, тодорхойгүй, ойлгомжгүй зүйлс ихээхэн байгааг судлаачид тэмдэглэдэг. Тухайлбал, экспертүүд, практик хэрэгжүүлэгчдийн үзэж байгаагаар Санхүүгийн Зохицуулах Хорооноос (СЗХ) гаргасан журамд MNS ISO27001:2021 стандарт буюу Мэдээллийн аюулгүй байдлын менежментийн тогтолцоог (МАБМТ) хэрэгжүүлэх шаардлага тавьсан нь хэдийгээр олон улын жишиг болсон стандарт шаардлага боловч хууль эрх зүйн орчны зохицуулалт, байгууллагын мэдээллийн технологийн дэд бүтцийн хөрөнгө, чадавх, мэдлэг, туршлага зэрэг олон хүчин зүйлсийн улмаас тус стандартыг Финтек Банк бус санхүүгийн байгууллагууд амжилттай хэрэгжүүлж чадах эсэх нь эргэлзээтэй байна.

Мөн тусгай зөвшөөрөл, төрийн тусгайлсан зохицуулалт байхгүйн улмаас барьцаалан зээлдүүлэх үйл ажиллагаа эрхлэгч хуулийн этгээдүүд /ломбардууд/ финтек зээлийн аппликэйшн хөгжүүлэн иргэдэд зээл олгож байгаа тохиолдлууд гарсаар байгааг Финтек ББСБ-уудийн удирдлагууд онцлон тэмдэгдсэн байна [3]. Тэрээр ломбардуудын цахим үйлчилгээтэй холбоотой ямар нэгэн тусгай зөвшөөрөл, хууль эрх зүйн зохицуулалтгүйн улмаас харилцагчийн хувийн мэдээллийн аюулгүй байдал алдагдах, тухайн зээлдэгчийн мэдээллийг Монгол банкны “Зээлийн мэдээллийн сан” (ЗМС)-нд мэдээллээгүйн улмаас харилцагч их хэмжээний зээл авч, зээлийн эрсдэлд орох гэх мэт сөрөг үр дагавар учирч байна.

МУ-ын хууль эрх зүйн зохицуулалт сул, мэдээллийн аюулгүй байдал (МАБ)-ын ойлголт муу, мэдээлэл технологийн дэд бүтэц муу зэргээс шалтгаалж финтек бүтээгдэхүүний чанар, аюулгүй байдал бүрэн шийдэгдэхгүй зөвхөн өмнө нь гаргасан цөөн хэдэн финтек компаний шийдлүүдийг хуулбарлах төдий байдалтай байна [3].

Иймд Финтек ББСБ-ууд дахь МАБМТ-ны өнөөгийн байдал, MNS ISO27001:2021 стандартын хэрэгжилттэй холбоотой тулгарч буй асуудал, эрсдэлүүдийг тодорхойлж, байгууллагуудын хэрэгцээ шаардлага, ирээдүйн хөгжилд хувь нэмэр болох, иргэд харилцагчдын хувийн мэдээллийн аюулгүй байдлыг хангахуйц МАБМТ-г сайжруулах арга замыг санал болгох нь ач холбогдолтой гэж үзэж байна.

## II. ОНОЛЫН ОЙЛГОЛТ, ҮНДЭСЛЭЛ

### A. Банк бус санхүүгийн байгууллага

Банк бус санхүүгийн байгууллага (ББСБ) гэж жижиг, дунд бизнес эрхлэгч иргэд, аж ахуйн нэгжийн санхүүгийн хэрэгцээг хангах үүднээс дараах нэр төрлийн санхүүгийн үйлчилгээг СЗХ-ноос авсан тусгай зөвшөөрлийн дагуу эрхэлдэг хуулийн этгээд юм. Тэрээр банкны бүрэн эрхгүй, олон нийтээс хадгаламж хүлээн авах боломжгүй санхүүгийн байгууллага бөгөөд хөрөнгө оруулалт (хамтын болон хувь хүний аль аль нь), эрсдэлийг нэгтгэх, санхүүгийн зөвлөгөө өгөх, брокер, мөнгө шилжүүлэх, чекийн бэлэн мөнгө зэрэг санхүүгийн өөр үйлчилгээгээр иргэдийг хангаж, арилжааны банкуудын үйл ажиллагааг хөнгөвчилж байна. Банк бус санхүүгийн байгууллагуудын жишээнд даатгалын пүүсүүд, венчурын хөрөнгө оруулагчид, валют арилжааны газрууд, зарим бичил зээлийн байгууллагууд, ломбардууд зэрэг ББСБ нь банкинд тохирохгүй үйлчилгээ үзүүлдэг, банкуудтай өрсөлддөг, салбар эсвэл

бүлэгт мэргэшсэн үйлчилгээ үзүүлдэг [4]. ББСБ нь СЗХ-ноос холбогдох тусгай зөвшөөрлийг авсны үндсэн дээр 1) Зээлийн үйлчилгээ, 2) Факторингийн үйлчилгээ, 3) Төлбөрийн баталгаа, 4) Төлбөр тооцооны хэрэгсэл, 5) Цахим төлбөр тооцоо, мөнгөн гуйвуулга, 6) Гадаад валютын арилжаа, 7) Итгэлцлийн үйлчилгээ, 8) Богино хугацаат санхүүгийн хэрэгсэлд хөрөнгө оруулалт, 9) Хөрөнгө оруулалт, санхүүгийн чиглэлээр зөвлөгөө, 10) Санхүүгийн түрээс зэрэг үйлчилгээнүүдийн үзүүлдэг [5].

2000 оноос хойш МУ-ын эдийн засаг, санхүүгийн зах зээл бусад орны зах зээлтэй илүү уялдаа холбоотой болсон бөгөөд гадаадын хөрөнгө оруулагчдын сонирхол ихээхэн нэмэгдсэн. Үүний дагуу санхүүгийн зохицуулалтын нэгдсэн удирдлагаар хангах, хяналтын нэгдсэн тогтолцоог бий болгох шаардлага улам бүр нэмэгдсээр байсан [2].

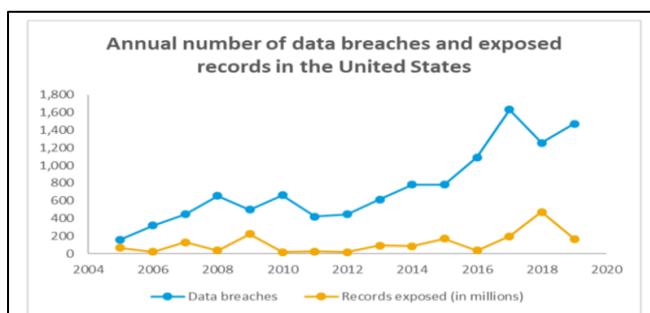
**В. Финтек ББСБайгууллагууд**

Финтек (санхүү ба технологи) бол уламжлалт санхүүгийн үйлчилгээг нэмэгдүүлэх, оновчтой болгох, дижитал хэлбэрт шилжүүлэх, уламжлалт санхүүгийн үйлчилгээ халах зэрэгт ашигладаг технологийн бүх төрлийн нэр томъёог нэгтгэсэн нэршил юм. Финтек нь хүмүүс болон бизнесүүдэд урьд өмнө байгаагүй шинэлэг арга замаар илүү зардал багатай, илүү тохиромжтойгоор уламжлалт санхүүгийн үйлчилгээг авах боломжийг олгодог.

Финтек хэдийгээр шинэ салбар боловч, уламжлалт зээлийн үйлчилгээ үзүүлж байсан ББСБ болон гарааны бизнес эрхлэгчдийн гол өрсөлдөх салбар болсон байна. МУ-ын хувьд финтек үйлчилгээнүүд сүүлийн жилүүдэд эрчимтэй хөгжиж байгаа ч бүрэн цахимжсан үйлчилгээ болж хараахан чадаагүй байна. Уламжлалт зээлийн үйлчилгээ үзүүлэгч ББСБ-уудын хувьд олон жилийн санхүүгийн зах зээлд үйл ажиллагаа явуулж буй туршлагадаа үндэслэн Мэдээлэл технологийн аутсорсинг үйлчилгээгээр финтек бүтээгдэхүүнийг хөгжүүлж байгаа бол, гарааны бизнес эрхлэгчид аль болох хямд зардал хялбар шийдэл буюу мэдээлэл технологийн шинэ дэвшилтэд технологийг ашиглаж финтек бүтээгдэхүүнийг хөгжүүлэх чиг хандлагатай байна.

Хиймэл оюун ухаан, блокчейн, үүлэн тооцоолол, том өгөгдөл зэрэг нь Финтекийн "ABCD" (дөрвөн гол чиглэл) гэж тооцогддог. Хиймэл оюун ухааныг хэрэглэгчийн мэдээллийн асар их нөөцтэй хослуулсан нь финтек бизнесүүдэд үйлчлүүлэгчдээ ойлгох, маркетингийн кампанит ажил, бүтээгдэхүүн хөгжүүлэх, андеррайтинг хийхэд тусалдаг [6]. Финтекийн платформууд нь чек байршуулах, данс хооронд мөнгө шилжүүлэх, төлбөр төлөх эсвэл санхүүгийн тусламж хүсэх зэрэг шинэлэг ажлуудыг хийх боломжийг олгодог. Финтек нь peer to peer зээл, крипто хөрөнгийн бирж гэх мэт техникийн нарийн төвөгтэй ойлголтуудыг хөнгөвчилж байна [6].

Зур. 1. Дата мэдээллийн зөрчлийн өсөлт



Эх сурвалж: [8]

Монголчуудын хувьд мобайл банк, и-баримт, зээлийн карт, интернет банкны үйлчилгээ, барьцаагүй бичил зээлийн үйлчилгээг идэвхтэй нэвтрүүлж, финтекийн хөгжлөөс хоцроогүй гэж хэлж болно. Гэхдээ богино хугацаанд Финтекийн давуу талыг ашиглаж, бүтээгдэхүүн үйлчилгээгээ явуулж байгаа ч 100% финтек орчин бүрдүүлж, дараагийн түвшний бүтээгдэхүүн үйлчилгээг нэвтрүүлэх тал дээр сул байна.

Мэдээллийн технологи нь онлайн бизнесийн боломжийг эрс нэмэгдүүлэхийн зэрэгцээ мэдээллийн аюулгүй байдалтай холбоотой ноцтой эрсдэлүүдийг бий болгож байгаа нь (Зураг 1 [8]) “Финтек” салбарыг тойрохгүй байна. Үйлчлүүлэгч болон компанийн мэдээллийг хамгаалах шаардлага байнга нэмэгдэж байгаа бөгөөд кибер аюулгүй байдал нь банк санхүү, Финтекийн салбарын анхаарал татсан чухал асуудал болж байна.

CERT-In судалгаагаар 2019-2020 оны хооронд Фишинг, түгээсэн үйлчилгээ (DDoS)-ын мэдээ 40%-иар өссөн бол хувийн мэдээллийг хулгайлах, худалдаачдын луйвар, хортой программ хангамж, кибер тагнуул 20%-иар өссөн байна. Санхүүгийн үйлчилгээ улам бүр нэмэгдэж, үйлчлүүлэгчид төлбөрийн дижитал хэлбэрийг сонгож байгаа тул онлайн луйвар, мэдээлэл хулгайлах, вирусын халдлага, хувийн мэдээллийг хуулбарлах зэрэг эрсдэлүүд ойрын өдрүүдэд улам бүр нэмэгдэх нь тодорхой [7].

Ийм халдлагууд нь санхүүгийн ноцтой хохирол учруулаад зогсохгүй дэд бүтэц, хэрэглэгчдэд чиглэсэн чухал үйлчилгээнүүдийг саатуулахаас гадна брэндийн үнэ цэнийг унагахад хүргэдэг. Тиймээс олон талт, гүнзгий дижитал туршлагаас гадна бизнес болон түүний үйлчлүүлэгчдийг кибер аюулгүй байдлын хохирол учруулдаг, зардал ихтэй, байнга тохиолддог осол эрсдэлүүдээс хамгаалах хэрэгцээ өндөр болоод байна. Програм хангамжийн сүлжээний аюулгүй байдал (SSCS) эсвэл гуравдагч этгээдийн аюулгүй байдлын эрсдлийн менежмент, аюулгүй байдлын үр дүнтэй менежмент нь финтек компани бүрийн мөрийн хөтөлбөрийн гол цөм нь юм. Тиймээс мэдээллийн аюулгүй байдлын мэргэжилтнүүд болон финтек компаниудын удирдлагын багууд бүтээгдэхүүн, үйлчилгээг хөгжүүлэх, шийдвэр гаргах түвшинд кибер аюулгүй байдалд өндөр ач холбогдол өгч байна.

**С. Мэдээллийн аюулгүй байдлын менежментийн тогтолцоо**

Орчин үеийн байгууллагын хувьд мэдээлэл бол маш чухал хөрөнгөд тооцогддог. Тиймээс олон байгууллагын хувьд мэдээллийн аюулгүй байдлаа хамгаалах нь маш чухал тэргүүлэх чиглэл болсоор байна. Харамсалтай нь мэдээллийн аюулгүй байдлыг 100% баталгаажуулах ганц томъёо байдаггүй. Тиймээс аюулгүй байдлын хамгийн сайн туршлагыг нэвтрүүлэх, аюулгүй байдлыг хангахын тулд жишиг үзүүлэлт эсвэл стандартын багц шаардлагатай байна [11].

Мэдээллийн аюулгүй байдал гэдэг нь мэдээлэл, түүнийг дэмжих дэд бүтцийн Нууцлагдсан

(confidentiality), Бүрэн бүтэн (Integrity), Хүртээмжтэй (Availability) байдлыг хангаж ажиллахыг хэлнэ [9]. Мэдээллийн аюулгүй байдлын зорилго нь аюулгүй байдлын зөрчлийн нөлөөллийг хязгаарлах замаар бизнесийн тасралтгүй байдлыг хангах, бизнесийн хохирлыг багасгах явдал юм [10]. Мэдээллийн аюулгүй байдал, кибер аюулгүй байдлыг ихэвчлэн андуурдаг. МАБ нь кибер аюулгүй байдлын чухал хэсэг боловч зөвхөн мэдээллийн аюулгүй байдалд зориулагдсан процессуудад хамаарна. Кибер аюулгүй байдал нь МАБ-ыг багтаасан илүү өргөн хүрээтэй, ерөнхий нэр томъёо юм [12]. “Мэдээллийн аюулгүй байдал”-ыг хангах нь хэзээ ч үл дуусах үйл явц бөгөөд “Ямар ч хэрэм босгохон хэн нэгэн этгээд түүнийг давах, нураах зэвсгийг зохион бүтээж байдаг” учир орчин үеийн бүх байгууллага МАБМТ- г (ISMS) заавал хэрэгжүүлсэн байх шаардлага тулгарч байна [13].

Өдгөө МТ-ийн засаглал, мэдээллийн аюулгүй байдлын PRINCE2, OPM3, CMMI, P-CMM, PMMM, ISO27001, BS7799, PCIDSS, COSO, SOA, ITIL, COBIT гэх зэрэг хэд хэдэн стандартууд зах зээл дээр бий болжээ. Гэвч дээрх стандартуудыг байгууллагууд ямар нэгэн шалтгаанаар нэвтрүүлж чадаагүй байдаг. МАБМТ-ны ISO27001, BS 7799, PCIDSS, ITIL, COBIT гэсэн топ 5 нийтлэг стандартын шаардлагууд, хяналтыг Хүснэгт [1]-д харуулав[13].

ХҮСНЭГТ I. ӨРГӨН ХЭРЭГЛЭГДДЭГ МАБ-ЫН СТАНДАРТУУДЫН НИЙТЛЭГ ШАЛГУУРУУД

№	Шалгуурууд	ISO27001	BS 7799	PCIDSS V2.0	ITIL V4.0	COBIT V4.1
1	Мэдээллийн аюулгүй байдлын бодлого	✓	✓	✓	✓	✓
2	Мэдээлэл, харилцаа, Үйл ажиллагааны удирдлага	✓	✓	✓	✗	✓
3	Хандалтын хяналт	✓	✓	✓	✓	✓
4	Мэдээллийн системүүдийн худалдаж авалт, хөгжүүлэлт, засвар үйлчилгээ	✓	✓	✓	✗	✓
5	Мэдээллийн аюулгүй байдлын бүтэц, алба нэгж	✓	✓	✓	✓	✓
6	Хөрөнгийн удирдлага	✓	✓	✓	✓	✓
7	Мэдээллийн аюулгүй байдал	✓		✓	✓	✓
8	Бизнесийн тасралтгүй байдлын удирдлага	✓	✓	✓	✓	✓
9	Хүний нөөцийн аюулгүй байдал	✓	✓	✓	✗	✓
10	Биет ба Орчны Physical аюулгүй байдал	✓	✓	✓	✗	✓
11	Нийцэл	✓	✓	✓	✓	✓

Эх сурвалж:[13]

Их британы топ аюулгүй байдлын компани болох PGI (Protection Group International)-ын нотолж байгаагаар ISO 27001 нь 1) Тасралтгүй сайжруулалтыг чухалчилдаг, 2) Зохицуулалт ба нэр хүнд сайтай, 3) Олон улсад хүлээн

зөвшөөрөгдсөн, 4) Гол мэдээллийн хөрөнгийг хамгаалдаг, 5) Эрсдэлд суурилдаг учраас дээрх бусад мэдээллийн аюулгүй байдлын тогтолцооноос илүү байдаг байна [14].

**ISO/IEC 27001 Standard:** ISO/IEC 27001 Standard бол мэдээллийн аюулгүй байдлын менежментийн тогтолцоог байгуулах, хэрэгжүүлэх, ашиглах ба тасралтгүй сайжруулах шаардлагаар хангадаг олон улсын стандартын юм. Байгууллагын хэрэгцээ, зорилго, аюулгүй байдлын шаардлага, байгууллагын үйл явц болон бүтэц ба хэмжээнээс хамаарч мэдээллийн аюулгүй байдлын менежментийн тогтолцоог байгуулан, хэрэгжүүлдэг. Тус стандарт нь нийт 10 заалт болон А хавсралтаас бүрддэг. Үүнд: 1) Хамрах хүрээ, 2) Норматив эшлэл, 3) Нэр томъёо, тодорхойлолт, 4) Байгууллагын орчин, 5) Манлайлал, 6) Төлөвлөлт, 7) Тулгуур хүчин зүйлс, 8) Ажиллагаа, 9) Гүйцэтгэлийн үнэлгээ, 10) Сайжруулалт. Энэхүү бүх нөлөөлөгч, хүчин зүйлс нь цаг хугацааны явцад хувьсан өөрчлөгдөх чиг хандлагатай байдаг (MNS ISO/IEC 27001:2021 стандарт). Өдгөө олон улсын стандарчиллын байгууллагаас дараагийн хувилбар болох ISO27001:2017, ISO27001:2022 хувилбарууд гараад байна [15]. Ерөнхийдөө ISO27001 стандарт нь МАБ-ын нийтлэг 11 төрлийн шалгуурыг хангадаг (Хүснэгт I). Гэвч тухайн стандартын хуучин хувилбарууд нь дан ганцаар шинэ төрлийн технологид суурилсан санхүүгийн бүтээгдэхүүн үйлчилгээний МАБМТ-г хангахгүй.

Тухайн стандартад заасны дагуу уг стандартыг хэрэгжүүлэгч байгууллагуудаас 4 болон 10 дугаар зүйлд заасан нийцлийг заавал хангахыг шаарддаг бөгөөд үүний дотор “Манлайлал” буюу ялангуяа удирдлагын манлайлалыг тусгайлан авч чухалчлан үздэг. Судлаачид тухайн стандартын удирдлагын манлайлал шалгуурыг тодорхойлохдоо, “Гүйцэтгэх захирлын үүрэг” хэсэгт дараах байдлаар тодорхойлсон байна “Гүйцэтгэх захирал нь хөтөлбөрийн хөдөлгөгч хүч байх ёстой бөгөөд ISO27001 гэрчилгээ авах нь одоогийн бизнес төлөвлөгөөнд тодорхой заасан зорилго байх ёстой. Гүйцэтгэх захирал нь МТ-ийн засаглал, мэдээллийн аюулгүй байдлын стратегийн асуудлууд, амжилттай гэрчилгээ авсан компанийн үнэ цэнийг бүрэн ойлгох ёстой.” Гүйцэтгэх захирал нь үүнийг захирлууд болон дээд удирдлагад хэлж, эсэргүүцэл, үүссэн асуудлыг шийдвэрлэх чадвартай байх ёстой. Хамгийн гол нь тэрээр бизнес төлөвлөгөөний энэ хэсгийг стратегийн зорилготойгоо нийцүүлэх ёстой. Дарга болон дээд удирдлага нь ISO27001 хэрэгжилтийн төлөвлөгөөний хэрэгжилтийн явцыг хянахад бизнесийн бусад бүх гол зорилгыг хянахын нэгэн адил анхаарал хандуулах ёстой гэсэн байна [16]. Түүнээс гадна МАБМТ нь байгууллагын хүрээнд хэрэгждэг тулд түүнийг байгууллагын соёлд нь тусгахын чухлыг экспертүүд, судлаачид онцлон тэмдэглэдэг.

**D. Судлагдсан байдлын тойм**

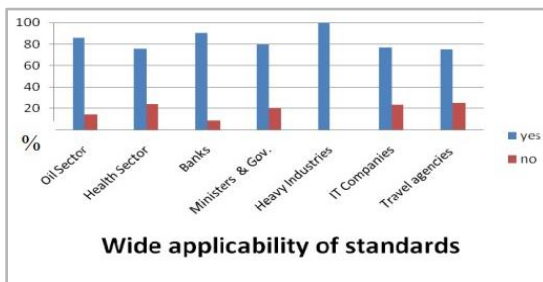
Банк болон ББСБ, Финтек компаниудад МАБМТ буюу ISO27001 стандартыг хэрэгжүүлэх талаар судлаачид олон салбар, төрөл бүрийн чиглэлээр судалгаанууд хийгдсэн байгаа боловч, Финтек компанийн хувьд тулгарч байгаа мэдээллийн аюулгүй байдлын чухал сорилтуудыг, тухайн стандартыг хэрэгцүүлэх явцад болон хэрэгжүүлжсэний дараа тэдгээр

сорилт, асуудлуудыг хэрхэн шийдвэрлэх талаарх судалгаанууд ховор байна.

**Кейс 1.** Абу Даби дахь Зайед их сургуулийн МТ-ийн коллежийн туслах профессор Манар Абу Талиб нь 2012 онд АНЭУ-ын газрын тос, эрүүл мэнд, банк санхүү, яам, засгийн газар, хүнд үйлдвэр, мэдээллийн технологи, аялал жуулчлалын агентлаг зэрэг долоон өөр салбарын 95 байгууллагын ISO27001 аюулгүй байдлын стандартын хэрэглээг хэмжих, үнэлсэн байна. Тус судалгаанаас харахад ISO27001 стандартыг өөр өөр салбаруудад харьцангуй жигд хэрэгжүүлсэн харагдаж байгаа боловч МТ-ийн салбарт бага хэрэгжүүлсэн байна (Зураг 2).

Судалгаанд хамрагдсан байгууллагуудын 10% нь ISO9000, 14% нь ISO9001, 11% нь ISO 20000, 11% нь ISO27001, 25% нь IEEE802, 18% нь ITIL, 11%-COBIT ашиглаж байна [17].

Зур. 2. АНЭУ-д өргөн хэрэглэж буй стандартууд



Мөн АНЭУ-ын байгууллагууд МАБМТ ISO27001 стандартыг ашиглах нь бизнесүүдэд үзүүлэх ашиг тус өндөр, орчин үеийн шилдэг туршлагыг ашиглах, бизнесээ хамгаалах, харилцан ажиллах чадвар, дэлхий даяар технологийн нийцтэй байдал, үр ашиг, хэрэглэгчийн сэтгэл ханамж дээшилдэг, системийн тогтвортой байдал, шинэчлэхэд хялбар болдог, бүтээгдэхүүний чанарыг дэлхий даяар хүлээн зөвшөөрч, ур чадварыг баяжуулах, эрсдэлээс зайлсхийх боломж олгодог давуу талтайг тэмдэглэжээ.

Харин МАБМТ ISO27001 стандартыг ашигладаггүй байгууллагууд шалтгаанаа төсөв, тусгай мэргэжилтэний дутагдал илүү их өндөр хувьтай, мөн бусад хувилбаруудыг ашиглах боломжтой эсвэл ашиглаж байгаа, тусгай шаардлага болон байнгын сургалт шаардлагатай, мэдлэг дутмаг гэж тайлбарласан байна [16].

**Кейс 2.** Европийн холбоо (ЕХ) ISO27001 стандартыг GDPR-г дагаж мөрдөх чиглүүлэгч болгон хэрэгжүүлэхэд туслах хүчин зүйл гэж анхаарч байна [18].

Европийн холбоо (ЕХ)-ны Мэдээлэл хамгаалах ерөнхий журам-General Data Protection Regulation (GDPR) нь мэдээллийн нууцлалын зохицуулалтад сүүлийн 20 жилд гарсан хамгийн чухал өөрчлөлт гэж үздэг ба тус журмыг хэрэгжүүлэх нь компаниудын хувьд тийм ч амар ажил биш бөгөөд хэрэгжүүлэх гэж 2 жил зарцуулсныг тэмдэглэжээ. ISO27001 стандарт нь GDPR-ийн шаардлагыг хангахад хэрхэн туслахыг дараахь байдлаар тайларласан байна [18]:

- **Баталгаажуулалт:** GDPR нь ISO27001 зэрэг гэрчилгээжүүлэх схемийг ашиглах нь байгууллага МАБ-ын эрсдэлээ үр дүнтэй удирдаж байгаа гэсэн шаардлагатай баталгааг хангах.

- **Зөвхөн хувийн мэдээлэл биш:** Зөвхөн хэрэглэгчийн мэдээллийг төдийгүй бүх мэдээллийн хөрөнгийг, тэр дундаа мэдээллийг хамгаалсан газар болон биет, биет бус хэлбэрийн мэдээлэл ордог.
- **Хяналт ба аюулгүй байдлын хүрээ:** GDPR-ийн ихэнх мэдээллийн хамгаалалт зохицуулалт, хяналтыг мөн ISO27001 стандартаар зөвлөсөн байдаг.
- **Хүмүүс, үйл явц, технологи:** ISO27001 нь мэдээллийн гурван чухал талыг хамардаг. Аюулгүй байдал: хүмүүс, үйл явц, технологи нь компаниуд өөрсдийн бизнесийг технологид суурилсан эрсдэлээс гадна мэдээлэл муутай ажилтнууд эсвэл үр дүнгүй журам гэх мэт бусад нийтлэг аюулаас хамгаалах боломжтой гэсэн үг юм.
- **Хариуцлага:** ISO27001 нь компаниудын аюулгүй байдлын горимыг дээд удирдлага, удирдлагаар дэмжихийг шаарддаг. байгууллагын соёл, стратегид шингэсэн. Мөн ISMS-ийн хариуцлагыг хүлээх удирдах албан тушаалтныг томилохыг, мэдээллийн хамгаалалтад тодорхой хариуцлага тооцохыг шаарддаг
- **Эрсдэлийн үнэлгээ:** ISO27001 стандартыг дагаж мөрдөх гэдэг нь аюул заналхийлэл, аюулыг тодорхойлохын тулд эрсдлийн үнэлгээг тогтмол хийх явдал юм. GDPR нь тухайн байгууллага хувь хүнд нөлөөлж болзошгүй эрсдэлийг тодорхойлсон эсэхийг баталгаажуулахын тулд эрсдлийн үнэлгээ хийхийг онцгойлон шаарддаг.
- **Тасралтгүй сайжруулалт:** ISO27001 нь компаниудын МАБМТ-г байнга хянаж, шинэчилж байхыг шаарддаг.
- **Тест ба аудит:** GDPR-д нийцсэн байх нь тухайн байгууллага тогтмол тест хийх шаардлагатай гэсэн үг юм.

### III. МОНГОЛ УЛС ДАХЬ МАБ, КИБЕР АЮУЛГҮЙ БАЙДЛЫН ЭРХ ЗҮЙН ОРЧИН

Монгол улсад өнөөдрийн байдлаар мэдээллийн аюулгүй байдал, кибер аюулгүй байдлын эрхзүйн зохицуулалтын талаар дараах хууль тогтоомжууд хэрэгжиж байна. Үүнд, Кибер аюулгүй байдлын тухай хууль (2021), "Мэдээллийн аюулгүй байдлын удирдлагын үйл ажиллагааны дүрэм" /MNS/ISO 17799:2007/, "Мэдээллийн аюулгүй байдлын удирдлагын тогтолцоо, шаардлага" /MNS/ISO27001:2007/, "Банкны мэдээлэл технологийн шалгуур үзүүлэлт"-ийн журам (2017), "Банк бус санхүүгийн зээлийн үйл ажиллагааны журам" (2022) [20]. Мөн Монгол Улс санхүүгийн үйлчилгээнд шинээр нэвтэрч буй технологид суурилсан шинэлэг бүтээгдэхүүн, үйлчилгээ, бизнес загварыг дотоодын санхүүгийн зах зээлд нэвтрүүлэх, сэндбокс зохицуулалтын орчинг бүрдүүлэх зорилгоор 2021 онд "Сэндбокс зохицуулалтын орчны журам"-ыг баталсан байдаг.

МУ-д ОУ-ын ISO27001 стандартын баталгаажуулалтыг ХААН банк, Голомт банк, Хас банк (2005), МИК Групп, Крипто валют арилжааны бирж, Андсольюшн ХХК хийлгэсэн бол ICT Групп, Скайтел

ХХК гэх мэт компаниуд энэ чиглэл үргэлжүүлэн ажиллаж байна.

Банкны зохицуулалт болон банкинд тавигдах олон төрлийн шаардлагыг шууд Банк бус санхүүгийн байгууллагад тавих боломжгүй бөгөөд Финтек ББСБ-ууд бүр их онцлогтой байна. Санхүүгийн зохицуулах хорооны судалгаанд Монгол Улсад финтек зээлийн аппликэйшнийг бүрэн цахимжуулсан финтек бүтээгдэхүүн гэж үзэхэд учир дутагдалтай байгааг тэмдэглэсэн байна [21].

#### *А. Финтек ББСБ-ын мэдээллийн аюулгүй байдлын тулгамдсан асуудлууд*

МУ-ын ихэнх финтек компаниуд стартап статустай үйл ажиллагаа явуулж эхэлсэн бөгөөд зах зээлд гарч байж хөрөнгө оруулалтыг татаж байгаа нь жам ёсны асуудал боловч зах зээлд гарах хүртэл багагүй олон төрлийн сорилтой тулгарч байна. Тэдгээр олон төрлийн сорилтуудын нэг нь технологи хөгжүүлэх хүчин чадал, чадавх юм. Финтек ББСБ-ууд “Санхүү зохицуулах хороо”-ноос тусгай зөвшөөрөл авч үйл ажиллагаа явуулдаг бөгөөд шаардлагатай систем, технологи хөгжүүлэх багийг хамт авч явах боломж багатай байдаг бөгөөд ихэнх байгууллага үүнийг аутсорсингийн (outsourcing) үйлчилгээ авах замаар шийдэж байна.

Дараагийн нэг асуудал бол системийн нүсэр дэд бүтцийг байгуулах хөрөнгийн асуудал юм. Энэ асуудлын шийдэлд үүлэн үйлчилгээг (cloud service) сонгох нь нийтлэг байна. Түүнчлэн финтек компаниуд хоорондоо интеграци хийх, төрийн болон хувийн мэдээллийн системүүдтэй холбогдож ажиллах шаардлагын улмаас олон төрлийн API холболтуудын асуудал тулгардаг.

Технологийн асуудлууд нь харьцангуй шийдэх боломжтой байдаг бол шийдэхэд төвөгтэй асуудлын нэг бол салбарын ажиллах хүчний МТ-ийн мэдлэг болон мэдээллийн аюулгүй байдлын мэргэжилтэний хүний нөөц асуудлууд юм.

Энэ бүх асуудлуудын шийдлүүдийг хамт кибер аюулгүй байдал, мэдээллийн аюулгүй байдлын анхаарал татсан асуудлууд үргэлж дагадаг. Финтек ББСБ-уудад МАБ-ыг хангахтай холбоотой дараахь гол асуудал одоогоор тулгараад байна гэж үзэж байна. Үүнд:

1. Нэгдүгээрт, Хүснэгт I-д харуулсан олон төрлийн МАБ-ын стандартуудыг байгууллагуудыг хэрэглэх боломж байгаа ч төрийн зохицуулагч байгууллага болох СЗХ-ноос гаргасан “Банк бус санхүүгийн зээлийн үйл ажиллагааны журам”-ын дагуу тусгай зөвшөөрлийн хүрээнд Финтек ББСБ-уудад Стандарт, хэмжил зүйн газрын даргын 2021 оны 09-р сарын 22-ны өдрийн С/29 дүгээр тушаалаар баталсан MNS ISO/IEC 27001:2021 стандартыг мөрдөх буюу нэг ижил төрлийн шаардлага тавигдаж байна.
2. Хоёрдугаарт, энэхүү мөрдөх ёстой болоод байгаа стандарт нь ОУ-ын стандарчиллын байгууллагаас гаргасан ISO/IEC 27001:2013 стандартын орчуулсан хувилбар тухайн хувилбараас хойш 2017 оны хувилбар, хамгийн сүүлийн байдлаар 2022 оны хувилбарууд гараад байна. Дээрх стандартын хувилбарууд нэг стандартын хувилбарууд боловч Мэдээлэл технологийн хөгжлөөс шалтгаалж стандартын

шаардлага болон хяналтуудад маш олон өөрчлөлтүүд орсон байдаг. Жишээ нь ISO27001:2013 хувилбар дээр Финтек ББСБ-уудын гол бизнесийн суурь болсон технологийн гол шийдлүүдийн нэг болох Cloud service буюу үүлэн үйлчилгээний талаарх шаардлага, хяналт байхгүй байдаг (ISO27001:2013) бол ISO27001:2022-т [22] cloud service-ийн талаар хяналт орж ирсэн байна. ISO/IEC 27001:2013 стандарт нь үйлчилгээнийхээ технологиудыг клауд үйлчилгээгээр шийдэж байгаа ихэнх ББСБ-уудын хувьд аюулгүй байдлын шаардлагыг хангахгүй юм.

3. Дараагийн нэг асуудал бол СЗХ-ын гаргасан журамд тухайн ISO27001 стандартын хамрах хүрээг нарийн зааж өгөөгүй байгаа. Тухайн стандартын дагуу хамрах хүрээгээ байгууллага өөрсдөө шийдэж сонгож авах зохицуулалттай ч хэрэв Финтекийн үйлчилгээ болон СЗХ-оос авсан тусгай зөвшөөрлийн хүрээнд л хамрах хүрээг тогтоож, тухайн стандартыг нэвтрүүлээгүй тохиолдолд МАБМТ-г хангах боломжгүй.

Эцэст нь Финтек ББСБ-ууд бизнесийн амин чухал суурь болсон мэдээлэл технологийг хөгжүүлэх үйл ажиллагаагаа аутсорсингийн үйлчилгээгээр шийдэж байгаа. Гэтэл 2008 онд батлагдсан “Аутсорсинг хөгжүүлэх тухай журмын тухай” хуулийг 2009 онд хүчингүй болгосноор [23] МУ-д тусгайлан энэ талаар ямар нэгэн эрхзүйн зохицуулалт байхгүй байна.

#### *IV. СУДАЛГААНЫ АРГА ЗҮЙ БА ҮР ДҮН*

Энэүү судалгаагаар бид Финтек ББСБ-уудын мэдээллийн аюулгүй байдлын менежментийн тогтолцоог (МАБМТ) буюу ISO27001 стандартын өнөөгийн хэрэгжүүлтийг судалж, нөлөөлж буй хүчин зүйлс, хүндрэл бэрхшээлийг тодорхойлж, Финтек ББСБ-уудад үр дүнтэй хэрэгжүүлэхэд хэрэгтэй саналуудыг дэвшүүлэхийг зорьсон.

#### *А. Судалгааны түүвэр*

СЗХ-ноос авсан “Зээлийн үйлчилгээ” тусгай зөвшөөрлийн хүрээнд МУ-д үйл ажиллагаа явуулж буй Финтек зээлийн үйл ажиллагаа явуулж буй ББСБ-уудыг хамруулсан бөгөөд судалгааны үр дүнг бодитой байлгах зорилгоор үйл ажиллагааны чиглэл, зах зээлд эзлэх байр суурь, тусгай зөвшөөрөл, үүсгэн байгуулагдсан огноо гэх зэргийн ялгаатай байдлыг чухалчилж үзсэн. Тухайлбал, 1) финтек зээлийн үйлчилгээ болон уламжлалт зээлийн үйлчилгээг хослуулан үзүүлэгдэг, 2) финтек зээлийн үйлчилгээний зах зээлд эзлэх хувиараа ялгаатай, 3) Монголын хөрөнгийн бирж дээр хувьцаа гаргасан, үнэт цаасны индексээр топ-20, В ангилал байгаа, 4) сонгодог компанийн бүтэц зохион байгуулалттай болон стартап буюу гарааны бизнес эрхлэгчдийн байгуулсан ББСБ-ууд гэсэн үйл ажиллагааны явуулж буй хугацаагаар ялгаатай компаниудыг түүвэрлэн хамруулав.

#### *В. Судалгааны өгөгдөл цуглуулах арга, хэрэгсэл*

Судалгааны өгөгдлийг цуглуулах зорилгоор үндсэн 4 хэсэг, 40 асуулт, 148 сонгох хариулт бүхий асуулгыг боловсруулсан. Судалгааны асуулгын эхний хэсгийн 13 асуулт ISO27001 стандартын ерөнхий шаардлага болон зарим хяналтуудыг, хоёрдугаар хэсэгт тухайн байгууллагын МТ-ийн бүтэц бүрэлдэхүүн, ашиглаж байгаа технологийн дэд бүтэц зэргийг тодорхойлох

зорилготой. Ингэснээр ISO27001 стандартын 14 бүлэг 114 хяналтын талаарх бодит мэдээллийг гаргаж ирж, тухайн хяналтуудыг дагаж мөрдөх зохицуулалтыг хэрхэн хэрэгжүүлж байгааг тодорхойлов. Харин гуравдугаар хэсгийн асуултууд нь илүү байгууллагын дотоод орчин руу чиглэсэн байгууллагын дотоод соёл, бүтэц, нийт ажилчдын мэдлэг ойлголтыг тодорхойлох зорилготой. Эцэст нь дөрөвдүгээр хэсгийн 8 асуулт нь ISO27001 стандартын суурь болсон эрдэлийг хэрхэн удирдаж байгаа талаар мэдээллийг илрүүлэхэд чиглэсэн.

Судалгааны өгөгдлүүдийг MS Excel дээр тодорхойлох статистикийн аргаар боловсруулж, үр дүнг гаргасан.

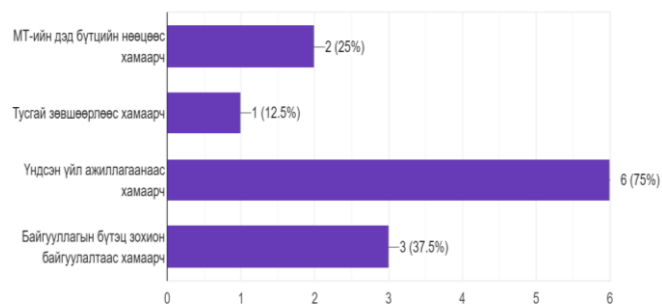
V. ЭМПИРИК СУДАЛГААНЫ ҮР ДҮН

Судалгаанд 4 зөвхөн финтек бүтээгдэхүүн үйлчилгээ үзүүлдэг, 4 нь финтек болон уламжлалт санхүүгийн үйл ажиллагаа хосолсон үйлчилгээ үзүүлж буй нийт 8 финтек ББСБ-ууд хамрагдсан. Судалгааны өгөгдлийн найдвартай байдлыг илтгэх Кронбахын альфа коэффициент (Cronbach's alpha) нь 0.861 гарч манай судалгааны асуултууд оновчтой бөгөөд хүчин төгөлдөр болохыг харуулсан.

A. МАБМТ ISO27001 стандартын шаардлага, хяналтын хүрээнд гарсан үр дүн

МАБМТ ISO27001 стандартын шаардлагын дагуу тухайн стандартыг хэрэгжүүлэхийн тулд тухайн байгууллага ямар хамрах хүрээнд (1.Хамрах хүрээ) хэрэгжүүлэх талаар сонголт хийх шаардлагатай байдаг. Финтек ББСБ-ууд МАБМТ ISO27001 стандартыг хэрэгжүүлэх хамрах хүрээг сонгохдоо 75% нь өөрсдийн үндсэн үйл ажиллагаанаас хамаарч сонгосон бол 37.5% нь байгууллагын бүтэц зохион байгуулалтыг мөн СЗХ-ноос авсан тусгай зөвшөөрлийг чухалд үзсэн байна (Зураг 3).

Зур.3. ISO27001 стандартыг хэрэгжүүлэх хамрах хүрээний сонголт



ISO27001 стандартын “A.15.1 Нийлүүлэгчийн харилцаан дахь МАБ” болон “A.14 Мэдээллийн систем суурилуулах, хөгжүүлэх, үйлчилгээ хийх” гэсэн хяналтыг хэрхэн биелүүлж байгааг тодорхойлох асуултын хувьд финтек ББСБ-уудын 75% нь МТ-ийн аутсорсингийн үйлчилгээ авдаг бөгөөд түүний хяналтын хэрэгжүүлэлтийг “МТ-ийн аутсорсингийн гэрээ”-д тусгаж өгөх шаардлагатай болдог байна. Мөн байгууллагуудын 12.5% нь өөрсдөө дотооддоо финтек бүтээгдэхүүнийг хөгжүүлдэг тул стандартын A.14-ийг хэрэгжүүлэх шаардлагатай болсон байна.

ISO27001 стандартын “5. Манлайлал, 7. Тулгуур хүчин зүйл (Нөөц, Чадавх)” шаардлагуудыг хэрхэн хэрэгжүүлж байгааг тодорхойлох зорилготой “Танай байгууллага МТ-д зориулсан төсөв баталдаг уу?” гэсэн

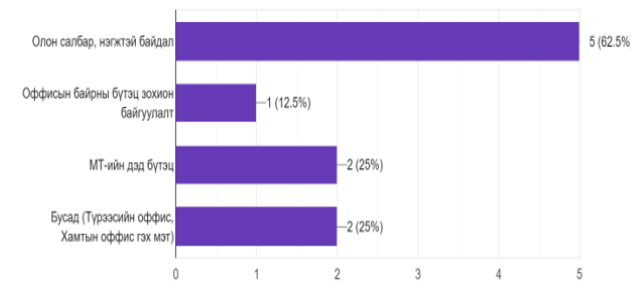
асуултад 75% нь ямар нэгэн байдлаар МТ-т зориулсан төсөв баталдаг, мөн шаардлагатай тохиолдолд МТ-д зориулсан худалдан авалтыг хийдэг гэж хариулсан байна (Зураг 4).

ISO27001 стандартын “A.11 Бодит орчны аюулгүй байдал хяналт”-ыг хэрэгжүүлэхэд ямар саад бэрхшээл болж тулгарч байгаа талаарх асуултанд судалгаанд хамрагсад олон салбар нэгж, оффистай байгаа байдлыг тэмдэглэсэн байна (Зураг 5). Энэ нь уламжлалт болон финтек зээлийн үйлчилгээг зэрэг үзүүлж буй ББСБ-ууд илүү их сайн төвлөрсөн МТ-ийн дэд бүтцийг үүсгэх замаар МАБ-ыг дэмжих шаардлагатайг харуулж байна.

Зур.4. МТ-д зориулсан төсөв баталдаг эсэх



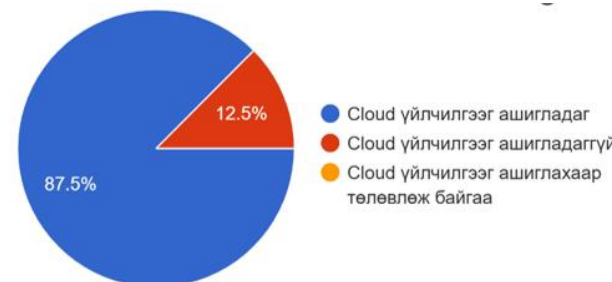
Зур.5. Бодит орчны аюулгүй байдал, хяналтыг хэрэгжүүлэхэд саад бэрхшээл учруулж буй хүчин зүйлс



B. Мэдээлэл технологийн хүрээнд гарсан үр дүн

Ихэнх Финтек ББСБ-ууд үйлчилгээг дэмжсэн МТ-ийн хувьд клаудад суурилсан системүүдийг ашиглаж байгааг судалгааны үр дүн харуулж байна (Зураг 6). ISO27001 стандартын 2013 хувилбарт “Cloud”-той холбоотой зохицуулалт байхгүй бөгөөд харин ISO27001:2022 хувилбарт зохицуулалт орж ирсэн байна. Тэгэхээр ББСБ-уудын 87.5%-д финтек зээлийн бүтээгдэхүүн, мэдээллийн системүүд нь стандартын хяналтад хамаарагдахгүй эрсдэл үүссэн байна.

Зур. 6. Үйлчилгээг дэмжсэн клауд технологийн хэрэглээ



Мөн “Танай байгууллага МАБ-ыг нь хангадаг ямар нэгэн дотоод мэдээллийн систем ашигладаг уу? (ERP,

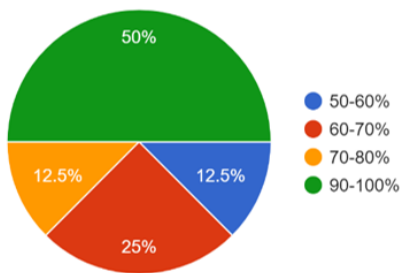
AD, DMS гэх мэт)” гэсэн асуултад 75% нь ашигладаг гэж хариулснаас харахад “А.6 МАБ-ын тогтолцоог зохион байгуулах” гэсэн хяналтыг ямар нэгэн байдлаар хэрэгжүүлдэг гэж үзэж болох юм (Зураг 7).

Зур. 7. МАБ-ыг нь хангадаг дотоод мэдээллийн систем ашиглалт



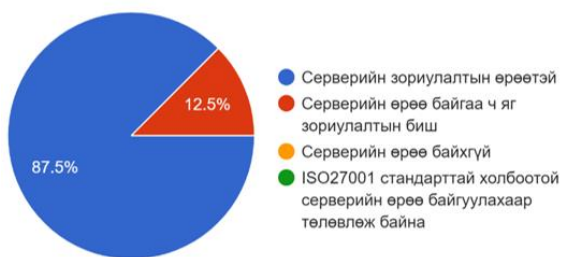
Мөн Зураг 8-д харуулсанчлан судалгаанд хамрагсдын 50% нь 90-100%-тай буюу антивирусын програмыг бүрэн хэрэглэж байгаа бол үлдсэн 50% нь ямар нэгэн байдлаар антивирус програмыг хэрэглэдэг ч бүрэн ашиглаж чадахгүй байна. Энэ нь ББСБ-ууд ISO27001 стандартын “А.12.2 Хортой кодоос хамгаалах” хяналтыг хэрэгжүүлэх тал дээр учир дутагдалтай байгааг харуулж байна.

Зур. 8. Антивирусын програмын ашиглалт



ISO27001 стандартын “А.11.2 Тоног төхөөрөмжийн аюулгүй байдал” гэсэн шалгуурын хүрээнд тавьсан асуултанд судалгаанд хамрагсдын 87.5% нь зориулалтын серверийн өрөө ашигладаг, үлдсэн 12.5% нь зориулалтын бус өрөөг серверийн өрөөний зориулалтаар ашиглаж байна гэж хариулсан байна (Зураг 9). Тухайн А.11.2 стандартад тоног төхөөрөмжийн хяналт, кабелийн аюулгүй байдал, тоног төхөөрөмжийн үйлчилгээ, туслах үйлчилгээ буюу цахилгаан хангамж, тоног төхөөрөмжийн тасралтгүй байдлыг хангах зэрэг олон хяналтууд багтдаг нэг асуулгаар эдгээр хяналтуудыг тодорхойлох боломжгүй. Гэвч зориулалтын серверийн өрөө ашиглаж байгаа нь энэ хяналтыг хэрэгжүүлэх таатай нөхцөл боломж хэдийнээ бий болсон байна.

Зур. 9. Тоног төхөөрөмжийн аюулгүй байдлын хангалт



С. Байгууллагын дотоод орчны хүрээнд гарсан үр дүн

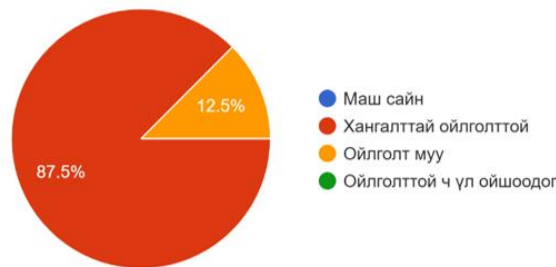
МАБМТ ISO27001 стандартыг үр дүнтэй хэрэгжүүлэхэд нөлөөлдөг хамгийн чухал хүчин зүйл бол тухайн байгууллагын соёл болон удирдлага, менежментийн арга барил юм. ISO27001 стандартын 5. Манлайлал, 5.1 Манлайлал ба амлалт, 5.3 Байгууллага дахь үүрэг, хариуцлага, эрх мэдэл гэсэн шаардлагуудын талаарх асуулгын үр дүн МТ-д суурилсан санхүүгийн үйлчилгээ буюу Финтекийн салбарыг удирдаж байгаа удирдах ажилтнууд салбарынхаа онцлог болон МАБ-ын талаарх ойлголт сайтай байгаа нь харагдаж байна. Тухайлбал, “Танай байгууллагын удирдлагууд МАБ-ын талаар хэр ойлголттой вэ?” гэсэн асуултад судалгаанд хамрагсад бүгд 100% “Хангалттай ойлголттой” гэж хариусан байна. Мөн ISO27001 стандартын шаардлага 5.2 Бодлогын хэрэгжилтийн талаарх “Мэдээллийн аюулгүй байдлын бодлого, журам хэрэгжүүлж байгаа юу?” гэсэн асуултанд 87.5% нь “Тийм” гэж хариулсан байна (Зураг 10).

Зур. 10. МАБ-ын бодлого, журмын хэрэгжүүлэлт



ISO27001 стандарт байгууллагын нийт ажилтнуудад болон байгууллагын соёлд хэрхэн нөлөөлж байгаа, нийт ажилтнууд МАБ-ын мэдлэг ойлголттой байгааг эсэхийг тодруулах асуултаудад 87.5% нь хангалттай ойлголттой байгаа гэж үзжээ (Зураг 11).

Зур. 11. нийт ажилтнуудын МАБ-ын мэдлэг ойлголт



Мөн “Танай байгууллага нийт ажилтнууддаа МАБ-ын сургалт зохион байгуулдаг үү?” гэсэн асуултад судалгаанд хамрагсдын 62.5% нь МАБ-ын сургалтыг улиралд тутамд зохион байгуулаг гэж хариулсан байна (Зураг 12).



Зур. 12. Нийт ажилтнуудад зориулсан МАБ-ын сургалт 12.



Түүнчлэн “Танай байгууллагын дотоод соёлд ISO27001 стандарт хэр нөлөөлсөн вэ?” гэсэн асуултанд 37.5% маш их нөлөөлсөн, 25% нь ирээдүйд нөлөөлнө гэсэн хүлээлттэй байна (Зураг 13).

Зур. 13. ISO27001 стандартын байгууллагын соёлд нөлөөлсөн байдал



**D. МАБ-ын эрсдэл, хяналт, сайжруулалтын хүрээнд гарсан үр дүн**

МАБМТ ISO27001 нь эрсдэлд суурилсан стандарт бөгөөд эрсдэлийн тодорхойлох, бууруулах, хянах, сайжруулах үе шатыг тасралтгүй давтаж байж МАБМТ-г хэрэгжүүлнэ гэж үздэг. Судалгаанд хамрагдсан ББСБ-ынхнаас “Мэдээллийн аюулгүй байдлын менежментийн тогтолцоо үр дүнд хүрч байгааг хянаж, үнэлдэг үү?” гэсэн асуултанд 87.5% нь “тогтмол биш ч хянаж, үнэлдэг”, “ISO27001 стандарт МАБ-ын эрсдэлийг бууруулж байгаагай санал нийлж байна уу?” гэсэн асуултанд бүгд 100% “Тийм”, “Танай байгууллага дотооддоо мэдээллийн аюулгүй байдлын эрсдэлийн үнэлгээ хийдэг үү?” гэсэн асуултад 87.5% нь “Тийм” гэж тус тус хариулсан байна (Зураг 13).

Зур. 13. МАБ-ын эрсдэлийн үнэлгээ хийдэг туршлага



**VI. Дүгнэлт**

Монгол улс банк, санхүүгийн шинэлэг үйлчилгээний Финтек салбарын эрх зүйн орчинг зохицуулах, илүү тодорхой болгох, хэрэглэгч, харилцагчийн хувийн

мэдээллийг хамгаалах, зээлийн эрсдэл орохоос сэргийлэх оролдлогыг хийж байна. Үүний нэг тод илрэл нь одоогийн хууль эрх зүйн хүрээнд зохицуулалт хийх зорилгоор гаргасан СЗХ-ын “ББСБ-уудын зээлийн үйл ажиллагааны журам”-д тусгагдсан МАБМТ ISO27001 стандарт юм. Энэ нь Дэлхийн банк болон ОУВС-аас гаргасан Балигийн Финтекийн Баримт бичгийн хүрээнд гаргасан зохицуулалтын арга хэмжээнд нийцэж байгаа юм. Хэдийгээр тухайн журамд MNS ISO/IEC27001:2021 гэж заасан боловч Финтек ББСБ-ууд МУ-ын Стандарт, Хэмжил Зүйн Газраас ОУ-ын ISO/IEC27001:2013-ыг орчуулж гаргасан хувилбарыг ашиглах шаардлагатай байгаа юм.

Судалгааны үр дүнгээс харахад судалгаанд хамрагдсан Финтек ББСБ-ууд МАБМТ ISO27001 стандартын ач холбогдол, давуу талын талаар сайн ойлголтой байгаа бөгөөд тухайн стандарт нь МАБ-ын эрсдэлийг бууруулж байгаагай мөн санал нийлж байна. Түүнээс гадна хэдийгээр СЗХ-ын тушаал захирамжын дагуу ISO27001 стандартыг хэрэгжүүлж, баталгаажуулалтыг хийлгэж байгаа ч МАБМТ-г хэрэгжүүлэх хүсэл сонирхолтой байна гэж дүгнэж болохоор байна.

Хэдийгээр финтек салбарын МАБ-ын асуудлыг ОУ-ын стандартаар зохицуулах гэж байгаа нь сайшаалтай боловч, тухайн журмаар зохицуулаагүй эсвэл зохицуулалтыг буруугаар ойлгох асуудлууд байна. Энэ нь ISO27001 стандартын “A.15.1 Нийлүүлэгчийн харилцаан дахь МАБ” хяналтыг МТ-ийн аутсорсингийн гэрээгээр хийж гүйцэтгүүлж байгаа боловч МУ-д аутсорсингтой холбоотой хууль эрх зүйн зохицуулалт байхгүй байна. Түүнтэй холбоотойгоор харилцагч, зээлдэгчийн МАБ-ыг финтек ББСБ-ууд хариуцах уу? МТ-ийн аутсорсингийн үйлчилгээ үзүүлж буй технологийн компани бүрэн хариуцах уу гэдэг чухал асуулттай тулгарч байна.

Тус журамд МАБМТ ISO27001 стандартын аудит хийлгэж баталгаажуулсан байх ёстой гэсэн боловч тухайн журамд финтек зээлийн бүтээгдэхүүн гаргасан ББСБ-ууд ISO27001 стандартын шаардлагын дагуу хамрах хүрээг хэрхэн сонгох талаар нарийвчлан заагаагүй байгаа нь ISO27001 стандартыг тухайн журамд заасан зорилтын дагуу хэрэгжүүлэхэд төөрөгдөл үүсэхээр байна.

Финтек зээлийн бүтээгдэхүүн үйлчилгээ хөгжүүлэхдээ МТ-ийн аутсорсингийн үйлчилгээ авч буй ихэнх ББСБ-уудад МУ-д МТ-ийн аутсорсингтой холбоотой эрх зүйн зохицуулалт байхгүйн улмаас МАБМТ ISO27001 стандартын А.15.1 хяналтыг хангахад нь эрсдэл учрахаар байна.

ББСБ-ууд финтек зээлийн бүтээгдэхүүн үйлчилгээ хөгжүүлэхдээ, орчин үеийн дэвшилтэд технологийг ашиглахын зорьж байна. Мөн гарааны бизнес бүтэцтэй байгууллагууд нь хямд өртөгтэй МТ-ийн дэд бүтцийг ашиглахын тулд cloud service буюу үүлэн үйлчилгээг илүүтэйгээр ашиглаж байгаа нь СЗХ-ны журамд тусгагдсан МАБМТ ISO27001:2013 стандартын шаардлага, хяналтыг хангахгүй байх эрсдэлтэй байна.

Олон салбар нэгжтэй, оффисын байрны бүтэц зохион байгуулалттай ихэнх ББСБ-ууд стандартын А.11 Бодит

орчны аюулгүй байдал хяналтыг хэрэгжүүлэхэд бэрхшээл тулгарч байна.

## VII. САНАЛ

МАБМТ ISO27001 стандартыг амжилттай хэрэгжүүлэх чиглэлээр бид олон улсын туршлага болон дотоодын нөхцөл байдалд түшиглэн дараах саналыг дэвшүүлж байна. Үүнд:

### A. Хууль эрх зүйн хүрээнд:

- Финтек зээлийн бүтээгдэхүүн үйлчилгээ гаргасан ББСБ-ууд СЗХ-ноос авсан тусгай зөвшөөрлийнхөө хүрээнд хамрагдаж буй бизнесийн хэсгүүдэд МАБМТ ISO27001 стандартыг хэрэгжүүлэх
- Финтек үйлчилгээндээ МТ-ийн аутсорсингийн үйлчилгээ авч байгаа ББСБ-уудад харилцагч, хэрэглэгчийн мэдээллийг эзэмших, хадгалах, дамжуулах, өөрчлөх зохицуулалтыг нарийвчлан тусгаж өгөх, энэ асуудлыг шийдэхийн тулд ISO27001 стандартын А.14-ийг хэрэгжүүлэх

### B. Мэдээлэл технологийн хүрээнд:

- Cloud service буюу үүлэн үйлчилгээг ашиглаж буй ББСБ-ууд нь МАБМТ стандарт, фреймворкын дагуу тохиргоог хийж шаардлагатай бөгөөд МАБМТ ISO27001:2022 хувилбарын дагуу зохицуулалт хийх
- Финтек зээлийн бүтээгдэхүүн үйлчилгээний системүүдийг дотооддоо хөгжүүлж буй ББСБ-уудын хувьд МАБМТ ISO27001 стандартын хяналт А.14 буюу мэдээллийн систем суурилуулах, хөгжүүлэх, үйлчилгээ хийх, А.12.1.4 буюу программ хангамж хөгжүүлэлтийн, тестийн болон үйл ажиллагааны орчныг тусгаарлах хяналтуудыг зайлшгүй авч хэрэгжүүлэх
- Олон салбар, нэгж, оффисийн бүтэцтэй холбоотой асуудлыг шийдэхийн тулд МТ-ийн шийдлийн олон хувилбаруудыг судалж, тохирохыг сонгож ашиглах; түүнчлэн хэсэгчлэгдсэн олон мэдээлэл боловсруулах тоног, төхөөрөмжинд мэдээлэл хадгалахаас зайлсхийж төвлөрсөн серверт хадгалах, мөн төвлөрсөн хяналттай нэвтрэх систем, тоног төхөөрөмжийг ашиглах
- Финтек салбар өөрөө МТ дээр суурилсан үйлчилгээ тул, аль болох хууль эрх зүйн хүрээнд цаасан мэдээллээс татгалзаж, өдөр тутмын баримт бичиг, цаасанд суурилсан үйл ажиллагаандаа хувилбаруудын бүртгэл, мэдээллийн хөрөнгийн бүртгэлийг тогтмол хөтлөх боломжтой Document management system (DMS)-ийг ашиглах. Орчин үед DMS-үүдийг cloud орчинд ажиллах боломжтойгоор хөгжүүлж байгаа тул ISO27001 стандартын маш олон хяналтыг хэрэгжүүлэхэд дөхөм болохоор байна.

### C. Удирдлагын манлайлалын хүрээнд:

- МАБМТ ISO27001 стандартын 5-р шаардлага болох “5. Манлайлал”-ыг хангахдаа, ББСБ-ууд МАБ-ын бодлогодоо гүйцэтгэх удирдлагын болон дунд шатны менежерүүдийн эрх үүргийг тусгайлан салгаж тусгах, бизнесийн үндсэн төлөвлөгөөг боловсруулах, стратегийн зорилго,

зорилтуудынхаа гүйцэтгэлийг хянахдаа МАБМТ-ны зорилтуудыг давхар хянаж байх

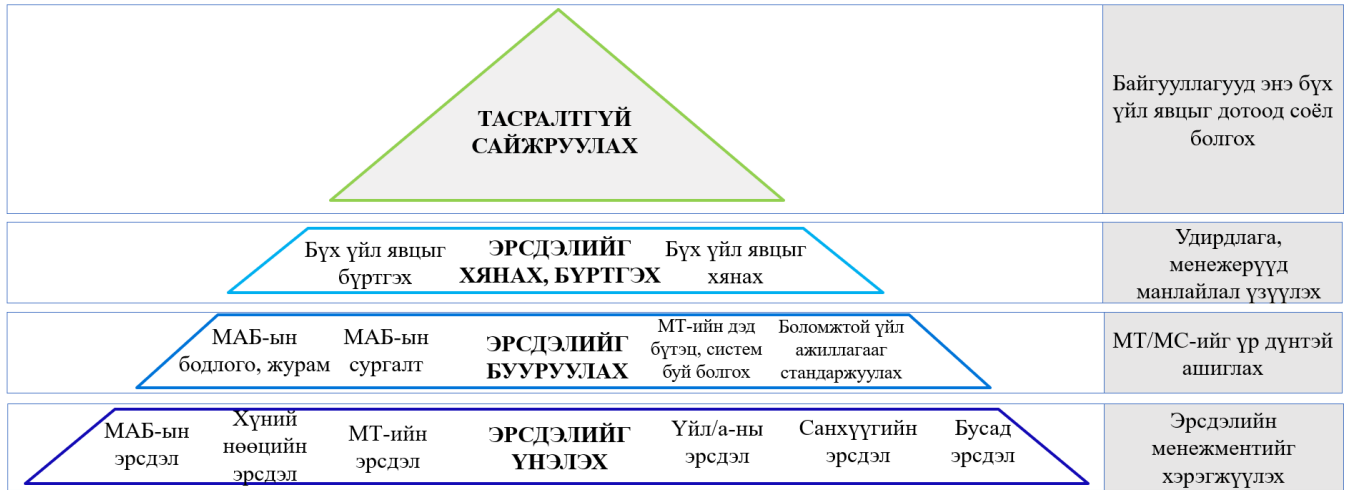
- Мөн МАБ-д зориулж тусгай төсвийг баталж, хэрэгжилтэд тогтмол хяналт тавьж ажиллах
- ISO27001 стандартын баталгаажуулалтын гэрчилгээ авах зорилтыг одоогийн бизнес төлөвлөгөөнд тодорхой зорилго болгон тусгах (Nine Steps to Success: An ISO27001 Implementation Overview, Alan Calder, 2017)
- Байгууллагын дээд, дунд шатны менежерүүд МАБ-ыг илүү сайн ойлголт, мэдлэгтэй болох, мөн мэдээллийн системийн хөгжүүлэлт, мэдээлэл технологийн дэд бүтэц, технологийн худалдан авалтыг хийхдээ МАБМТ ISO27001 стандартыг барьж ажиллах, байгууллага даяар МАБМТ-г төлөвшүүлж түүнийг байгууллагын соёл болгох
- Байгууллагын нийт ажилтнуудын хувьд МАБ-ын мэдлэг ойлголтыг тогтмол сайжруулж, хэр зэрэг мэдлэг ойлголтыг авч, өдөр тутмынхаа ажлын соёл болгож байгааг нь тогтмол шалгаж хэвших, энэ чиглэлд тэднийг сэдэлжүүлэх

### D. Байгууллагын үндсэн үйл ажиллагааны хүрээнд:

- МАБМТ ISO27001 стандартыг үр дүнтэй хэрэгжүүлэх арга зам бол Зураг 14-д байгаа загварын дагуу суурь шатанд байгууллагууд эрсдэлийг илүү сайн тодорхойлох, үнэлэх, удирдах процессуудыг хэрэгжүүлэх шаардлагатай байна. Тухайн эрсдэлүүдэд “МАБ-ын эрсдэл, Хүний нөөцийн эрсдэл, Мэдээлэл технологийн эрсдэл, Үйл ажиллагааны эрсдэл, Санхүүгийн эрсдэл, Бусад эрсдэл” үнэлж, удирдах шаардлагатай.
- Дараагийн шатанд тухайн тодорхойлсон эрсдэлийг бууруулах арга хэмжээ авах шаардлагатай. Эрсдэлийг бууруулахдаа дараах арга хэмжээг авах “МАБ-ын бодлого, журам боловсруулж мөрдөх, МАБ-ын сургалт болон бусад холбогдох сургалтыг тогтмол хийх, МТ-ийн дэд бүтэц, мэдээллийн системийг байгуулах, зохицуулах боломжтой үйл ажиллагааг стандартжуулах” процессуудыг хэрэгжүүлэхдээ тохирох мэдээллийн системүүдийг ашиглах нь зүйтэй.
- Гурав дахь шатанд бууруулсан эрсдэлийг дахин гарч ирэх, мөн бууруулах арга хэмжээний дараа эрсдэл дахин үүсэж байгааг, зохицуулж байгаа бодлого, журам, сургалт, мэдээлэл технологийн дэд бүтэц, мэдээллийн системийн үйл ажиллагаа бүртгэх, хянах, тохиргоог дахин хийх, стандаржуулсан үйл ажиллагааны зөрүүг арилгах арга хэмжээг авсан үйл явцыг хянах, бүртгэх ажлуудыг хийж байх шаардлагатай. Энэ шатны хамгийн гол асуудал бол хянах, бүртгэх процессыг удирдлага, дунд шатны менежерүүд хийх, нийт ажилтнуудад манлайлал үзүүлэх явдал юм.
- Дөрөв дэх шатанд буюу дээр дурьдсан 3 шатны үйл ажиллагааг тасралтгүй сайжруулж, ажиллах шаардлагатай байна. МАБМТ ISO27001 стандартыг амжилттай хэрэгжүүлэх гол арга зам бол зөвхөн их хэмжээний төсөв, хөрөнгө биш, том, хүчирхэг МТ-ийн дэд бүтэц, мэдээллийн системүүд ч биш, МАБ-ын бодлого, журам хянах бүртгэх, сайжруулах үйл явц төдий ч биш юм.

Хамгийн чухал нь Мэдээллийн аюулгүй байдлын менежментийн тогтолцоог, түүнийг тасралтгүй сайжруулах үйл явцыг байгууллагын дотоод соёлын нэг хэсэг болгосноор энэхүү тогтолцоо бүрэн утгаараа амжилттай хэрэгжих боломжтой юм.

Зур. 14. МАБМТ ISO27001 стандартыг үр дүнтэй хэрэгжүүлэх арга зам



Эх сурвалж: Судлаачдын төсөөлөл

АШИГЛАСАН ЭХ СУРВАЛЖ

[1] Nishant Singh, 2022, Feb 23, Data Security and a Fintech State of Mind, <https://www.fortanix.com/blog/2022/02/data-security-and-a-fintech-state-of-mind>

[2] Санхүүгийн зохицуулах хороо, 2022 оны үйл ажиллагаа тайлан, [www.frc.mn](http://www.frc.mn)

[3] СЗХ-ны “Хүртэмжтэй санхүү” товхимол 2021.08

[4] Understanding-poverty-Fintech, <https://www.worldbank.org/en/topic/fintech#:~:text=Financial%20technology%20%E2%80%93%20fintech%20%E2%80%93%20is%20creating,the%20economic%20and%20financial%20landscapes>,

[5] Л.Оюун, Санхүүгийн хөтөч, 2010 <https://content.page.mn/uploads/users/125/files/sanhuugiin%20hotoch%20irgeded%20гарин%20авлага.pdf>,

[6] Doug Whiteman, Forbes, 2022, Jul 25, <https://www.forbes.com/advisor/banking/what-is-fintech>,

[7] Akanksha Mishra, 2022, Jul 27, <https://www.valuebound.com/resources/blog/cybersecurity-fintech-roadmap-build-secure-platform>,

[8] Soomro, Zahoor & Shah, Mahmood & Ahmed, Javed. (2016). Information security management needs more holistic approach: A literature review.

[9] Мэдээлэл аюулгүй байдал гэж юу вэ? <https://www.isd.gov.mn/?lang=mn&cat=24>,

[10] Vol Solms, 1998, [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-0-387-35586-3\\_2](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-0-387-35586-3_2)

[11] <https://www.cisco.com>,

[12] Мэдээллийн аюулгүй байдлын сургалт, <https://mmra.gov.mn/?id=200392>,

[13] Susanto, Heru & Almunawar, Mohammad Nabil & Tuan, Yong. (2011). Information Security Management System Standards: A Comparative Study of the Big Five. International Journal of Electrical & Computer Sciences IJECS-IJENS Vo:11 No:05

[14] Cyber security and Intelligence Blog. (2022, 05 01). Retrieved from <https://www.pgtil.com/>: <https://www.pgtil.com/blog/why-choose-iso-27001/>

[15] [www.iso.org](http://www.iso.org)

[16] Alan Calder (2017). Nine Steps to Success: An ISO 27001 Implementation Overview, North American edition, IT Governance Publishing, <https://doi.org/10.2307/j.ctt1wn0skw>

[17] Khelifi, Adel. (2012). Guide to ISO 27001: UAE Case Study.

[18] Lopes, Isabel & Guarda, Teresa & Oliveira, Pedro. (2019). Implementation of ISO 27001 Standards as GDPR Compliance Facilitator. Journal of Information Systems Engineering & Management. 4. 10.29333/jisem/5888.

[19] Датгани, 2019

[20] Эрх зүйн мэдээллийн нэгдсэн систем, [www.legalinfo.mn](http://www.legalinfo.mn)

[21] Хүртэмжтэй санхүү, 2021.08 сар дугаар 33, <http://www.frc.mn/d/s/10>,

[22] <https://www.itgovernance.co.uk> IT Governance Ltd.

[23] (<https://legalinfo.mn>)

# Их дээд сургуулийн дипломыг блокчэйн сүлжээнд баталгаажуулах нь

Мөнхжаргалын Золжаргал<sup>1</sup>, Долоонжингийн Сүрэнбаяр<sup>2</sup>, Дамбасүрэнгийн Нанзадрагчаа<sup>1</sup>

<sup>1</sup> МКУТ, Монгол Улсын Их Сургууль, Монгол Улс

Блокчэйн соллошинс ХХК, Монгол Улс

zoljargal@num.edu.mn, surenbayar@teo.mn, nanzadragchaa@num.edu.mn

**Хураангуй**—Хуурамч диплом, гэрчилгээтэй холбоотой асуудал монголд төдийгүй олон улсад байнга үүсч байдаг. Харин цахим шилжилтийн үед аливаа цахим баримт болон өгөгдлийг баталгаажуулах суурь технологи нь блокчэйн болоод байна. Монголын ИДС-ийн диплом, гэрчилгээг гадаад улсын ажил олгогч, их дээд сургуулиудад үнэн зөв эсэхийг баталгаажуулхад цаасан хүсэлт тухайн улс дахь элчин сайд, монгол улсын гадаад хэргийн яам, боловсролын яамаар дамжаад диплом олгосон их, дээд сургуульд ирж баталгаажуулж уг дарааллаар буцдаг. Энэ нь цаг хугацааны хувьд 14-45 хоног, цаасан архив шалгах, шуудангийн зардал гээд олон хүндрэлийг дагуулдаг. Тэгвэл энэ хүндрэлийг байхгүй болгож дэлхийн хаанаас ч хормын дотор, нээлттэй, ямар ч зардалгүйгээр баталгаажуулж чадах блокчэйн шийдлийг энэ ажлаар санал болгож байна.

**Түлхүүр үг**—Блокчэйн, диплом, баталгаажуулалт

## I. УДИРТГАЛ

Аливаа мэдээллийг (эд хөрөнгө, мөнгө санхүү, төрөл бүрийн бүртгэл) төвлөрсөн системд хадгалж, хамгаалж ирсэн. Гэтэл төвлөрсөн системийн сул талууд цөөнгүй гарах болсон. Тухайлбал мэдээлэл нэг газар цуглах тусам улам эмзэг, дайралтад амар өртдөг болж, өгөгдлийг систем админ эсвэл хөнөөлт программаар дамжуулан өөрчлөх боломжтой байдаг. Эдгээр техникийн асуудлаас гадна төвлөрсөн системд хадгалсан өгөгдөл ихэнхдээ хаалттай, бусад системүүдтэй уялдаа холбоотой ажиллаж чаддаггүй.

Тэгвэл 2008 онд Сатоши Накамото (магадгүй бүлэг хүмүүс) дээрх асуудлыг криптографийн алгоритмууд болон peer-to-peer мэдээлэл солилцох технологиудыг ашиглан тархмал бүртгэлийн системээр шийдсэн байдаг. Ингэхдээ бүртгэлийн дэвтрээ (Ledger) цаг хугацааны хувьд ижил хэмжээний блокуудад хувааж, hash-лаж хооронд нь гинжилж өгсөн. Үүнийгээ блокчэйн гэж нэрлэсэн. Шинэ блок үүсгэхдээ майнер гэж нэрлэгдэх программ хангамжийн системүүдээр уралдуулж криптографийн хүнд бодлого бодуулах ба хэн түрүүлж бодсон нь шинэ блокыг үүсгэж системээс шагнал авдаг байхаар зохион байгуулсан. Энэхүү зөвшөлцлийн (консенсус) алгоритмыг proof-of-work гэж нэрлэдэг [1].

Тун удалгүй 2014 онд Виталий Бутерин, Гэвин Вүд тэргүүтэй программистууд блокчэйн дээр программ ч бичиж болох юм гэсэн санаа гаргасан нь энэ салбарын хоёр дах том үсрэлт болсон. Ингэхдээ тэд Ethereum Virtual Machine-н зохион бүтээж Solidity хэмээх программчлалын

хэл гаргасан. Ethereum дээр бичигдсэн програмуудыг smart contract (эсвэл Dapp) хэмээн нэрийдсэн.

Өдгөө дэлхий дээр өөр өөрийн онцлогтой маш олон төрлийн блокчэйн ажиллаж байна. Блокчэйн технологи нь аливаа давуу эрхэт оролцогч тал байхгүй бүгд ижил зиндааны, тархмал, ил тод, мэдээллийн бүрэн бүтэн байдал нь найдвартай хамгаалагдсан зэрэг олон давуу талыг үүсгэдэг учраас аж үйлдвэрийн 5-р хувьсгалын том ололт, чиг хандлага гэж тэргүүлэх өндөр хөгжилтэй орнуудад үнэлж байна.

Өгөгдөл ил тод, аюулгүй, хэн нэгэн дураараа өөрчлөх боломжгүй байх болсоноор олон улсад банк санхүү, даатгал, эрүүл мэнд, боловсрол, хөдөө аж ахуй, эмийн үйлдвэрлэл, электрон арилжаа, машин үйлдвэрлэл, нийлүүлэлтийн сүлжээ зэрэг олон оролцогчтой эко-систем бүхий байгууллагууд, засгийн газар, төрийн өмчийн компаниуд блокчэйн бүртгэлийн системийг ашиглаж эхэлсэн. Ингэснээр байгууллага хоорондын харилцааг ухаалаг гэрээний тусламжтай хурдан шуурхай хийх, хяналт аудитын процессыг хялбаршуулах, цаг хугацааг хэмнэх, цаасан баримтыг халах боломжтой нь эдийн засгийн үр ашгийг дээшлүүлж, бүтээмжийг нэмэгдүүлэх ашиг тустай.

## II. Холбоотой ажил

Никосагийн их сургууль сурагчийн нэр, мэргэжил, сургуулийн нэр болон үүсгэсэн өдөр гэх мэт мэдээлэл бүхий pdf файл үүсгэн түүний агуулагыг тухайн их дээд сургуулийн хувийн түлхүүрээр тоон гарын үсэг зурж hash утгыг тооцоолон гаргаж, дахин хувийн түлхүүр ашиглан блокчэйн сүлжээнд бичилт хийсэн. Ингэж тухайн диплом хэнээс хэнд, хэзээ олгогдсон болон агуулга нь өөрчлөгдөөгүй гэдгийг нотлох боломжтой болгож байжээ. Энэ нь нийтийн блокчэйн сүлжээг ашиглаж байгаагийн улмаас түүхий мэдээллийг бүгдэд нээлттэйгээр блокчэйн нийлүүлэхгүйн тулд хаш утгыг нь блокчэйн бичиж шалгахдаа hash утгыг нь ашигласан [4].

MIT оюутнуудаа өөрсдийн дипломыг эзэмших хүссэн хүнтэйгээ аюулгүйгээр хуваалцах боломжийг олгохын тулд нийтийн блокчэйн сүлжээг ашигласан. Тэд анх Биткойн сүлжээг ашиглаж хэрэгжүүлэлтээ хийсэн ба биткойн сүлжээн дээр скрипт кодыг байршуулах хүндрэлтэй байдал болон скрипт кодыг хязгаарлагдмал боломжоос болж Ethereum сүлжээ рүү шилжсэн. Энэ систем нь нийлүүлэгч болон хүлээн авагчийг танихдаа

нийтийн болон хувийн хос түлхүүрийг ашигладаг. Энэ нь хэдийн хүчирхэг ойлголт ч гэсэн хүлээн авагч буюу төгсөгч эсвэл оюутан хүсэлт гаргахаасаа өмнө өөрөө хос түлхүүр үүсгэж нийтийн түлхүүрээ системтэй хуваалцах хэрэгтэй болдог [3].

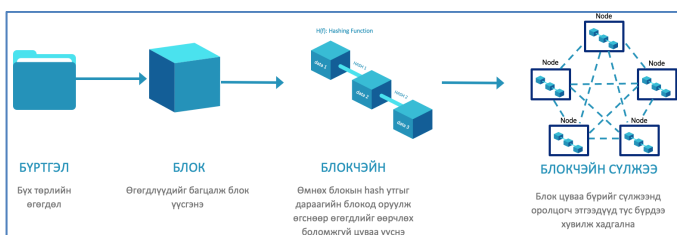
### III. Блокчэйн

Блокчэйн нь тархмал, хуваалцсан өгөгдлийн сан юм. Уламжлалт өгөгдлийн сан болон блокчэйний нэгэн гол ялгаа нь өгөгдөл хадгалах бүтэц юм. Блокчэйн нь мэдээллүүдийг нэг багц болгон хадгалах буюу блок болгон хадгалдаг. Блок бүр нь тодорхой хэмжээтэй байх бөгөөд дүүрмэгц өмнөх блоктой гинжлэн хадгалдаг.

Мөн блокчэйн нь төвлөрсөн бус буюу тархмал хэлбэртэй тул өгөгдлийг эргэлт буцалтгүй цаг хугацааны цуваанд оруулж байдаг. Гинжин хэлхээнд шинээр блок бичигдэх бүрт нарийвчилсан цаг бүртгэдэг ба энэ нь мөн блокчэйн дээр хадгалагддаг.

Блокчэйн нь блокуудыг зөвхөн нэг тоглогчийн серверт хадгалдаггүй бөгөөд хэдэн зуугаас хэдэн мянган компьютерт хувиан байршуулдаг. Харин блокчэйг шинээр үүсгэхдээ тухайн блок үнэн зөв болохыг сайтар баталгаажуулсны эцэст блокчэйн рүү бичдэг ба баталгаажуулагч нь мөн олон эсвэл зөвшөөллийн дагуу сонгогддог. Ийм учир хэн нэг ганцаараа бүх мэдээллийг эзэмшиж давамгайл байдал бий болгох, хэн нэгэн ганцаараа шинэ блок үүсгэх боломжгүй юм.

Блокчэйн нь тархмал шинж чанар, онцлогтой тул блокчэйн дээр бичигдэж байгаа бүхий л мэдээлэл, гүйлгээ блокчэйн сүлжээн оролцогч талуудад ил тод буюу шилэн байдаг.



Зураг 1. Блокчэйн сүлжээ

Блокчэйний давуу талуудыг доор дурьдвал:

- Итгэлцэл: Блокчэйн технологи ашигласнаар бие биенээ мэдэхгүй байгууллагуудын хооронд итгэлцэл бий болгоно.
- Тархмал: Байгууллагууд аливаа байгууллагын хараат бусаар өөр хоорондоо мэдээлэл солилцох боломжтой болсноор монополь байдал үүсэхгүй блокчэйн сүлжээнд оролцогч талууд бүгд тэгш эрхтэй.
- Зардлын хэмнэлт: Олон байгууллагуудтай системийн холболт хийхэд давхардсан хөгжүүлэлт, арчилгаа хийхгүй.
- Хувиршгүй байдал: Мэдээлэл өөрчлөх, устгах боломжгүй.

- Өгөгдлийн удирдлага: Байгууллагуудад ямар датаг, хэнтэй, хэр удаан хуваалцах зэрэг боломжийг Smart Contract-ын тусламжтай шийдэх боломжтой.
- Нэгдсэн протокол: Хэдэн арваас хэдэн зуу, мянган байгууллага ухаалаг гэрээг блокчэйн сүлжээн хэрэгжүүлснээр нэг протокол үүсгэж харилцахад илүү хялбар болох ба харилцааг ухаалаг гэрээ буюу программ хангамж хийж байгаа учир хүний субектив оролцоогүй болдог.

Блокчэйн нь өгөгдлийн удирдлагын хувьд эрхийн зохицуулалттай (permissioned), зохицуулалтгүй (permissionless) гэж хоёр ангилагддаг. Мөн блокчэйн сүлжээнд хандах оролцогчдын эрхээс хамаарч нийтийн (public) болон хувийн (private) гэж ангилна. Олон улсад байгууллагууд илүү хувийн блокчэйнийг ашиглаж бизнесийн үйл ажиллагаагаа хялбаршуулж байна [2].

### IV. Блокчэйнээр БАТАЛГААЖСАН ЦАХИМ ДИПЛОМ

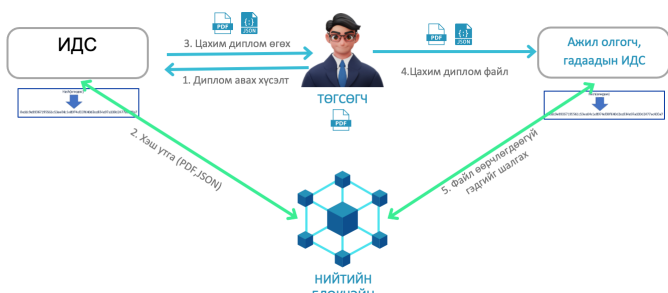
Диплом, гэрчилгээг дэлхийн хаанаас ч, хэзээ ч нээлттэйгээр тухайн диплом үнэн, өөрчлөгдөөгүй, хүчинтэй эсэхийг шалгахыг баталгаажуулах гэж үзье. Ийм чөлөөтэй баталгаажуулхад нийтийн блокчэйн сүлжээг ашиглах нь зүйтэй юм.

Нийтийн блокчэйн сүлжээнд бичигдсэн мэдээллийг хүссэн болгон нь харах боломжтой ба нэгэнт бичигдсэн мэдээллийг устгах боломжгүй байдаг тул хувийн мэдээлэл буюу төгсөгчийн овог нэр, регистрийн дугаар, дүнгийн хавсралт зэргийг бичихэд хувь хүний нууцын тухай хууль, өгөгдлийн нууцлалын асуудлыг хөндөнө. Нөгөө талд төгсөгч диплом, гэрчилгээний мэдээллээ бусад талуудад харуулах шаардлагагүйгээр зөвхөн өөрийн хүссэн этгээдэд үзүүлж баталгаажуулах хүсэлтэй байдаг.

Дээрх асуудлыг шийдэхийн тулд төгсөгчийн дипломын мэдээллийг агуулсан PDF эсвэл JSON файлын hash утгыг л блокчэйн дээр бичсэн. Өөрөөр хэлбэл блокчэйн дипломын мэдээлэл бүхэлдээ бичигдээгүй харин түүний hash утга буюу дипломыг нэгэн утгатай илрэхийлж чадах шифрийг бичнэ. Мөн ямар их дээд сургууль тухайн дипломыг үүсгэсэн тухай мэдээллийг блокчэйн дээр хадгална. Эдгээр нь баталгаажуулалт хийхэд хангалттай мэдээлэл юм (Зураг 2).

Блокчэйн дээр бичигдсэн hash утгаас анхны мэдээллийг гаргаж авч чадахгүй. Харин шалгагч тал буюу баталгаажуулахын хүссэн этгээд төгсөгчөөс цахим дипломын файлыг хүлээн авах ба уг файлын hash утгыг тооцоолж блокчэйнээс хайна. Хэрэв тухайн hash блокчэйн дээрээс олоод төлөв нь хүчинтэй байвал уг цахим диплом баталгаатай гэдэгт итгэж болно.

Гэхдээ ихэнхи оюутнууд нийтийн түлхүүр ба хувийн түлхүүр хэрхэн үүсгэх, ашиглах талаар хангалттай туршлагагүй байгаа тул үүнд зориулсан веб болон гар утасны аппликэйшн бүтээсэн. Веб программын тусламжтай их дээд сургуулийн төгсөлтийн мэргэжилтэн цахим дипломыг блокчэйн дээр оруулах юм. Харин хувийн түлхүүр нь тухайн ИДС-ыг төлөөлөх ба хэн уг дипломыг олгосон бэ гэдгийг гэрчилнэ.



Зураг 2. Диплом, гэрчилгээг блокчэйнд бичих, шалгах процесс

Монгол улсын хувьд ИДС-ын дипломыг Боловсролын Ерөнхий Газар олгодог ба ИДС нь тусгай эрхийн дагуу сургалтын үйл ажиллагаа явуулж төгсөгч нь диплом, гэрчилгээ авах шалгуурыг хангасан эсэхийг гэрчилж өгдөг. Харин уг төгсөгч зохих хичээлийг үзэж мэргэжил эзэмшсэн дүнгийн мэдээлэл болон элссэн, элсэн орсноос хойш тухайн хөтөлбөрийн дагуу хэдэн улирал сурсан зэргийг БЕГ шалгаж шаардлага хангасан бол төгсөгчид диплом олгох эрхийг ИДС-д өгдөг.

Дээрх процесс нь ИДС-үүд санаатай болон санамсаргүй, алдаатай эсвэл хуурамч диплом олгохоос сэргийлж баталгаажуулагч байгууллага диплом олгох процессд орж ирж байгаа юм. Өнөөгийн нөхцөл байдалд баталгаажуулагч буюу БЕГ-ыг диплом олгох үйл явцаас шууд гаргах хууль, журам болон сэтгэлгээ, техникийн бэлэн байдал байхгүй байгаа учир одоогийн шийдэл нь нэгэнт олгосон дипломыг цахимаар баталгаажуулахад зорьлоо. Энэ нь иргэн эсвэл төгсөгч өөрөө диплом хуурамчаар үйлдэх, дипломын дүн болон агуулгыг засах эрдлээс бүрэн сэргийлж чадна.

Тиймээс диплом блокчэйнд оруулах этгээдүүдэд дараах хоёр байгууллага оролцох ба хоорондоо харилцах, батлах процессыг ухаалаг гэрээгээр шийдэж өгснөөрөө давуу талтай юм.

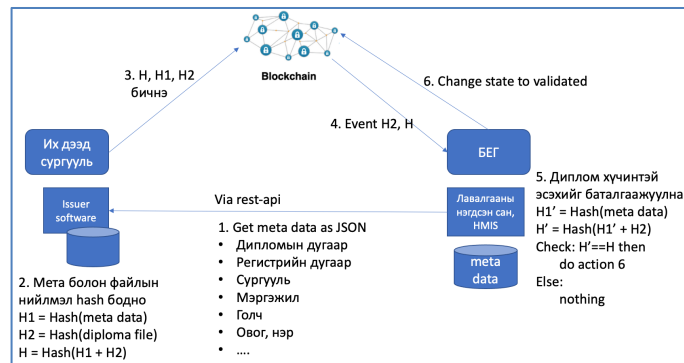
- Их дээд сургууль;
- Боловсролын ерөнхий газар.

Систем, техникийн оролцогч талууд

- ТEO нийтийн блокчэйн ([www.teo.mn](http://www.teo.mn));
- Диплом блокчэйнд оруулагч болон баталгаажуулагч программ ([www.certify.mn](http://www.certify.mn));
- Боловсролын Мэдээллийн Технологийн Төв: Дээд боловсролын мэдээллийн системийн (HEMIS) диплом лавалгааны нэгдсэн сан.

Зураг 3-т ИДС, БЕГ дипломыг блокчэйнд оруулах процессыг харуулав. Энд ИДС дипломын hash утгыг ухаалаг гэрээнд бичих ба уг ухаалаг гэрээний төлөв нь “идэвхгүй” төлөвтэй байна. Энэ үед цахим дипломыг гуравдагч тал шалгахад “хүчингүй” гэсэн мэдээллийг блокчэйн өгнө. Блокчэйнд мэдээлэл ормогц БЕГ-д мэдэгдэл блокчэйнээр дамжин очих ба БЕГ уг дипломын мэдээлэл үнэн зөв эсэхийг Диплом лавлагааны нэгдсэн сан болон HEMIS системийн бүртгэлээс шалгаж асуудалгүй бол блокчэйндэх ухаалаг гэрээний төлвийг

“идэвхтэй” болгоно. Ингэснээр цахим дипломыг блокчэйнээс шалгахад хүнчинтэй болно.



Зураг 3. Дипломыг блокчэйнд оруулах, эрх бүхий байгууллага батлах процесс

1. Их дээд сургуулийн блокчэйн рүү файлын hash бичихийн өмнө БММТөв дээрх лавалгааны нэгдсэн сангаас дипломын мэдээллийг (meta data) дипломын дугаараар авна. Ингэснээр их дээд сургуулиуд хуурамч мэдээлэл блокчэйнд оруулахаас сэргийлнэ.
2. Их дээд сургуулийн программ meta data болон өөрийн дипломын файл дээр хамтад нь hash бодно.
3. Блокчэйнд 2-р алхамд тооцоолсон 2 ширхэг hash утга болон тухайн диплом хүчингүй гэсэн төлөвтэй мэдээлэл бичнэ.
4. Блокчэйнд бичмэгц БМТТөв рүү блокчэйнээс мэдэгдэл (event) очих ба уг мэдэгдэлд өмнө илгээсэн meta data болон дипломын файлын hash утга очино.
5. Блокчэйнээс зөвхөн дипломын файлын hash утгыг аваад өөрт байгаа meta data – аас hash бодож блокчэйн дээр сургуулийн бичсэн hash - тай харьцуулж үзнэ. Хэрэв уг хоёр hash тэнцүү байвал сургууль зөв мэдээлэл оруулсан гэж үзээд 6 дугаар алхамыг хийнэ
6. Дипломын блокчэйн дээрх төлөвийг БЕГ баталгаажуулсан төлөвт оруулна. Уг үйлдлийг зөвхөн БЕГ хийж чадахаар эрхийн зохицуулалт хийсэн.

## V. ХЭРЭГЖҮҮЛЭЛТ, ҮР ДҮН

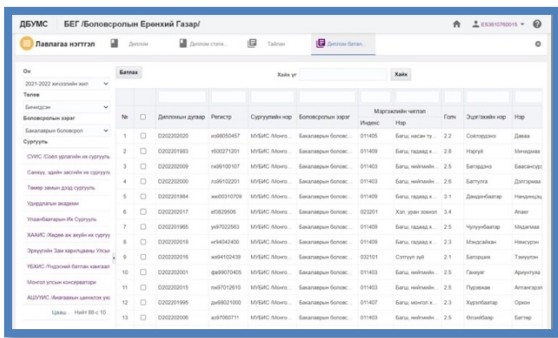
Дипломыг блокчэйнд оруулах ухаалаг гэрээг Solidity хэл дээр хэрэгжүүлж түүнтэй харьцах гурван модулыг python, java, javascript хэлүүд дээр хөгжүүлж web3 api гаргасан. Үндсэн 3 модульд: а) ИДС блокчэйнд дипломын hash оруулах портал програм, б) БЕГ блокчэйнд орсон мэдээллийг шалгах microservice, в) блокчэйнд байгаа дипломыг эцсийн хэрэглэгч баталгаажуулах хялбар web3 программ багтана.

Ухаалаг гэрээг хэрэгжүүлэхдээ уг гэрээн дотор нийтэд ил байж болох дипломын мета өгөгдлийг агуулж байгаа. Өөрөөр хэлбэл дипломын hash утга дээр нэмээд дипломын дугаар, үүсгэгчийн хаяг, хүчинтэй хугацаа, одоогийн төлөв, тайлбар зэргийг ухаалаг гэрээнд агуулна (Kod 1, <https://github.com/teo-mn/certify-sc>). Ухаалаг гэрээ нь блокчэйнд оруулсан (issued), БЕГ баталсан (approved), хүчингүй болгосон (revoked) гэсэн төлвүүд дээр блокчэйн даяар үзэгдэл (event) үүсгэх боломжтой.

```
contract UniversityDiploma is Initializable, OwnableUpgradeable {
    struct Certification {
        uint256 id;
        string certNum; // Дипломын дугаар
        string hash; // файлын хааш
        string imageHash; // metadata ороогүй үеийн файлын хааш
        string metaHash; // metadata хааш
        address issuer;
        uint256 expireDate;
        uint256 createdAt;
        string description;
        string txid;
    }
    event Issued(address issuer, string hash, string metaHash, string certNum,
    uint256 timestamp);
    event Revoked(address revoker, string hash, string certNum, uint256
    timestamp);
    event Approved(address approver, string hash, string certNum, uint256
    timestamp);
}
```

Код 1. Дипломыг төлөөлөх ухаалаг гэрээний хэсэг.

Одоогийн байдлаар ухаалаг гэрээг бүрэн хэрэгжүүлж НЕМИС систем (Зураг 4) болон зарим их сургуулийн диплом олгох процесст тусган ажиллаж байгаа ба ИДС-ийн дотоод системүүдтэй холболт хийсэн.



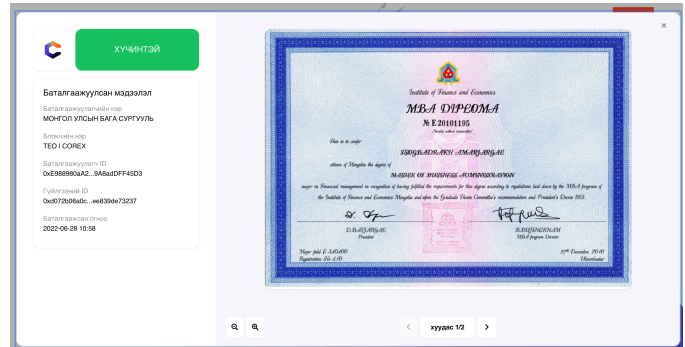
Зураг 4. НЕМИС системд БЕГ-ын мэргэжилтэн диплом шалгах интерфэйс

Блокчэйнээр диплом баталгаажуулах ажил нь Боловсрол Шинжлэх Ухааны Яам, ИДС, БЕГ, төгсөгч, ажил олгогч гээд олон талыг хамарсан ажил бөгөөд эдгээр тал бүрийн мэргэжилтэн, хувь хүмүүс цахимаар ийнхүү баталгаажилтыг хүлээн зөвшөөрч өдөр тутмын ажилдаа хэрэглэх нь хамгийн том сорилт юм. Ямартай ч дээрх байгууллагуудад ойлгуулан хэрэгжүүлж байна. Одоогоор төрийн 5 их сургууль, хувийн 8 их сургуулийг хамруулсан. Монгол улсын хэмжээнд 2023 оны хаврын улирлын төгсөгчдийн бүх дипломыг блокчэйнд оруулхаар ажиллаж байна.

Дипломыг шалгахдаа төгсөгч нь ажил олгогч эсвэл гадаадын сургууль өөрийн цахим PDF дипломыг өгөх ба уг диплом үнэн зөв эсэхийг [www.certify.mn](http://www.certify.mn) веб сайтад дипломын файлаа оруулан шалгаж болно. Уг веб нь ямар нэг сервер буюу төвлөрсөн системд холбогдолгүй зөвхөн веб хөтөч дээр файлын hash тооцоолж нээлттэй блокчэйний аль нэг зангилаа руу (node) уг hash утгыг илгээн шалгана.

Гадаад улсаас баталгаажуулагчид нь уг веб сайтад итгэхгүй бол нийтийн блокчэйн дээрх ухаалаг гэрээг өөрсдөө шалгаж болно.

Түүнчлэн тухайн ИДС-ын домайн хаяг дээр уг веб сайтыг байршуулснаар тухайн сургууль өөрийн дипломоо батлаж байгаа хэрэг юм. Жишээлбэл [www.certify.num.edu.mn](http://www.certify.num.edu.mn) хаяг дээр уг вебийг байршуулснаар МУИС-ын дипломыг МУИС өөрөө блокчэйнээс баталгаажуулж өгч байгаа хэрэг юм.



Зураг 5. Цахим диплом шалгаж буй байдал

Дипломын файлыг оруулхад дипломын төлөв (хүчинтэй эсэх), олгосон ИДС, блокчэйн дэх гүйлгээний дугаар, олгосон огноо зэргийг блокчэйнээс харуулна. Мөн дипломын файл өөрчлөгдөөгүй гэдгийг баталж ногоон өнгөөр харуулна.

### VI. Дүгнэлт

Энэ ажлаар ИДС дипломын hash утгыг блокчэйнд БЕГ батлан бичих, түүнийг нь дэлхийн хаанаас ч Web3 апп-аар шалгах системийн цогц шийдлийг боловсруулж МУИС, СЭЗИС зэрэг сургуулийн 2022 оны 3 мянга орчим диплом дээр амжилттай туршсан. Цаашид 2023 оны хаврын төгсөлтийн бүх дипломыг оруулхаар зорьж байгаа ба энэ нь Монгол улсад блокчэйн технологийг бодитоор ашиглаж буй анхны тохиолдол юм.

Цахим дипломыг блокчэйнд баталгаажуулснаар цаг хугацаа, орон зай, хүчин чармайлт хэмнэхээс гадна үнэт цаас дээр хэвлэх өртгийг бууруулна. Цаашид ИДС-үүд үнэт цаас дээр хэвэлдэг хэвшмэл ойлголтоос салж цахим диплом олгох, нэгэнт цахимаар баталгаажсан диплом олгож байгаа үед үнэт цаас дээр хэвлэхгүй энгийн цаас дээр хэвэлсэн дипломыг төгсөгчид олгож болно. Дан ганц дипломоос гадна ИДС-ийн эрх, хөтөлбөр болон сургуулийн магадлангийн цахим гэрчилгээг мөн баталгаажуулж болно.

### ЗААЛТ

- [1] Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System, Nakamoto (October 31, 2008)
- [2] Blockchain beyond the hype: What is the strategic business value, <https://www.mckinsey.com/capabilities/mckinsey-digital/our-insights/blockchain-beyond-the-hype-what-is-the-strategic-business-value>
- [3] Trusted Academic Transcripts on the Blockchain: A Systematic Literature Review by Giulio Caldarelli and Joshua Ellul, MDPI, 2021
- [4] The Impact of the Blockchain on Academic Certificate Verification System-Review, Kumutha.K, and S.Jayalakshmi, 2020

# Төв банкны цахим валют

## Олон улсын туршлага, Монголд хэрэгжүүлэх боломж

Мөнхжаргалын Золжаргал<sup>1</sup>, Батсүрэнгийн Билгүүн<sup>2</sup>, Ихбаярын Шинэбаяр<sup>2</sup>

<sup>1</sup> МКУТ, Монгол Улсын Их Сургууль, Монгол

<sup>2</sup> Блокчэйн соллошинс ХХК, Монгол

zoljargal@num.edu.mn, bilguun@teo.mn, shinebayar@teo.mn

**Хураангуй**—Цахим валютыг ашиглах нь улам бүр нэмэгдсээр төв банкнууд өөрсдийн цахим валютыг (Central Bank Digital Currency) гаргах боломжийг дэлхий даяар эрэлхийлж байна. Энэ ажлаар олон улсын төв банкуудын цахим валютуудын өнөөгийн байдал, ирээдүй хэтийн төлөв, туршлагыг судалж, орчны ялгаа, гол хөдөлгөгч хүчин зүйлсийг онцлов. Түүнчлэн CBDC-ийн технологийн шийдэл, систем архитектурын талаар практик ойлголтыг өгөхийн сацуу Монгол улсад хэрэглэж болох жишээг санал болгож байна.

### Түлхүүр үг—Блокчэйн, Төв Банкны Цахим Валют

#### I. УДИРТГАЛ

Одоогоор дэлхийд таван төв банк тутмын дөрөв нь жижиглэнгийн /retail/ болон бөөний гүйлгээнд /wholesale/ зориулж төв банкны дижитал валют гаргахаар судалж байгаа эсвэл ямар нэгэн байдлаар шийдэл аль хэдийн амжилттай хэрэгжүүлсэн байдалтай байна. 2023 оны 1-р сарын байдлаар бэлэн болсон 11, туршилтын 17, хөгжүүлэлтийн шатанд 33, судалгааны 39, идэвхгүй 15, цуцлагдсан 2 CBDC төсөл байна.

Олон Улсын Төлбөр Тооцооны Банкны (BIS) мэдээлснээр жижиглэнгийн худалдааны 3 идэвхтэй, 28 туршилтын төсөл байна. Мөн хамгийн багадаа 68 төв банк CBDC-ийн төслийнхөө талаар олон нийтэд мэдээлсэн. Төв банкнууд CBDC-г хөгжүүлэх нь улам бүр нэмэгдэж, хурдацтай хөгжиж буй энэ үед Монголбанк өөрсдийн байр сууриа тодорхойлох нь чухал юм. Үүний шалтгаан нь:

1. 2022 оны эхээр стэйбл койны зах зээлийн үнэ 19 тэрбум ам. доллар давж, одоогийн төлбөрийн системд нэмэлт дэмжлэг үзүүлдэг стэйбл койнуудын өсөлт мэдэгдэхүйц болов.
2. Дэлхийн ДНБ-ий 95%-ийг бүрдүүлдэг 114 улс CBDC-ийн талаар судалж байгаа бөгөөд 2020 оны 5-р сард зөвхөн 35 улс CBDC-ийг судалж байсан бол өдгөө 60 гаруй улс эрчимжсэн судалгаа хийж байна.
3. Одоогоор 11 улс CBDC-г бүрэн нэвтрүүлсэн. Хятадын e-CNY-г 260 сая хүн ам ашиглаж буй. Хамгийн сүүлд Ямайка улс JAM-DEX-ийг олон нийтэд танилцууллаа.
4. Дайнаас үүдэлтэй ОХУ-д тавьсан санхүүгийн хориг нь тухайн улсыг ам. доллароос өөр

төлбөрийн хэрэгслийг судлахад хүргэсэн бөгөөд ОХУ CBDC-ийн судалгаагаа эрчимжүүлж хэрэглээнд оруулснаа зарласан.

5. 2023 онд 20 гаруй улс CBDC-ийг туршихаар дорвитой алхам хийнэ. Австрали, Тайланд, Бразил, Энэтхэг, Өмнөд Солонгос, Орос улсууд 2023 онд туршилтаа үргэлжлүүлэхээр шийдвэрлэжээ. Мөн ECB 2023 онд жил туршилтаа эхлүүлэх төлөвтэй байна.
6. 2022 оны 12-р сар гэхэд G7-ийн бүх орнууд CBDC-ийн хөгжүүлэлтийн түвшиндээ хүрсэн бөгөөд Нью Йоркийн Холбооны нөөцийн сангийн томоохон хэмжээний CBDC туршилт, Project Cedar нь судалгаанаас хөгжүүлэлтийн шат руу шилжсэн.
7. Одоогоор “Их 20”-ийн 18 оронд CBDC-ийн хөгжил өндөр хурдацтай байна. Эдгээр улсуудын долоо нь аль хэдийн туршилтын шатандаа байгаа ба сүүлийн 6 сарын хугацаанд “Их 20”-ийн бүх гишүүн орнууд энэ салбарт ихээхэн ахиц дэвшил гаргаж, их хэмжээний нөөц, хөрөнгө зарцуулжээ.

Төв банкны зорилго, шаардлагаас хамааран CBDC-ийг хэд хэдэн технологийн загвараар хэрэглээнд нэвтрүүлж байна. Ерөнхий гурав ангилж болно. а) CBDC-г цахим журнал ашиглан төв банк удирдах боломжтой төвлөрсөн системд суурьлах. б) Төлбөрийн карт эсвэл цахим хэтэвч гэх мэт хэрэгслээр хадгалах, эсвэл зөвхөн цахим журнал дээр бүртгэгдэж байж болно. с) CBDC-г бие даасан токэн эсвэл төв банкны дансанд суурилсан хөрөнгө хэлбэрээр гаргах шийдлүүдийг туршиж байна.

Жижиглэнгийн эсвэл бөөний CBDC гаргах эсэх нь төв банкны хувьд маш чухал юм. Тус бүр өөрийн гэсэн зорилго, хэрэглээ, зорилтот хэрэглэгчтэй байна.

Бөөний /wholesale/ CBDC-ийн гол хэрэглэгч нь санхүүгийн байгууллага (банк болон банк бус аль аль нь) болон томоохон корпорац, төрийн сангийн төвүүд, байдаг ба төлбөр тооцоо, үнэт цаасны дотоод болон хил дамнасан төлбөрийн үр ашгийг нэмэгдүүлэх зорилготой. Мөн ББСБ-д төв банкны данс руу шууд дундын зуучлагч арилжааны банкны оролцоогүйгээр шууд хандах боломжийг нээж өгдөг.

Одоогоор өндөр өртөг, урт хугацааны хэрэгжилттэй ч гэсэн хоорондын уялдаа холбоо, хурдан төлбөр тооцоо хийх замаар оролцогч талын эрсдэлийг бууруулах боломж



нь хил дамнасан төлбөр тооцооны бөөний /wholesale/ CBDC-ийг ашиглахад онцгой таатай нөхцөл байж болох юм. Жишээлбэл, Саудын Араб, АНЭУ-ын төв банкнууд хамтран хоёр улсын дотоод болон хил дамнасан төлбөр тооцооны хэрэгсэл болгон ашиглах зорилгоор Абер төслийг санаачилсан. Whole sale CBDC-д "тархмал" технологийг ашиглах нь олон нийтийн мөнгөний хүртээмжийг өргөжүүлэх чухал ач холбогдолтой байдаг.

Иргэд болон дотоодын компаниуд Retail CBDC-ийн зорилготой хэрэглэгчид байдаг бөгөөд үүнийг нийгмийн халамж олгох, цахим худалдаа, бэлэн мөнгийг орлуулах төлбөрийн хэрэгсэл, түүнчлэн P2P төрлийн гүйлгээ зэрэгт ашиглах боломжтой. Үүн дээр Израйлийн жишээ байдаг. Тэд ухаалаг гэрээнд суурилсан CBDC - г илүү төвөгтэй бизнесүүдэд зориулсан төлбөрийн хэрэгсэл болгох зорилготойгоор ажиллаж байна.

## II. CBDC ТӨСЛИЙН ИНДЕКС

Олон улсын судалгааны байгуулагуудаас шалгуур үзүүлэлтүүд боловсруулж улс орны төв банкууд болон төслийг жил бүр үнэлдэг.

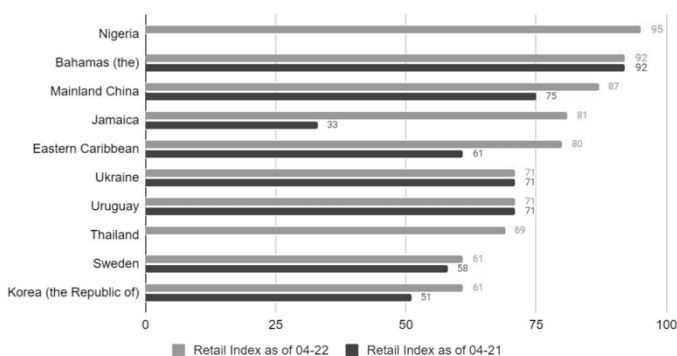
2022 оны шилдэг 10 Жижиглэнгийн /Retail/ CBDC төслүүдийн бүтэц өнгөрсөн жилийн хугацаанд ихээхэн хувьсан өөрчлөгдөж, 2022 онд 3 төсөл нэгдэж, 3 төсөл хасагджээ.

Нэгдсэн шинэ төсөл:

- Нигери (хэрэгжсэн төсөл)
- Ямайка (2022 онд эхлүүлэхээр төлөвлөж байсан)
- Тайланд (2022 онд туршилт хийсэн)

Хасагдсан төсөл:

- Камбож (CBDC биш, дижитал төлбөрийн систем гэж үздэг)
- Эквадор (Dinero electronico төслийг цуцалж, дараачийн гурван жилийн хугацаанд Төв банкны хэлэлцэх асуудалд оруулаагүй)
- Турк (хангалтгүй үзүүлэлттэй байсан тул эхний 10-т багтаагүй).



Зураг 1. Шилдэг 10 Жижиглэнгийн /Retail/ CBDC төсөл

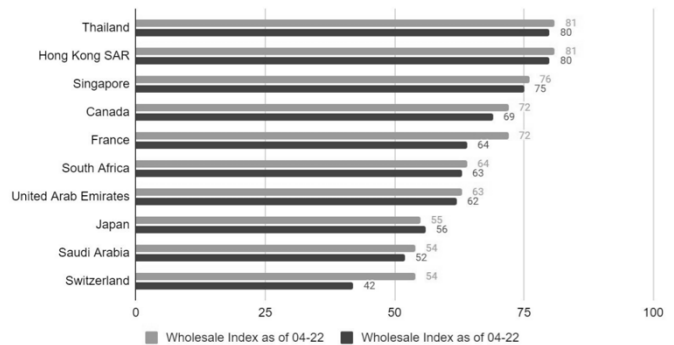
Шилдэг 10 Бөөний /Wholesale/ CBDC төслүүд 2021 оны индекстэй харьцуулахад тогтвортой хэвээр байна.

Нэгдсэн шинэ төсөл:

- Саудын Араб (2021 онд 11-р байрнаас дээш орсон)
- Швейцарь (2021 онд 12-р байрнаас дээш орсон)

Хасагдсан төсөл:

- Их Британи (Английн Төв банк RTGS системтэй тул CBDC шаардлагагүй гэж үзсэн)
- Европ (Европын төв банкны дижитал евро төсөл нь илүү retail CBDC-г хөгжүүлэхэд чиглэж буй бөгөөд үр дүнд нь Европ нь бөөний CBDC индексийн 11-т жагсаж байна).



Зураг 2. Шилдэг 10 Бөөний /Wholesale/ CBDC төсөл

## III. ОЛОН УЛСЫН ТУРШЛАГА

Хөгжиж буй орны хамгийн сонирхолтой жишээ бол Нигери юм. 2021 оны 10-р сард Нигери улс Африкийн анхны дижитал валют болох e-Naira анх хэрэглээнд нэвтрүүлсэн. Нигерийн Төв банкны ерөнхийлөгч 500 сая e-Naira (1.21 сая ам.доллар)-ийг аль хэдийн зах зээлд нийлүүлсэн гэдгээ олон нийтэд зарласан. Тэд e-naira-г хэрэглээнд нэвтрүүлэхийн тулд үе шаттайгаар эхэлсэн ба эхний шатанд зөвхөн банкны данс эзэмшигчид e-Naira-г ашиглах боломжтой байв.

Төслийн дараагийн шатанд нэмэлт төрийн үйлчилгээ авсан мэдээлэлгүй, оффлайн төлбөр хийдэг, банканд бүртгэлгүй иргэд рүү чиглэх ажил хийнэ. 2021 оны 12-р сарын байдлаар 600,000 e-Naira хэтэвч үүсэж, 35,000 гаруй гүйлгээ хийгдсэн байна. Одоогийн байдлаар нийт гүйлгээний 90% нь иргэд, ААН-ийн хооронд хийгдсэн байна. 2022 оны 10-р сарын байдлаар гүйлгээний хэмжээ 18 сая доллар болтол өсөж, 919,000 иргэн нэгдэж, 700,000 гүйлгээ хийгдсэн байна. Нигерийн төв банк 3 тэрбум e-Naira гаргаснаас санхүүгийн байгууллагуудад 2.1 тэрбумыг нь нийлүүлсэн. Одоогоор 33 арилжааны банк e-Naira-ийн дэд бүтцэд нэгдэж 401.82 сая e-Naira эргэлтэд байгаа ба гүйлгээний хэмжээ нь 4 тэрбум байна.

Төв банк e-Naira нь Нигери болон Нигерчүүдэд ихээхэн эерэг өөрчлөлт авчирна гэж харж байгаа нь:

- Төв банкны мөнгөний хүртээмж, ашиглалт нэмэгдэх,
- Уян хатан төлбөрийн системийн экосистемийг дэмжих,
- Санхүүгийн оролцоог нэмэгдүүлэх,

- Бэлэн мөнгө боловсруулах зардлыг бууруулах,
- Нийгмийн халамжийн мөнгийг шууд олгох боломжийг бүрдүүлэх,
- Орлого, татвар хураалтыг сайжруулах,
- Диаспорагийн мөнгөн гуйвуулгыг хөнгөвчлөх,
- Хил дамнасан төлбөрийн зардлыг бууруулж, үр ашгийг нэмэгдүүлэх юм.

Үүсгэж буй үнэ цэн: e-Naira нь Нигерийн санхүүгийн хүртээмжийг 64%-95% хүртэл нэмэгдүүлэх зорилгод хүрэхэд тусална гэж найдаж буй. Мөн сайн менежмент хийснээр e-Naira нь ойрын 10 жилийн хугацаанд ДНБ-д 29 тэрбум доллар нэмэх боломжтой гэж таамаглаж байна.

Статус: Хэрэглээнд нэвтэрсэн. Хэрэглээ: Жижиглэнгийн /retail/. Архитектур: Дундын технологи DLT /Fabric, Bitt Inc./

Нөгөө талд Америк болон Европын улсуудын санхүүжилттай MIT-ын судлаачид OpenCBDC төслийг эхлүүлээд байна. Уг төсөл нь төв банкны дижитал валютуудын (CBDC) боломжит техник шийдэл болон загварын орон зайг ойлгохын тулд хамтын судалгаа хийх нээлттэй эхийн төсөл юм. Энэхүү нээлттэй эхийн кодын баазын зорилго нь төв банкнууд, бодлого боловсруулагчид, эрдэмтэн судлаачид болон бусад хүмүүсийн хамтын судалгааны төвийг сахин, дэмжихийн зэрэгцээ энэ технологийг хэрхэн хөгжүүлэх талаар шийдвэр гаргахад нь туслах явдал юм. OpenCBDC-ээр дамжуулан хэрэглэгчийн хувийн нууцлал, инноваци, санхүүгийн тэгш байдлыг сайжруулах, хэрхэн дижитал валютын системийг зохион бүтээж болохыг нээн илрүүлэхийн тулд судалгаа, хөгжүүлэлтийн ажлыг хийж байна [6]. Уг төслийн шийдвэрлэхийг зорьж буй зорилгууд нь:

Сорилтууд:

- Газарзүйн гархалт
- Бага хоцролт/гацалт
- Дэлхийн тогтвортой байдал

CBDC-ийн загварын шаардлага:

- Давхар зардал гаргахаас сэргийлэх
- Гацалт багатай эцсийн байдал (дэлхийн даяар)
- Бизантын алдаа гол асуудал биш байх

Арга зам:

- Бэлэн байгаа загварыг ашиглах
- Кодын баазыг сууриас нь бий болгож үүсгэх

OpenCBDC технологийн шийдэл:

- CBDC кодын сан нь одоогоор 90% нь C++ хэл дээр бичигдсэн байна.

Архитектурын хувьд хоёр шийдэл байгаа нь:

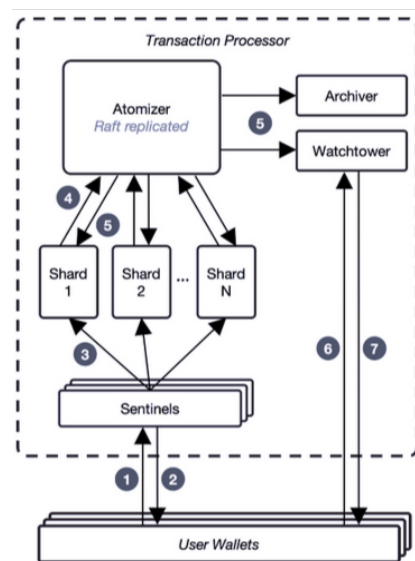
- Атомизатор: 170К гүйлгээ/сек
- 2PC: 1.7 сая гүйлгээ/сек

Аргачлал:

- Криптографид суурилах
- Цөмд аль болох бага хэмжээгээр өгөгдөл хадгалах
- Аль болох зэрэгцүүлэн хадгалах
- Уян хатан туршилт хийх
- Эцсийн шийдэл олохоос илүүтэй одоохондоо суралцахыг илүүд үзэх

Гүйлгээний формат:

- BTC шиг, UTXO дээр суурилна
- Утга {валютын дүн}
- Нийт дүнг хадгална



Зураг 3. Atomizer гүйлгээний процессор [6]

#### IV. МОНГОЛ БАНКНЫ ЦАХИМ ВАЛЮТ ҮҮСГЭХ БОЛОМЖ

“E-MNT төв банкны цахим валют”-ний экосистемийг бий болгосноор бэлэн бус төлбөр тооцоог хялбар гүйцэтгэх болон ухаалаг гэрээнд суурилсан төрөлжсөн финтек үйлчилгээ хөгжиж асар их боломжийг худалдаа, үйлчилгээ, санхүүгийн салбарт бий болгоно.

Одоогоор хэрэгжүүлж болох хамгийн ойр салбар нь халамжийн мөнгө юм. Халамжийн мөнгө нь тусгай зориулалттай байдаг ба зориулалтын бусаар ашиглах боломжийг блокчэйн суурьтай токен гаргаснаар хязгаарлах боломжтой. Үүний тулд дараах хоёр төрлийн токеныг үүсгэнэ.

**E-MNTC Энгийн цахим валют:** Бэлэн бус гүйлгээнд гаргасан цахим мөнгө байх бөгөөд уг ERC – 20 стандарт токен протокол ашиглаж үүсгэнэ. Уг цахим мөнгө нь бэлэн бус төлбөр тооцоо гүйцэтгэх зорилготой. Хэрэглэгч буюу E-MNT Cash –ийг эзэмшигч нь өөрийн ашигладаг

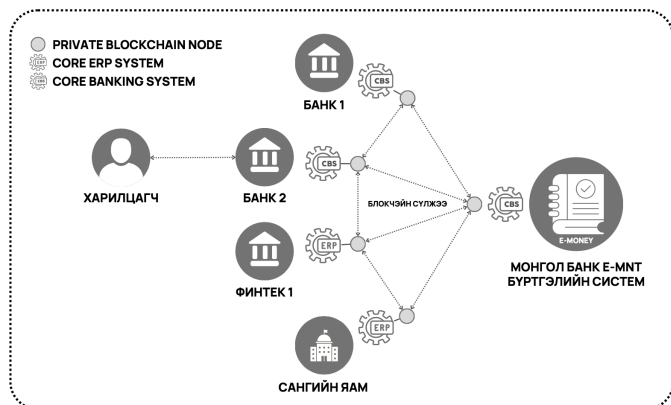
дурын банкнаасаа блокчэйн хэтэвч үүсгэж, фиат мөнгөө хөрвүүлэх боломжтой байна.

**E-MNTW Нийгмийн халамжийн цахим валют:** Уг халамжийн мөнгө нь ERC – 1155 стандарт токен протокол ашиглаж бэлэн бусаар зарцуулах төрөөс олгох бүх төрлийн халамжийн мөнгийг төрөлжүүлж үүсгэнэ. Шинэ чанарын хувьд “**Бараг мөнгө**” гэж тайлбарлаж болно. Учир нь “E-MNT Welfare” цахим валют нь шууд “E- MNT Cash” руу хөрвөх (бэлэн мөнгө болох) боломжгүй байна. Зөвхөн мерчант буюу худалдааны байгууллага уг мөнгийг E-MNT –д хөрвүүлэх эрх бүхий зохицуулалттай байна.

**Бэлэн бус гүйлгээнд цахим валютын бодит хэрэглээг нэмэгдүүлэх нь:** Төв банкны дансны нэгдсэн сангай E-MNT блокчэйн дэд бүтцийг холбох бөгөөд иргэн бүрд төв банкны цахим валютын хэтэвчийн данс эзэмших эрхийг үүсгэх боломжтой. Уг дансаа иргэн өөрийн ашигладаг арилжааны банкнууд, Rocket, Nipay wallet, Mopray зэрэг финтек аппликейшнтэй холбох зөвшөөрлийг өгснөөр хэрэглээг хялбаршуулна. /Зураг 4/

Хэрэглэгч фиат мөнгөөр E-MNT -д хөрвүүлж дансаа цэнэглэх учир мөнгөний нийлүүлэлт бүрийг Монголбанк хянаж нөөцийн удирдлагаа хийнэ. /Зураг 5/

E-MNT ухаалаг гэрээгээр P2P Escrow үйлчилгээ болон нөхцөлт гүйлгээг хийх боломж бүрдэх учир финтек аппликейн үйлчилгээг тек->фин чиглэлд буюу E-MNT ухаалаг гэрээнд суурилж үүсгэх боломжтой болгоно.



Зураг 4. E-MNT хувийн блокчэйн сүлжээ

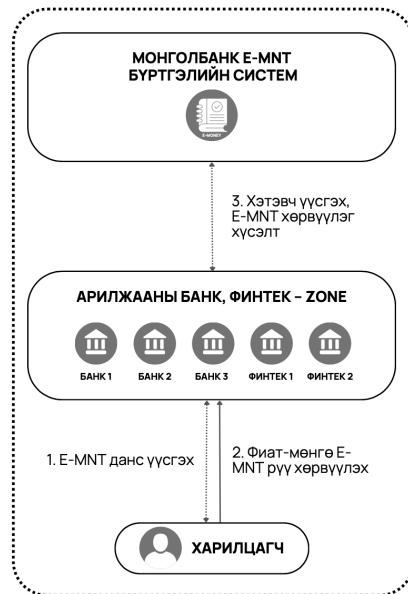
Дансны нэгдсэн санг E-MNT данстай холбож өгснөөр төгрөг орлого, зарлага хийх бүрд AML/KYC/KYT хийх боломжтой. Ингэснээр МУТС хэрэгжилт илүү бодит болж, бодит цагийн гормоор банкнууд, финтек байгууллагууд мэдээллийг солилцох боломжтой. Мөн комплайнс хариуцсан мэргэжилтний ажлын ачаалал буурна.

Банк хоорондын шилжүүлгийн гүйлгээнд гарах шимтгэл буурах боломжтой. Хямд өртөгтэй сүлжээг иргэд ашигласнаар цахим валют хэрэглээ нэмэгдэх боломжтой.

**Монгол банкны бүртгэлийн тухай:** ERC-777, ERC-1155 смарт контракт токен буюу цахим валют үүсгэх, устгах протокол хөгжүүлж хувийн блокчэйн сүлжээг арилжааны банкуудтай хамтран үүсгэнэ. Ингэхдээ дараах

протоколуудыг тодорхойлсон ухаалаг гэрээг хөгжүүлэхэд хангалттай гэж үзэж байна:

- Фиат мөнгө -> E-MNT хөрвүүлэг буюу mint /үүсгэх/ протокол,
- E-MNT цахим валютыг банкны нөөцийн дансанд бүртгэх протокол,
- Халамжийн цахим валют үүсгэх, цахим валют хөрвүүлж устгах протокол,
- CBDC цахим валют данс нэгдсэн сан, хэтэвч үүсгэх протокол,
- KYC, KYT on-chain бүртгэлийн протокол зэрэг үндсэн үйлдэл бүхий систем болно.



Зураг 5. CBDC-ийн экосистем ба банк, финтекийн оролцоо

V. Дүгнэлт

Бид энэ судалгааны ажлаар хөгжиж буй болон хөгжингүй улс орнуудад нэвтэрч буй CBDC-ийн хэрэгжилтийн ялгаатай байдлыг харуулахыг зорилоо. Төв банкны цахим валютын төрлийг Wholesale CBDC, Retail CBDC гэх зэргээр дэвшүүлсэн зорилттой нь уялдуулж ангилж болохоор байна.

Бидний хийсэн судалгаанаас үзэхэд бөөний худалдааны /wholesale/ CBDC төрөл нь санхүүгийн зах зээл илүү хөгжсөн, гадаад худалдаа өндөр түвшинд хүрсэн улс орнуудад боловсронгуй хөгжиж байна. Эсрэгээрээ тухайн улсын банк санхүүгийн хүртээмж сул, банкны төлбөр тооцооны дэд бүтэц сул хөгжсөн, далд эдийн засагтай улс орнуудад жижиглэн худалдааны /retail/ CBDC-ийн схем илүү ашиглагдах хандлагатай байна. Түүнчлэн өндөр хөгжилтэй орнуудын жижиглэн худалдааны /retail/ CBDC төслүүдэд уламжлалт санхүүгийн зах зээлийн өсөлт, төлбөр тооцооны дэд бүтцийн хөгжил өндөр түвшинд хэдийн хүрсэн байгаа нь

үнэхээр CBDC тухайн улсад хэрэгцээтэй эсэхийг нарийн судлах шаардлагатай гэж дүгнэхэд хүргээд байна.

Хөгжиж буй улс орнуудын хувьд төлбөрийн системийн дэд бүтэц хоцрогдолтой, иргэдийн дунд банкны данс эзэмшил бага учраас ихэвчлэн бэлэн мөнгөөр төлбөр тооцоо гүйцэтгэж байгаа зэрэг нь төр татвараа суутгах боломжийг хумигдуулах болон МУТС хөтөлбөр хэрэгжүүлэхэд төвөгтэй болгож байна. Иймд эдгээр нийтлэг сул талтай орнууд төв банкны цахим валют CBDC-ийн шийдлийг хэрэгжүүлэхээр зорьж байна.

Манай улсын хувьд Монголбанкны зүгээс энэхүү судалгаанд үндэслэн Монгол улсын төлбөрийн системийн болоод мөнгөний бодлоготой уялдуулсан давуу, сул талыг нарийн тодорхойлж, CBDC-ийн стратегийг боловсруулах нь чухал байна. Ялангуяа халамжийн мөнгийг CBDC-ээр олгож, эдийн засгийн эргэлтэд оруулсан кэйс дэлхийн хэмжээнд байхгүй байна. Хэрэв манай улс өөрийн CBDC –г гаргавал бусад улс орнуудад үлгэр жишээ болохын сацуу нөгөө талаар туршлага хуваалцах зэргээр олон улс дахь нэр хүнд өсөх боломжтой байна. Энэ нь гагцхүү Монголын санхүүгийн системийн онцлогт таарсан хэрэглээ бүхий оновчтой CBDC-ийн шийдлийг боловсруулснаар дэлхийн CBDC-ийн хөгжил дэвшилд чухал хувь нэмрээ оруулах боломжтой юм.

Эцэст нь CBDC нь санхүүгийн болон нийгмийн хүчин зүйлсийн нөлөөнд автамтгай байдаг учир байнга хувьсан өөрчлөгддөг үйл явц гэж үзэж болохоор байна. Улс орон бүр өөрийн CBDC-ийг хэрэглээнд нэвтрүүлэх арга барил нь өвөрмөц байх бөгөөд тухайн улсынхаа системд зохицсон байдаг тул бүх улс оронд зохицох нэгдсэн нэг онцгой шийдэл одоогоор бий болоогүй байна. Тиймээс олон улсын төв банкнууд CBDC-г эрчимтэй судалж буй энэ цаг үед нэг, нэгнээсээ харилцан туршлага судлах, хамтран ажиллах нь маш чухал байна.

### ЗААЛТ

- [1] PWC (2022). PwC Global CBDC Index & Stablecoin Overview 2022. Retrieved from <https://www.pwc.com/gx/en/new-ventures/cryptocurrency-assets/pwc-global-cbdc-index-stablecoin-overview-2022.pdf>
- [2] BusinessDay NG (2021). eNaira Records 700,000 Transactions Worth N8bn After 1 Year. Retrieved from <https://businessday.ng/news/article/enaira-records-700000-transactions-worth-n8bn-after-1-year-emeifele/#:~:text=The%20eNaira%2C%20has%20recorded%20over,eNaira%20launched%20in%20Lagos%2C%20Tuesday.>
- [3] Central Bank of Nigeria (2021). eNaira Design Paper. Retrieved from [https://enaira.gov.ng/assets/download/eNaira\\_Design\\_Paper.pdf](https://enaira.gov.ng/assets/download/eNaira_Design_Paper.pdf)
- [4] CoinDesk (2022). Nigeria's CBDC, eNaira, Used for Nearly \$10m Worth of Transactions Since October. Retrieved from <https://www.coindesk.com/policy/2022/08/19/nigerias-cbdc-enaira-used-for-nearly-10m-worth-of-transactions-since-october/>
- [5] McKinsey & Company (2022). The 2022 McKinsey Global Payments Report. Retrieved from <https://www.mckinsey.com/industries/financial-services/our-insights/the-2022-mckinsey-global-payments-report>
- [6] James Lovejoy, Cory Fields, Madars Virza, Tyler Frederick, David Urness, Kevin Karwaski, Anders Brownworth, and Neha Narula, A High Performance Payment Processing System Designed for Central Bank Digital Currencies, Cryptology ePrint Archive, Paper 2022/163

# Эрүүл мэндийн салбарын ажил мэргэжлийн мэдлэгийг удирдах системийн загварчлал

Цогоогийн Анударь  
Ундэсний Аудитын Газар  
МТА-ны бизнес шинжээч  
Монгол Улс, Улаанбаатар  
anudaritsogoo@gmail.com

Дэмчигийн Болормаа  
СЭЗИС, Ахисан Түвшний Сургууль  
Ахисан түвшний профессор  
Монгол Улс, Улаанбаатар  
dbolormaa@ufe.edu.mn

*Хураангуй*—Хүний нөөцийн байнгын дутагдалтай, одоогийн ажиллах хүч нь өндөр ачаалалтай байдаг эрүүл мэндийн тусламж үйлчилгээний байгууллагуудад биет болон биет бус нөөцөө дээд зэргээр үр дүнтэй ашиглах, ажлын байран дээрээ байнга суралцаж, хөгжих хэрэгцээ шаардлага урьд өмнөхөөс илүү чухал болсон. Бүх байгууллагуудын ялангуяа эрүүл мэндийн тусламж үйлчилгээ үзүүлэгч бүх шатны байгууллагуудын хувьд өнөөгийн гадаад орчин, нийгмийн сорилтуудад хариу өгч, үйлчлүүлэгчдийн хэрэгцээ, сэтгэл ханамжид нийцсэн үйлчилгээ үзүүлж ажил мэргэжлийн мэдлэг, туршлагын нөөцөө илрүүлж, хөгжүүлж, хамгийн гол нь үр дүнтэй ашиглахын чухлыг олон улсын эрүүл мэндийн салбарын удирдах ажилтнууд, экспертүүд зөвлөж байна.

Эрүүл мэндийн чанартай үйлчилгээг иргэдэд хүргэх, ЭМ-ийн ажилтнаас шалтгаалах алдааг бууруулахын тулд эмч нар өөрсдийн мэргэшсэн чиглэлийн өвчлөл, тэдгээрийн эмчилгээний талаарх шинэ мэдээллээр шуурхай хангагдаж, холбогдох мэдлэг, чадварыг эзэмшиж, хуримтлуулах, эмчилгээний үр дүнгээ хоорондоо хуваалцах шаардлагатай байна. Энэхүү судалгааны ажлаар дээрх хэрэгцээг хангахад дэмжлэг үзүүлэх, ЭТҮ үзүүлэгч байгууллагын хэрэгцээ, шаардлага, онцлогт нийцсэн ажил хэргийн мэдлэгийн менежментийн системийн шийдлийн зохиомж буюу загварыг хоёрдогч эх сурвалжийн өгөгдөлд түшиглэн боловсруулж, санал болгохыг зорилгоо.

Энэхүү судалгааны ажлаар үйл ажиллагаа, тусламж, үйлчилгээний шийдвэр гаргалт, чанар нь эмч, сувилагчдынх нь мэдлэг, туршлагаас шууд хамааралтай байдаг эрүүл мэндийн байгууллагуудын анхаарлыг татах болсон байгууллагын мэдлэгийн менежментийг (organizational knowledge management) дэмжих мэдээллийн системийн логик загварыг боловсруулахыг зорьсон. Судалгааны арга зүйг оновчтой сонгохын тулд судлаачид мэдлэгийн менежментийн шинжлэх ухааны харьцангуй шинэлэг байдал, мөн эрүүл мэндийн байгууллагуудын үйл ажиллагааны дижитал шилжилт, өөрчлөлтийн үйл явц эхлэлийн түвшинд байгаа зэрэг хүчин зүйлсийг анхааралдаа авсан. Үүний үр дүнд эрүүл мэндийн тусламж үйлчилгээний байгууллагуудын эмч нарын ажил мэргэжлийн онцлогт нийцэх мэдлэгийн менежментийн системийн өндөр түвшний ерөнхий шаардлагуудыг системийн шинжилгээний *Нээж илрүүлэх прототайпын (Discovery prototyping)* аргыг ашиглан хоёрдогч эх сурвалжууд буюу зах зээл дээрх мэдлэгийн менежментийн бэлэн багц програмуудаас илрүүлэх оролдлогыг тус судалгааны ажлын хүрээнд хийсэн.

*Түлхүүр үгс*—*Байгууллагын мэдлэг, ажил хэргийн мэдлэг, мэдлэгийн менежмент, мэдлэг бүтээх, дамжуулах, ашиглах, хуваалцах, эрүүл мэндийн салбар, мэдээллийн систем/мэдээллийн технологи, системийн прототайп*

## I. УДИРТГАЛ

Манай улсын хувьд эрүүл мэндийн салбар нь хүний нөөцийн хомсдолтой, эмч, сувилагчдын тоо нь эмнэлгүүдийн баталсан орон тоонд хүрэхгүй, үргэлж дутагдалтай байна. Тиймээс эмч, сувилагчид маш ачаалалтай ажилладаг бөгөөд ийм нөхцөлд тэд суралцах, манлайлах, өөрсдийгөө хөгжүүлэх цаг, боломжоор хязгаарлагдмал байна [1].

Эмнэлгийн ажилчдын хүрэлцээгүй байдал нь эрүүл мэндийн тусламж, үйлчилгээний чанар, өвчтөний сэтгэл ханамжид сөргөөр нөлөөлөх хүчин зүйлсийн нэг болж байна. Эрүүл мэндийн салбарын хүний нөөцийн мэдлэг, үр чадварын асуудал нь зөвхөн эмч, сувилагч төдийгүй тухайн салбарын мэдээллийн технологийн ажилтнуудад ч хамааралтай. Тухайлбал эрүүл мэндийн мэдээллийн технологийн мэргэжлээр суралцагчдын хувьд дадлага хийх хангалттай бааз бүрэлдээгүй байдгаас шалтгаалж, практик үр чадвар олж авалгүй зөвхөн онолын мэдлэгтэй сургуулиа төгсдөг. Үүний нөлөөгөөр ажил олгогч тухайн ажилтанд дадлага туршлага олгоход удаан хугацааг зарцуулах хүндрэл үүсдэг байна [2].

Эмнэлгийн тусламж үйлчилгээ үзүүлэгчийн гаргасан өчүүхэн төдий алдаа нь өвчтөний эрүүл мэнд, амь нас, сэтгэл санаа, мөнгө санхүүг, цаашлаад тэдний ар гэрийг ч дам хохироох эрсдэлтэй байдаг тул мэргэжлийн ёсзүй, хариуцлагыг хамгийн ихээр шаарддаг салбар байдаг. Судалгаагаар жил бүр 98,000 орчим өвчтөн урьдчилан сэргийлэх боломжтой алдааны улмаас нас бардаг гэж тооцоолсон [3]. Түүнчлэн Их Британийн хоёр эмнэлэгт хийсэн судалгаагаар хэвтэн эмчлүүлсэн өвчтөнүүдийн 11%-д хүндрэл гарснаас 48% нь хэрэв зөв мэдлэгийг хэрэглэсэн бол урьдчилан сэргийлэх боломжтой байжээ [4].

АНУ-д л гэхэд эмнэлгийн алдаа нь өвчтөний нас баралтын шалтгааны гуравдугаарт ордог [5]. Манай улсын эрүүл мэндийн салбарт нотолгоонд суурилсан анагаах ухааныг (EBMP) хөгжүүлэх нь салбарын тулгамдсан асуудлуудын нэг хэвээр байсаар байна. Эрүүл мэндийн салбарт хэрэгжсэн цөм технологи, инновацийн төсөл, суурь судалгааны төсөл, шинжлэх ухаан, технологийн захиалгат төсөл, олон улсын байгууллагуудтай хамтарсан төслүүд зэрэг олон тооны төслүүд хэрэгжсэн хэдий ч төслүүдийн давхцал бий болсон мөн судалгаанаас гарсан үр дүн эрүүл мэндийн тусламж, үйлчилгээнд нэвтрэн салбарын тулгамдсан асуудлуудыг шийдвэрлэх нь бага байна [6].

Хүн бүрийн биеийн анатоми, физиологийн онцлогоос шалтгаалан өвчлөлүүд нь ялгаатай байдаг учраас оношлох, эмчлэх арга, тактикууд нь ч өөр өөр байдаг нь эмч, эмнэлгийн ажилтнуудаас хувь хүн бүрт тохирсон онцлог мэдээлэл, мэдлэг, туршлагыг шаарддаг. Мөн эрүүл мэндийн салбарын мэдлэг, мэдээлэл нь тухайн

салбарын шинжлэх ухааны хөгжил, шинэ нээлтүүдтэй холбоотойгоор тасралтгүй өөрчлөгдөж байдгаас гадна, өдөр тутмын үйлчлүүлэгчдийн кейс, оношилгоо, эмчилгээ, үйлчилгээний процессоор мэдлэг мэдээлэл нь шинэчлэгддэг тул шинэчлэгдэж байгаа мэдлэгийг одоо байгаа мэдлэгтэйгээ нэгтгэн, эмнэлзүйн практикт үр дүнтэйгээр хэрэглэж, түгээх хэрэгцээ нь байнгын сорилттой тулгардаг байна [7]. Үүнээс шалтгаалан эрүүл мэндийн салбарын мэргэжилтнүүд байнгын мэдлэг, мэдээллийн ачаалалд өртдөг ч яг өөрт хэрэгтэй байгаа, шинэчлэг эрүүл мэндийн, өвчтөний, процессын талаарх мэдлэгийг авах яг хэрэгтэй цагтаа, хэрэгтэй газраасаа авах систем дутмаг байдаг [8]. Тиймээс ЭТҮ-ний мэргэжилтнүүдэд өвчтөн буюу үйлчлүүлэгчид тохирох тусламж үйлчилгээний "хамгийн сайн" шийдвэрийг гаргахын тулд холбогдох мэдлэгийг эзэмшин, түүнийг эмчилгээ, оношилгоондоо дээд зэргээр ашиглах, ажлын байран дээрээ тасралтгүй суралцахад нь ЭТҮ-ний *мэдлэгийн менежмент (ММ) болон түүнийг дэмждэг мэдлэгийн менежментийн систем (ММС)* онцгой ач холбогдолтой юм.

Эмнэлгийн тусламж үйлчилгээний (ЭТҮ) байгууллагын бусад салбараас ялгарах онцлог нь аль шатны эмнэлэг гэдгээс үл хамааран үйл ажиллагаагаа хэвийн явуулах гол түлхүүр нь мэдлэг байдаг тул *байгууллагын мэдлэгийн менежмент (ММ)* болон мэдлэг удирдах хэрэгслүүд нь эрүүл мэндийн салбарын анхаарлыг татах болжээ [9]. ММС нь байгууллагын хүний нөөцийн чадавхийг сайжруулж, тэдний ажил хэргийн мэдлэг, туршлагаа хуваалцах чадварыг дээшлүүлж, ЭТҮ-ний чанарыг сайжруулдаг.

Орчин үеийн менежментийн шинэ парадигмын нэг болох байгууллагын ММ нь мэдлэгийг дамжуулах үйл явцыг өргөжүүлж, ЭТҮ-ний үр дүнг өндөр түвшинд хүргэхэд чухал ач холбогдолтой [10]. Өөрөөр хэлбэл, ЭТҮ-нд ММ-ийг хэрэгжүүлснээр “нотолгоонд суурилсан анагаах ухаан” (EBMP) буюу судалгаанд нотолгоо, эмнэлзүйн мэдлэг туршлага, өвчтөний сонголт, үнэ цэнийг клиник шийдвэр гаргалтанд нэгтгэж чадна. [9].

Өнөөдрийг хүртэл бизнесийн орчинд хийсэн ММ-ийн судалгаануудыг эрүүл мэндийн мэдлэгийн менежментэд тохируулан хэрэглэж ирсэн. Гэвч эрүүл мэндийн тусламж үйлчилгээний онцлогоос шалтгаалан эрүүл мэндийн салбарын ММ нь өөр өөр сорилт, асуудлуудыг бий болгодог ажээ [11]. ДЭМБ-ын үзэж байгаагаар ММ-ийн гол зорилго нь дотоодын болон улс хоорондын мэдлэгийн зөрүүг арилгах явдал юм [8].

## II. ОНОЛЫН ҮНДЭСЛЭЛ

### A. Мэдлэгийн менежментийн үнэ цэнэ, ач холбогдол

1990-ээд оны дунд үеэс эхлэн стратегийн менежментийн эх сурвалжуудад мэдлэгийг байгууллагын чухал нөөцийн нэг хэмээн дурдаж, мэдлэгт суурилсан үзэл баримтлалд анхаарал хандуулах болжээ [12]. Байгууллагын ММ-ийн шинжлэх ухааны суурийг тавигч И. Нонака 1990-ээд оны эхээр “Ирээдүйд байгууллагууд өрсөлдөөний давуу байдлыг олж авахын тулд байгууллагын мэдлэгээ удирдахад улам бүр ач холбогдол өгөх бөгөөд мэдлэгээ сайтар удирдсанаар гүйцэтгэлээ илүү сайжруулах боломжтой” [13] онцлон тэмдэглэж байжээ.

Байгууллагын процесс, бодлогыг хуулбарлах нь өрсөлдөгчдөд хялбар болсон өнөө үед байгууллагууд мэдлэгийг ашиглаж өрсөлдөөний давуу байдлыг олж авдаг болсонтой холбоотойгоор ММ-ийн ач холбогдол улам бүр нэмэгдэж байна. Ихэнх амжилттай байгууллагууд ажилчдынхаа мэдлэгийг хамгийн сайн ашигладаг байгууллагууд байдаг.

ММ нь байгууллага доторх үнэн зөв мэдлэгийг цаг тухайд нь олж авах, мэдлэг хуваалцах, дахин ашиглах, инноваци, ур чадвар, үр ашгийг сайжруулснаар ажлын үр дүнг нэмэгдүүлж, өндөр чанартай бүтээгдэхүүн, үйлчилгээ, өрсөлдөх давуу байдлыг бий болгодог [14].

Хэдийгээр эрүүл мэндийн салбар мэдлэг, мэдээллээр баялаг салбар ч сайн туршлагыг олж авахад үр дүнтэй ашиглаж болохуйц чанартай мэдээллийн хүртээмж учир дутагдалтай байдаг. Тиймээс эрүүл мэндийн салбарын тусламж үйлчилгээ нь үйлчлүүлэгчийн тусын тулд бусад салбараас илүүтэй мэдлэгийн менежмент дээр тулгуурлах шаардлагатай болдог. Hujala (2021) нар эрүүл мэнд, нийгмийн халамжийн тусламж үйлчилгээнд ММ нь 1) үйлчлүүлэгчийн хэрэгцээний талаарх ойлголтыг сайжруулах; 2) Байгууллагын гүйцэтгэлийг сайжруулах; 3) Шийдвэр гаргалтыг сайжруулах; 4) Үйлчилгээний чанарыг сайжруулах; 5) Зан төлөв, соёлыг өөрчлөх, 6) Эрсдэлийн менежментийг сайжруулахад нөлөө үзүүлнэ гэж нотолдог [15].

Эрүүл мэндийн мэргэжилтнүүд болон менежерүүд шийдвэр гаргахын тулд маш олон тооны оношлогоо шинжилгээний үр дүн, эмчилгээ, өмнөх эмчилгээнд үзүүлсэн хариу урвал зэргийг маш хурднаар толгойдоо боловсруулах шаардлагатай эмнэлзүйн нөхцөл байдалтай тулгардаг бөгөөд шаардлагатай үед хэрэгтэй мэдлэг дутмаг байх нь ЭМБ-аас шалтгаалах алдаанд хүргэж болзошгүй [16].

Тодорхой нөхцөлд тулгамдсан асуудлыг үр дүнтэй шийдвэрлэх эсэх нь эмч мэргэжилтний шинэ мэдлэг, мэдээллийг шууд олж авах боломжоос нь хамаардаг байна. ММ нь энэхүү нөхцөл байдлыг үр дүнтэй удирдах, байгууллага доторх хувь хүмүүсийн далд мэдлэг буюу хуримтлуудсан мэдлэг туршлагыг илрүүлж, үнэлэхийн тулд *мэдээллийн технологи, системүүдийг (МТ/МС)* ихэвчлэн ашигладаг [17].

Монтани (2002) нарын судлаачдын тогтоосноор эрүүл мэндийн системийн ММ-ийн гол давуу талууд нь эмнэлгийн алдааг бууруулах, хамтын ажиллагаа, инновацийг сайжруулах, тусламж үйлчилгээний чанарыг сайжруулах, эрүүл мэндийн зардлыг бууруулах, эрүүл мэндийн мэдлэгийн эмх цэгцийг сайжруулах, эрүүл мэндийн байгууллагын суралцах чадварыг сайжруулах зэрэг байдаг. Харин эрүүл мэндийн системийн ММ-ийн эксперт дутмаг, мэдлэгийн хангалтгүй байдал, бусад мэдээллийн технологид суурилсан хэрэгслүүдтэй уялдаа холбоогүй байдал нь гол бэрхшээлүүд нь болдог байна.

### B. Мэдлэгийн тухай ойлголт

Судлаач М.Полани (1967) ажил хэргийн мэдлэгийн ил (explicit) болон далд (tacit) хэлбэрийн ялгааг тодорхойлсон [19]. Түүний тодорхойлсноор *ил буюу тодорхой мэдлэг* нь бичиг баримт болон өгөгдлийн санд мэдээлэл хэлбэрээр хадгалагддаг “албан ёсны” (formal) мэдлэг бөгөөд түүнийг бас *мэдлэгийн бичиг баримт* гэж нэрлэдэг. Харин Alavi, Leidner (2001), Anderson, Willson,

(2009) зэрэг судлаачдын нотолж байгаагаар суралцах үйл явц, туршлагаар олж аван оюун санаандаа итгэл үнэмшил, ойлголт, ур чадвар, туршлага хэлбэрээр тээж явдаг байгууллагын ажилтнуудын оюун санаанд бий болсон, байгууллагын ажил үйлчилгээг хэвийн явуулахад нь тус болж байгаа сурч мэдсэн эрдэм мэдлэг болон туршлагыг *тодорхойгүй далд мэдлэг* (tacit knowledge) буюу *экспертийн мэдлэг* гэнэ. Энэхүү биет бус нөөцийг ашиглан бүтээгдэхүүн, үйлчилгээгээ хөгжүүлж, хэрэглэгчдэд хүргэж байгаа үр дүнтэй арга зам, сайн туршлагыг байгууллагын ноу-хау гэнэ. Тухайлбал, Беннер (2009) сувилахуйн мэдлэгийг практик туршлага болон судалгаа нотолгооны хамгийн оновчтой хослол бөгөөд энэ нь цаг хугацаа өнгөрөхөд эмнэлзүйн туршлагын "ноу-хау" болж хувирдаг гэж тодорхойлжээ.

Оюуны өмч хэмээн тооцогддог байгууллагын “ноу-хау” нь байгууллагын соёл, өвөрмөц байдал, хэвшил, бодлого, систем, өгөгдлийн сан, баримт бичиг, түүнчлэн байгууллагыг бүрдүүлж байгаа ажилчид зэрэг олон хүчин зүйлсээр дамжин байгууллагад зөөвөрлөгдөж, шингэж байдаг байна [12]. Судлаачид биет бус хөрөнгө буюу мэдлэг нь шууд хуулбарлахад бэрхшээлтэй, нийгмийн нарийн төвөгтэй нөөц (socially complex resource) байдаг тул мэдлэгт суурилсан байгууллагын тухай үзэл баримтлалын хувьд мэдлэгийн нөөц нь байгууллагад урт хугацааны тогтвортой өрсөлдөөний давуу талыг бий болгоно гэж нотолдог.

Эрүүл мэндийн байгууллагын мэдлэг нь гадаад болон дотоод эх үүсвэрээс бүтээгддэг. Дотоод мэдлэг нь үйлчлүүлэгчийн хүлээн авсан тусламж, үйлчилгээний талаарх мэдээлэл, түүнчлэн ажилтнуудын мэдлэг, ур чадвар, мэргэшил (сувилагч, эмч, менежер) хэлбэрээр цуглаж, хадгалагдсан байдаг бол гадаад мэдлэгийг эрүүл мэндийн байгууллагууд бодлого зохицуулагчид, мэргэжлийн хурал зөвлөгөөн зэрэг өөрсдийн холбоогоор дамжуулан олж авдаг байна. Зарим тохиолдолд ажилтнууд хурал чуулганд оролцсоноор байгууллагад шинэ мэдлэгийг авчран, дотоод мэдлэгтэй уусган нэгтгэж байгууллагын шинэ мэдлэгийг бий болгодог [19].

ЭТҮ-ний байгууллага үйлчлүүлэгчдийн аюулгүй байдлыг хангасан, өндөр чанартай үйлчилгээ үзүүлэх нь дараахь Зураг 1 дээр харуулсан 4 төрлийн мэдлэгээс ихээхэн хамаардаг [20]:



1. *Анагаах ухааны мэдлэг* буюу өвчтөнийг оношлох, эмчлэхэд шаардлагатай мэдлэг [11]
2. *Шинжлэх ухааны мэдлэг* буюу нь судалгааны үр дүнг практикт ашиглах мэдлэг [20]

3. *Кейсийн мэдлэг* буюу эмнэлгийн алдаанаас суралцсан мэдлэг [23]
4. *Туршлагын мэдлэг* буюу туршлагатай ЭТҮ үзүүлэгчид туршлага багатай ажилтнуудад сайн туршлагын талаар зааж зөвлөсөн мэдлэг [24]

Дээрх мэдлэгийн төрлүүд нь ЭТҮ-ий чанарыг сайжруулахад онцгой ач холбогдолтой бөгөөд эдгээр мэдлэгийг хуваалцахгүй байх нь ЭТҮ-ий байгууллагаас шалтгаалах алдаанд хөтөлж, үйлчлүүлэгчийн аюулгүй байдалд сөргөөр нөлөөлж болзошгүй [20]. Ялангуяа туршлагын мэдлэг нь өөрийн далд шинж чанараас гадна хүмүүсийн ялгаатай хүсэл зоригоос улбаалан хуваалцах явц нь бусдаасаа илүү нарийн төвөгтэй байдаг. Учир нь мэдлэг гэдэг, тэр дундаа туршлагын мэдлэг нь эрх мэдлийн эх үүсвэр болж чадахуйц үнэ цэнтэй хөрөнгө байдаг тул хүмүүс тэр бүр хуваалцахыг хүсдэггүйгээс гадна бусдын мэдлэгт ч үл итгэх байдлаар хандах нь элбэг байдаг [25].

*С. Мэдлэгийн менежментийн процесс*

И.Нонака, Р.Тояама, Н.Конно (2000), М.Алави, Д.Лейднэр (2001); Далкир (2005) зэрэг олон судлаач мэдлэгийн менежментийг процессын талаас нь судалж, нийтлэг болон ялгаатай процессуудыг тодорхойлсон байна. Судлаач Д.Болормаагийн нотолж байгаагаар тэдгээр онолуудаас байгууллагын ажил хэргээ буюу бизнесээ хөтөлж явуулах ажил хэргийн мэдлэгийг илрүүлэх буюу бүтээх нь илүү чухал байдгаараа хувь хүний түвшин дээрх мэдлэгийн менежментээс ялгаатай байдаг *байгууллагын мэдлэгийн менежментийн процессын* загварыг Бекерра-Фернандез, Сабхервал (2010) нар санал болгосон байна [26]. Энэ загвар нь ММ-ийн салбарын нөлөө бүхий судлаачид болох И.Нонака, Р.Тояама, Н.Конно (2000) нарын “мэдлэг бүтээх динамик SECI-ийн үйл явц бүхий найман дэд үйл явцыг агуулсны зэрэгцээ тэдгээрийг илүү ойлгомжтой нэрлэж, шат дарааллыг харуулснаараа давуу талтай юм” [26].

Мэдлэгийн менежмент нь байгууллагын биет бус хөрөнгө болох мэдлэгийг удирдах хэрэгцээ шаардлагад тулгуурлан **1) мэдлэгийг бий болгох/илрүүлэх, 2) олж авах/хадгалах, 3) дамжуулах, 4) ашиглах** зэрэг мэдлэгийн үйл ажиллагаануудыг агуулдаг [27].

ММ нь ил мэдлэгийг (тайлан, мэдэгдэл, журам, заавар, ном, сэтгүүлийн нийтлэл г.м) бий болгох, удирдах, хуваалцах, түүнчлэн далд мэдлэг буюу ажилтнуудын туршлагаараа олж авсан мэдлэгээ хуваалцахыг хөхүүлэн дэмждэг ойлголт юм. Мэдлэгийг хуваалцаагүй тохиолдолд ашиг тусыг нь хүртэх нь хязгаарлагдмал болох тул ялангуяа ЭМБ шиг үндсэн үйл ажиллагаагаа явуулах гол нөөц нь ажилтнуудынх нь мэдлэг байдаг байгууллагуудад мэдлэгийг хуваалцах процессыг мэдлэгийн менежментийн хамгийн чухал процесс гэж үздэг [28].

Хоорондоо мэдээлэл солилцох, харилцах явдал нь эмнэлгийн мэргэжилтний хувьд үйлчлүүлэгчид тусламж үзүүлэх, эмчилгээ хийхэд чухал хүчин зүйлсийн нэг болдог [29]. Учир нь ЭТҮ-ний байгууллага нь “Мицбергийн байгууллагын бүтцийн онолоор” [48] мэргэжлийн бюракрат байгууллага тул мэргэжилтнүүд өөрсдийн мэдлэг, мэргэжлийн ур чадварт тулгуурлан ажил үүргээ биелүүлэх, шийдвэр гаргах эрх мэдэл нь ажилтнуудад чөлөөтэй байдаг [30]. Энэ утгаараа ЭТҮ

үзүүлдэг ажилтнууд өөрсдийн мэдлэг дээр үндэслэн шийдвэр гаргадаг ч зарим тохиолдолд мэргэжил нэгтнүүдтэйгээ зөвлөлдөн, шийдвэр гаргалтандаа тусгах нь бий [23]. Өөрсдийн мэдлэг дээрээ үндэслэн шийдвэр гаргах нь ЭМБ-ын хомс нөөц болох цаг хугацааг хэмнэх давуу талтай ч аливаа мэргэжилтний хувьд хувийн мэдлэг нь ямарваа нэг хэлбэрээр бүрэн бус байдгаас тэрхүү бүрэн бус эсвэл хуучирсан мэдлэг дээрээ үндэслэн шийдвэр гаргах нь алдаанд хүргэх эрсдэлтэй тул туршлагатай ахмад мэргэжилтнүүд шинэ мэргэжилтнүүддээ зааж зөвлөх нь чухал ач холбогдолтой [31].

**D. Мэдлэгийн менежментийн систем**

Манай улсын эрүүл мэндийн салбарт COVID-19 цар тахлын нөлөөгөөр цахим шилжилт эрчимжиж, салбарын сайдын зүгээс цахим шилжилтэд төрийн болон хувийн хэвшлийн бүх шатны эрүүл мэндийн байгууллагыг хамруулж, чанартай тусламж үйлчилгээ, шуурхай, хялбар байдлыг бэхжүүлэх, нотолгоонд суурилсан шийдвэр гаргахад чиглэн ажиллах үүрэг өгсөн билээ [32].

Эрүүл мэндийн салбарт мэдээллийн технологи (МТ) нь тусламж үйлчилгээг үр дүнтэй хүргэх, мөн үйлчлүүлэгчдэд өөрсдийнх нь эрүүл мэндийн талаарх мэдээллийг хурдан бөгөөд хялбархан авахад чухал үүрэг гүйцэтгэх болсон. Салбарын мэргэжилтнүүдийн тооцоолсноор эмнэлгийн тусламж үйлчилгээг цахимжуулснаар, эрүүл мэндийн эрсдэлийг бууруулж, амьдралын чанарыг сайжруулахад бодитой үр нөлөө үзүүлнэ гэж үзэж байна [32].

Өндөр хөгжилтэй орнуудад үйлчлүүлэгчийн бүртгэл, эмийн жор бичилтийг МТ нэвтрүүлэх замаар, нэгдсэн байдлаар цахимжуулснаар үйлчлүүлэгчийн эрүүл мэндийн байдлыг төрөхөөс нь эхлэн хянаж, эмийн замбараагүй хэрэглээ, анхан шатны тусламж үйлчилгээг дамжилгүйгээр 2 дахь, 3 дахь шатлалын эмнэлгүүдэд хандан зохиомол ачаалал үүсгэхийг хязгаарлан төсвийн хэмнэлт хийхийн зэрэгцээ, нөгөө талаар эмийн жорыг эмч нар гараар бичдэг байх үед гардаг эмийн нэр, тун хэмжээг андуурах зэрэг эрсдлийг бууруулан, бичиг цаасны ажлыг ихээр хөнгөвчилж, эмнэлгийн тусламж үйлчилгээ үзүүлэх арга хэлбэрийг үндсээр нь өөрчилсөн байдаг [33].

Хэдийгээр олон улсын эрүүл мэндийн салбарт анхан шатны үйл ажиллагааг дэмждэг үйл ажиллагааны систем болох эрүүл мэндийн цахим бүртгэлийн (EHR) систем нь манай улсын эмнэлгүүдийн үйлчилгээ, мэдээллийн менежментэд голчлон хэрэглэгдэж байгаа ч байгууллагын мэдлэгийн менежментийн системийг хөгжүүлж, хэрэглэх таатай хөрсийг бүрдүүлж байна.

Мэдээллийн менежмент нь ил мэдлэгт ихэнхдээ төвлөрдөг бол мэдлэгийн менежмент (ММ) нь хүмүүст төвлөрч, тэдэнд байгаа далд мэдлэг буюу ноу-хауг удирдахад чиглэдэг.

Мэдлэг хуваалцах хэрэгсэл нь заавал МТ-д суурилсан байх албагүй бөгөөд нүүр тулан харилцах, сургалт хийх зэрэг аргуудыг мэдлэг хуваалцах процесст дэмжлэг үзүүлэх зорилгоор ашиглахад дэд бүтэц шаардагдахгүй, хэрэгжүүлэхэд хялбар байж болох ч эдгээр аргууд нь шаардлагатай үед үнэн зөв мэдлэг яаралтай хэрэгтэй болдог ЭТҮ-ний байгууллагад удаан, үр дүн багатай байж болно [34]. Харин мэдээлэл харилцаа холбооны технологийн (МХХТ) хэрэглээ нь мэдлэгийн хүртээмж, харилцаа холбоог сайжруулж, бичиг баримтын

давхардлыг арилгах замаар мэдлэг хуваалцах процессийг илүү үр дүнтэй, хурдан, хялбар болгосноор урт хугацаанд ЭТҮ-ий чанарыг сайжруулдаг [35].

Их Британийн “Эрүүл Мэндийн Мэдээлэл & Менежментийн Системийн Нийгэмлэг”-ийн тодорхойлсноор ММ нь байгууллагын гүйцэтгэл, өсөлт хөгжлийг удирдахын тулд мэдээлэл, хамтын ажиллагаа, мэргэшил, туршлагыг оновчтой болгодог "хүмүүс, процесс, өгөгдөл болон технологийг нийцүүлэх" үйл явц юм [36]. Аль ч салбарт ММ нь хүмүүс, процесс, технологиудыг нэгтгэдэг [12]. ММ-ийн гурван үндсэн бүрэлдэхүүн хэсэг [37]:

- *Хүмүүс:* мэдлэгийг бий болгож, хуваалцаж, ашигладаг, мэдлэгийг түгээн дэлгэрүүлж, урамшуулдаг байгууллагын соёлыг хамтдаа бүрдүүлдэг хүмүүс;
- *Процессууд:* мэдлэгийг олж авах, хадгалах, хуваалцах, хэрэглэх арга;
- *Технологи:* янз бүрийн байршилд байгаа хүмүүсийн бий болгосон өгөгдөл, мэдээлэл, мэдлэгийг хадгалах, ашиглах боломжийг олгодог механизмууд.

Дээрх гол гурван бүрэлдэхүүн хэсгийг зөв тэнцвэржүүлж, зөв мэдээллийг зөв хүмүүст зөв цагт нь хүргэх нь мэдлэг бүтээх, сайн туршлагыг олох үндэс болно. Эрүүл мэндийн салбар хоорондоо нягт уялдаа холбоотой, харилцан хамааралтай ажилладаг учраас аль нэг тасаг дахь амжилттай санаачлагыг бусад тасагт хялбархан түгээж, өргөжүүлж болно [17].

Байгууллагад мэдлэгийг бүтээх, олж авах, дамжуулах, ашиглах зэрэг мэдлэгийн үйл ажиллагаануудыг үр дүнтэй, зардал багатай, хурдан хэрэгжүүлэхийн тулд мэдээллийн системийн судлаачид байгууллагын ММ-ийг дэмжих үүрэгтэй *мэдлэгийн менежментийн систем* (ММС) гэх мэдээллийн системийн шинэ ангиллыг сурталчилж, хөгжүүлж эхэлсэн [12] бөгөөд өдгөө энэ систем нь ERP, CRM, CSM зэрэг энтерпрайс системүүдийн адил байгууллагын мэдээллийн системийн архитектур, дэд бүтцийн салшгүй нэг бүрэлдэхүүн хэсэг болжээ (Зураг 2).





ММС нь эрүүл мэндийн байгууллагын ажилтнуудыг олж авсан мэдлэгээ ашиглан байгууллагын суралцах үйл явцыг хөгжүүлэхэд дэмжлэг үзүүлдэг [39]. Энэхүү суралцах үйл явц нь ажилтнуудад олон янзын туршлагын санаануудыг эмхтгэн дүн шинжилгээ хийж, тухайн байгууллагад л тохирох хамгийн сайн туршлагыг тусгайлан загварчлахад нь тус болдог. Түүнчлэн сайн зохиомжлогдож, хөгжүүлсэн ММС нь байгууллагын шийдвэр гаргалтыг чиглүүлэн, бүх шатны өөрчлөлт, сайжруулалт хийх чадамжтай шинэ мэдлэгийг бүтээж, хэрэглэхэд нь ажилтнуудад дэмжлэг үзүүлдэг [39].

Зарим судлаачдийн үзэж байгаагаар байгууллагын ажилтнуудаас болон бусад эх сурвалжаас мэдлэгийг цуглуулж байгууллагын санах ойд хадгалах, түүнийг бүтэцжүүлж, индексжүүлэн, форматанд оруулж, хэрэгтэй хүнд хэрэгтэй мэдээллийг нь зөв цагт хүргэхэд бэрхшээл тулгардаг байна [40]. Олон улсын туршлагаас харахад ММ-ийг бүрэн утгаар хэрэгжүүлэхийн тулд байгууллагууд юуны өмнө ил мэдлэг буюу мэдлэгийн бичиг баримтыг үр дүнтэй удирдах системийг хөгжүүлж, нэвтрүүлж байна. Өөрөөр хэлбэл *бичиг баримтын удирдлагын систем (document management system)* бол ММ-ийн суурь систем болдог байна.



Зураг 3 дээр харуулсанчлан мэдлэгийн бичиг баримтыг удирдах системийг хөгжүүлж, нэвтрүүлж ил мэдлэгийг бэлэн, хүртээмжтэй болгосноор байгууллагууд мэдлэгээ удирдах туршлагатай болохоос гадна эмч, ажилтнуудыг шинэ мэдлэг, ноу-хауг бүтээх, түүнийгээ ил мэдлэг болгон хуваалцах боломжоор хангана. Улмаар ил мэдлэг болон далд мэдлэг, ноу-хаугаа удирдаж чаддаг болсноор байгууллага маш хүчирхэг “санах ой” буюу “оюун ухаан”-тай болж өрсөлдөх чадвартай, суралцагч байгууллага болдог [38].

Эрүүл мэндийн порталууд нь цахимаар анагаах ухаан, эрүүл мэндийн талаарх цогц мэдээллийг авах боломжийг олгодог зэрэгцээ бусад хүмүүстэй ижил чиглэлээр холбоо тогтоох боломж олгон, хэлэлцүүлгийн форум, ашигтай нийтлэл, мэдээллийн товхимол хэлбэрээр хэрэглэгчдийг мэдлэг олгохуйц мэдээллээр хангаж, эмнэлгийн тусламж үйлчилгээний чанар, үр ашгийг дээшлүүлэхэд дэмжлэг үзүүлдэг онцлогтой [41].

### III. МЭДЛЭГИЙН МЕНЕЖМЕНТИЙН СИСТЕМИЙГ ХЭРЭГЛЭЖ БУЙ ОЛОН УЛСЫН ТУРШЛАГА

Одоогийн эх сурвалжуудад дурьдсанаар хөгжиж буй орнуудын эрүүл мэндийн салбарт ММ-ийн хэрэглээ бага байна. ММ-ийн амьдралын мөчлөгийг илүү өргөн

хүрээнд авч үзсэн судалгаагаар хөгжиж буй орнуудын эрүүл мэндийн салбар дахь ММ-ийн амьдралын мөчлөгүүдийг авч үзсэн судалгаа нь маш муу гүйцэтгэлийг харуулсан байдаг.

Хөгжиж буй орнуудад эрүүл мэндийн тусламж үйлчилгээний мэдээллийн системээр дамждаг мэдээллийн менежмент (жишээ нь, өвчтөний бүртгэлийг автоматжуулах) нь хэд хэдэн шалтгааны улмаас, тухайлбал, өгөгдлийн нарийн төвөгтэй байдал (data complexity), өгөгдлийн сангийн статик шинж чанар (static database), оролцогчдын дэмжлэг, урам зориг дутмаг, техникийн ажилтнууд эсвэл хүний нөөцийн дутагдал зэрэг шалтгааны улмаас дэлхий нийтийн эрүүл мэндийн мэдлэгийн менежментийн шилжилтээс хоцорч үлдэж байгаа нь эрүүл мэндийн салбарын хөгжилд нь сөргөөр нөлөөлж байна [42].

Судлаач Боларинва (2012) нарын үзэж байгаагаар хөгжиж буй орнуудад эрүүл мэндийн мэдлэгээ үр дүнтэй удирдахын тулд ухамсартай хүчин чармайлт бага байгаа хэдий ч ЭТҮ үзүүлэгчдийг сургах, удирдлагын мэдээллийн системийн өгөгдөлд дүн шинжилгээ хийх, тайланг нийтлэх зэргээр эрүүл мэндийн байгууллага бүр мэдлэгийг ямар нэг хэмжээгээр ухамсаргүйгээр удирддаг гэж хэлж болно. Эдгээр бүх ухамсаргүй хүчин чармайлтыг илүү сайн зохион байгуулалттай болгож, мэдлэгийн менежментийн зөв хэрэгслийг ашигласнаар хөгжиж буй орнуудын эрүүл мэндийн салбарын үр ашиг, үр дүн, бүтээлч байдал, эрх мэдлийг системтэйгээр нэмэгдүүлэн, гүйцэтгэлийг сайжруулж, эцсийн дүндээ иргэдийн эрүүл мэндийн үзүүлэлтийг дээшлүүлэхэд хувь нэмэр оруулна [42].

Мэдлэгийн санг илүү хүчирхэг болгосноор ЭТҮ үзүүлэгчид үйлчлүүлэгчдэд илүү чанартай тусламж үйлчилгээг санал болгож, улмаар эрүүл мэндийн үйлчилгээний хэрэглээг нэмэгдүүлэх боломжтой. Тухайлбал, Тайваний Эрүүл Мэндийн Төвд мэдлэгийн менежментийн системийг эмнэлгийн нөхцөлд хэрэгжүүлэх кейсийн судалгаагаар системийн хэрэглэгчдийн дунд мэдлэгийн менежментийн бодит ашиг тусыг үнэлэх зорилгоор хийхэд эмнэлгийн мэдлэгийн менежментийн системийн хэрэглэгчдийн зүгээс бүхэлдээ ашиг тусыг хүлээн зөвшөөрсөн эерэг үр дүн гарчээ [43]. Дээрх судалгаанд ММС-ийг хэрэгжүүлэхэд нөлөөлөлдөг хэд хэдэн томоохон сорилтуудыг "бодит ашиг тус", "хэрэглэхэд хялбар байдал", "мэдлэгийн менежментийн хэрэглэгчдэд зориулсан урамшуулал", "өгөгдлийн аюулгүй байдал, нууцлалын асуудал", "байгууллагын дэмжлэг" гэж тодорхойлсон байна.

Бразилийн Хавдар Судлалын Үндэсний Төвд (БХСУТ) хийсэн мэдлэгийн менежментийн систем нэвтрүүлсэн кейсийн судалгаагаар хорт хавдрын оношилгооны хурд, оношлогоо болон тархвар судлалын судалгаанд ашиглах өгөгдлийн чанар сайжирсан, эмчилгээний зардлыг бууруулсан, хүний нөөцийн хомсдлыг шийдвэрлэсэн, менежментийн гүйцэтгэлийг сайжруулсан, суурь хүчин чадлын хэрэглээг оновчтой болгосон, гишүүдийн дунд их хэмжээний мэдлэгийн бичиг баримт дамжуулалтыг хялбарчилсан, байгууллагын мэдлэгийг хадгалах чадавхийг нэмэгдүүлсэн зэрэг олон эерэг үр дүн гарчээ [44].

Олон улсын туршлагаас харахад эрүүл мэндийн байгууллагууд дараахь хэрэгцээ, шаардлагын улмаас ММС-үүдийг хөгжүүлж, нэвтрүүлдэг байна [45]. Үүнд:

- Эмч нар долоо хоног эсвэл сар бүрийн эмч нарын зөвлөгөөн дээр ярилцсан асуудлуудаа тэмдэглэж, хадгалан, хуваалцаж байх шаардлагатай байдаг. Ингэснээр яаралтай мэс засалд орох зэрэг тодорхой шалтгааны улмаас зөвлөгөөнд оролцож чадаагүй эмч нар хандалт хийж, танилцах боломжтой болно.
- Мөн цахим хэлэлцүүлгийн форумтай байх нь эмч нарын мэдлэгээ хуваалцах үйл ажиллагааг хялбар болгодог.
- Эмч нар эрүүл мэндийн тусламж үйлчилгээг сайжруулахын тулд сүүлийн үеийн судалгаа, өгүүлэл уншиж мэдлэгээ тэлэх нь чухал байдаг. Иймд эмч нарт хэрэгтэй судалгааны өгүүллүүд, эмчилгээ, оношилгооны сайн туршлага, тактикууд, стандартууд зэрэг эх сурвалжуудыг цуглуулж хүртээмжтэй, нээлттэй, хандалт хийхэд хялбар бүтээлийн сан үүсгэх хэрэгтэй. Ингэснээр эмч нарт мэргэжлийн мэдлэг, ур чадвараа ажлын байран дээрээ тасралтгүй дээшлүүлэх боломжийг олгохоос гадна, тэднийг уншдаг хэвшил зуршилтай болоход нь дэмжих үзүүлнэ.
- Эмч нарт шинэ мэдлэг, туршлагыг сурталчлах, суралцах, мэдлэг хуваалцахтай холбоотой удахгүй болох үйл явдлын талаар сануулж байх шаардлагатай. Ингэснээр эмч нар ажлын болон бусад үйл ажиллагааг хуваарилах, мэдлэгээ дээшлүүлэх үйл ажиллагааг илүү сайтар төлөвлөх боломжтой болдог.
- Туршлагатай, сайн эмч нарт өөрсдийн эзэмшсэн мэдлэг, ур чадвар буюу толгой доторх далд мэдлэгээ ил гаргах, хуваалцах, нөгөө талаас туршлага багатай, залуу, шинэ эмч нарт хэрэгтэй мэдлэгээ хайх байнгын хэрэгцээтэй байдаг. Тиймээс эмч нарт далд мэдлэгээ ил гаргахад нь дэмжлэг үзүүлэх, хэрэгтэй мэдлэгээ хайх хялбар механизм байх хэрэгтэй.

IV. ЭМПИРИК СУДАЛГАА

Мэдээллийн системийн судлаачид “Мэдээллийн системийн судалгаанд системийн хөгжүүлэлт нь эмпирик судалгааны аргазүйг орлоно” гэж тэмдэглэдэг [46]. Тиймээс энэхүү судалгааны ажлын эмпирик судалгаанд мэдээллийн системийн шинжилгээ ба зохиомжийн арга зүйг ашиглах болно.

A. Судалгааны арга зүйн сонголт

Эрүүл мэндийн салбарын мэдээллийн систем хөгжүүлэлтийн талаарх мэдлэг, туршлага, мэдлэгийн менежментийн болон түүнийг дэмждэг мэдээллийн технологийн талаарх доорх хүчин зүйлс нь судалгааны арга зүйн сонголтод нөлөөлсөн. Тухайлбал:

- Судалгааны объектын мэдээллийн системийн хөгжүүлэлтийн мэдлэг, туршлага: Өнөөдөр ихэнх эмнэлгүүд вэб сайт, цахим бүртгэлийн систем, и-эмийн сан зэрэг анхан шатны, стандарт үйл ажиллагааны процедуруудыг автоматжуулсан ажил гүйлгээ боловсруулах мэдээллийн системүүдийг нэвтрүүлээд байна. Өөрөөр хэлбэл,

ЭТҮ-ний байгууллагуудын цахим шилжилт, дижиталжуулалт эхлэлийн төвшинд байна. Тиймээс удирдах ажилтнууд болон эмч ажилтнууд Байгууллагын нөөц төлөвлөлтийн систем (ERP), мэдлэгийн менежментийн систем (KMS) зэрэг нарийн төвөгтэй энтерпрайс системүүдийн хөгжүүлэлтэнд оролцох мэдлэг, чадвар хангалтгүй байна.

- Мэдлэгийн менежментийн системийн /технологийн танил байдал. Байгууллагын мэдлэгийн менежмент бол менежментийн харьцангуй шинэ чиглэл юм [26]. Тиймээс мэдлэгийн менежмент болон түүнд зориулагдсан мэдээллийн системийн ойлголт нь ЭТҮ-ний байгууллагуудын төдийгүй бусад салбарын хувьд шинэ тутам ойлголт байгаа нь тодорхой. Тухайлбал, судлаач Хафидлотун Муслиха цөөн тооны эмч, эмнэлгийн ажилтнууд мэдлэгийн менежментийн систем, түүний нэвтрүүлэхийн ач холбогдлын талаар мэддэг болохыг тэмдэглсэн байна [45].

Дээрх нөхцөл байдалд мэдээллийн системд тавигдах шаардлагуудыг хэрэглэгчдээс цуглуулахад ихээхэн хүндрэл бэрхшээл үүсэх юм. Харин эсрэгээрээ зах зээл дээр бэлэн байгаа ижил төстэй системүүдээс (COTS) тус мэдээллийн системийн үндсэн шаардлагуудыг тодорхойлж, системийн анхны загварыг боловсруулах нь системийн анхны хувилбар, ялангуяа прототайпыг байгуулахад илүү үр дүнтэй байдаг.

Систем хөгжүүлэх арга зүйн хамгийн сайн сонголтонд 1) Хэрэглэгчийн шаардлагуудын ойлгомжтой, тодорхой байдал, 2) Танил мэддэг технологи, 3) Системийн нарийн төвөгтэй байдал, 4) Системийн найдвартай байдал, 5) Төслийн цаг хугацааны хүрээ, 6) Төслийн цагийн хуваарийн бодит байдал гэсэн хүчин зүйлс нөлөөлдөг [47]. Хэрэглэгчийн шаардлагууд тодорхойгүй үед *прототайп хөгжүүлэх* болон *agile хөгжүүлэлтийн* арга зүйнүүд хамгийн сайн тохирдог.

Прототайп хөгжүүлэх арга зүйн онцлог нь туршилтын зорилгоор хэрэглэгчийн үндсэн шаардлагуудад түшиглэн системийн анхны логик загварыг хөгжүүлээд, дараа нь түүнийг хэрэглэгчдэд үзүүлж, нэмэлт шаардлагуудыг илрүүлж, системийн хүлээгдэж буй шинж чанаруудыг олж автал загварыг сайжруулж, тохиргоонуудыг хийдэг циклдсэн үйл явц байдаг. Ингэснээр эцсийн хэрэглэгчид төсөөллийн системээс ямар онцлогуудыг хүсч байгаагаа тодорхойлохоос илүүтэй туршилтын загвар дээр үл нийцэх онцлогуудыг тодорхойлох нь илүү хялбар болдог.

Зур. 4. МС хөгжүүлэх арга зүйн сонголт

Төслийн шинж чанар	Waterfall	Iterative	System Prototyping	Agile Development
Хэрэглэгчийн шаардлагууд тодорхойгүй	Муу	Сайн	Маш сайн	Маш Сайн

Эх сурвалж: A.Dennis, B.Wixom, R.Roth (2015)

Манай судалгаа нь тодорхой нэг төслийн хэсэг хараахан болоогүй байгаагаас гадна тус судалгааны ажлын хамрах хүрээ нь ММС-д заавал байх ёстой үндсэн (mandatory) шаардлагуудыг илрүүлж, системийн анхан

шатны логик загварыг боловсруулахад төвлөрсөн. Хэрэглэгчийн оролцоогүйгээр системийн үндсэн шаардлагуудыг тодорхойлохыг зорьж байгаа тус судалгааны ажилд шаардлагын шинжилгээнд прототайпингийн (system prototyping) нэг төрөл болох нээж илрүүлэх прототайпны (discovery prototyping) аргыг хэрэглэж, хоёрдогч эх сурвалжуудаас ЭТҮ-ний байгууллагын ажил хэргийн мэдлэгийн менежментийн системд тавигдах шаардлагуудыг тодорхойлж, системийг загварчлах нь тохиромжтой гэж үзсэн. Судалгааны дизайны ерөнхий тоймыг Зураг 5-д харуулав.

Зур. 5. Судалгааны дизайн



Нээж илрүүлэх прототайп (Discovery prototyping) нь системийн шинжилгээний хурдасгасан аргад хамаардаг бөгөөд эцсийн хэрэглэгчийн шаардлагыг илрүүлэх, эсвэл шаардлагыг баталгаажуулахын тулд жижиг хэмжээний, төлөөлөх, ажиллагаатай загварыг бүтээх үйл ажиллагаа юм. Энэхүү арга нь систем хөгжүүлэлтийн төслүүдэд өргөнөөр ашиглагддаг бөгөөд ялангуяа хөгжүүлэлтийн баг системийн шаардлагыг нарийн тодорхойлоход бэрхшээлтэй байгаа үед хэрэглэх нь элбэг байдаг. Ингэснээр хэрэглэгчид эцсийн бүтээгдэхүүнийг хүлээн авахаас өмнө загвар дээр туршиж, шаардлагуудаа бүрэн, зөв тодорхойлох боломжтой болдог.

**В. Судалгааны үр дүн**

Мэдлэгийн менежментийн эксперт Брэйн Уилсын нотолж байгаагаар эрүүл мэндийн салбарын ММ-ийн систем нь амжилттай хэрэгжихийн тулд дараахь таван гол шинж чанарыг агуулсан байх ёстой (Wills, 2020):

1. **Олон хэлний боломж:** Эрүүл мэндийн байгууллагууд, ялангуяа томоохон эмнэлгүүд дэлхийн өнцөг булан бүрд ажиллаж буй эмч нартай хамтран ажилладаг болж байна. Иймд олон хэлний боломжтой ММ-ийн систем нь газарзүйн болон хэлний бэрхшээлийг арилгахад тусалж, орон нутгийн болон англи хэлээр ярьдаггүй эмч нарт хэрэгтэй мэдлэгийг хялбархан олж авах, хуваалцахад нь тусалдаг.
2. **Ухаалаг хайлт:** Хэрэгтэй зүйлээ олж авахын тулд олон хуудсыг гүйлгэх цаг эмч нарт байдаггүй. Хүчирхэг, ухаалаг хайлтын систем нь чухал мэдээлэлд хялбар бөгөөд хурдан хандах боломжийг олгодог тул хамгийн үнэн зөв, хайж буй сэдэвтэй

холбоотой үр дүнг гаргадаг нэгдсэн хайлтын систем бол ММ-ийн системд байх ёстой нэг гол шинж чанар юм.

3. **Хамтран контент бүтээх боломж:** Эрүүл мэндийн мэдлэгийн сан зэрэг маш нарийвчилсан мэдээллийн нөөц нь хамтран контент бүтээхийг шаарддаг. Эмнэлгийн тусламж үйлчилгээний хамгийн сайн мэдлэгийн сангууд нь эмч нарыг нэгтгэж, хамтран ажиллах боломжийг олгодог хамтын ажиллагааны шинж чанартай байх ёстой.
4. **Найдвартай аюулгүй байдал:** Эрүүл мэндийн эмзэг мэдээллийг хамгаалахын тулд аюулгүй байдал зайлшгүй шаардлагатай. Тиймээс ММ-ийн систем нь хуудас, хавтас/фолдерын түвшинд тодорхой хязгаарлалт тавьж, агуулгын тодорхой хэсгийг бүрэн нууцлах боломжийг олгох ёстой. Ингэснээр эмнэлгийн мэдлэгийн санд зөвшөөрөлгүй нэвтрэхээс сэргийлнэ.

*Дурын төхөөрөмж ба вэб хөтчүүдээс нэвтрэх боломж:* Хүртээмжтэй байдал бол эрүүл мэндийн ММ-ийн системд зайлшгүй шаардлагатай шинж чанар юм. Энэхүү шаардлагыг хангахын тулд ММ-ийн систем нь гар утас, таблет, зөөврийн компьютер зэрэг төхөөрөмжүүд дээр хандахад хялбар байх ёстойгоос гадна Firefox, Google Chrome, Internet Explorer зэрэг бүх томоохон вэб хөтчүүд дээр жигд ажилладаг байх ёстой.

Эмпирик судалгааны хүрээнд нээж илрүүлэх прототайпын аргаар ЭТҮ-ний байгууллагад зориулсан вэбд суурилсан мэдлэгийн менежментийн системд заавал байх ёстой өндөр түвшний үндсэн функциональ шаардлагуудыг Хүснэгт 1-д харуулсан олон улсад танигдсан, нэр хүндтэй байгууллагуудын ашиглаж буй ММС-үүд болон холбогдох судалгааны ажлуудаас илрүүлэв.

Сонгож авсан 5 ММС-ийн 4 нь бэлэн хөгжүүлэгдсэн, програм хангамжийн багц хэлбэрээр (COTS) зах зээл дээр бэлэн худалдаалагддаг бөгөөд үндэстэн дамнасан корпорациуд байгууллагын мэдлэгийн менежментийн систем болгон ашиглаж байна. Зорилтот ММС-ийн үндсэн функцуудыг гаргаж ирэхдээ:

1. Бэлэн хөгжүүлэгдсэн COTS системүүдийн хувьд тухайн системийн веб хуудасны “Features” цэнээс системийн функцуудын жагсаалт, тайлбарыг нэг бүрчлэн олж цуглуулсны дараа нэгтгэж ижил буюу давхцаж буй функцүүдийг тодорхойлов.
2. Харин вэб хуудаснуудаас нь функцүүдийг нь тодорхойлох боломжгүй, функцын тайлбарыг тодруулах шаардлагатай тохиолдолд системд бүртгэл үүсгэн, борлуулалтын мэргэжилтэнтэй нь “Zoom”-ээр ярилцлага товлон системийн Demo ашиглах зөвшөөрөл авсны дараа функцуудын тайлбарыг дэлгэрүүлэв.

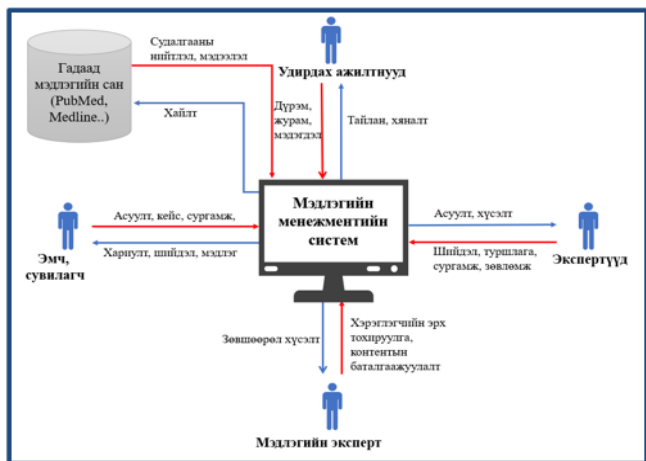
ХҮСНЭГТ 1. ЭМПИРИК СУДАЛГААНД АШИГЛАСАН МЭДЛЭГИЙН МЕНЕЖМЕНТИЙН СИСТЕМҮҮД

	Нийлүүлэгч	URL	ММС-ийн зориулалт	Онцлог	Ашиглаж буй олон улсад танигдсан харилцагчид
1	E-Government Lab	<a href="http://www.semanticscholar.org">www.semanticscholar.org</a>	Сэтгэцийн эрүүл мэндийн эмч нарт	System Prototype	Сэтгэцийн Эрүүл Мэндийн Эмнэлэг, Индонез улс
2	Bloomfire	<a href="https://www.bloomfire.com/">https://www.bloomfire.com/</a>	Бүх салбарын байгууллагад	COTS	FedEx, SouthWest airlines
3	Document360	<a href="https://document360.com/">https://document360.com/</a>			McDonald’s; Harvard University
4	PHPKB	<a href="https://www.phpkb.com/">https://www.phpkb.com/</a>			IBM; Lenovo; Verizon; Comcast; CISCO
5	Guru	<a href="https://www.getguru.com/">https://www.getguru.com/</a>			Figma; Spotify; Shopify

3. Түүнээс гадна Сэтгэцийн эрүүл мэндийн эмч нарт зориулсан ММС-ийн прототайп байгуулах нэг кейсийн судалгаанаас нэмэлт функцүүдийг илрүүлсэн.

Холбогдох эх сурвалжуудыг судалж, шинжлэн ММС-ийн мөн чанар, нэр томъёо, үндсэн функцүүдийг тодорхойлсны үндсэн дээр бид тухайн системийн гадаад орчны ямар элементүүд харилцан үйлчлэлцэж, тэдний ямар эрэлт хүсэлтэд буюу *орцод (input)* систем хариу өгч, ямар мэдээлэл, мэдлэгийг гаргах ёстой буюу *гарцаар (output)* хангах ёстойг ойлгоход туслах системийн контекст загварыг Зураг 6-д харуулсан байдлаар боловсруулав.

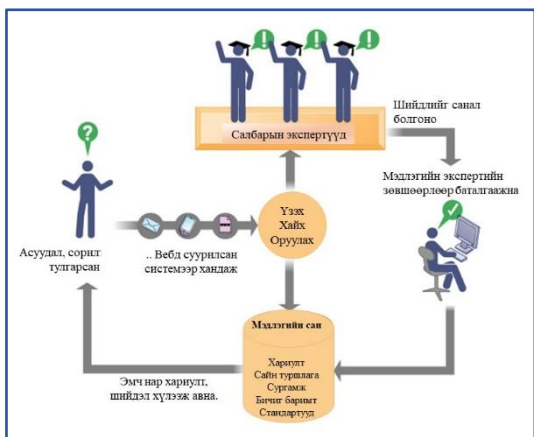
Зур. 6. ЭТҮ-ний ММС-ийн контекст загвар



Эх сурвалж: Судлаачдын боловсруулсан

Аливаа ММС-ийн хамгийн гол зорилго нь ажилтнуудад байгаа далд мэдлэгийг ил болгох, түүнийг хэрэглэнд оруулж шинэ мэдлэг бүтээхэд ашиглах, бүтээсэн мэдлэгийг байгууллагын санах ойд хадгалж мэдлэг ашиглан үүрэгт ажлаа хийж гүйцэтгэх, шийдвэр гаргахад нь туслах явдал юм. Тийм далд мэдлэг буюу шинэ мэдлэг бүтээлтийг дэмжих системийг хөгжүүлэхийн тулд системийн шинжээчид ба хөгжүүлэгчид ММС нь шинэ мэдлэг бүтээлт ба түүнд ил ба далд мэдлэгийг хэрэглэх, мэдлэгийг хадгалах үйл явцуудыг ММС хэрхэн дэмжихийг ойлгох шаардлагатай.

Зур. 7. Мэдлэг бүтээх, далд мэдлэгийг эргэлтэд оруулах процессын ерөнхий загвар



Эх сурвалж: Laudon (2020)-ны загварыг эмч нарын мэдлэг бүтээх, хуваалцах, хадгалах үйл явц руу хөрвүүлэн буулгав.

Энэ хэрэгцээг хангахын тулд Hivemine компанийн AskMe Knowledge Discovery програм хангамж дахь үйл явцыг дүрсэлсэн судлаач Лаудоны боловсруулсан загварыг эмч нарын мэдлэг бүтээх, хуваалцах, хадгалах үйл явц руу хөрвүүлэн буулгаж Зураг 7 дээр харуулав. Энэ загвар нь Зураг 6 дээрх контекст загварыг процессоор нь задалж илүү дэлгэрүүлж байгаа бөгөөд мэдлэг бүтээх, далд мэдлэгийг эргэлтэд оруулах процессыг ойлгомжтой болгон харуулж байгаа юм.

Хүснэгт I -д харуулсан ММС-ийн бэлэн багцуудаас илрүүлж нэгтгэх замаар гаргаж ирсэн ЭТҮ-ний байгууллагад зориулсан ММС-д заавал байх ёстой шаардлагуудын (mandatory requirements) жагсаалтыг Хүснэгт II дээр харууллаа.

Хүснэгт II. ЭТҮ-ний байгууллагад зориулсан ММС-д заавал байх ёстой шаардлагууд

Үндсэн функцүүд	Гол функцүүдийн зориулалт, ач холбогдол
1 <b>Контент менежмент</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Хэрэглэгчдийн анхаарлыг чухал нийтлэлд хандуулахын тулд тэдгээрийг онцлох гэж тэмдэглэж болно. Эдгээр нийтлэлийг нийтлэлийн жагсаалтын дээд талд болон нүүр хуудсан дээр харуулна.</li> <li>Байнгын хандалттай хуудсууд руу хурдан шилжих холбоос үүсгэх боломжтой.</li> <li>Шинэ контентын талаар хэрэглэгчдэд мэдэгдэл илгээнээр шинэчлэлийг алдахгүй харах боломжтой.</li> <li>Контентыг нийтлэх эсвэл тодорхой хугацаанд нийтлэхгүй байх цагийн автомат тохиргоо хийх.</li> <li>Мэдлэгийн сангаас ямар контент татаж болохыг хянахын тулд татаж авах зөвшөөрлийг тохируулах боломжтой.</li> <li>Тодорхой контентэд хандах шаардлагатай хэрэглэгчдэд зориулсан бүлгүүдийг үүсгэх</li> <li>Нууц мэдээлэлд хандах хандалтыг хянахын тулд бүлгийг зөвхөн урилгаар хандах тохиргоотой болгоно.</li> <li>Контентод "сүүлийн үеийн" гэсэн тэмдэглэгээг тодорхой хугацаанд нэмж, хэрэглэгчдэд хамгийн сүүлийн үеийн мэдлэгийг олж авч байгаа итгэлийг нэмэгдүүлнэ.</li> <li>Сонгосон нийтлэлийн хамт холбогдох контентуудыг жагсаалтыг харуулах бөгөөд энэ нь мэдлэгийн сангаас нэмэлтээр холбогдох мэдээлэл авахад тусална.</li> </ul>
2 <b>Хэлэлцүүлгийн форум</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Эмч нарыг дурын газраас, хэрэгтэй цагтаа мэдлэгээ хялбар хуваалцах процессыг дэмжинэ.</li> <li>Салбарын мэргэшсэн экспертүүдээс асуулт асууж, хариулт авах замаар мэдлэг олж авч, бас түгээж боломж олгоно.</li> </ul>
3 <b>Контент хайх</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Бүх контентыг, тухайлбал нийтлэл, өгүүлэл, баримт бичиг, форум дээрх сэдвийг хайна.</li> <li>Хэрэглэгчид тодорхой контентыг сонгож хайх боломж олгоно.</li> <li>Эсвэл түлхүүр үгтэй холбоотой үр дүнт санал болгоно.</li> <li>Системд байршуулсан медиа, сэтгэгдэл, видеон дээр хэлсэн үг зэрэг бүх агуулгыг индексжүүлж, бүх зүйлийг хайх боломжийг олгоно.</li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>Агуулгын төрөл, зохиогч, огнооны хүрээ гэх мэт шүүлтүүрийг ашиглан хайлтын үр дүнг өөрт хамгийн чухал агуулга болгон нарийсгах боломж олгоно.</li> <li>Ижил утгатай үгсийн санг үүсгэнээр ойролцоо утгатай үгээр хайлт хийсэн ч яг хайж байсан мэдээллээ олж болно.</li> <li>Хандалт хийх боломжтой бүх мэдээллийн сангаас хайлт хийгээд нэг товшилтоор тэдгээрийн хооронд шилжинэ.</li> </ul>
4	<b>Контентыг баталгаажуулах</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Зөвшөөрөгдсөн экспертүүдэд агуулгыг шалгаж нийтлэхэд тохиромжтой, засварлах эсвэл устгах шаардлагатай эсэхийг шийдэх эрхийг олгоно.</li> <li>Агуулгын чанар, мэдлэгийг өндөр түвшинд байлгах шаардлагыг хангана.</li> <li>Нийтлэлийг редактор эсвэл админ эрхтэй хэрэглэгчийн зөвшөөрөлгүй бол нийтлэхгүй. Хэрэв нийтлэл шинэчлэгдсэн бол шинэчилсэн хуулбар батлагдах хүртэл хуучин хувилбар нийтлэгдсэн хэвээр байна.</li> <li>PDF файлуудад толгой болон хөл хаягжилтийг нэмж, өмчлөн, дахин PDF экспорт файл үүсгэх боломж олгоно.</li> <li>Хэрэглэгчдэд мэдлэгийн сангийн тодорхой нийтлэл, тодорхой нийтлэлийн ангиллыг автоматаар дагах боломжийг олгоно.</li> </ul>
5	<b>Өргөн хэрэглэдэг файл менежментийн системийг холбох</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Google Drive, OneDrive, Box, Dropbox-оос шууд контент байршуулах эсвэл контент хадгалах</li> </ul>
6	<b>Асуулт, хариултыг хадгалж, хайх боломжтой болгох</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Crowdsourcing хариултуудыг харуулах</li> <li>Хамгийн сайн хариултыг тэмдэглэх</li> <li>Хариултанд санал нийлж байгаа, нийлэхгүй байгаа тэмдэглэгээ хийх</li> <li>Дурдах (mention) – Салбарын мэргэжилтнүүдийг дурдаж, тэдэнд мэдэгдэл илгээж, асуултанд хариулахад нь хөхүүлэн дэмжих</li> <li>Зөвшөөрөгдсөн хариултууд - Хэрэглэгчийн асуултад хамгийн сайн хариулсан хариултыг бусад хэрэглэгчдэд харуулахын тулд зөвшөөрөгдсөн хариултыг сонгох боломж олгоно.</li> </ul>
	<b>Сэтгэгдэл хэсэгт яриа үргэлжлүүлэх</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Сэтгэгдэл бичих – Асуултыг тодруулж асуух, харилцан ярианд өөрийн мэдлэгийг нэмэх, тодорхой хэлэлцүүлэг, ярианд өөрийн мэдлэгээ нэмэх, эсвэл агуулга нь үнэ цэнэтэй болохыг зохиогчдод мэдэгдэхийн тулд нийтлэлүүд дээр сэтгэгдэл бичих боломж олгох</li> <li>Хадгалах - Сэтгэгдлүүдийг хадгалж ажилтнууд байгууллагаас гарсан ч тэдний мэдлэг, санал хүсэлтийг алдахгүй байх боломж олгох</li> </ul>
	<b>Эрхийн тохиргоо</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Өөр өөр хэрэглэгчийн эрхээс сонгож, бүх хэрэглэгчдэд зөвшөөрлийн түвшинг нь харуулахаар тохируулах.</li> </ul>
	<b>Вебэд суурилсан програм хангамж</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Веб хөтөчид суурилсан програм хэлбэрээр хөгжүүлэгдэх тул хэрэглэгчид ямар нэгэн тусгай програм суулгах шаардлагагүй.</li> </ul>

V. ДҮГНЭЛТ

Мэдлэгийн менежментийн систем бол орчин үеийн дижитал байгууллагын ERP-байгууллагын нөөц төлөвлөлтийн систем, CRM-хэрэглэгчтэй харилцах, түншлэх систем, SCM-нийлүүлэлтийн сүлжээг удирдах систем, PRM-түншүүдтэй харилцах систем зэрэг

энтерпрайс системүүдээс бүрддэг мэдээллийн системийн архитектур дэд бүтцийн нэг чухал бүрэлдэхүүн хэсэг юм.

Олон улсын туршлагаас харахад байгууллагын ММ-ийн санаачлага, хөтөлбөр ба ММС-ийн хөгжүүлэлт, нэвтрүүлэлт нь бэлэн байгаа ил мэдлэг буюу бичиг баримтыг удирдаж, хүртээмжтэй болгохоос эхлүүлэх ёстой.

ЭТҮ-ний байгууллагын суралцах үйл явц ба ажил хэргийн ноу-хауг үр дүнтэй удирдах зорилгоор ММС-ийн байгуулж, нэвтрүүлдэг.

Энэхүү судалгааны ажлаар нээж илрүүлэх (Discovery prototyping) аргын тусламжтайгаар зах зээлд бэлэн байгаа ММС-үүдийг шинжилж, ЭТҮ-ний байгууллагуудад зориулсан ММС-д заавал байх ёстой үндсэн шаардлагуудыг илрүүллээ. Системийн шинжилгээний үр дүн нь ЭТҮ-ний байгууллагад зориулсан ММС нь дараахь функцүүдийг заавал агуулж байх шаардлагатайг харуулж байна. Үүнд:

1. Бичиг баримт (.doc, .xcl, .pdf г.м) удирдах функц
2. Контент (зураг, аудио, видео, вэб хуудас г.м) удирдах функц
3. Найривчилсан хайлтын функц
4. Харилцаа, хамтын ажиллагааны функц
5. Мэдлэг хуваалцах функц
6. Үйл явдлыг удирдах функц
7. Гадны мэдлэгийн санд хандалт хийх

Эцэст нь тус судалгааны ажлын хамрах хүрээ нь мэдээллийн системийн олон үе шаттай хөгжүүлэлтийн үйл явцын системийн шинжилгээний үе шатны ажил болох системийн шаардлагуудын шинжилгээг илрүүлэх үйл ажиллагаагаар хязгаарлагдсан.

АШИГЛАСАН ЭХ СУРВАЛЖУУД

[1] Я.Энхжаргал. (2022, 08 16). Сувилагчийн хомсдол нь цалин нэмээд л шийдчих асуудал биш, цогц арга хэмжээ авах шаардлагатай. Retrieved from Unuudur: <https://www.unuudur.mn/a/248013>

[2] Б.Саруул. (2021). Digital Nation - 2021 | Эрүүл мэнд, боловсрол, нийгмийн салбарын хэлэлцүүлгээс онцлох нь. Retrieved from <https://ub.life/p/26788>

[3] Kohn, L.T., Corrigan, J.M. and Donaldson, M.S. (2000) To Err Is Human: Building a Safer Health System. A Report of the Committee on Quality of Health Care in America, Institute of Medicine, National Academy Press, Washington DC.

[4] Vincent, C. e. a. (2001). Adverse events in British hospitals: preliminary retrospective record review. *BMJ*, 322(7285), 517-519. doi:10.1136/bmj.322.7285.517

[5] Wills, B. (2020). A Systematic Approach to Healthcare Knowledge Management

[6] ЭМЯ. (2016). "ЭРҮҮЛ МЭНДИЙН САЛБАРЫН ХӨГЖИЛД-ЭРДЭМТДИЙН ОРОЛЦОО" сэдэвт хэлэлцүүлэг болж байна. Retrieved from <https://moh.gov.mn/news/1437>

[7] Lazanas, P. (2007). A new integrated approach for the transfer of knowledge. *South African Journal of Higher Education*, 20. doi:10.4314/sajhe.v20i3.25588

[8] Bolarinwa, O., Salaudeen, A. G., & Akande, T. (2012). Overview of Knowledge Management Applications in Health Care Delivery of Developing Countries. *Academic Research International*, 3, 38-45.

[9] Bordoloi. (2012). Knowledge Management Practices and Healthcare Delivery: A Contingency Framework. *Electronic Journal of Knowledge Management*, 10, 10-20.

- [10] El Morr, C., & Subercaze, J. (2010). Knowledge Management in Healthcare. In (pp. 490-510).
- [11] Abidi et al. (2008). Operationalizing prostate cancer clinical pathways: An ontological model to computerize, merge and execute institution-specific clinical pathways. Paper presented at the Workshop on Knowledge Management for Health Care Procedures.
- [12] Alavi, M., & Leidner, D. E. (2001). Review: Knowledge Management and Knowledge Management Systems: Conceptual Foundations and Research Issues. *MIS Quarterly*, 25(1), 107-136. doi:10.2307/3250961
- [13] Nonaka. (1995). The knowledge-creating company: How Japanese companies create the dynamics of innovation (Vol. 105): OUP USA.
- [14] Nonaka. (2000). A firm as a knowledge-creating entity: a new perspective on the theory of the firm. *Industrial and Corporate Change*, 9(1), 1-20. doi:10.1093/icc/9.1.1
- [15] Hujala. (2021). Effects of knowledge management on the management of health and social care: a systematic literature review. *Journal of Knowledge Management*, 25(11), 203-221. doi:10.1108/JKM-11-2020-0813
- [16] Kilo, C. M. (2005). Transforming care: medical practice design and information technology. *Health Affairs*, 24(5), 1296-1301.
- [17] Acharyulu, G. (2011a). Information Management in a Health Care System: Knowledge Management Perspective.
- [18] Polanyi, M. (2009). The tacit dimension. In *Knowledge in organizations* (pp. 135-146): Routledge.
- [19] Englehardt, S.P., & Nelson, R. (2002). Health care informatics : an interdisciplinary approach.
- [20] Lin, Chris & Hsieh, Pei-ling. (2006). The role of technology readiness in customers' perception and adoption of self-service technologies. *International Journal of Service Industry Management - INT J SERVICE IND MANAGEMENT*. 17. 497-517. 10.1108/09564230610689795.
- [21] Aron et al. (2011). The Impact of Automation of Systems on Medical Errors: Evidence from Field Research. *Information Systems Research*, 22(3), 429-446. doi:10.1287/isre.1110.0350
- [22] Ho, K., Bloch, R., Gondocz, T., Laprise, R., Perrier, L., Ryan, D., . . . Wenghofer, E. (2004). Technology-enabled knowledge translation: Frameworks to promote research and practice. *Journal of Continuing Education in the Health Professions*, 24(2), 90-99. doi:10.1002/chp.1340240206
- [23] Sim, I., Gorman, P., Greenes, R. A., Haynes, R. B., Kaplan, B., Lehmann, H., & Tang, P. C. (2001). Clinical decision support systems for the practice of evidence-based medicine. *J Am Med Inform Assoc*, 8(6), 527-534. doi:10.1136/jamia.2001.0080527
- [24] Stead, W. W., & Lin, H. S. (2009). The National Academies Collection: Reports funded by National Institutes of Health. In W. W. Stead & H. S. Lin (Eds.), *Computational Technology for Effective Health Care: Immediate Steps and Strategic Directions*. Washington (DC): National Academies Press (US)
- [25] Kankanhalli, A., Tan, B. C. Y., & Wei, K.-K. (2005). Contributing Knowledge to Electronic Knowledge Repositories: An Empirical Investigation. *MIS Quarterly*, 29(1), 113-143. doi:10.2307/25148670
- [26] Д.Болормаа. (2018). Дээд боловсролын байгууллагуудын мэдлэгийн менежментийн чадавхад нөлөөтэй хүчин зүйлсийн шинжилгээ (бизнес, менежментийн их, дээд сургуулиудын жишээн дээр). Retrieved from <http://data.stf.gov.mn/Publication/Thesis/ThesisViewPublic.aspx?id=128516>
- [27] Becerra-Fernandez I. & Sabherwal R. (2010). *Knowledge management systems and processs*. New York: M.E.Sharpe. Inc.
- [28] Leonard, D. (1995). *Wellsprings of knowledge*: Boston: Harvard business school press.
- [29] Masseroli, M. e. a. (2006). He@lthCo-op: a web-based system to support distributed healthcare co-operative work. *Comput Biol Med*, 36(2), 109-127. doi:10.1016/j.combiomed.2004.09.005
- [30] Andreasson et al. (2018). Professional Bureaucracy and Health Care Managers' Planned Change Strategies: Governance in Swedish Health Care. *Nordic Journal of Working Life Studies*, 8. doi:10.18291/njwls.v8i1.104849
- [31] Mansingh, G., Osei-Bryson, K.-M., & Reichgelt, H. (2009). Issues in knowledge access, retrieval and sharing—Case studies in a Caribbean health sector. *Expert Systems with Applications*, 36(2), 2853-2863.
- [32] ЭМЯ. (2021). ЭРҮҮЛ МЭНДИЙН САЛБАРТ ЦАХИМ ШИЛЖИЛТИЙГ ЭХЛҮҮЛЛЭЭ. Retrieved from <https://moh.gov.mn/news/5313>
- [33] Stavert-Dobson, A. (2016). *Health Information Systems*.
- [34] Olsson et al. (2008). Permanent and temporary work practices: knowledge integration and the meaning of boundary activities. *Knowledge Management Research & Practice*, 6(4), 260-273. doi:10.1057/kmrp.2008.27
- [35] Gerber et al. (2010). An Agenda For Action On Global E-Health. *Health Affairs*, 29(2), 233-236. doi:10.1377/hlthaff.2009.0934
- [36] Sara S McCracken and John S Edwards, [Knowledge Management Research & Practice](#), 2017, vol. 15, issue 1, 1-11
- [37] Wiig, K. M. (1993). Knowledge Management Foundations : Thinking about Thinking : How People and Organizations Create, Represent and Use Knowledge / K.M. Wiig.
- [38] James O'Brien (2012). Introduction to Information Systems 16th Edition
- [39] Anderson, Jane A. MSN, RN, FNP-BC; Willson, Pamela PhD, RN, FNP-BC. Knowledge Management: Organizing Nursing Care Knowledge. *Critical Care Nursing Quarterly* 32(1):p 1-9, January 2009. |DOI: 10.1097/01.CNQ.0000343127.04448.13
- [40] Schwartz. (2000). On Knowledge Management in the Internet Age. In.
- [41] Gupta et al. (2000). Knowledge management: practices and challenges. *Industrial management & data systems*.
- [42] O.A. Bolarinwa, A.G. Salaudeen, T.M. Akande (2012). Overview of knowledge management applications in health care delivery of developing countries, *Academic Research International*, Vol. 3, No. 3, November 2012 Vol. 3, No. 3, November 2012
- [43] Hwang, H.-G., Chang, I. C., Chen, F.-J., & Wu, S.-Y. (2008). Investigation of the application of KMS for diseases classifications: A study in a Taiwanese hospital. *Expert Systems with Applications*, 34(1), 725-733. doi:<https://doi.org/10.1016/j.eswa.2006.10.018>
- [44] Barbosa, J., Gonçalves, A., Vera, S., & Leitão, A. (2009). A Proposed Architecture for Implementing a Knowledge Management System in the Brazilian National Cancer Institute. *BAR : Brazilian Administration Review*, 6. doi:10.1590/S1807-76922009000300006
- [45] Muslikhah, K. (2015). Designing knowledge management system prototype for mental health practitioners. *Proceedings of the International HCI and UX Conference in Indonesia*.
- [46] Nunamaker, J. F., Chen, M., & Purdin, T. D. M. (1990). Systems Development in Information Systems Research. *Journal of Management Information Systems*, 7(3), 89-106. doi:10.1080/07421222.1990.11517898
- [47] A.Dennis, B.Wixom, Roberta M.Roth (2015). System analysis and design,
- [48] Mintzberg, H. (1979). *The structuring of Organizations* . Englewood Cliffs, NJ: Prentice hall.io

## **Салбар хуралдаан 3**

**Хиймэл оюун ухаан**

# Бодлыг бодит болгох нь – Тархи Компьютерын Интерфейс системд суурилсан машин сургалт

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

Мөнхбаяр Бат-Эрдэнэ  
Системийн аюулгүй байдлын салбар  
Шинжлэх Ухаан Технологийн Их Сургууль  
Улаанбаатар, Монгол  
munkhbayar.b@must.edu.mn

Үүрцайх Лувсансамбуу  
Электроникийн салбар  
Шинжлэх Ухаан Технологийн Их Сургууль  
Улаанбаатар, Монгол  
uurtsaikh@must.edu.mn

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

**Хураангуй** - Энэхүү өгүүллээр тархи-компьютерын интерфейс (ТКИ) -ийг ашиглан гэрлийн асалт унтралтыг бодлоор удирдах системийг хэрхэн хөгжүүлэх талаар хийсэн судалгааны ажлын зарим үр дүнг танилцуулж байна. Сургалтын өгөгдлийг цуглуулахдаа ассан болон унтарсан чийдэнгийн дүрсийг ажиглах замаар тархины 5 цэгийн цахилгаан энцефалограмм (EEG) дохионы өгөгдлийг \*.csv төрлийн файлд хадгалж, цаашилбал, эдгээр өгөгдлөөс онцлогуудыг тооцоолон гаргасан ба машин сургалтын логистик регрессийн аргыг хэрэглэн бодлыг ангилж, ангилал тус бүрд харгалзах командыг үүсгэн бодит гэрлийг удирдаж үзлээ. Логистик регрессийн аргыг хэрэглэнээр гэрлийг асаах болон унтраах командыг 79.5% нарийвчлалтай таамаглан ангилж чадсан үр дүнд хүрэв.

*Түлхүүр үг – EEG, BCI, дохио боловсруулалт, тархи, логистик регресс*

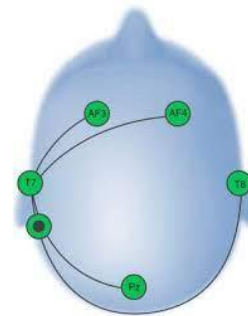
## I. ОРШИЛ

Сүүлийн хориод жилийн хугацаанд ТКИ (Тархи - Компьютерын Интерфейс буюу BCI-Brain computer interface)-ийн хөгжүүлэлтийг эрчимтэй явуулж байна. Мэдрэлийн эмгэгтэй хүмүүс хөдөлгөөний удирдлагын тогтолцоо хангалтгүйн улмаас алхах, ярих, бичихэд хүндрэлтэй байдаг бөгөөд ТКИ төхөөрөмжийн тусламжтайгаар тэднийг хэвийн амьдралд ороход нь тусалдаг байна [1, 2, 3, 4, 5, 6].

Судалгаа [1]-ээс харахад, хүний тархи 86 тэрбум орчим мэдрэлийн эс буюу нейронтой ба тархины цахилгаан идэвхжилийг үүсгэдэг бөгөөд үүнийг ТКИ ашиглан цахилгаан энцефалограмм (EEG) дохио болгон хувиргах замаар хэмжиж болно. Тусгай өмсгөл өмсөх замаар толгойн хуйхны 5-аас 96 хүртэлх тооны цэгээс цахилгаан дохиог уншиж, бичиж, хадгалж болно [7, 8, 10, 16]. Ийм төрлийн системүүдийн нэг нь EMOTIV INC компанийн төхөөрөмж бөгөөд энэ нь 5-аас 32 хүртэлх цэгийн өгөгдлийг цуглуулж чаддаг байна. Манай судалгаатай төсөөтэй судалгааны ажлуудыг [1, 3, 4, 6, 7]-аас харж болно.

Бидний туршилтад ашигласан EMOTIVE INSIGHT төхөөрөмж нь 5 цэгээс дохиог цуглуулах хүчин чадалтай, харьцангуй бага нарийвчлалтай төхөөрөмжид тооцогддог. Уг төхөөрөмж нь малгай хэлбэрийн тусгай өмсгөлөөр тоноглогдсон бөгөөд толгойн хуйханд байрлуулсан 5 электродоор харгалзах цэгүүдийн цахилгаан потенциалын динамик өөрчлөлтийг хэмжиж тархины үйл ажиллагааг бүртгэнэ. Эдгээр электродуудын

байрлалыг Зураг 1 -д үзүүлэв. Электрод тус бүрийг тархины аль хэсэгт байрлуулж байгаагаас хамааран AF3, AF4, T7, T8, Pz гэж нэрлэдэг байна. AF3, AF4 электродууд нь духан дээр байрлах бөгөөд тархины зүүн урд болон баруун урд хэсгийн үйл ажиллагааны цахилгаан дохиог хэмжинэ [8, 9, 17, 18]. Тархины энэ хэсэг нь анхаарал, шийдвэр гаргах, сэтгэл хөдлөлийн зохицуулалт зэрэг танин мэдэхүйн төрөл бүрийн үйл явцтай холбоотой байдаг. T7 ба T8 электродууд нь хуйхны зүүн болон баруун талын чихний дээд хэсэгт тус тус байрлах бөгөөд тархины “түр зуур”-ын дэлбэнгийн үйл ажиллагааг хэмжинэ. Тархины түр зуурын дэлбэн нь сонсголын боловсруулалт, санах ой, хэлийг ойлгох зэрэг олон төрлийн танин мэдэхүйн үйл ажиллагаанд оролцдог. Pz электрод нь хуйхны гол шугам дээр, толгойн оройн ойролцоо байрлах бөгөөд тархины париетал дэлбэнгийн үйл ажиллагааг хэмжинэ. Париетал дэлбэн нь орон зайн боловсруулалт, анхаарал, ойлголт зэрэг олон төрлийн танин мэдэхүйн үйл ажиллагаанд оролцдог байна [13,14, 15].



Зураг 1. Emotiv Insight

EEG дохионы бүтцийг өөр өөр давтамжийн зурваст шүүн задалж дараа дараагийн боловсруулалтад ашигладаг. Эдгээр давтамжийн зурвасууд болон тэдгээртэй холбоотой тархины үйл ажиллагааны төлөвүүдийг харуулбал [16]:

- Дельта (0.5-4 Гц): Дельта давтамжийн хүрээ нь гүн нойр, ухаангүй байдал, зарим төрлийн бясалгалтай холбоотой байдаг.
- Тета (4-8 Гц): Тета давтамжийн хүрээ нь амрах, зүүдлэх, хөнгөн унтахтай холбоотой. Энэ нь



бүтээлч байдал, зарим төрлийн бясалгалтай холбоотой байдаг.

- Альфа (8-12 Гц): Альфа давтамжийн хүрээ нь сэрүүн амралт, тайван байдал, бясалгалтай холбоотой байдаг. Энэ нь мөн "амарч сэрүүн байх" төлөвтэй холбоотой.
- Бета (12-30 Гц): Бета давтамжийн хүрээ нь идэвхтэй сэтгэлгээ, төвлөрөл, асуудал шийдвэрлэхтэй холбоотой. Энэ нь мөн стресс, түгшүүр, мэдрэлийн мэдрэмжтэй холбоотой байдаг.
- Гамма (30-100 Гц): Гамма давтамжийн хүрээ нь өндөр түвшний танин мэдэхүйн боловсруулалт, биеийн хөдөлгөөнтэй холбоотой байдаг.

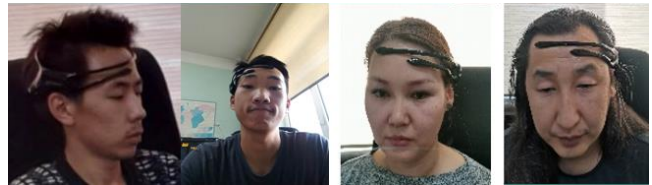
ТКИ нь тархи болон физик төхөөрөмжүүдийн хооронд шууд холбоо тогтоож, тархины үйл ажиллагааны төрөл бүрийн төлөвийг шууд команд болгон хөрвүүлдэг [2, 7, 8, 9, 10]. Судалгаанд өргөн хэрэглэдэг машин сургалтын аргуудыг ашиглан баруун ба зүүн гар, баруун ба зүүн хөл, хэл, тохой, нударга, хурууны хөдөлгөөнтэй холбоотой болон бусад үйлдлүүдийг тархи хэрхэн удирддаг талаар олон тооны судалгааны ажлуудыг хийсээр байна [2, 4, 5].

Тус өгүүлэл нь дараах хэсгүүдээс бүрдэнэ. Үүнд, 1-р хэсэгт тархины талаарх ерөнхий ойлголт, 2-р хэсэгт сургалтын өгөгдлийг цуглуулах аргачлал болон хэрхэн өгөгдлөө цуглуулсан тухай, 3-р хэсэгт цуглуулсан өгөгдлийг (дохиог) боловсруулах болон түүний онцлогийг тооцоолох талаар, 4-р хэсэгт онцлогт суурилсан логистик регрессийн ангиллын машин сургалтын алгоритмын талаар, эцэст нь туршилт судалгааны үр дүн болон дүгнэлтийг тус тус танилцуулсан болно.

## II. СУРГАЛТЫН ӨГӨГДӨЛ ЦУГЛУУЛАХ АРГАЧЛАЛ

Тодорхой тооны электрод бүхий толгойн өмсгөлөөс харааны мэдээлэл буюу дохионд суурилсан бодлыг команд болгон хувиргаж ямар нэгэн бодит объектыг удирдах нь манай судалгааны ажлын үндсэн зорилго юм. Үүний тулд, сургалтын өгөгдлийг MNE буюу хүний нейробиологийн өгөгдлийг судлах, дүрслэх, шинжлэхэд зориулагдсан нээлттэй эхийн Python багц сангийн формат руу хөрвүүлж ашигласан ба хувиргасан өгөгдлөөс тархины долгионы онцлогуудыг гарган авах замаар бодлыг ангилж команд болгон хөрвүүлэх юм.

EMOTIV INSIGHT төхөөрөмжийг хэрэглэн тодорхой хугацааны давтамжтайгаар бодолд харгалзах цахилгаан дохиог бичиж авахдаа хүний бодлын ялгаатай байдлыг гаргахын тулд [2, 3, 8] –д заасан туршилтын аргыг хэрэглэлээ. Уг аргын гол санаа нь, тухайн оролцогчид 6 секундний давталттайгаар 2 зургийг ээлж дараалуулан харуулж 5 цэгээс EEG-г уншиж авахад оршино. Харуулж буй зургийн нэг нь унтарсан гэрэл (чийдэн), нөгөө нь хар буюу хоосон зураг байна. Туршилтад оролцогч нь унтарсан байгаа гэрлийг хараад түүнийг “ас” гэж бодох ба дараа нь хоосон буюу хар зургийг харан өөр зүйлд төвлөрнө. Хэд хэдэн удаагийн туршилтаар “гэрэл унтар” болон “гэрэл ас” мөн өөр бодол (завсарлага) гэх 3 ялгаатай бодлыг тодорхой хугацаанд бичиж файлд хадгалсан. Тархины бичлэгийг хоёр өөр өдөр хийсэн бөгөөд туршилтад 20 – 42 насны 3 эрэгтэй, 1 эмэгтэй оролцогч ажилласан байдлыг Зураг 2-г үзүүлэв.



Зураг 2. Туршилтад орсон хүмүүс

Туршилтад оролцогч бүрийн бичлэг бүр нь богино “завсарлага” буюу интервалаар тусгаарлагдана. Бичлэг бүр 10 туршилтаас бүрдэнэ. Нэг туршилт нь гэрэл асах бодол 6 секунд үүний дараа энгийн бодол 6 секунд байхаар хийгдэж байгааг Зураг 3-т үзүүлэв.



Зураг 3. Өгөгдөл цуглуулж байгаа байдал

EMOTIV төхөөрөмжөөс уншиж авсан 5 цэгийн өгөгдлийг Bluetooth интерфэйсээр компьютертой холбогдож дамжуулсан ба хүлээн авсан өгөгдлийг Python программ ашиглан \*.csv өргөтгөлтэй файл болгон хадгална. Туршилтад хэрэглэсэн төхөөрөмжүүдийн холболтыг Зураг 4-т үзүүлэв.



Зураг 4. Өгөгдөл цуглуулах холболт

Оролцогч дөрвөн хүн тус бүр болох Б.Б нь (1784 сек.), Д.Б нь (1784 сек.), Л.У нь (1781 сек.), Ц.Т нь (5356 сек.) бичлэг хийсэн бөгөөд ийнхүү цуглуулсан мэдээлэл нь нийтдээ 10705 секундний бичлэг болсон.

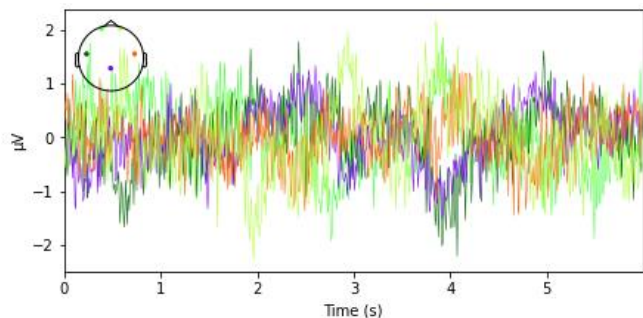
Үүний дараа, файлд хадгалсан өгөгдөл дээр урьдчилсан боловсруулалт хийж, EEG дохионы онцлогуудыг задалж, машин сургалтын логистик регрессийн арыг хэрэглэх замаар бодлыг ангиллаа.

## III. ДОХИО БОЛОВСРУУЛАЛТ БА ОНЦЛОГИЙГ ЗАДЛАХ НЬ

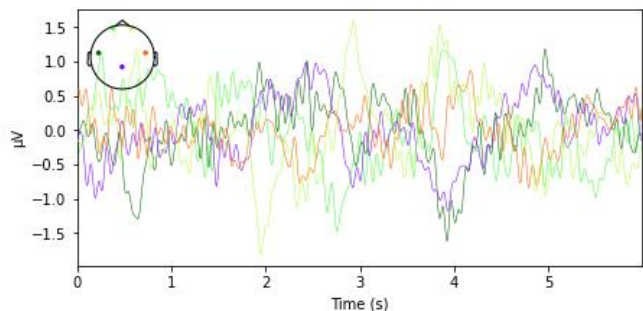
Ер нь аливаа анхдагч дохио, тухайлбал EEG дохио нь шуугиантай байдаг тул юуны өмнө дохиог урьдчилан шүүж боловсруулна. EEG дохионд дараах хүчин зүйлүүд нөлөөлдөг. Үүнд, тодорхой булчингийн агшилт, нүдний хөдөлгөөн эсвэл анивчилд, гаднын цахилгаан соронзон орон, цахилгаан төхөөрөмжүүд зэргийг нэрлэж болно. Эдгээрээс үүссэн нөлөө нь EEG-ийн бичлэгт хүсээгүй шуугианыг нэмж EEG-ийн үр дүнг гажуудуулснаар буруу дүгнэлт гаргахад хүргэнэ.

EMOTIV INSIGHT төхөөрөмж нь дохионы суваг бүрийг 128 Гц -ийн хурдтай дискретчилдэг ба харин дохионы шуугианыг арилгахын тулд гол төлөв зурвас нэвтрүүлэх төрлийн шүүлтүүрийг ашигладаг. Иймд бид 0.1 - 30 Гц-ын зурвас нэвтрүүлэх шүүлтүүр хэрэглэн дохиог цэвэрлэв. Жишээ нь, “гэрэл ас” гэсэн бодлын

шүүгээгүй болон шүүсэн дохионы ялгаа Зураг 5, 6-д тус тус харуулав.

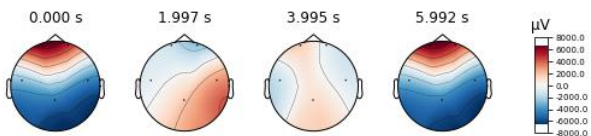


Зураг 5. Шуугиантай дохио

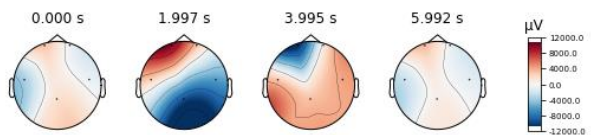


Зураг 6. Зурвас нэвтрүүлэх шүүр (0.5-12 Гц) хэрэглэн шүүсэн дохио

Өөрт хэрэгтэй дохиог шүүж авсны дараа “гэрэл ас”, “гэрэл унтар” болон “завсарлага” үед тархи ямар дохиог үүсгэдэг байна вэ, “гэрэл ас” гэж бодоход яг ямар дохиог ялгаруулж байна вэ гэх мэт асуултууд гарч ирнэ. Зургаан секундйн турш бичсэн “гэрэл ас”, “гэрэл унтар”, “завсарлага” гэсэн бодлыг тус тусад нь 12 онцлогоор нь боловсруулж эдгээрээс “гэрэл ас”, “гэрэл унтар” гэсэн дохиог ялгаж туршлаа. Зураг 7-д “гэрэл ас” гэсэн бодлын 6 секундүүдийн тархины 5 цэгийн цахилгаан дохионы дундаж утгуудын зураглалыг, “Гэрэл унтар” гэсэн бодлын 6 секундүүдийн тархины цахилгаан дохионы дундаж утгуудын зураглалыг Зураг 8-д тус тус үзүүлэв.

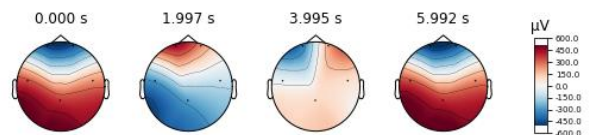


Зураг 7. Топомап – гэрэл ас.



Зураг 8. Топомап - гэрэл унтах

Зураг 9-д хар зураг буюу “завсарлага” үеийн тархины зураглалын 6 секундүүдийн дундаж утгаар үзүүлэв.



Зураг 9. Топомап - хэвийн бодол

Дээрх дүрслэлээс дүгнэхэд, тархины 5 цэг тус бүр дээрх потенциалын утгууд хугацааны агшин бүрд тухайн бодлуудаас хамааран өөр өөр байгааг, мөн “гэрэл ас” гэж бодох үед тархины аль хэсэг илүү идэвхжиж байна вэ гэдгийг харж болно. EEG ангилагчийн эхний үе шат бол

уг дохионоос онцлог шинжүүдийг тооцоолон задлах шаардлага юм. Ихэвчлэн электроэнцефалографийн (EEG) онцлог шинж чанарыг хугацаа эсвэл давтамжийн мужид авч үздэг. Ангилагчийн дараагийн алхам нь сургалт, таних гэсэн хоёр үе шатанд хуваагдана. Онцлог шинж чанарыг задлах олон аргуудыг судалгаанд авч үзсэн байдаг. Үүнд,

- Хугацааны шинж чанар
- Спектрийн энергийн шинж чанар
- Статистик шинж чанарууд

Хугацааны онцлогийг задлах олон арга техник байдаг бөгөөд эдгээрээс хамгийн өргөн хэрэглэдэг аргуудын тоонд Eigen Value Decomposition (EVD), Independent Component Analysis (ICA), Principal Component Analysis (PCA), and Linear Discriminant Analysis (LDA) юм [1, 2]. Энэхүү судалгаанд бид дээж бүрээс тооцоолсон статистик хэмжүүрүүдийг ашигласан бөгөөд туршилт бүрийн хувьд нийт 12 онцлог × 5 суваг = 60 онцлогийг задаллаа. Эдгээр 12 онцлогуудыг тоочвол:

1. mean(x) – дундаж утга. mean(x) олж байгаа арга нь 6 секундйн бичлэгийг 1 сувгийн n=768 утгын дунджийг бодно гэсэн үг.

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (1)$$

2. std(x) – дундаж утгын стандарт хазайлт. Статистикийн хувьд стандарт хазайлт нь утгын багцын хэлбэлзэл буюу тархалтын хэмжээг илэрхийлдэг хэмжүүр юм.

$$s_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (2)$$

3. ptr(x) – дохионы амплитудын pick to pick буюу эерэг утгаас сөрөг утга хоорондын зай.

$$V_{pp} = V_{max} - V_{min} \quad (3)$$

4. var(x) - x санамсаргүй хэмжигдэхүүний дисперс нь x ба хүлээгдэж буй утгын зөрүүний квадратуудын хүлээгдэж буй утга. Дисперс нь тархалтын хэмжүүр бөгөөд энэ нь олон тооны тоонуудын дундаж утгаасаа хэр хол тархаж байгааг илэрхийлдэг хэмжүүр юм.

$$s^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1} \quad (4)$$

5. minim(x) - хамгийн бага утга

$$V_{min} = \min(x_1, x_2, \dots, x_n) \quad (5)$$

6. maxim(x) - хамгийн их утга

$$V_{max} = \max(x_1, x_2, \dots, x_n) \quad (6)$$

7. argminim(x) - хамгийн бага утгын байрлал

8. argmaxim(x) - хамгийн их утгын байрлал

9. rms(x) - root mean square квадрат язгуурын дундаж. RMS-ийг мөн квадрат дундаж утгуудын язгуур гэж нэрлэдэг бөгөөд ерөнхий дунджийн тодорхой тохиолдол юм.

$$x_{rms} = \sqrt{\frac{1}{n} (x_1^2 + x_2^2 + \dots + x_n^2)} \quad (7)$$

10. Абсолют үнэмлэхүй зөрүүний нийлбэр нь:

$$x_{abs} = \sum_{i=1}^n |x_i - x_{i-1}| \quad (8)$$

11. skewness(x) – тархалтын гажуудал. Магадлалын онол ба статистикийн хувьд хазайлт нь бодит үнэ цэнтэй

санамсаргүй хэмжигдэхүүний дундаж утгын магадлалын тархалтын тэгш бус байдлын хэмжүүр юм. Хажуу байдлын утга нь эерэг, тэг, сөрөг эсвэл тодорхойгүй байж болно.

$$\tilde{\mu} = E \left[ \left( \frac{X-\mu}{\sigma} \right)^3 \right] \tag{9}$$

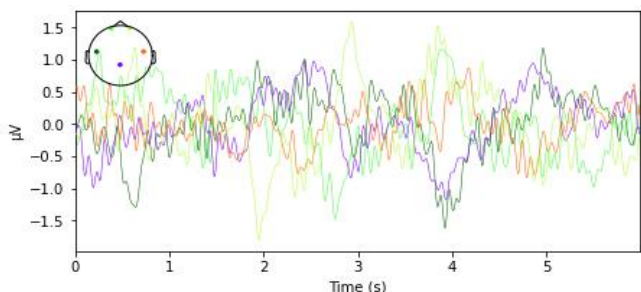
12. kurtosis(x) - дохионы магадлалын тархалтын хэлбэрийг хэлдэг хэмжигдэхүүн бөгөөд хэвийн тархалтаас хэр хэмжээгээр гажсаныг тодорхойлдог хэмжигдэхүүн. Магадлалын онол, статистикийн хувьд куртоз нь бодит үнэ цэнтэй санамсаргүй хэмжигдэхүүний магадлалын тархалтын "сүүлт" гэж нэрлэдэг хэмжигдэхүүн юм. Хажуу байдлын нэгэн адил куртоз нь магадлалын хуваарилалтын тодорхой талыг тодорхойлдог. Куртозын тоон үзүүлэлтийг онолын хувьд хуваарилах янз бүрийн арга байдаг ба популяциас авсан түүврийг ашиглан үүнийг тооцоолох холбогдох аргууд байдаг. Куртозын янз бүрийн хэмжүүрүүд өөр өөр тайлбартай байж болно.

$$Kurt[x] = E \left[ \left( \frac{X-\mu}{\sigma} \right)^4 \right] \tag{10}$$

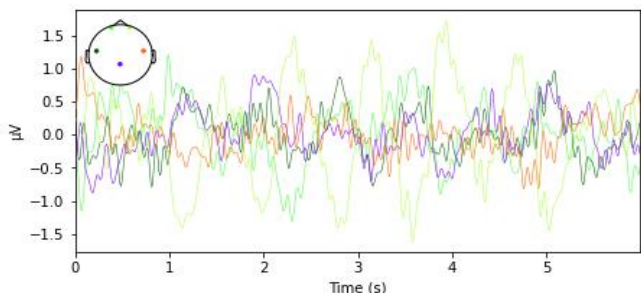
Дээрх онцлогууд дээр тулгуурлан логистик регрессийн аргаар ангилалтыг хийв.

IV. АНГИЛЛЫН АЛГОРИТМ

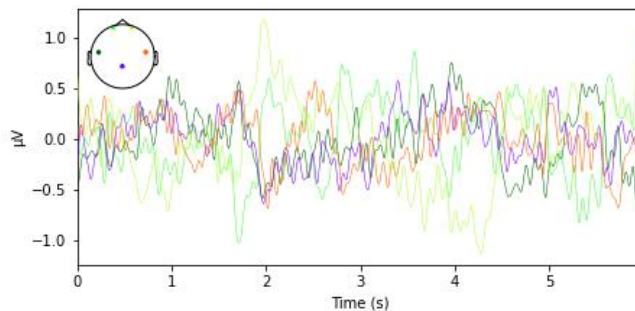
Систем буюу ангилагчийг сургах үе шатанд ангилал нь тодорхой байгаа EEG өгөгдлийн багцыг оролт болгох замаар оффлайн ангиллын алгоритмуудыг ашиглан сургана. Дараа нь, ангилаагүй EEG-ийн өгөгдлийг ангилагчийн оролтонд илгээх бөгөөд ингэснээр ангиллын төрлийг таамаглах ажиллагаа явагдана. EEG дохионы хугацааны диаграммаас тодорхой бодлуудын хооронд мэдэгдэхүйц ялгаа харагдахгүй тул шууд ангилах боломжгүй юм. Зураг 10, 11, 12-т 0,5-12 Гц-ийн зурвас нэвтрүүлэх шүүрээр шүүсэн “гэрэл ас”, “гэрэл унтар” болон “хэвийн” бодлуудын дундаж утгуудаас бүрдсэн дохионы хэлбэрийг үзүүлэв.



Зураг 10. Гэрэл “ас” бодол

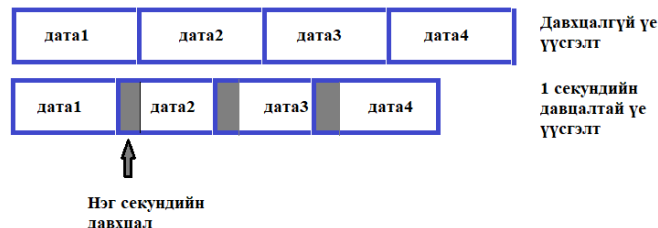


Зураг 11. Гэрэл “унтар” бодол



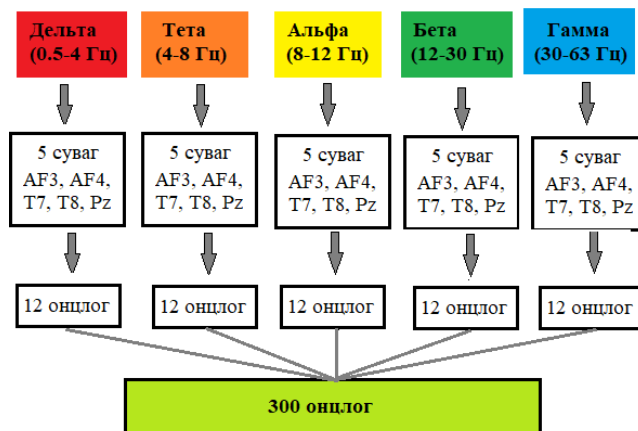
Зураг 12. “Хэвийн” бодол

Урьдчилсан боловсруулалтын дараа, өгөгдлийг тус бүр нь 6 секундээс бүрдсэн үед (epoch) хуваасан. Үеийг үүсгэхдээ, өгөгдлийн үед хугацааны хувьд огт давхцалгүй, мөн 1, 2, 3, 4, 5 секундийн давхцалтай байхаар тус тус үүсгэж туршилтуудыг хийв.



Зураг 13. Өгөгдлийн үе үүсгэх нь

Энд, нийт 12 онцлогийг үүсгэсэн ба ангилж сургах үе шатыг 2 аргаар туршиж явуулав. Эхний аргаар суваг бүр дээр 12 онцлогийг тооцоолж нийт 60 онцлог тулгуурлан ангилсан бол хоёр дахь аргаар тархины Дельта, Тета, Альфа, Бета, Гамма давтамжийн муж тус бүрээр суваг бүр дээр 12 онцлогийг боловсруулж нийт 300 онцлогийг ашиглан ангилалт хийж туршсан болно.



Зураг 14. Давтамжийн мужид 300 хуваасан арга

Тухайн бодолд харгалзсан дохиог ангилж сургахын тулд машин сургалтын арга болох логистик регрессийг энэхүү судалгаанд хэрэглэв. Бидний хувьд гаралтын утгыг таамаглахыг зорьж байгаа бөгөөд логик регрессийн хувьд  $u \in \{0, 1\}$  буюу гаралт нь 0 эсвэл 1 гэсэн хоёр төрлийн гаралтын утгыг авах боломжтой юм. Энд,  $h$  - г таамаглалын функц (hypothesis) гэх ба энэ нь  $x$ -ийг у-т дүрслэн буулгах функц юм. Энд дараах нөхцөлийг хангахаар тооцоолно.

$$0 \leq h_{\theta}(x) \leq 1 \tag{11}$$

Нөхцөл (11)-ийг хангахын тулд сигмоид функцийг хэрэглэнэ.

$$h_{\theta}(x) = g(\theta^T x) \tag{12}$$

$$z = \theta^T x = \theta_0 + \theta_1 x_1 + \theta_2 x_2 + \dots + \theta_{60} x_{60} \quad (13)$$

$$h_\theta(x) = g(z) = \frac{1}{1+e^{-z}} = \frac{1}{1+e^{-\theta^T x}} \quad (14)$$

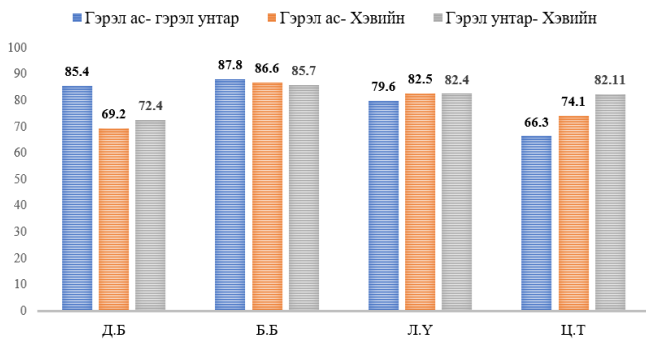
Энд  $x_1-x_{60}$  нь бидний тооцоолсон онцлогууд.

$g(z)$  функц нь ямар ч бодит тоог (0, 1) интервалд буулгах ба ингэснээр дурын үнэлэгдсэн функцийг ангилалд илүү тохиромжтой функц болгон хувиргадаг.  $h_\theta(x)$  нь бидний гаралт 1 байх магадлалыг өгнө. Дискрет 0 эсвэл 1 ангиллыг авахын тулд таамаглалын функцийг гаралтыг дараах байдлаар хөрвүүлж болно:

$$h_\theta(x) \geq 0,5 \text{ энд } y = 1$$

$$h_\theta(x) < 0,5 \text{ энд } y = 0$$

Энд 3 төрлийн гаралтыг таамаглах шаардлага гарсан тул *One vs All* арга дээр тулгуурлан ангиллыг зохион байгуулав. Бид 4 оролцогч тус бүр дээр “гэрэл ас-хоосон бодол”, “гэрэл унтар-хоосон бодол” болон “гэрэл ас-гэрэл унтар” бодлуудыг ялган гаргасан бөгөөд нийт 60 онцлог дээр сургасны дундаж үр дүн нь 79.5% хувьтай байв.



Зураг 10. График

V. ДҮГНЭЛТ

EMOTIV INSIGHT төхөөрөмжийг ашиглан толгойн хуйхны 5 цэгээс цахилгаан дохиог (өгөгдөл) унших ажиллагаанд дөрвөн хүн оролцсон ба нийт 10705 секундний бичлэгийг \*.svc төрлийн файлд хадгалж авсан. Оролцогч тус бүрийн бичлэг нь “гэрэл ас”, “гэрэл унтар” болон “завсарлага” гэсэн 3 төрлийн бодлуудын цуглуулга байв.

Машин сургалтыг явуулахын өмнө дээрх өгөгдлөөс 12 онцлогийг тооцоолон ялгасан бөгөөд логистик регрессийг ашиглан оролцогч тус бүрийн бодлыг дээрх 3 төрөлд ангилснаар гэрлийг асаах, унтраах мөн завсарлах туршилтыг явуулахад машин сургалтын үр дүн 79.5% магадлалтай байсан ба жишээ нь, гэрлийг асаах гэсэн төсөөлөл нь оролцогч тус бүрийн хувьд өөр болохыг дараах туршилтаас харагдав. Тухайлбал, нэг хүний “гэрэл ас” гэсэн бодлыг ашиглан машин сургалтыг хийж харин хоёр дахь хүний бодлыг ашиглан таамаглал буюу тест хийхэд таамаглал нь 60 хувь хүртэл буурч байсан нь “гэрэл ас” гэсэн төсөөлөл нь оролцогч тус бүрийн хувьд өөр өөр байсныг харуулж байна гэж үзлээ.

Үүнээс гадна, өгөгдөл дээр 3 болон 4 секундний давхардалтай үе үүсгэж сургахад хамгийн өндөр үзүүдэлтийг үзүүлсэн болно. Тархины Дельта, Тета, Альфа, Бета, Гамма давтамжийн муж бүр дээр онцлогуудыг тооцоолох замаар 300 онцлогт тулгуурласан ангиллыг явуулсан боловч сургалтын үр дүн 69% болтол буурсан. Үүнээс дүгнэхэд, зарим давтамжийн муж шаардлагагүй эсвэл үндсэн 12 онцлогийн зарим нь ангилалд чухал нөлөө үзүүлэхгүй байна гэж үзлээ. Машин

сургалтаар үүссэн загварыг ашиглан бид бодит гэрлийг бодлоор унтрааж, асаах туршилтыг хийсэн. Гэрэл асаах болон унтраах бодлыг дахин үүсгэх нь нийлээд хүндрэлтэй байна. Тухайн бодлыг үүсгэж чадсан тохиолдолд бид бодлоор гэрлийг асаах магадлал нь 80% хүртэл хүрч байсан.

Цаашид энэхүү судалгааг тархины 14 цэгт тулгуурлан гүнзгийрүүлснээр тодорхой зорилгод чиглэсэн объектуудыг удирдаж ажиллуулах боломжтой болно гэж дүгнэж байна. Энгийн нэгэн жишээ нь, хөгжлийн бэрхшээлтэй хүмүүст тулгамдаж буй асуудлыг шийдэх хэмжээний системийг зохион бүтээж нэвтрүүлэх явдал юм.

НОМ ЗҮЙ

- [1] L. Bahattil, A. El Magril, A. Lekova2, O.Bouattane, “Developing Brain Computer Interface for Motor Imagery Mental Commands” ISSN 2603-4697 (Online) Complex Control Systems Vol. 2, No 1, 2020, pp. 1-6, pp
- [2] Samaa S. Abdulwahab, “EEG Motor-Imagery BCI System Based on Maximum Overlap Discrete Wavelet Transform (MODWT) and Machine learning algorithm”, Iraqi Journal for Electrical and Electronic Engineering, Vol. 17, December 2021. DOI: 10.1088/1742-6596/1973/1/012056
- [3] Emiel Stoelinga, “Exploring the possibilities of the Emotiv Insight: discriminating between left- and right-handed”, Bachelor’s Project Thesis
- [4] J. Hurtado-Rincon, “Motor Imagery Classification using Feature Relevance Analysis: An Emotiv-based BCI System”, Signal Processing and Recognition Group, Universidad Nacional de Colombia sede Manizales, Manizales, Colombia DOI: 10.1109/STSTIVA.2014.7010165,
- [5] Germán Rodríguez-Bermúdez, “Automatic and Adaptive Classification of Electroencephalographic Signals for Brain Computer Interfaces”, Med Syst (2012) 36 (Suppl 1): S51–S63, DOI: 10.1007/s10916-012-9893-4
- [6] Eduardo Emilio Reder, “Neural Interface Emotiv EPOC and Arduino: Brain-Computer Interaction in a Proof of Concept”, Brazil
- [7] M. Strmiska, “Measuring Brain Signals Using Emotiv Devices”, E-ISSN: 2224-2856, Volume 13, 2018, https://doi.org/10.1007/978-3-319-07230-2\_58
- [8] O. Carrera-León, “A Motor Imagery BCI Experiment using Wavelet Analysis and Spatial Patterns Feature Extraction”, Texas Tech University, DOI: 10.1109/WEA.2012.6220084
- [9] Szczepan Paszkiel, “Brain-computer technology-based training system in the field of motor imagery”, IET Science, Measurement & Technology, DOI: 10.1049/iet-smt.2019.0522
- [10] Ekansh Sareen, Anubha Gupta, “Studying functional brain networks from dry electrode EEG set during music and resting states in neurodevelopment disorder”, http://dx.doi.org/10.1101/759738doi: posted online Sep. 8, 2019;
- [11] V.Asanza, “SSVEP-EEG Signal classification based on Emotiv EPOC BCI and Raspberry PI”, IFAC conference paper, 388 -393 pp., 2021
- [12] Ta’u Mwata-Velu, “Motor Imagery Classification Based on a Recurrent-Convolutional Architecture to Control a Hexapod Robot”, Mathematics 2021, 9, 606. DOI: 10.3390/math9060606
- [13] Marquos Zaki, “Home Automation using EMOTIV: Controlling TV by Brainwaves”, Journal of Ubiquitous Systems & Pervasive Networks Volume 10, No. 1 (2018) pp. 27-32, DOI: 10.5383/JUSPN.10.01.004
- [14] A. Craik, “Deep learning for electroencephalogram (EEG) classification tasks: a review”, Journal of Neural Engineering, 2019, DOI: 10.1088/1741-2552/ab0ab5
- [15] Miguel Ángel Luján, “A Survey on EEG Signal Processing Techniques and Machine Learning: Applications to the Neurofeedback of Autobiographical Memory Deficits in Schizophrenia”, Electronics 2021, 10, 3037. https://doi.org/10.3390/electronics10233037
- [16] William O, “Handbook of EEG interpretation”, 2008 Demos Medical Publishing, LLC
- [17] Reza Shoorangiz, Stephen J. Weddell, and Richard D. Jones, “EEG-Based Machine Learning: Theory and Applications”, Springer Nature Singapore Pte Ltd. 2021, https://doi.org/10.1007/978-981-15-2848-4\_70-1
- [18] Toshihisa Tanaka and Mahnaz Arvaneh, “Signal Processing and Machine Learning for Brain-Machine Interfaces”, The Institution of Engineering and Technology is registered as a Charity in England, 2018, ISBN: 9781785613982, DOI: 10.1049/PBCE114E

# Тоглоомын орчинд хөдөлгөөнт роботыг бататган сургах аргаар сургах нь

Г. Гантулга  
Электроникийн салбар  
ШУТИС, Мэдээлэл холбоо  
технологийн сургууль  
Улаанбаатар, Монгол улс  
J.EE21E052@must.edu.mn

Б. Луубаатар  
Электроникийн салбар  
ШУТИС, Мэдээлэл холбоо  
технологийн сургууль  
Улаанбаатар, Монгол улс  
luubaatar@must.edu.mn

Г. Мөнхжаргал  
Програм хангамжийн инженерийн  
салбар  
Аль-Айн П.О  
Арабын нэгдсэн Эмират улс  
mgochoo@uaeu.ac.ae

*Хураангуй*— Энэхүү судалгааны ажлаар бид хөдөлгөөнт роботыг машин сургалтын бататган сургах аргыг ашиглан нэг тоглогчтой хөл бөмбөгийн талбар дээр хаалга руу бөмбөг оруулах агентыг сургахаар зорьсон. Сургалтыг бидний үүсгэсэн хоёр хэмжээст симуляцийн орчинд ажиллуулсан бөгөөд бататган сургах гүн Q сургалтын алгоритмыг сонгож ашигласан. Сургалтын гүн нейрон сүлжээний оролтын өгөгдлөөр тоглогчийн шугаман хурд, байршил, чиглэл, бөмбөгний байршил, шугаман хурд, чиглэл болон тоглогч бөмбөг эзэмшиж байгааг эсэх зэрэг утгуудыг тодорхойлж өгсөн. Тоглогч нь тухайн орчинд өөрийн хурдыг нэмэх/хасах чиглэлээ өөрчлөх болон бөмбөг өшиглөх зэрэг үйлдлүүдийг гүйцэтгэнэ. Гуч гаруй цагийн сургалтын үр дүнд тоглогч хаалга руу бөмбөг оруулж сурсан. Бид цаашлаад бөмбөгийг дурын байршилд үүсгэн байршуулж тоглогчийг дахин сургасан. Тоглогчийн чадварыг дээшлүүлэх зорилгоор хэд хэдэн удаагийн шилжүүлэн сургах арга ашиглан сургалт явуулж тодорхой үр дүнд хүрлээ.

*Түлхүүр үгс*—*Машин сургалт, Q сургалт, Гүн Q сургалт, роботын удирдлага*

## I. УДИРТГАЛ

Сүүлийн жилүүдэд хиймэл оюуны шинэ аргууд гарч ирсэн, компьютерын тооцоолох чадвар нэмэгдсэн зэрэг нь робот системийн автоматжуулалтын хөгжилд томоохон түлхэц болж байна. Машин сургалт нь урьдчилан тодорхойлогдсон өгөгдлийн багц дээр суралцаж тодорхой бус өгөгдөл дээр оновчтой таамаглал дэвшүүлэх зорилготой ажилладаг хиймэл оюуны нэг арга юм. Эх хэлний боловсруулалт [3], зургийн боловсруулалт [4], робот системийн удирдлага [2] гэх мэт үйлдлүүдийг гүйцэтгэхэд ашигладаг хамгийн түгээмэл аргуудын нэг болоод байна.

Робот системийн удирдлага нь дотроо роботын тогтвортой байдлыг хангах, зам тодорхойлох, саад тойрох зэрэг хүндхэн даалгавруудыг агуулдаг бөгөөд машин сургалтаас өмнө уламжлалт [5][6][7] аргуудыг ашиглан роботын удирдлагын системийг хэрэгжүүлдэг байсан. Уламжлалт аргууд нь системийн динамик, тааруулах шаардлагатай олон коэффициентууд зэргээс бүрддэг нь хэрэгжүүлэхэд хүндрэлтэй байдаг сул талтай. Машин сургалтын бататган сургах арга нь ажиллаж буй орчинтойгоо харилцан өгөгдсөн даалгаврыг олон удаагийн оролдлогоор машин өөрөө сурч гүйцэтгэдэг давуу талтай. Роботыг бодит орчинд бататган сургах аргаар сургах нь удаан, өртөг өндөртэй мөн аюултай байж болох учир ихэнх тохиолдолд

сургалтын орчин бүхий программ дээр симуляци хийх байдлаар сургалтыг гүйцэтгэдэг.

Бид энэхүү судалгааны ажлаар симуляцийн орчинд хөдөлгөөнт роботыг нэг цэгээс нөгөө цэг рүү явах даалгаврыг хөл бөмбөг тоглоомтой ойролцоо байдлаар тодорхойлж сургалтыг хэрэгжүүлсэн. Эхний сургалтаар дурын байршилд тоглогчийг байршуулж тогтмол байршилд байрлах бөмбөг рүү очиж хаалга руу оруулах сургалт явуулсан. Үүний дараагаар бөмбөгийг дурын байршилд үүсгэн тоглогчийг дурын байршлаас дурын байршил руу очин хаалга руу бөмбөг оруулах сургалт явуулсан. Дурын цэг рүү очих даалгаврыг нийт 5 удаагийн шилжүүлэн сургах аргаар сургасан ба өмнөх сургалтуудаас сайжирсан үр дүн үзүүлсэн.

## II. ТӨСӨӨТЭЙ АЖЛУУД

Бид өмнөх судалгааны ажлаараа бататган сургах аргын гүн Q сургалт ашиглан симуляцийн орчинд саад тойрох хөдөлгөөнт роботыг сургаж байсан. Энэхүү ажлаар бид роботыг тойруулан байрлуулсан зай мэдрэгчийн өгөгдлийг ашиглан роботыг сургасан. Сургалтын үр дүнд энгийн бага хэмжээний гүн нейрон сүлжээ нь хөдөлгөөнгүй саадуудыг тойрох үйлдлийг симуляцийн орчинд сайн биелүүлж байгаа нь харагдсан. Бид энэхүү сургалтаар хөдөлгөөнт роботын зөвхөн саад тойрох үйлдлийг загварчилсан бөгөөд ямар нэг зорилтот цэг рүү очих өөр бусад даалгавар биелүүлэх зэрэг зорилго тодорхойлж өгөөгүй. Харин бидний одоо хийж буй судалгааны ажил нь агентад цэгээс цэгийн хооронд шилжих зорилгыг тодорхойлж өгч байгаа юм.

Ихэнх тохиолдолд бататган сургах аргаар ямар нэг даалгаврыг ямар ч анхны мэдэгдэхүүнгүйгээр биелүүлж сурах нь тун хүнд байдаг ба урьдчилан тодорхойлж өгсөн өгөгдлөөс суралцах нь үр дүнтэй байдаг. Үүний нэг жишээ нь хүнээр удирдуулсан сургалт юм [1]. Хөдөлгөөнт роботыг хүнээр удирдуулсан өгөгдлийн багцаар сургалт явуулсны дараагаар бататган сургах аргыг ашиглан өмнөх сургалтын загварыг шилжүүлэн сургах нь сайн үр дүн үзүүлсэн байна.

Роботын хөдөлгөөнийг бодит орчинд бататган сургах арга ашиглан загварчлах нь аюултай мөн хүний хөдөлмөр их шаарддаг учир удаан хугацаанд сургадаг сул талтай. Иймээс ихэнх тохиолдолд урьдчилан симуляцийн орчинд сургаж бодит орчинд турших, шилжүүлэн сургах гэх мэт байдлаар роботын хөдөлгөөнийг загварчилдаг. Үүнийг [14] судалгааны

ажилд хэрэгжүүлсэн бөгөөд хөдөлгөөнт роботын саад тойрох үйлдлийг роботын харьцангуй байршил болон робот дээр байрласан камерын өгөгдлүүдийг ашиглан загварчилсан байна. Сургалтын MATLAB програмын орчинд явуулж үр дүнг бодит орчинд туршсан бөгөөд симуляц дээрх сургалтын үр дүн бодит орчинд сайн хэрэгжиж байгаа нь харагдаж байна.

Сургалтын үр дүн ямар симуляцийн орчинд ажиллаж байгаагаас хамаарч өөр өөр байдаг[15]. Энэхүү судалгааны ажил нь хэд хэдэн ялгаатай орчинд бататган сургах аргаар хөдөлгөөнт роботын саад тойрох үйлдлийг зай мэдрэгчүүдийн өгөгдлөөс хамааруулан загварчилсан байна. Мөн сургалтын хоёр ялгаатай арга ашиглан харьцуулсан судалгаа хийсэн байна. Үр дүнд тухайн симуляцийн орчин бүрд амжилттай саад тойрох үйлдлийг загварчилж чадсан бөгөөд агентын төлөвийг давтагдах (recurrent) загвар ашиглан тодорхойлсон нь сургалтын үр дүнг сайжруулсан байна.

### III. ОНОЛЫН СУДАЛГАА

Марковийн шийдвэрийн үйл явц (MDP) [8] нь тодорхой бус орчинд дараалсан шийдвэр гаргах үйл явцыг тодорхойлсон ойлголтуудыг багтаасан байдаг. Үүнд шийдвэр гаргагч буюу агентын тухайн төлөв  $s \in S$ , агентын тухайн агшинд хийсэн үйлдэл  $a \in A$ , тухайн орчны шилжилтийн магадлал (загвар)  $P$ , ямар нэг төлөв  $s - d$   $a$  үйлдлийг хийснээр авах шагнал  $r \in R$  зэрэг ойлголтууд багтана. Бататган сургах арга нь эдгээр тодорхойлолтуудыг ашиглан хамгийн оновчтой агентын бодлого (Policy)  $\pi$ -г бий болгох зорилготой. MDP нь динамик программчлалын [10] нэг хэлбэр болон ажилладаг. Марковийн тодорхойлолт ёсоор аливаа дараалсан үйл явцын ирээдүйн үр дүн тухайн орчны зөвхөн одоогийн төлөвөөс хамаарна гэж үздэг. Бататган сургах арга нь дээрх тодорхойлолтыг үндэслэн Беллманий тэгшитгэл (1)-ийн дагуу хэрэгждэг.

$$V(s) = \max_a (R(s, a) + \gamma V(s')) \quad (1)$$

#### A. Загвараас хамааралтай сургалт

Загвараас хамааралтай (Model Based) сургах арга нь орчны загвар  $P$  -г урьдчилан тодорхойлох шаардлагатай [11]. Загварыг тодорхойлсноор агент нь орчинтой харьцахгүйгээр суралцах буюу хамгийн оновчтой  $\pi$ -г олох боломжтой болон юм. Үүний тулд Утгын функц (Value function) –г гаргаж авна. (2) томъёоны дагуу утгын функцийг тооцоолно.

$$V(s) = \sum_a \pi(a|s) \sum_{s',r} P(s'|s, a) [R(s, a) + \gamma V(s')] \quad (2)$$

Үүнд  $V(s)$  –  $s$  төлөвийн утга,  $\pi(a|s)$  –  $s$  төлөвөөс  $a$  үйлдлийг хийх магадлал,  $P(s'|s, a)$  -  $s$  төлөвөөс  $a$  үйлдлийг хийн  $s'$  төлөвт очих магадлал,  $r - s'$  төлөвөөс авах шагнал,  $\gamma$  – бууруулагч коэффициент,  $V(s') - s'$  төлөвийн утга.

Утгын функцийг гаргаж авсны дараа агентын бодлогын функцийг (3) томъёог ашиглан гаргаж авна.

$$\pi(a|s) = \operatorname{argmax}_a \sum_{s',r} P(s'|s, a) [R(s, a) + \gamma V(s')] \quad (3)$$

Загварыг урьдчилан тодорхойлох нь ихэнх тохиолдолд хүндрэлтэй байдаг учир агент нь орчинтойгоо харилцан олон удаагийн шилжилтийн өгөгдөл цуглуулснаар орчны загварыг ойролцоолсон байдлаар гаргаж авах боломжтой. Ойролцоо загвараас хамааруулж агентын бодлогыг гаргаж авах нь тийм ч элбэг биш ба загварыг ойролцоолж буй аргаас өндөр хамааралтай учир үр дүн янз бүр байдаг. Мөн төлөвийн орон хэт их тохиолдолд нийт тооцооллын хэмжээ мөн адил их болдог сул талтай.

#### B. Загвараас хамааралгүй сургалт

Загвараас хамааралгүй сургалт (Model Free) нь сургалтын явцад орчинтойгоо харилцан суралцах ба орчны шилжилтийн магадлал  $P$ -г авч үздэггүй [11] суралцдагаараа давуу талтай. Загвараас хамааралгүй сургалтын аргуудад Q-сургалт, SARSA, Temporal Difference (TD) [11] зэрэг аргууд багтана.

Q-сургалт нь төлөвийн утгын функц бус тухайн төлөвт хийж болох үйлдлүүдийг тус бүр үнэлдэг Q функцийг гаргаж авдаг. (4) томъёоны дагуу Q функцийг тооцоолно.

$$Q(s, a) = R(s, a) + \gamma \max_{a'} Q(s', a') \quad (4)$$

Үүнд  $Q(s, a)$  –  $s$  төлөвт  $a$  үйлдлийг хийснээр цаашид авах буурсан нийлбэр шагнал,  $r - s'$  төлөвөөс авах шагнал,  $\gamma$  – бууруулагч коэффициент

Q функцийг орчинтой харилцан самнах (sample) байдлаар тооцоолох учир нэг удаагийн бодолтоор хамгийн оновчтой бодлогыг олох боломжгүй. Тиймээс Q функцийн олон удаагийн тооцооллын үр дүнд агент нь  $Q^*$  буюу Q функцийн эцсийн утгыг бодож олно. Q функцийн утгыг (6) томъёоны дагуу шинэчилнэ. Алдааны утгыг  $L$  (5) томъёог ашиглан бодно.

$$L = (R(s, a) + \gamma \max_{a'} Q(s', a')) - Q(s, a) \quad (5)$$

$$Q_{(s,a)} = Q_{(s,a)} + \alpha * L \quad (6)$$

Q функц нь утгын функцтэй адил том хэмжээтэй төлөвийн орон болон үйлдлийн оронтой үед Q функцийг тооцоолох бодолт ихэсдэг [11] сул талтай. Энэ асуудлыг Q функцийг нейрон сүлжээ болгон сольж шийдэх боломжтой.

#### C. Гүн Q сургалт (Deep Q Learning)

Энэхүү арга [12] нь мөн загвараас үл хамааралтай ажилладаг бөгөөд орчинтой харилцаж өгөгдөл цуглуулан гүн холболттой нейрон сүлжээг Q функцийн утгыг ойролцоолох байдлаар ажилладаг. Энгийн сургалттай адил дараагийн Q утгыг (Target Q Value) тооцоолон шинэчлэх байдлаар ажилладаг боловч дараагийн утга одоогийн утгуудыг нэг нейрон сүлжээгээр бодуулах нь сургалтыг удаашруулдаг сул талтай. Энэхүү сул талыг үгүй болгохын тулд үндсэн нейрон сүлжээнээс гадна зорилтот нейрон сүлжээ (Target Network) [12] гэх шинэ загвар авч үздэг. Үндсэн Q сүлжээг сургахад зорилтот Q утгыг (7) томъёог

ашиглан тооцоолж (8) томьёоны дагуу алдааг бодож (9) томьёогоор үндсэн Q сүлжээг шинэчилнэ.

$$y_i = R(s, a) + \gamma \max_a Q(s', \theta_k) \quad (7)$$

$$L_i(\theta_i) = (y_i - Q_i(s, a, \theta_i))^2 \quad (8)$$

$$\theta_i = \theta_i + \alpha \nabla_{\theta_i} L_i(\theta_i) \quad (9)$$

$$\theta' \leftarrow \theta'(1 - \tau) + \theta \tau \quad (10)$$

Үүнд  $y_i$  - зорилтот Q утга,  $\theta_k$  – зорилтот нейрон сүлжээний параметрууд,  $\theta_i$ ,  $\theta'$  – үндсэн болон зорилтот Q сүлжээний параметрууд,  $L_i(\theta_i)$  – үндсэн Q сүлжээний зорилтот утгатай харьцангуй квадрат алдаа.

### DQN алгоритм

Үндсэн болон зорилтот Q сүлжээнүүдийн  $\theta, \theta'$  үүсгэх while симуляц ажиллаж байхад

Орчны анхны төлөв  $s \in S$ -г авах

while оролдлого дуусаагүй байхад

$a$  үйлдлийг  $e$  хамааралтай сонгох

$a$  үйлдлийг гүйцэтгэн  $s', r, done$  авах

$s, a, s', r, done$  өгөгдлүүдийг ДТБ-д хадгалах

ДТБ-ээс багц өгөгдөл авах

Үндсэн сүлжээг томьёо 7, 8, 9-өөр шинэчлэх

Зорилтот сүлжээг томьёо 10-аар шинэчлэх

$s \leftarrow s'$

end while

end while

Гүн Q сургалтаар нейрон сүлжээг удирдлагатай сургалт ашиглан сургах бөгөөд сургалтын алхам бүрд бидэнд зөвхөн нэг  $(s, a, s', r, done)$  өгөгдөл үүснэ. Сургалтыг зөвхөн нэг өгөгдлөөр хийх нь тохиромжгүй учир Дахин Тоглуулах Буфер (ДТБ) (Replay Buffer) [9] аргыг ашигладаг. Энэхүү арга нь алхам бүрийн өгөгдлүүдийг ДТБ-д хадгалан тодорхой хэмжээний өгөгдөл бүрдсэний дараа ДТБ-ээс санамсаргүйгээр багц өгөгдөл авч үндсэн нейрон сүлжээг сургана. Мөн алхам бүрд зорилтот нейрон сүлжээг үндсэн нейрон сүлжээ рүү  $\tau$  алхамтайгаар дөхүүлнэ [13].

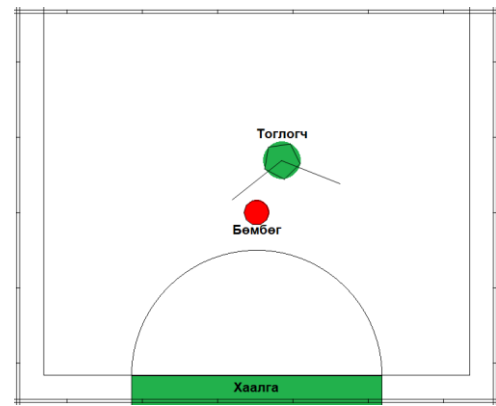
### IV. ТУРШИЛТ

Бид бататган сургах гүн Q сургалтын аргаар агентыг өөрсдийн бий болгосон хоёр хэмжээст симуляцийн программ дээр сургаж туршсан. Агентын зорилго нь зураг 1 дээр харагдаж буй улаан бөмбөгийг ногоон өнгийн хаалга руу оруулах юм.

#### A. Сургалтын орчин

Сургалтын орчин нь 2 хэмжээст талбартай бөгөөд бодит орчинтой дөхүүлэх зорилгоор энгийн кинематик, динамикийн хуулиудыг ойролцоо байдлаар хатуу биеийн хөдөлгөөний хуулиуд, хурд хурдатгал болон хоёр биеийн хоорондын үрэлтээс үүсэх шилжилтүүдийг тус тус оруулж өгсөн.

Агент нь энэхүү симуляцийн орчинд тоглогчийн хурдыг нэмэх, хасах, тоглогчийн чиглэлийг баруун зүүн эргүүлэх, бөмбөг өшиглөх болон юу ч хийхгүй байх гэсэн зургаан үйлдэл хийх боломжтой буюу хийж



Зураг 1. Сургалтын орчин.

болох үйлдлийн орон  $A$  нь зургаа урттай вектор байна. Орчны төлөв  $S$  нь тоглогчийн хоёр хэмжээст байршил, шугаман хурд, чиглэл, бөмбөг эзэмшиж байгааг илтгэх утга болон бөмбөгний хоёр хэмжээст байршил, шугаман хурд, чиглэл зэрэг мэдээллүүдийг агуулсан ес урттай вектороос тогтоно. Агентын шагналын функц:

$$R(s, a) = \begin{cases} \text{if goal 300} \\ \text{else } -1 \end{cases}$$

Тоглогч нь симуляцийн орчинд нийт 300 алхмын дотор хаалга руу бөмбөг оруулах ёстой. Энэ нь агент оролдлого бүрийн төгсгөлд хамгийн багадаа нийт -300 шагнал авах боломжтой гэсэн үг юм. Бид гүн нейрон сүлжээг сургахдаа шагналын хэмжээг хамгийн их абсолют шагналын утгад хувааж сургасан. Ингэснээр агентын шагналын утга  $\{-1, 1\}$  ийн хооронд болох юм.

#### B. Агентын загвар

Гүн Q нейрон сүлжээний загварыг дараах байдлаар үүсгэсэн.

- Оролт – 9 нейрон
- Далд – 1024 нейрон
- Далд – 512 нейрон
- Далд – 256 нейрон
- Далд – 128 нейрон
- Далд – 64 нейрон
- Гаралт – 6 нейрон

Нийт 707910 сургалтын параметртэй 6 гүнтэй нейрон сүлжээ үүсгэсэн.

Q сургалтын параметруудийг:

- Сургалтын хурд – 0.0001
- Бууралтын коэффициент – 0.99
- Сургах багцын хэмжээ – 64
- Оновчлолын арга – Adam
- Дахин тоглуулах буферийн хэмжээ – 1,000,000
- Зорилтот нейрон сүлжээг шинэчлэх алхам – 0.01
- Epsilon бууралт – 0.99999

#### C. Сургалт

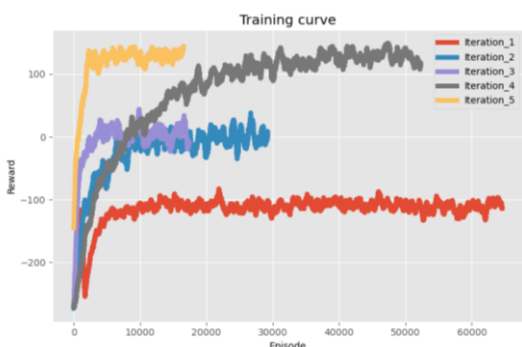
Сургалтыг ойролцоогоор 30 цагийн турш явуулсан бөгөөд агент нь симуляцийн орчинд нийт 1,500,000 гаруй үйлдэл хийсэн. Сургалт явуулсан төхөөрөмжийн үзүүлэлт CPU 13<sup>th</sup> Gen core i9, RAM 128GB, GPU RTX 3080.



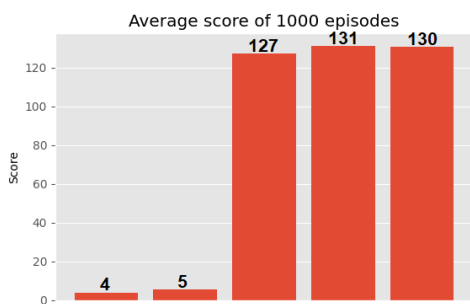
Зураг 2. Дээрх зурагт тогтмол байршилдах бөмбөгтэй үед агентын сургалтын 7000 оролдлогын шагналуудыг харуулсан болно. Тод улаанаар 100 оролдлого бүрийн дундаж шагнал, бүдэг улаанаар оролдлого бүрийн шагналыг харуулав.



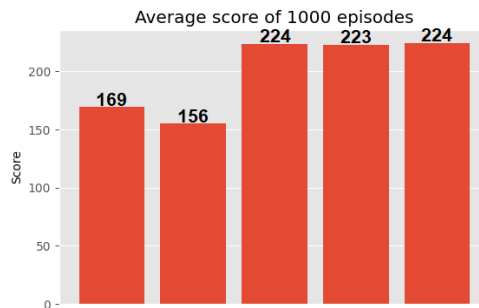
Зураг 3. Дээрх зурагт тогтмол байршилдах бөмбөгтэй үед агентын 1000 оролдлогын үр дүнг, 1000 оролдлогоос 14-т агент хаалга руу бөмбөг оруулж чадаагүй бөгөөд эдгээрийн 12-т бөмбөг хаалганы гадуур өнгөрсөн ба үлдсэн 2 тохиолдолд агент юу ч хийгээгүй байна. Агентын алдах хувь ~1.5%.



Зураг 4. Дээрх зурагт бөмбөг дурын байрлалд үүсэх шилжүүлсэн сургалтуудын үр дүнг харуулсан болно. Улаан муруй анхны сургалт, цэнхэр муруй хоёрдох сургалт, ягаан муруй гуравдах сургалт, саарал муруй дөрөвдөх сургалт, шар муруй сүүлийн сургалт. Загваруудыг шилжүүлэн сургахдаа өөр өөр санамсаргүйн коэффициент (random seed) ашигласан.



Зураг 5. Дээрх зурагт бөмбөг дурын байрлалд үүсэх шилжүүлсэн сургалтуудын агентуудын (эхний сургалт зүүн, сүүлийн сургалт баруун) 1000 оролдлогын дундаж оноог харуулав.



Зураг 6. Дээрх зурагт бөмбөг дурын байрлалд үүсэх шилжүүлсэн сургалтуудын агентуудыг (эхний сургалт зүүн, сүүлийн сургалт баруун) тогтмол байрлалд байх бөмбөгтэй үед тоглуулсан 1000 оролдлогын дундаж оноо.

ДҮГНЭЛТ

Бид бататган сургар аргын гүн Q сургалтын аргыг сонгон хөдөлгөөнт роботыг удирдах даалгаварыг өөрсдийн бие болгосон хоёр хэмжээст хөл бөмбөг тоглоом дээр хийж гүйцэтгэлээ. Бид эхлээд тогтмол байрлалтай бөмбөгийг хаалгаруу оруулах сургалтыг хийсэн. Үр дүнд ойролцоогоор 98.5% чадвартай агент сургаж чадсан. Үүний дараагаар бид бөмбөгний байршлийг санамсаргүй байршилд үүсгэн өмнө суралцсан агентыг дахин сургасан. Үр дүн хангалттай байгаагүй тул шилжүүлэн сургах аргаар нийт таван сургалт хийсэн бөгөөд гуравдах шилжүүлэн сургалтаас агентын чадвар огцом өссөн байна. Дараа дараагийн сургалтууд бага хэмжээний өсөлтүүд зүүлсэн. Шилжүүлэн сургах аргыг ашигласнаар агентын сургах хурд өсөж байгаа нь зураг 4-өөс харагдаж байна. Судалгааны ажлын явцад агент нь тоглоомын талбарыг тойрсон хаалтуудыг мөргөх тохиолдол их байсан. Өмнөх ажлаар саад тойрох хөдөлгөөнт роботыг зай мэдрэгчийн тусламжтайгаар бататган сургах гүн Q сургалтаар амжилттай сургаж чадсан. Цаашид энэхүү судалгааны ажлыг үргэлжлүүлэн өмнөх аргатай хослуулан дээрх асуудлыг шийдэх зорилготой байна.

НОМ ЗҮЙ

- [1] Smart, William D., and L. Pack Kaelbling. "Effective reinforcement learning for mobile robots." Proceedings 2002 IEEE International Conference on Robotics and Automation (Cat. No. 02CH37292). Vol. 4. IEEE, 2002.
- [2] Nan Yan, Subin Huang, Chao Kong, "Reinforcement Learning-Based Autonomous Navigation and Obstacle Avoidance for USVs under Partially Observable Conditions", Mathematical Problems in Engineering, vol. 2021, Article ID 5519033, 13 pages, 2021. <https://doi.org/10.1155/2021/5519033>
- [3] Brown, Tom, et al. "Language models are few-shot learners." Advances in neural information processing systems 33 (2020): 1877-1901.
- [4] Krizhevsky, Alex, Ilya Sutskever, and Geoffrey E. Hinton. "Imagenet classification with deep convolutional neural networks." Communications of the ACM 60.6 (2017): 84-90.
- [5] Duchoň, František, et al. "Path planning with modified a star algorithm for a mobile robot." Procedia Engineering 96 (2014): 59-69.
- [6] Seraji, Homayoun. "A new class of nonlinear PID controllers with robotic applications." Journal of Robotic Systems 15.3 (1998): 161-181.
- [7] Yovchev, Kaloyan, Kamen Delchev, and Evgeniy Krastev. "State space constrained iterative learning control for robotic manipulators." Asian Journal of Control 20.3 (2018): 1145-1150.
- [8] Puterman, Martin L. "Markov decision processes." Handbooks in operations research and management science 2 (1990): 331-434.



- [9] Lin, Long-Ji. "Self-improving reactive agents based on reinforcement learning, planning and teaching." *Machine learning* 8.3 (1992): 293-321.
- [10] Szepesvári, Csaba, and Michael L. Littman. "Generalized markov decision processes: Dynamic-programming and reinforcement-learning algorithms." *Proceedings of International Conference of Machine Learning*. Vol. 96. 1996.
- [11] Sutton, Richard S., and Andrew G. Barto. "Reinforcement learning." *Journal of Cognitive Neuroscience* 11.1 (1999): 126-134.
- [12] Mnih, Volodymyr, et al. "Playing atari with deep reinforcement learning." *arXiv preprint arXiv:1312.5602* (2013).
- [13] Osband, Ian, et al. "Deep exploration via bootstrapped DQN." *Advances in neural information processing systems* 29 (2016).
- [14] ALTUNTAŞ, NİHAL, et al. "Reinforcement learning-based mobile robot navigation." *Turkish Journal of Electrical Engineering and Computer Sciences* 24.3 (2016): 1747-1767.
- [15] Quan, Hao, Yansheng Li, and Yi Zhang. "A novel mobile robot navigation method based on deep reinforcement learning." *International Journal of Advanced Robotic Systems* 17.3 (2020): 1729881420921672.

# Жүдо бөхийн тамирчдын өгөгдлийг шинжлэх нь

Ялалтын Сайнсанаа

Мэдээлэл, компьютерийн ухааны тэнхим

ХШУИС, МУИС

20m1num0113@stud.num.edu.mn

Болдын Наранчимэг

Мэдээлэл, компьютерийн ухааны тэнхим

ХШУИС, МУИС

naranchimeg@seas.num.edu.mn

**Хураангуй**—Тамирчдын гүйцэтгэлийн өгөгдлийг зөв аргачлалаар шинэжилж, үнэлэх нь тамирчид, дасгалжуулагч, сэтгэл зүйч нарт өөрийн болон өрсөлдөгч тамирчны үр дүнг таамаггаар бус бодитоор үнэлэх, харьцуулах, цаашлаад тамирчдын сул болон давуу талыг олж харахад тусалдаг. Харин Монгол улсын хувьд өнөөг хүртэл спортын өгөгдөлд өгөгдлийн шинжилгээ хийсэн судалгаа хангалтгүй байна. Энэхүү ажлаар бид жүдо бөхийн тамирчдын гүйцэтгэлийн өгөгдлийг вэб скрапинг хийн цуглуулж, өгөгдлийг цэвэрлэн боловсруулж тамирчдын гүйцэтгэлд дүн шинжилгээ хийнэ. Ингэхдээ бид тамирчдын ижил төстэй байдлыг судлахын тулд Монгол болон Япон улсын жүдо бөхийн эмэгтэй бага жингийн 36 тамирчдын өгөгдөлд машин сургалтын бүлэглэх (clustering) аргыг ашиглана. Үр дүнгээс харахад Япон улсын тамирчид Монгол улсын тамирчдаас торгуулийн менежмент сайн байна.

**Түлхүүр үгс**—өгөгдлийн шинжилгээ, спортын шинжлэх ухаан, бүлэглэх арга

## I. Удиртгал

Сүүлийн жилүүдэд спортын гүйцэтгэлийн дүн шинжилгээ нь мэргэжлийн болон сонирхогч тамирчдын хувьд улам бүр чухал болж байна. Энэхүү чиг хандлага нь ганцаарчилсан, багийн олон спортын төрөлд ажиглагдаж буй бөгөөд баг, тамирчны сул болон давуу талыг ойлгохын тулд тамирчид, дасгалжуулагчид, эрдэмтэд, инженерүүдийн хамтарсан баг олон төрлийн хэмжилт, шинжилгээг олон улсад хийж байна. Баг, тамирчдын гүйцэтгэлд дүн шинжилгээ хийж үнэлснээр тамирчдад тохирсон бэлтгэлжилтийн төлөвлөгөөг [1] гаргах ба улмаар энэ нь амжилт гаргах үндэс болдог.

Монгол улсын хувьд баг, тамирчдын гүйцэтгэлийг өгөгдөлд үндэслэн шинжлэх, үнэлэх судалгааны ажил маш цөөн бөгөөд тодорхой тэмцээнд тохирох тамирчныг сонгох, тамирчдын бэлтгэлжилтийн төлөвлөгөө гаргах зэргийг субъектив байдлаар буюу спортын холбоод, дасгалжуулагч багийн үзэмж, туршлагад үндэслэх нь элбэг байдаг. Үүний үр дүнд бэлтгэл сургуулийг хангалттай тохируулж чадахгүй байх зарим тохиолдолд баг тамирчдын бүх чадварыг ашиглаж чадахгүй байх талтай. Ялангуяа дэлхийн түвшинд хүрсэн цөөхөн спортын нэг болох жүдо бөхийн хувьд тамирчдын гүйцэтгэлд дүн шинжилгээ хийх нь тамирчдын ялах боломжийг нэмэгдүүлж, амжилтын буухиаг үргэлжүүлэх чухал ач холбогдолтой.

Гүйлт, усан сэлэлт, өндрийн болон уртын харайлт гэх мэт спортын хувьд эцсийн үр дүнг үндэслэн тамирчдын гүйцэтгэлийг хэмжих, шинжлэхэд амархан бол жүдо, бокс

гэх мэт тулаант спортын хувьд аливаа тоглолтын эцсийн үр дүн эхний тамирчны чадвар, хоёр дахь тамирчны чадвар, тамирчид хоорондын харилцаанаас хамаардаг учир тамирчдын гүйцэтгэлийг хэмжих, шинжлэхэд төвөгтэй. Frassinelli [2] нар энэхүү асуудлыг шийдэхийн тулд жүдо бөхийн гүйцэтгэлийг дөрвөн дэд хэсэгт (Зураг 1) хуваан авч үзсэн байна. Эдгээр нь:

- Бие бялдар: Тэмцээнд тамирчны эсрэг тэмцэх чадварыг нэмэгдүүлэх, аливаа мэх, техникт үлдэх боломжийг нэмэгдүүлэх, өөртөө итгэх итгэлийг олж авах хүчин зүйлс
- Техник, ур чадвар: Хамгийн тохиромжтой нөхцөлд мэх, техникийг гүйцэтгэх, өндөр түвшний ур чадвар эзэмших хүчин зүйлс
- Тактик: Өрсөлдөгчөө өөрт ашигтай нөхцөл байдалд оруулах, өрсөлдөгчийг удирдах хүчин зүйлс
- Сэтгэл зүй: Ялах боломжийг нэмэгдүүлэх, өөртөө итгэх итгэлийг нэмэгдүүлэх хүчин зүйлс

Энэхүү судалгааны ажлаар дээрхээс техник, ур чадвар (мэх) болон тактикт (торгуулийн менежмент) хамаарах хүчин зүйлсийн өгөгдлийг цуглуулж, тамирчдын гүйцэтгэлд дүн шинжилгээ хийнэ. Тодруулбал, бид жүдочдын нэгдсэн системээс<sup>1</sup> вэб скрапинг хийн өгөгдлийг цуглуулж, өгөгдлийг цэвэрлэн боловсруулж, машин сургалтын бүлэглэх аргыг ашиглан тамирчдын ижил төстэй байдлыг судлах болно.

Энэ өгүүллийн хоёрдугаар бүлэгт тамирчдын гүйцэтгэлд дүн шинжилгээ хийсэн ижил төстэй ажлын талаар тайлбарлана. Гуравдугаар бүлэгт өгөгдөл цуглуулах, боловсруулах болон бүлэглэх аргын талаар,

## Жүдо гүйцэтгэл

Бие  
бялдар

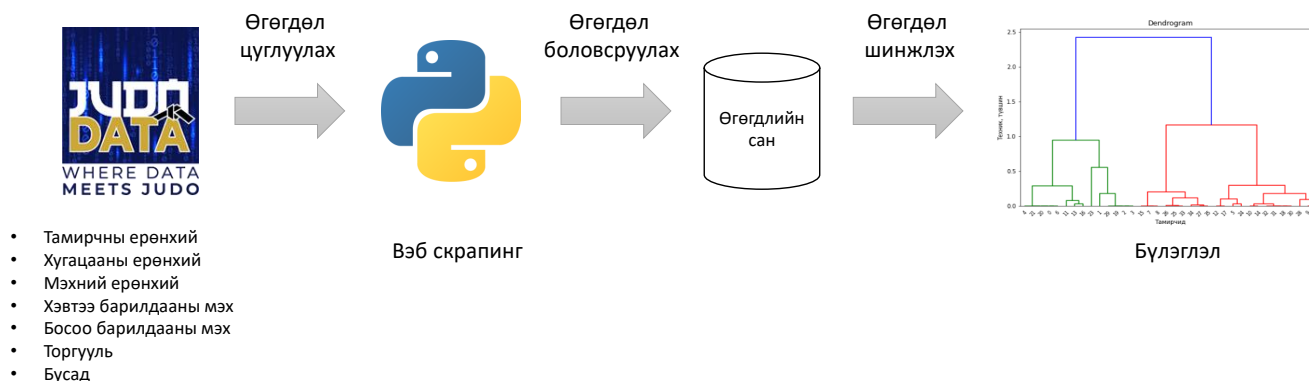
Техник,  
ур чадвар

Тактик

Сэтгэл зүй

Зураг 1: Жүдочдын гүйцэтгэлд нөлөөлөх хүчин зүйлс.

<sup>1</sup><https://www.judodata.com/>



Зураг 2: Арга зүй

дөрөвдүгээр бүлэгт хэрэгжүүлэлт болон туршилтын үр дүнг тайлагнах болно. Эцэст нь судалгааны ажлын дүгнэлтийг танилцуулна.

## II. Холбоотой ажил

Жүдо бөхийн тамирчдын гүйцэтгэлд дүн шинжилгээ хийх олон тооны судалгаа хийгдсэн байдаг. Энэ хэсэгт бид энэ салбарын чиг хандлага болон бидний аргын ялгааг онцлох болно.

Өмнөх ажлууд нь ихэвчлэн жүдо бөхийн гүйцэтгэлд (Зураг 1) нөлөөлөх дэд хүчин зүйлсүүдийн аль нэгт төвлөрсөн байна. Тухайлбал, жүдочдын бие бялдрын хүчин зүйлсийн нөлөөллийг судлах [3], [4] ажлуудыг онцолж болно. Quintero [4] нар Колумбын тамирчид болон мэргэжлийн тамирчдын бие бялдрыг булчингийн хүч, аэборикийн хүч, антропометрийн хэмжилт зэрэг хүчин зүйлд үндэслэн судалсан байна. Харин Frassinelli [3] нар мэргэжлийн тамирчдыг гар болон мөрний дасгал, цээжний дасгал, үсрэлт, гүйлт гэх мэт хүчин зүйлсийг хэмжин, тэдгээрийн хоорондын хамаарлыг судалсан байна. Ур чадварын хүчин зүйлсэд дүн шинжилгээ хийсэн ажлууд болох [5], [6]-д босоо барилдаанаас хэвтээ барилдаан руу шилжих боломж, анхлан суралцагч болон мэргэжлийн тамирчдын барьц авах, барьцнаас мэх гүйцэтгэн оноо авах хугацаа зэргийг тус тус судалсан байна. Түүнчлэн, [7], [8] судалгаанд жүдочдын сэтгэл зүйн хүчин зүйлд дүн шинжилгээ хийх, тоглолтын хугацаа, тамирчдын үйлдэлд [1] дүн шинжилгээ хийх зэрэг олон төрлийн судалгаанууд хийгдсэн байна.

Бидний ажил нь Монгол болон Япон улсын мэргэжлийн эмэгтэй тамирчид дээр төвлөрөх бөгөөд бид тамирчдын ижил төстэй байдлыг ур чадвар болон тактикийн хүчин зүйл дээр үндэслэн машин сургалтын бүлэглэх аргыг ашиглан судална.

## III. Арга зүй

Бидний жүдо бөхийн тамирчдын ижил төстэй байдлыг судлах үйл явц нь өгөгдөл цуглуулах, өгөгдөл

боловсруулах, өгөгдөл шинжлэх үе шатуудаас бүрдэнэ. Энэхүү арга зүйг Зураг 2-т үзүүлэв.

### A. Өгөгдөл цуглуулах

Бидний өгөгдөл цуглуулсан judodata сайт нь олон улсын жүдо бөхийн холбооноос зохион байгуулдаг олимп, дэлхийн аварга, гранд прикс, гранд лам тэмцээнүүдэд оролцсон жүдочдын ерөнхий мэдээлэл, статистик, амжилт, гүйцэтгэл, мэх техник, барьц, торгууль гэх мэт олон төрлийн мэдээллийг хүснэгт, график хэлбэрээр харуулдаг статистикийн сайт юм. Тоглолт бүрийн өгөгдлийг тусгай мэргэжилтнүүд, тусгай програмын тусламжтайгаар цуглуулан, өгөгдлийг боловсруулсан гэдгээрээ онцлогтой.

Бид энэхүү сайтнаас python-ны beautiful soup<sup>2</sup> санг ашиглан Монгол болон Япон улсын бага дөрвөн жингийн (48кг, 52кг, 57кг ба 63кг) нийт 36 (18 Япон, 18 Монгол) эмэгтэй тамирчны мэдээллийг (Хүснэгт I) цуглуулсан.

### B. Өгөгдөл боловсруулах

Бид вэб скрапинг хийсэн өгөгдлийг CSV өргөтгөлтэй файл болгон хадгалж, тус өгөгдлийг цэвэрлэн, тамирчин, мэх, торгуулийн төрөл гэх мэт өгөгдлийн бүрдэл бүрт дахин давтагдахгүй дугаар олгон өгөгдлийн санг зохиомжлон, хадгалсан.

### C. Өгөгдөл шинжлэх

Бид боловсруулсан өгөгдлөөс ур чадварын ижил төстэй байдлыг машин сургалтын бүлэглэх аргыг ашиглан судалсан. Ингэхдээ бид K-means [9] болон шаталсан бүлэглэлийн (hierarchical clustering) [10] дендрограм аргыг ашигласан ба эдгээр нь өгөгдлийг ижил төстэй байдлаар нь бүлгүүдэд хуваадаг машин сургалтын чиглүүлээгүй сургалтын арга (unsupervised learning) юм. Дендрограм нь шаталсан бөөгнөрөл буюу ижил төстэй өгөгдлийн хоорондын хамаарлыг харуулсан модны диаграммын нэг төрөл юм. Модны зангилаа бүр ижил

<sup>2</sup><https://pypi.org/project/beautifulsoup4/>

Хүснэгт I: Тамирчдын өгөгдөл

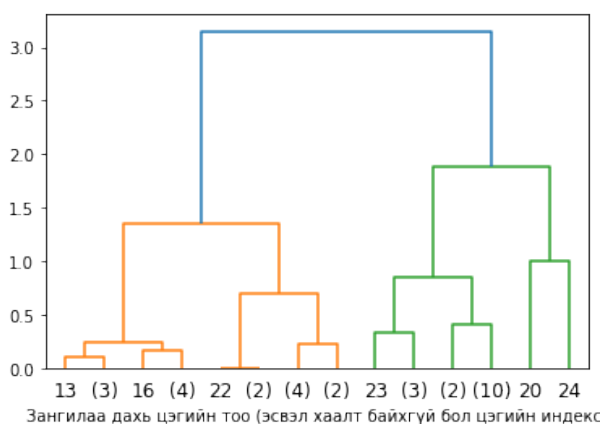
Өгөгдлийн багц	Мөрийн тоо	Тайлбар
Тамирчны ерөнхий	36	Тамирчны төрсөн огноо, улс, жин, баруун эсвэл зүүн гар, тамирчны ранк, дархан мэт гэх мэт
Хугацааны ерөнхий	36	Нэг тоглолтын хугацааны дундаж, хамгийн богино болон урт тоглолтын цаг гэх мэт
Мэхний ерөнхий	69	Ямар мэхийг хэдэн удаа хийсэн болон хэдэн удаа уг мэх тус тамирчинд ирсэн мэдээлэл
Мэхний дэлгэрэнгүй	185	Босоо барилдааны мэхний дэлгэрэнгүй
Торгууль	36	Торгуулийн төрөл, ижил талтай тоглогч болон эсрэг талтай тоглогчийн эсрэг авсан торгууль гэх мэт

төстэй өгөгдлийн бүлгийг агуулна. Нэг түвшний бүлэг нь дараагийн түвшний бүлэгтэй ижил төстэй байдлыг ашиглан нэгддэг. Дендрограммын гол хэрэглээ нь хэдэн бүлэгт хуваах нь хамгийн оновчтойг боловсруулах явдал юм.

IV. Хэрэгжүүлэлт ба үр дүн

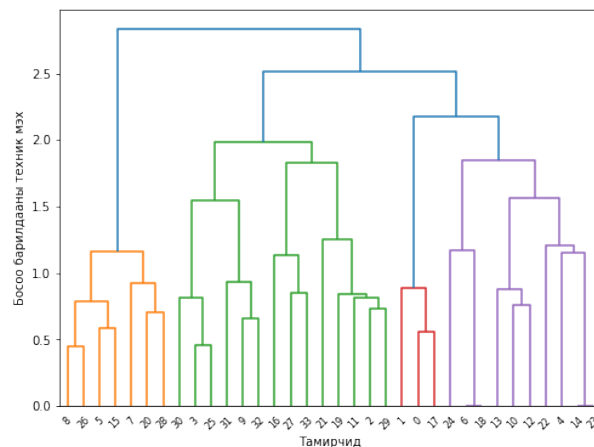
Энэ хэсэгт тамирчдын торгуулийн өгөгдөл (тактик) мэх техникийн (ур чадвар) өгөгдөлд машин сургалтын бүлэглэх аргыг ашигласан үр дүнг тайлагнах болно. Туршилтад бид K-means, шаталсан бүлэглэлийн алгоритмын загварыг scikit-learn [11] санг ашиглан хэрэгжүүлсэн.

Эхний ээлжинд бид нийт 36 тамирчдын нэг тоглолтод дунджаар авсан торгуулийн өгөгдлийг бүлэглэж үзсэн. Туршилтын үр дүнг Зураг 5-д үзүүлэв. Зурагт үзүүлсэн shido нь шар хуудсыг илэрхийлэх ба hansokumake (гурван удаагийн шар хуудас нэг улаан хуудас болох бөгөөд энэ тохиолдолд тамирчинг ялагдсанд тооцно) нь улаан хуудсыг илэрхийлнэ. Зураг 5а-с харахад Монгол тамирчид Япон тамирчидтай харьцуулахад харьцангуй олон торгуулдаг болохыг харж байна. Үүнийг өөрөөр Японы тамирчид торгуулийн менежмент сайтай байна гэж тайлбарлаж болно. Үүнийг мөн K-means-ын үр дүн баталж байна. Учир нь Зураг 5с-т K=2 кластерт бүлэглэсэн үр дүнг харуулсан ба Монгол болон Япон тамирчдын бүлэглэлтэй ойролцоо үр дүн гарсан байна. Тамирчдын өгөгдлийг хэдэн бүлэгт хуваах буюу оновчтой бүлгийн тоог гаргахын тулд бид дендрограммыг ашигласан. Зураг 3-т үр дүнг үзүүлэв. Үр дүнгээс харахад бүлгийн тоо K=4



Зураг 3: Тамирчдын торгуулийн өгөгдлийн дендрограмм ашиглан оновчтой бүлгийн тоог олсон үр дүн.

ялангуяа K=2 байх нь хамгийн оновчтой гэдэг нь харагдаж байна.

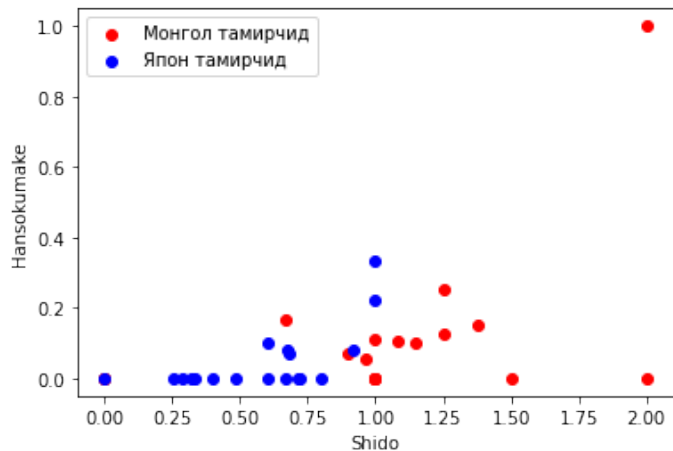


Зураг 4: Тамирчдын мэх техникийн ижил төсөөтэй байдал.

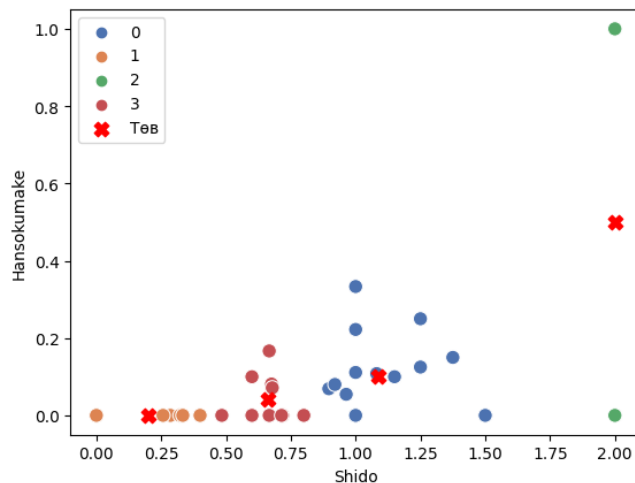
Цаашлаад бид тамирчдын босоо барилдааны мэх техникийн өгөгдлийг бүлэглэж үзэв. Нийт 36 тамирчны 32 тамирчин нь тоглолтын үеэр ямар нэгэн мэх хийж гүйцэтгэсэн байна. Эдгээр тамирчид нь 41 ялгаатай мэхийг хийж гүйцэтгэсэн байх бөгөөд түүнээс хамгийн их хийгддэг мэх нь Ouchi Gari (хутгах), Morote Seoi Otoshi (нэг хөлөө өвдөглөж үүрэх), Uchi Mata (хөмрөх) байна. Эдгээр 32 тамирчдын мэх, техникийн ижил төстэй байдлыг бид дендрограмм диаграм (Зураг 4) дээр дүрсэлж харав. Зургаас харахад 20 (Baldorj Mungchimeg) ба 28 (Nouchi Aimi), 27 (DOI Masako) ба 33 (Tsunoda Natsumi) индекстэй тамирчид ижил төстэй гэж гарсан байна. Бид энэ үр дүнг бодит байдалтай хир нийцэж байгааг батлахын тулд мэргэжилтэнүүдийн (холбоо, дасгалжуулагчид, тамирчид) саналыг харгалзах шаардлагатай бөгөөд энэхүү ажлыг бид дараа дараагийн судалгаандаа оруулах болно.

V. Дүгнэлт

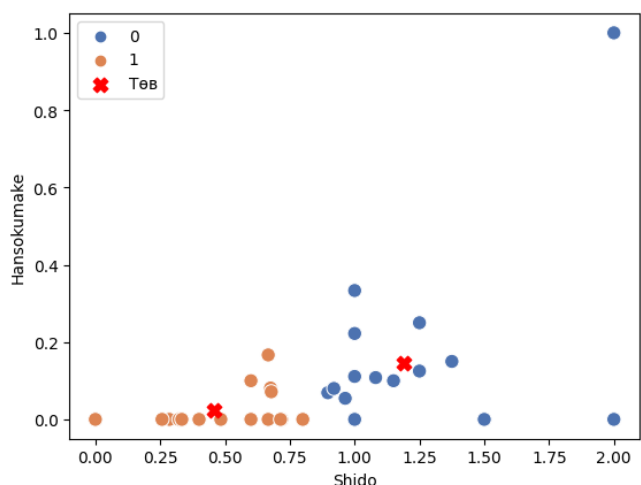
Энэхүү судалгаагаар спортын өгөгдөл тэр дундаа жүдо бөхийн тамирчдын өгөгдлийг вэб скрапинг хийж цуглуулан боловсруулж, уг өгөгдөлд өгөгдлийн шинжилгээ хийх оролдлогыг амжилттай хийж гүйцэтгэлээ. Ингэхдээ бид бүлэглэх аргыг ашиглан тамирчдын ижил төстэй байдлыг судаллаа. Тодруулбал, торгуулийн өгөгдөл дээр бүлэглэх аргыг хэрэгжүүлэхэд Япон болон Монгол тамирчдын нийтлэг байдал буюу Япон тамирчид Монгол тамирчидтай харьцуулахад торгуулийн менежмент сайн байдаг нь харагдаж байна.



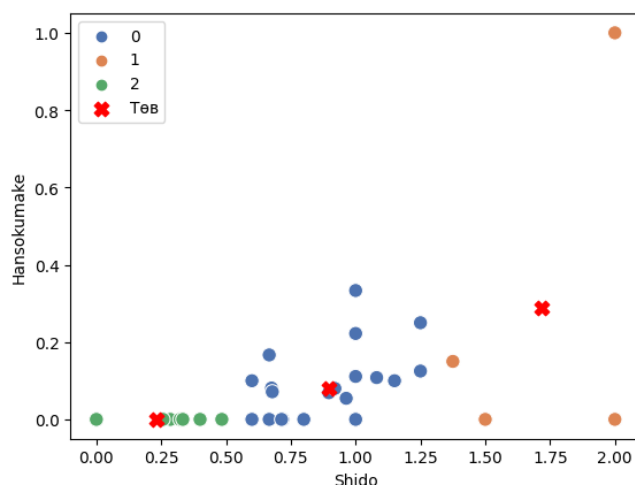
(a) Тамирчдын торгууль улсаар



(b) Тамирчдын бүлэглэл торгуулиар (K=4)



(c) Тамирчдын бүлэглэл торгуулиар (K=2)



(d) Тамирчдын бүлэглэл торгуулиар (K=3)

Зураг 5: Тамирчдын нэг тоглолтонд дунджаар авсан торгуулийн өгөгдлийг K-means ашиглан бүлэглэсэн үр дүн. Энд х-ээр бүлэг бүрийн төвийг дүрслэв.

Харин ур чадварын хүчин зүйл болох босоо барилдааны мэх техникийн ижил төстэй байдлыг судалсан үр дүнг үнэн зөв эсхийг батлахын тулд нэмэлт судалгаа шаардлагатай ба бид энэхүү судалгааг цааш цаашдын ажилдаа оруулах болно.

Талархал

Энэхүү судалгааны ажлыг Монгол улсын их сургуулийн P2020-3971 дугаартай ”Мэдрэлийн гүн сүлжээг ашиглан олон төрлийн өгөгдлийг нэгтгэх нь” төслөөр санхүүжүүлсэн болно.

Зүүлт

[1] G. Marcon, E. Franchini, J. R. Jardim, and T. L. Barros Neto, “Structural analysis of action and time in sports: Judo,” *Journal of quantitative analysis in sports*, vol. 6, no. 4, 2010.

[2] S. Frassinelli, A. Niccolai, T. Marzi, M. Aghaei, M. Mussetta, and R. Zich, “Event-based measurement of power in sport activities by means of distributed wireless sensors,” in *2015 International Conference on Event-based Control, Communication, and Signal Processing (EBCCSP)*. IEEE, 2015, pp. 1–5.

[3] S. Frassinelli, A. Niccolai, and R. E. Zich, “An approach to physical performance analysis for judo,” *International Journal of Sport and Health Sciences*, vol. 11, no. 7, pp. 418–424, 2017.

[4] A. M. Quintero, L. B. d. R. Orssatto, R. D. Pulgarín, and B. Follmer, “Physical performance, body composition and somatotype in colombian judo athletes,” *Ido Movement for Culture*, vol. 19, no. 2, pp. 56–63, 2019.

[5] X. Dopico-Calvo, E. Iglesias-Soler, L. Santos, E. Carballeira, and X. Mayo, “Analysis of successful behaviors leading to groundwork scoring skills in elite judo athletes,” *International Journal of Environmental Research and Public Health*, vol. 19, no. 6, p. 3165, 2022.

[6] M. Calmet, B. Miarka, and E. Franchini, “Modeling of grasps in judo contests,” *International Journal of Performance Analysis in Sport*, vol. 10, no. 3, pp. 229–240, 2010.

[7] E. Franchini, F. B. Del Vecchio, K. A. Matsushigue, and G. G. Artioli, “Physiological profiles of elite judo athletes,” *Sports medicine*, vol. 41, pp. 147–166, 2011.

- [8] C. Rossi, R. Roklicer, T. Tubic, A. Bianco, A. Gentile, M. Manojlovic, N. Maksimovic, T. Trivic, and P. Drid, "The role of psychological factors in judo: a systematic review," *International Journal of Environmental Research and Public Health*, vol. 19, no. 4, p. 2093, 2022.
- [9] G. Hamerly and C. Elkan, "Learning the k in k-means," *Advances in neural information processing systems*, vol. 16, 2003.
- [10] F. Murtagh and P. Contreras, "Algorithms for hierarchical clustering: an overview," *Wiley Interdisciplinary Reviews: Data Mining and Knowledge Discovery*, vol. 2, no. 1, pp. 86–97, 2012.
- [11] F. Pedregosa, G. Varoquaux, A. Gramfort, V. Michel, B. Thirion, O. Grisel, M. Blondel, P. Prettenhofer, R. Weiss, V. Dubourg, J. Vanderplas, A. Passos, D. Cournapeau, M. Brucher, M. Perrot, and E. Duchesnay, "Scikit-learn: Machine learning in Python," *Journal of Machine Learning Research*, vol. 12, pp. 2825–2830, 2011.

# Бага өгөгдөлд холимог хяналттай сургалтын аргаар загварын үнэлгээг ихэсгэх нь

1<sup>st</sup> Жаргалсайхан Оргил  
Компьютерийн Ухааны Салбар  
МХТС, ШУТИС  
Улаанбаатар, Монгол  
orgilsict@must.edu.mn

2<sup>nd</sup> Батчулуун Мөнх-Оргил  
Компьютерийн Ухааны Салбар  
МХТС, ШУТИС  
Улаанбаатар, Монгол  
munkh1151@gmail.com

3<sup>rd</sup> Дашдорж Золзаяа  
Компьютерийн Ухааны Салбар  
МХТС, ШУТИС  
Улаанбаатар, Монгол  
zolzaya@must.edu.mn

Удиртгал—Энэхүү судалгааны ажилаар Машин сургалтын өнөө үед тулгамдаж буй асуудлуудын нэг болох их хэмжээний өгөгдлийг гар аргаар шошголох асуудлыг шийдвэрлэхийг зорьсон болно. Энэхүү судалгааны ажилаар шинэ арга нээн боловсруулсан бөгөөд уг аргаар хяналттай сургалтын бүх л загварт ашиглах боломжтой олон жишээгээр харуулахыг хичээсэн болно. Уг аргыг сургасан загвар шинэ төрлийн шошголоогүй өгөгдлийн мэдлэгийг таниулж ашиглах боломжтой юм. <https://github.com/munkhuu1126/hybrid-machine-learning-on-small-dataset>

Index Terms—машин сургалт, бага өгөгдөл, гүн сургалт, холимог хяналттай сургалт

## I. ОРШИЛ

Холимог хяналттай суралцах гэдэг нь шошготой болон шошгогүй өгөгдлийн аль алиных нь хослол дээр загварыг сургадаг машин судлах арга барилын нэг төрөл бөгөөд ихэвчлэн тусдаа хослосон багш болон сурагч загваруудыг ашиглан сургалтыг гүйцэтгэдэг [1]. Энэ аргыг ихэвчлэн хаяглагдсан өгөгдлийг олж авахад хэцүү болон цаг хугацааны хувьд үнэтэй үед ашигладаг боловч алдааны хувийг бууруулахын тулд сонголттой шошголох сургалтын арга [2] гэх мэт уг талбар нь идэвхитэй судлагдсаар байна.

Холимог хяналттай суралцах нэг нийтлэг арга бол бага хэмжээний шошготой өгөгдлийг ашиглан суралцах үйл явцыг bootstrap хийх явдал юм. Дараа нь үр дүнд суурилсан загварыг ашиглан үлдсэн бичигдээгүй өгөгдлийг шошголно. Дараа нь шинээр шошголсон өгөгдлийг загварыг илүү сайжруулахын тулд ашиглаж болох бөгөөд энэ үйл явцыг давталтаар давтан хийдэг [3]. Энэхүү судалгааны ажил нь бага өгөгдлийн санг ашиглан сурсан загварыг бага зардалаар дахин сургаж шинэ өөрчлөлтүүдийг загварт таниулах зорилготой болно. Бид энэхүү судалгааны ажилаар нэмэлт болон туслах загвар ашиглахгүйгээр шошготой болон шошгогүй өгөгдлийг сургах алгоритмыг боловсруулан түүнийг стандарт өгөгдлийн сангууд ашиглан загваруудыг сургаж гүйцэтгэлүүдийг харьцуулахаар зорьсон болно.

## II. БАГА ӨГӨГДӨЛ АШИГЛАН ХОЛИМОГ ХЯНАЛТТАЙ СУРГАЛТ

Ижил төстэй аргууд нь нэмэлт загвар ашиглах, удаан хугацааны сургалт гэх мэт дутагдалтай талууд ажиг-

лагдсан бөгөөд бид үүнийг бага зардлаар нэг сургалтаар сургах өөрсдийн холимог хяналттай сургалтын алгоритмыг боловсруулсан.

Оролт: Шошго1, Зураг1, Зураг2

Гаралт: Таамаг1, Таамаг2, Таамаг3

Сургах давталт :

- 1: Таамаг1 = Загвар(Зураг2)
- 2: Таамаг2 = Загвар(Зураг1)
- 3: Алдаа1 = АлдааныФ1(Таамаг2, Шошго1)
- 4: Алдаа1.буцахалхам()
- 5: Таамаг3 = Загвар(Зураг2)
- 6: Алдаа2 = АлдааныФ2(Таамаг1, Таамаг3)
- 7: Алдаа2.буцахалхам()
- 8: оновчлогч.алхам()

1 болон 2: сургалтын давталтад шошготой болон шошгогүй зургуудын багцууд ашиглах ба эхлээд шошгогүй зургийг загварт оруулан таамаглалыг гаргах авч Таамаг1-д хадгална.

3, 4 болон 5: шошготой зургуудын багцыг загварт оруулан Таамаг2 болон шошго хоорондох алдааг тооцоолох, тооцоолсон алдаагаар загварыг буцах тархалтын тусламжтай засах, тохируулах.

6, 7 болон 8: шошготой зургаар загварыг тохируулсны дараа өмнө тооцоолсон Таамаг1 дээрх алдааг дахин тооцоолсон Таамаг3-тай харьцуулан алдааг тооцоолон загварыг дахин засах.

9: Дээрх хоёр засварын дараа загварын оновчлолыг тооцоолох.

Эндээс дээрх алдааг нийтэд нь дараах байдлаар бичих боломжтой юм.

$$loss_t = \sum_{i=1}^D (\hat{y}_{1i} - y_{1i})^2 + \gamma * \sum_{i=1}^D (\hat{y}_3 - \hat{y}_2)^2 \quad (1)$$

Томьёо 1-д нийт алдааг  $loss_t$ ,  $\hat{y}_{1i}$ ,  $y_{1i}$ -ээр шошготой болон өгөгдлийн багцын таамаг болон шошго.  $\gamma = 1$ -аар тохируулагч параметр,  $\hat{y}_3$ ,  $\hat{y}_2$ -ээр засвараас өмнөх болон дараах шошгогүй өгөгдлийн багцын таамгуудаар тус тус төлөөлүүлэв. Бидний боловсруулсан алгоритм нь нэмэлт сургагч загвар ашиглаагүй бөгөөд мөн давталтын тоо нь бусад ижил төстэй сургалтын аргуудыг бодвол нэмэлт давталт ашиглаагүй юм. Үүний дараа

энэхүү аргыг дараах стандарт сангуудыг ашиглан туршилтын загваруудыг сургах болно.

**A. Туршилтад ашигласан өгөгдлийн сан**

Тус судалгаанд бид зураг танилт болон объект илрүүлэлтийн стандарт сангууд ашиглан сургасан бөгөөд ашигласан өгөгдлийн сангууд нь: FashionMNIST [4], CIFAR100 [5], COCO 128 [6] болно. Эдгээр сангуудыг дараах тархалтаар хуваасан [10/90, 30/70, 50/50, 70/30] (шошготой/шошгогүй харьцаа) бөгөөд энэ нь өгөгдөл боловсруулах, олборлох гэх мэт асуудлуудаас зайлсхийсэн болно. Үүнтэй харгалзан дараах загваруудыг турших болно.

**B. Туршилтад ашигласан загварууд**

Бид судалгааны ажлын нарийвчлал энгийн байдлыг харгалзан үзэж нийтэд түгсэн загваруудыг сонгон авч сургалт хийн үр дүнг харьцуулахаар шийдсэн бөгөөд дараах сургалтын загваруудыг уг судалгааны ажилд ашиглах болно.

- Нейрон сүлжээ: Энгийн 3 давхарга бүхий загварыг угсран FashionMNIST санд сургах
- Гүн Конволюшн нейрон сүлжээ: Энгийн 12 давхарга бүхий загварыг угсран FashionMNIST санд сургах
- ResNet-18 [7]: Нийтэд түгсэн загварт туршилтын үр дүнг гаргах үүднээс CIFAR100 санд сургах
- YoLoV5 [8]: Зургийг ангилах асуудлаас гадна бусад гүн сургалтын загваруудад үр дүн гаргах үүднээс объект илрүүлэх даалгаврын COCO 128 санд сургах

гэсэн туршилтын загваруудыг тодорхойлсон бөгөөд сургалтын явцад туслах параметрууд дараах байдалтай тохируулсан болно.

- *Learning rate* : 0.001
- *Epochs* : 10 (3)
- *Batch size* : [8, 32, 64, 128]
- *Classifier dropout* : 0.1

Мөн туршилтын үр дүнг уламжлалт сургалтын аргатай харьцуулах үүднээс хуваасан шошготой өгөгдлийн багц загваруудыг дангаар нь сургасан.

**III. ТУРШИЛТЫН ҮР ДҮН**

Бид энгийн 3 давхаргатай нейрон сүлжээг сургасан сургалтын үр Хүснэгт I-д харуулав.

Хүснэгт I  
NN-MNIST 3 давхарга сургалтын үр дүн

Batch	10	30	50	70	10/90	30/70	50/50	70/30
8	81.1	83.6	82.2	85.3	82.3	84.5	84.7	84.5
32	81.9	84.0	84.2	85.2	81.7	83.7	84.0	84.0
64	79.1	83.7	78.9	84.2	81.2	83.4	84.4	83.5
128	77.9	82.2	84.0	84.7	78.0	83.0	83.9	82.8
AV	80.0	83.4	82.4	84.8	80.8	83.7	84.2	83.7

Хүснэгт I-т эхний [10, 30, 50, 70] баганад харгалзах хуваалтын сургалтын шошготой өгөгдлийн тоо бөгөөд

тухайн нүдэнд тухайн сургалтын тестийн өгөгдлийн үнэлгээг хувьлан үзүүлсэн болно. Үлдсэн багануудад холимог буюу харгалзах шошготой болон шошгогүй өгөгдлийн багцуудын сургалтын тестийн санд хийсэн үнэлгээнүүдийг үзүүлэв. Мөн Хүснэгт II, Хүснэгт III-т харгалзах сургалтын загваруудын үр дүнг үзүүлсэн болно.

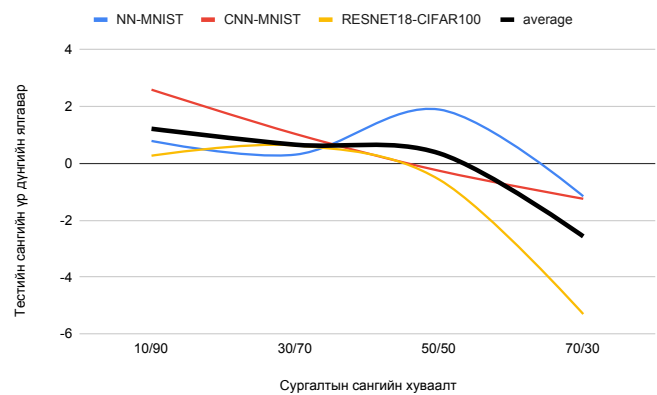
Хүснэгт II  
CNN-MNIST 12 давхарга сургалтын үр дүн

Batch	10	30	50	70	10/90	30/70	50/50	70/30
8	82.3	86.8	87.6	87.8	85.3	87.9	87.7	87.2
32	82.6	85.8	88.3	89.6	86.0	88.3	87.9	87.6
64	85.5	87.7	87.7	88.8	86.5	88.0	87.3	87.5
128	82.1	87.1	88.6	88.8	85.0	87.3	88.3	87.8
AV	83.1	86.8	88.1	88.7	85.7	87.9	87.8	87.5

Хүснэгт III  
ResNet18-CIFAR100 сургалтын үр дүн

Batch	10	30	50	70	10/90	30/70	50/50	70/30
8	17.7	31.0	36.9	41.6	17.7	30.1	36.6	30.7
32	19.0	30.3	36.9	41.5	19.7	31.0	36.3	30.9
64	19.6	29.2	36.2	39.3	19.6	30.5	35.7	29.4
128	18.2	27.9	34.7	39.0	18.5	29.3	33.8	29.1
AV	18.6	29.6	36.2	40.3	18.9	30.2	35.6	30.0

Зураг 1 - д дээрх хүснэгтүүдийн үр дүнг нэгтгэсэн буюу шошготой болон шошгогүй холимог сургалтуудын ялгааг өгөгдлийн хуваалт тус бүрээр дүрслэн үзүүлэв.



Зураг 1. Хяналттай болон холимог хяналттай сургалтын 2 үр дүнгийн хоорондох зөрүүний харьцуулалт

Зураг 1-д босоо тэнхлэгт энгийн сургалт болон холимог сургалтын тестийн санд гаргасан үр дүнгийн ялгааг хувиар, хэвтээ тэнхлэгт сургалтын сангийн хуваалтыг тус тус дүрслэв. Зураг 1 - ээс дүгнэвэл: хар өнгийн шугамд шошгогүй өгөгдлийн хэмжээ их байх тусам бидний боловсруулан туршсан холимог сургалтын арга нь илүү сайн үзүүлэлтийг уламжлалт хаягласан өгөгдлийн сургалтаас үзүүлсэн байна. Үүний эсрэгээр түүний эзлэх хувь багасах тусам уламжлалт сургалттай харьцуулахад бага байгаа нь харагдах бөгөөд энэ нь шошгогүй өгөгдөл нь тухайн сургалтад шуугианы



нөлөөг үзүүлж байна. Тус дутагдлыг арилгах үүднээс Томьёо 1 - д хаяглаагүй алдааг тооцоолоход нэмэлт параметр  $\gamma$  ашиглах шаардлага тулгарч байна.

Туршилтын үр дүнгийн зургаас дүгнэн хэлэхэд шошгогүй өгөгдлийн хэмжээ шошготой өгөгдлийн хэмжээнээс 9 дахин их үед уламжлалт сургалтаас ойролцоогоор 1 – 2% нэмэлт үнэлгээг олгож байгаагаараа бидний судалгааны ажил үр дүнд хүрсэн хэмээн харуулж байна.

Уг судалгааны ажлыг бататгах үүднээс State of the Art загварт сургалтыг хийсэн бөгөөд *EfficientNet-B0* [9] загварыг сонгон 10000 шошготой 40000 шошгогүй өгөгдөлд туршилт хийхэд: уламжлалт 10000 зурагт 75.84%, 1/4 холимогт 77.5% тус тус үнэлгээг үзүүлсэн нь (Semi-Supervised Image Classification on cifar-100, 10000 Labels) үзүүлэлтийн 16-д орох амжилтыг гаргасан. Тус үр дүнг бататгах үүднээс бид сургал-

Хүснэгт IV  
YoloV5-COCO128 сургалтын үр дүн

Model	Хяналттай сургалт	Хагас хяналттай сургалт
m@ps	m@p0.5 m@p0.5-0.95	m@p0.5 m@p0.5-0.95
yolov5s	0.967 0.799	0.968 0.824
yolov5m	0.975 0.876	0.977 0.878
yolov5l	0.977 0.878	0.979 0.914
yolov5x	0.979 0.901	0.978 0.918

тын загварын даалгаврыг ангилахаас объект илрүүлэх болгон сольж туршсан үр дүнг Хүснэгт III харуулав. Сургалтыг гүйцэтгэхдээ зургийн хэмжээг 640 × 640, 3 epoch-д өмнө сургасан загварт нэмэлт сургалт явуулан шалгасан болно. Үр дүнгийн хүснэгтээс  $m@p0.5$  их хэмжээний өөрчлөл байхгүй бөгөөд эсрэгээрээ том хэмжээтэй объект илрүүлэхэд бидний өмнө гаргасан 0.2 – 3.4% нэмэлт үнэлгээг гаргасан байна.

Уг аргаар хөл бөмбөгийн тоглолтын өгөгдлийн сан SoccerNet-v2 [10] нэг тоглолтын 2 секунд тутамд тастан хаяглан бусад 6 санамсаргүй тогтолтоос зургуудыг ялган YoloV5 загвар өөрсдийн аргыг туршин үзсэн бөгөөд үр дүнгийн дүрс бичлэгийг дараах хаягаар орж, бидний хийсэн судалгааны ажлын үр дүнг сургалтад ашиглаагүй тоглолтын бичлэгийн үр дүнгээр харах боломжтой юм. <https://drive.google.com/file/d/1LDnSSCNAMkXVsGCEZ1k6JT3n0ktYh7az/view?usp=sharing>. Уг бичлэгт тоглогчдын болон бөмбөгийн байрлал болон талбайн тэмдэг тэмдэглэгээг илрүүлсэн. Ингэснээр бид тухайн тоглолтод тоглогчдын талбай дээрх бодит байрлалыг мэдэх боломжтой мөн хөдөлгөөний чиглэл, тоглогчдын хурд гэм мэт туслах үзүүлэлтүүдийг олоход чухал юм.

#### IV. ДҮГНЭЛТ

Энэхүү судалгааны ажлаар шинэ арга нээн боловсруулсан бөгөөд уг аргаар хяналттай сургалтын бүх л загварт ашиглах боломжтойг олон жишээгээр харуулахыг хичээсэн болно. Уг аргыг сургасан загвар шинэ төрлийн хаяглаагүй өгөгдлийн мэдлэгийг таниулж

ашиглах боломжтой юм. Мөн уг арга нь 9 дахин ялгаатай багцуудын хувь 1 – 2% үнэлгээний сайжруулалтыг харуулсан бөгөөд үүнийг бид [11]-тэй харьцуулахад 23.07% алдааг 22.5% болгон бууруулсан байна. Мөн уг аргыг цаашид өргөжүүлэн дутагдалтай талыг дарах үүднээс нэмэлт  $\gamma$  параметрийн эрэл хайгуул хийх шаардлагатай байна. Уг аргыг цаашид монгол хүний яриаг бага өгөгдөлд таних гэх мэт эх хэлний боловсруулалтад турших туршилтын ажлыг гүйцэтгэхээр төлөвлөөд байна.

#### Талархал

Энэхүү судалгааг КОИСА (Солонгосын Олон Улсын Хамтын Ажиллагааны Байгууллага)-аас ШУТИС-ийн Мэдээлэл, харилцаа холбооны технологийн сургуулийн чадавхыг бэхжүүлэх төслөөр дэмжсэн (Тендерийн No P2019-00114-1)

#### Ашигласан ном

- [1] Fan, Yue and Dai, Dengxin and Kukleva, Anna and Schiele, Bernt, CoSSL: Co-Learning of Representation and Classifier for Imbalanced Semi-Supervised Learning, The IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), 2022.
- [2] Wang, Xudong and Lian, Long and Yu, Stella X, "Unsupervised Selective Labeling for More Effective Semi-Supervised Learning," European Conference on Computer Vision, pp. 427–445, 2022.
- [3] Paul Albert and Diego Ortego and Eric Arazo and Noel E. O'Connor and Kevin McGuinness, "ReLaB: Reliable Label Bootstrapping for Semi-Supervised Learning," Conference: 2021 International Joint Conference on Neural Networks (IJCNN), 2021.
- [4] Xiao, H.; Rasul, K. & Vollgraf, R., Fashion-MNIST: a Novel Image Dataset for Benchmarking Machine Learning Algorithms, arxiv:1708.07747, 2017.
- [5] Alex Krizhevsky and Vinod Nair and Geoffrey Hinton, "CIFAR-100 (Canadian Institute for Advanced Research)," <http://www.cs.toronto.edu/~kriz/cifar.html>.
- [6] Tsung-Yi Lin and Michael Maire and Serge J. Belongie and Lubomir D. Bourdev and Ross B. Girshick and James Hays and Pietro Perona and Deva Ramanan and Piotr Dollár and C. Lawrence Zitnick, "Microsoft COCO: Common Objects in Context," CoRR, 2014.
- [7] K. He, X. Zhang, S. Ren and J. Sun, "Deep Residual Learning for Image Recognition," 2016 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), Las Vegas, NV, USA, 2016, pp. 770-778, doi: 10.1109/CVPR.2016.90.
- [8] Glenn Jocher and Alex Stoken and Jirka Borovec et al., ultralytics/yolov5: v3.1 - Bug Fixes and Performance Improvements, 10.5281/zenodo.4154370, 2020.
- [9] Tan, M. and Le, Q.V. (2019) EfficientNet: Rethinking Model Scaling for Convolutional Neural Networks. Proceedings of the 36th International Conference on Machine Learning, ICML 2019, Long Beach, 9-15 June 2019, 6105-6114. <http://proceedings.mlr.press/v97/tan19a.html>
- [10] Adrien Delière and Anthony Cioppa and Silvio Giancola and Meisam J. Seikavandi and Jacob V. Dueholm and Kamal Nasrollahi and Bernard Ghanem and Thomas B. Moeslund and Marc Van Droogenbroeck, SoccerNet-v2 : A Dataset and Benchmarks for Holistic Understanding of Broadcast Soccer Videos, The IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR) Workshops, 2021.
- [11] French, Geoff et al. "Milking CowMask for Semi-Supervised Image Classification." VISIGRAPP (2020).



**Салбар хуралдаан 4**  
**Электрон систем, дохио**  
**боловсруулалт**

# Virtex-5 FPGA-д суурилсан эмбэддэд системийн ХӨГЖҮҮЛЭЛТ

Ууганчимэг Ганчимэг  
 Электроникийн салбар  
 Шинжлэх Ухаан Технологийн Их Сургууль  
 Улаанбаатар, Монгол  
[uuganchimeg.g@must.edu.mn](mailto:uuganchimeg.g@must.edu.mn)

Сугир Цагаанчулуун  
 Электроникийн салбар  
 Шинжлэх Ухаан Технологийн Их Сургууль  
 Улаанбаатар, Монгол  
[sugir@must.edu.mn](mailto:sugir@must.edu.mn)

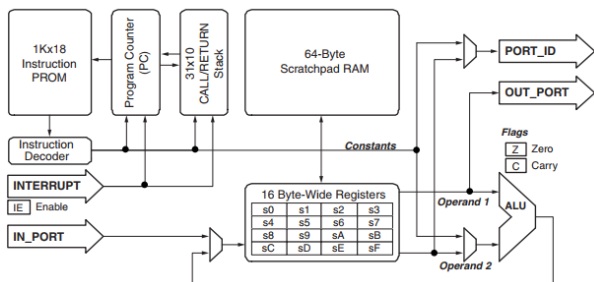
*Хураангуй*—Энэхүү судалгааны ажлаар эмбэддэд системийг зохион бүтээхэд шаардлагатай хэрэглэгдэхүүнийг судалж түүнээс олж авсан мэдлэгээрээ жижиг хэмжээтэй эмбэддэд систем хийхийг зорьсон билээ. Энэ эмбэддэд систем нь 100-999Гц хязгаарт нэвтрүүлэх зурвасыг тохируулдаг, нэгдүгээр эрэмбийн нам давтамжийн тоон шүүр юм. Уг эмбэддэд системийн загварыг гаргахдаа PicoBlaze микропроцессорын цөмийг удирдлага болгон ашигласан бөгөөд түүний гадна талд нэмэлт төхөөрөмжүүдэд шаардлагатай драйверын логик хэлхээнүүдийг VHDL хэлээр загварчлан PicoBlaze микропроцессорын цөмтэй холбож бүтээсэн.

*Түлхүүр үгс*- Тоон шүүр, Тохируулгатай нам давтамжийн шүүр, PicoBlaze, 8 битийн микропроцессорын цөм

## I. ОРШИЛ

FPGA-д суурилсан эмбэддэд систем бүтээхэд тухайн FPGA нь дэмжиж ажиллах процессорын цөмийг сонгох нь зүйтэй. Мөн FPGA-ын төрөл болон процессорын архитектурын ажиллах зарчим зэргээс хамааран тухайн үйлдвэрлэгч компаниас санал болгодог процессорын цөмийг авч ашиглавал цаг хугацаа эдийн засгийн хувьд хэмнэлттэй, гарч болох энгийн алдаануудаас урьдчилан сэргийлдэг давуу талтай.

Бидний төсөлд ашигласан Virtex-5 FPGA-д Xilinx компаниас санал болгодог хэд хэдэн төрлийн микропроцессорын цөмөөс PicoBlaze-ийг эмбэддэд системийн удирдлагаар сонголоо. PicoBlaze нь:



Зураг 1. PicoBlaze микропроцессорын цөм

- Xilinx FPGA-д зориулсан, авсаархан, бүтээмж өндөр, зардал багатай, эмбэддэд 8 битийн RISC архитектуртай микропроцессорын цөм юм.
- FPGA тохируулгын үеэр автоматаар ачаалагддаг, цөмтэйгөө хамт үүсдэг 1024x18 программын санах ойтой. 18 битийн өгөгдөл хадгалах ROM нь 10 битээр хаяглагдана.
- 8 битийн 16 ширхэг ерөнхий зориулалтын өгөгдөл хадгалах региструудтэй бөгөөд дурын регистр нь аккумулятор регистрийн үүрэг гүйцэтгэж чаддаг.
- Хялбар өргөтгөх боломжтой тус бүр нэг ширхэг оролт гаралтын портоотой. 8 битийн порт хаяглалтаар

(PORT\_ID) оролт гаралтын портуудыг 256 хүртэл хаяглаж өргөтгөх боломжтой.

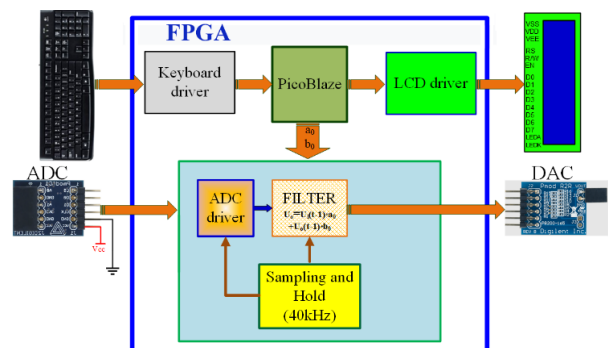
- Гадаад тасалдлын нэг физик оролттой бөгөөд порт хаяглалтаар өргөтгөх боломжтой. Тасалдалд хамгийн хурдан хариу үйлдэл үзүүлэх чадвар нь 5 клок цикл байдаг. [1],[2]

Virtex-5 FPGA бүхий GENESYS хавтан нь систем хөгжүүлэлтэд зориулсан учраас маш олон төрлийн төхөөрөмж болон оролт гаралтын портуудыг агуулсан.[3] Эдгээрээс бидний ашиглаж байгаа нь:

- CLCD – 16x2 тэмдэгтийн LCD дэлгэц нь ерөнхий удирдлагын Enable, Reset, Read/Write гэсэн 3 порт болон өгөгдөл дамжуулах 8 портоор FPGA-д холбогдоно.
- PS/2 порт – гар эсвэл хулганыг холбох энэ порт нь синхрон data ба clock портоор гадаад интерфэйстэй холбогддог.
- Нэмэлт модулийн C D порт – Pmod-AD7476 Аналог Тоон Хувиргуур болон Pmod-R2R Тоон Аналог Хувиргуурын модулиудыг эдгээр портоор хавтанд холбож хэрэглэсэн.

## II. ЭМБЭДДЭД СИСТЕМ ИЙН БҮТЭЦ

Virtex-5 FPGA-д нэвтрүүлэх зурвасыг 100Гц - 999Гц хүртэл завсарт сонгох боломжтой тохируулгатай нам давтамжийн шүүрийн эмбэддэд системийг бүтээсэн бөгөөд ерөнхий удирдлага нь PicoBlaze микропроцессор байна. Эмбэддэд системийн ерөнхий бүтцийг 2-р зурагт харуулж байна.



Зураг 2. Тохируулгатай нам давтамжийн шүүрийн эмбэддэд системийн ерөнхий бүтэц

Эмбэддэд систем нь ADC модулийн оролтод ирсэн аналог дохиог давтамжаар нь шүүн, DAC модулиар

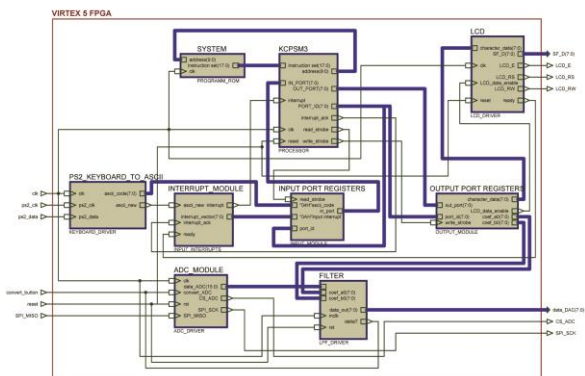
гаргах бөгөөд нэвтрүүлэх давтамжийн хязгаарыг микропроцессороос тохируулна.

ADC модуль нь SPI протоколоор 16 бит урттай өгөгдөл дамжуулдаг бөгөөд slave горимд ажилладаг тул түүнийг удирдах мастер төхөөрөмж (FPGA) нь ADC драйвертай байх ёстой. Тоон шүүрийн логик хэлхээнүүд бол дохио боловсруулах гол цөм бөгөөд энэ нь микропроцессороос ЭХЛЭХ удирдлага, шүүрийн ялгаврын коэффициентуудыг уншиж, шүүрийн тэгшитгэлийг шинэчлэх ба ADC, DAC модулиудыг удирдан, бие даан тасралтгүй ажиллана.

Микропроцессор гараас оруулан ASCII кодын дарааллыг уншиж тоон шүүрийн нэвтрүүлэх дээд давтамжийн утгыг тодорхойлох ба тухайн давтамжид харгалзах коэффициентуудыг бодож тоон шүүрийн логик хэлхээнд бичнэ. Түүнчлэн гараас оруулж байгаа ASCII кодын дарааллыг тэмдэгтийн LCD дэлгэц дээр дүрсэлнэ. Үүний тулд микропроцессорт гарын товчлуурын SCAN кодыг уншиж, ASCII кодод хөрвүүлэх гарын драйвер (Keyboard driver) болон LCD дэлгэцэд тэмдэгт хэвлэх дэлгэцийн драйвер (LCD driver) логик хэлхээ байх шаардлагатай.

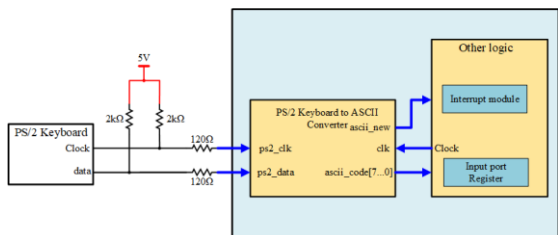
### III. ДРАЙВЕР ЛОГИК ХЭЛХЭЭНҮҮД БА УДИРДЛАГЫН ПРОГРАМ ХАНГАМЖ

FPGA дотор үүсгэсэн тоон логик системийн RTL схемийг 3-р зурагт харууллаа.



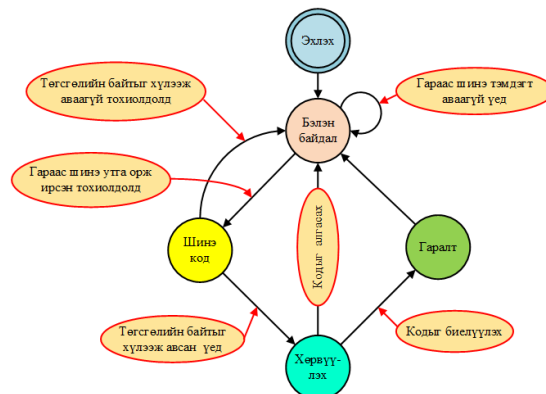
Зураг 3. FPGA дотор бүтээсэн тоон системийн RTL схем

- PS2\_KEYBOARD\_TO\_ASCII драйвер ба тасалдлын модуль - Товчлуур дарагдахад гар нь SCAN code + BREAK code + SCAN code дарааллаар 11 бит өгөгдөл синхрон клок сигналтай хамт дамжуулдаг. Үүнийг хүлээж авч ASCII кодод хөрвүүлж гаргах драйверын



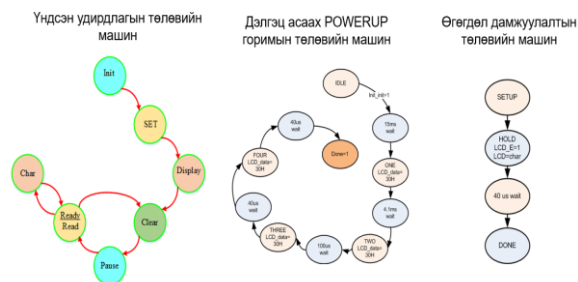
Зураг 4. PS2\_KEYBOARD\_TO\_ASCII драйвер ба тасалдлын модуль

логик хэлхээ нь 5-р зурагт харуулсан төлөвийн диаграммаар ажиллана.



Зураг 5. PS2\_KEYBOARD\_TO\_ASCII драйверийн төлвийн диаграмм

- Гарын товчлуур дарагдахад шинэ ASCII код үүссэн гэх төлөвийг тасалдлын модуль уншиж, микропроцессорт гадаад тасалдлын хүсэлт илгээнэ.
- LCD драйвер – тэмдэгтийн LCD дэлгэц нь микропроцессорын хурдтай харьцуулахад харьцангуй их хугацааны хүлээлттэйгээр өгөгдөл дамжуулдаг онцлогтой. Микропроцессорын программ дахь үргүй хүлээлт бүхий ачааллыг бууруулах зорилгоор дэлгэцийн контроллерийн хурдад тохируулсан мэдээлэл илгээдэг энэ драйверыг төлөвийн машины загвараар бүтээсэн бөгөөд төлөвийн диаграммыг нь 6-р зурагт

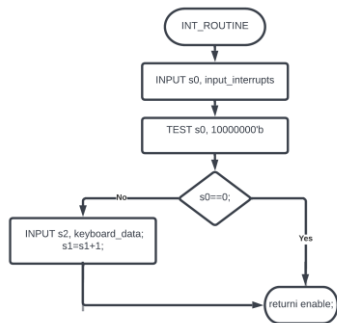


Зураг 6. LCD дэлгэцийг удирдах драйверийн төлвийн диаграмм

- Порт хаяглалтын тусламжтайгаар гадаад логик хэлхээнүүдээс микропроцессор өгөгдөл уншиж авна. Үүнд:
  - 04H хаягаар гарын ASCII кодыг уншина.
  - 05H хаягаар LCD дэлгэцийн өгөгдлийг бичнэ.
  - 0AH хаягаар гадаад тасалдлын төлөвийг уншина.
  - A0H, B0H хаягаар тоон шүүрийн региструудад ялгаврын коэффициентыг бичнэ.

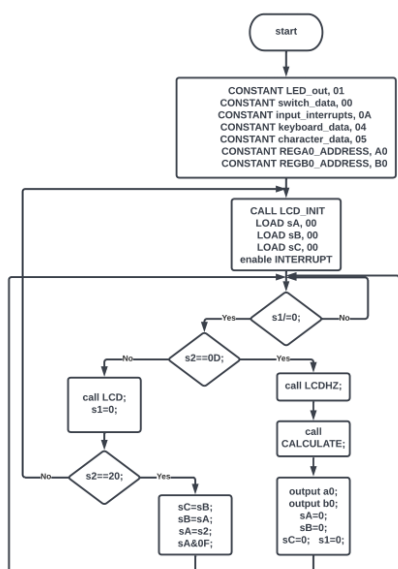
PicoBlaze микропроцессорын цөм нь эмбэддэд системд дараах үүргийг гүйцэтгэнэ. Үүнд:

- Системийн анхны төлөвийг тодорхойлно.
- Гадаад тасалдал үүсэхэд хаанаас тасалдал ирснийг шалгаж, тасалдал илгээсэн гадаад төхөөрөмжөөс өгөгдөл уншина. Энэ удаад тасалдал илгээх гадаад төхөөрөмж нь PS2\_KEYBOARD\_TO\_ASCII драйвер бөгөөд үүнийг өргөтгөх боломжтой.



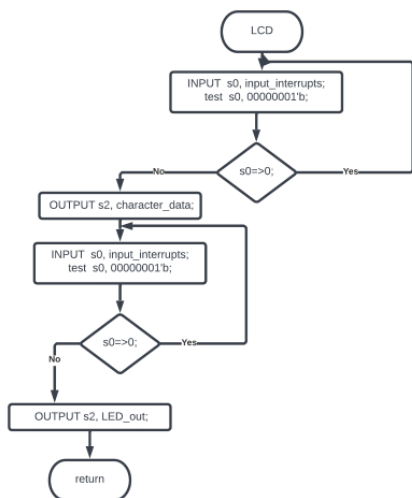
Зураг 7. Тасалдалд үйлчлэх программын алгоритм

- Гараас ямар нэг тоо, ENTER, SPACE аль нь дарагдсан эсэхийг үндсэн программд шалгана.



Зураг 8. Үндсэн программын алгоритм

- ASCII утгыг LCD дэлгэцэд хэвлэхийн тулд LCD дэд программыг дуудна.

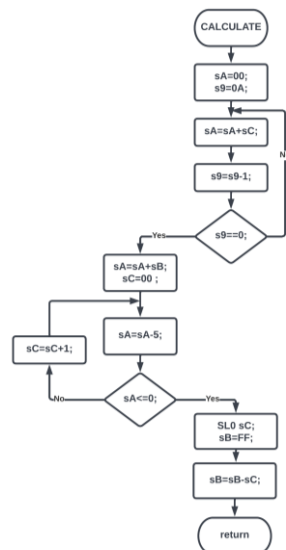


Зураг 9. LCD дэд программын алгоритм

- CALCULATE дэд программ нь гарнаас ирсэн 3 ASCII кодыг гурван оронтой тоонд хөрвүүлсний дараа

$$a_0 = 2\pi f_c \Delta t; \quad b_0 = 1 - 2\pi f_c \Delta t \quad (1)$$

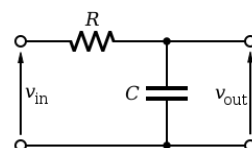
- (1) томъёогоор тоон шүүрийн ялгаврын коэффициентуудыг бодож, шүүрийн регистрүүдэд бичнэ.



Зураг 10. CALCULATE дэд программын алгоритм

#### IV. НАМ ДАВТАМЖИЙН ТООН ШҮҮРИЙН ЗАГВАР

Нэгдүгээр эрэмбийн нам давтамжийн тоон шүүрийн загварыг RC шүүрт тулгуурлан гаргаж, ялгаврын тэгшитгэлийг нь тодорхойлсон. [5]



Зураг 11. RC аналог шүүрийн хэлхээ

11-р зурагт харуулсан хэлхээний дамжууллын функц нь (2) тэгшитгэлээр илэрхийлэгдэнэ. Үүнд  $\omega_c = \frac{1}{RC}$  нь нугаралтын давтамж.

$$H(j\omega) = \frac{U_o}{U_i} = \frac{1}{1 + j\omega(RC)} = \frac{1}{1 + \frac{s}{\omega_c}} = \frac{\omega_c}{s + \omega_c} \quad (2)$$

$s = \frac{z^{-1}}{\Delta t}$  хувиргалтаар s функцийг Z оронд хувиргана.

$$\frac{U_o}{U_i} = \frac{\omega_c}{\frac{z^{-1}}{\Delta t} + \omega_c} = \frac{\omega_c \Delta t \cdot z^{-1}}{1 - z^{-1} + \omega_c \Delta t \cdot z^{-1}}$$

$$U_o(1 - z^{-1} + \omega_c \Delta t \cdot z^{-1}) = U_i(\omega_c \Delta t \cdot z^{-1})$$

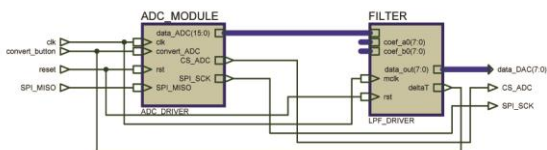
$$U_o - U_o(1 - \omega_c \Delta t) \cdot z^{-1} = U_i(\omega_c \Delta t) \cdot z^{-1}$$

$$U_o = U_o(1 - \omega_c \Delta t) \cdot z^{-1} + U_i(\omega_c \Delta t) \cdot z^{-1} \quad (3)$$

$\omega_c \Delta t = a_0$ ;  $1 - \omega_c \Delta t = b_0$  коэффициент гэвэл (3) ялгаврын тэгшитгэл (4) хэлбэртэй болно.

$$U_0 = a_0 \cdot U_i \cdot z^{-1} + b_0 \cdot U_0 \cdot z^{-1} \quad (4)$$

Үүнд  $\Delta t$  нь дискретчиллийн алхам бөгөөд  $\Delta t = 25\mu s$  буюу хурдыг нь  $f_c = 40kHz$  гэж сонгож авсан.



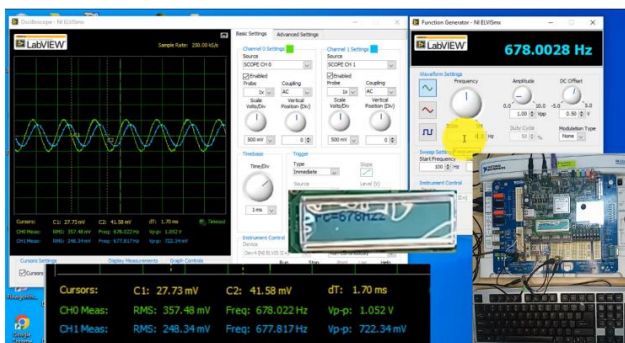
Зураг 12. Тоон шүүрийн логик хэлхээний RTL схем

ADC драйверыг агуулсан тохируулгатай тоон шүүрийн модуль нь  $25\mu s$  тутамд ADC-ээр уншсан утгыг (4) тэгшитгэлд оруулж бодон, гаралтад зэрэгцээ холбоотой DAC-аар үр дүнг гаргана.

### V. ТҮРШИЛТ, ҮР ДҮН

PicoBlaze микропроцессорын цөмийн удирдлагатай, тохируулгатай нам давтамжийн дохио нэвтрүүлэх нэгдүгээр эрэмбийн тоон шүүрийн эмбэддэд системийг зохион бүтээж туршин шалгасан үр дүнг танилцуулья.

Гарнаас 6 7 8 гэсэн товчлуур дарахад нугаралтын давтамжийг  $F_c=678\text{Гц}$  гэж LCD-д хэвлэн, тоон шүүр ажиллаж байгааг 13-р зурагт харуулж байна. NI ELVIS төхөөрөмжийн хувьсах дохионы генераторыг ADC-ийн оролтод холбож, ADC ба DAC-ийн аналог дохиог осциллоскопоор зэрэгцүүлэн харууллаа.



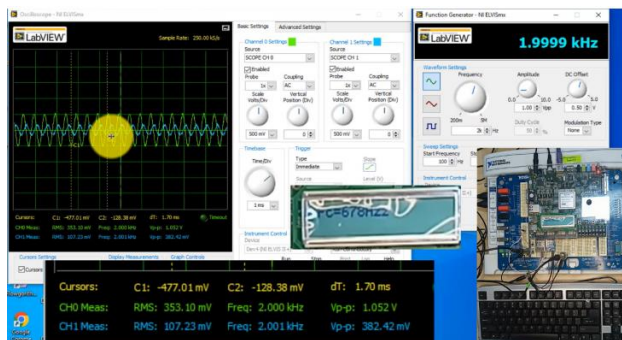
Зураг 13. 678Гц нугаралтын давтамжтай НДТШ-ийн оролтод 678Гц давтамжтай дохио өгч, ажиллагааг харуулсан нь

Нугаралтын давтамжтай ижил давтамжтай дохио шүүрийн оролтод өгөхөд гаралтад

$$U_0 = \frac{1}{\sqrt{2}} * U_i \quad (5)$$

(5) тэгшитгэлээр тодорхойлох амплитудтай дохио гардаг хуулиар оролтын 1,052В далайц утга гаралтад 1,052 · 0,707 = 722.34мВ далайцтай болсныг 13-р зургаас харж болно.

14-р зурагт LCD дээр дүрслэгдсэн нугаралтын давтамжаас харьцангуй их 2кГц давтамжтай дохиог өгөхөд 382мВ далайцтай болгон бууруулсныг үзүүлж байна.



Зураг 13. 678Гц нугаралтын давтамжтай НДТШ-ийн оролтод 2кГц давтамжтай дохио өгснийг шүүсэн үр дүн

### VI. ДҮГНЭЛТ

Virtex-5 FPGA-д 100-999Гц хязгаарт нэвтрүүлэх зурвасыг тохируулдаг удирдлагатай, нэгдүгээр эрэмбийн нам давтамжийн тоон шүүрийн систем хийлээ. Уг эмбэддэд системийн загварт PicoBlaze микропроцессорын цөмийг удирдлага болгон ашигласан бөгөөд түүний гадна талд нэмэлт төхөөрөмжүүдэд шаардлагатай гарын драйвер, LCD драйвер, тасалдлын модуль, оролт гаралтын порт регистр болон ADC драйверыг агуулсан тоон шүүрийн модуль зэрэг логик хэлхээнүүдийг VHDL хэлээр загварчлан PicoBlaze микропроцессорын цөмтэй холбож бүтээсэн.

Энэ эмбэддэд системийг Virtex-5 FPGA бүхий Genesys хөгжүүлэлтийн хавтан дээр загварчлан бүтээхэд програмчлагддаг LUT 606 буюу 2%, гаралтын буфертэй LUT хослол 286 буюу 42%, ерөнхий зориулалтын оролт гаралтын порт 35 буюу 7%, дан регистр 347 буюу 1% нөөц хэрэглэсэн байна.

### VII. НОМ ЗҮЙ

- [1] PicoBlaze 8 bit embedded microcontroller. url:https://usermanual.wiki/Xilinx/UG129.336027779/html.
- [2] Xilinx Ltd Ken Chapman. “8bit Micro Controller for Spartan-3E, Virtex II and Virtex II PRO”
- [3] Henley Court Pullman. “Genesys™ FPGA Board Reference Manual”
- [4] Volnei A.Pedroni. “VHDL:Тоон хэлхээний загварчлал” Анхдугаар хэвлэл, Монгол, ШУТИС Хэвлэлийн газар, 2019, ISBN: 978-99978-69-72-9.
- [5] Мөнхбаярын Шинэбаяр “SPARTAN-3E ашиглан тоон шүүлтүүр зохион бүтээх нь” Магистрын судалгааны ажил, ШУТИС-КТМС, 2012.

# ДРОН ЭСЭРГҮҮЦЭГЧ СИСТЕМИЙН СУДАЛГАА

Алдар Тэргэл  
Электроникийн салбар  
ШУТИС, Мэдээлэл холбооны Технологийн сургууль  
Монгод улс, Улаанбаатар хот  
tergel0666@gmail.com

Бямбаа Дорж  
Электроникийн салбар  
ШУТИС, Мэдээлэл холбооны Технологийн сургууль  
Монгод улс, Улаанбаатар хот  
dorj@must.edu.mn

**Хураангуй**—Дроноор Монгол Улсын онц чухал объектуудын газарзүйн байршил илрүүлэх, мэдээлэл цуглуулах, хорлон сүйтгэх үйл ажиллагаанд дрон хэрэглэх нь ихэссэн. Энэ нь улс орны аюулгүй байдал, хувийн болон төрийн байгууллагуудад эрсдэл учруулдаг тул дроны эсэргүүцэх сөрөг арга хэмжээ авах шаардлага үүсэж байна. Дрон эсэргүүцэх систем нь дотроо лазераар устгах, радио дохиог дарангуйлах, GPS хуурамч газарзүйн байрлал илгээх, тороор торлох гэх мэт олон төрлийн аргууд байдгаас уг ажилд радио дохиог дарангуйлах аргыг ашиглан дрон эсэргүүцэх систем бүтээхийг зорьсон. Үүний тулд эхлээд радио дохионы хүлээн авах дамжуулах аргачлалыг судалсан. Дроны удирдлагын радио дохионы өгөгдлүүдийг цуглуулж дүн шинжилгээ хийж хүлээн авсан дохиогоо боловсруулан буцааж дроны удирдлагад дамжуулах арга замаар түүний удирдлагад нөлөөлөхийг зорьсон. Үр дүнд нь дроныг радио дохиогоор дарангуйлан удирдах зорилготой радио дохиог боловсруулан удирдлагад нөлөөлөх боломжтойг харуулсан.

**Түлхүүр үг**— дрон эсэргүүцэгч систем, радио давтамж, гар удирдлага, дрон

## I. УДИРТГАЛ

Монгол Улсын төрийн болон хувийн байгууллагуудад зориулалтын дрон эсэргүүцэгч систем байхгүй, гадаадын орноос нийлүүлэх нь өндөр өртөгтэй байдаг. Монгол Улсад “Дрон эсэргүүцэх систем”-ийн талаар өмнө судлагдаагүй, цахим орчин, их дээд сургуулиудын архивд илэрцгүй, патентын эрх аваагүй байгаа нь бидний судалгаагаар гарч ирсэн. Бага оврын нисгэгчгүй нисэх хэрэгсэл буюу “Дрон” нь өртөг багатай ашиглахад хялбар зах зээлд маш ихээр борлуулагддагаас эргээд улс орны аюулгүй байдал, батлан хамгаалах, тагнуул, хууль сахиулах байгууллагуудад хүндрэл учруулж байна.

Мөн олон улсад болсон хэрэг, орчин үеийн дайны туршлагаас авч үзвэл 2011 оны 9-р сард С-4 бөмбөгөөр тоноглогдсон дрон нь АНУ-ын Батлан хамгаалах яам болон Капитол Хилл рүү дайрахыг оролдсон. Аз болоход гэмт этгээдийг дэлбэрэлт болохоос өмнө холбооны мөрдөх товчоо баривчилжээ. Энэ нь дроныг ашигласан анхны террорист ажиллагаа байсан юм. Уг хэрэг нь дрон эсэргүүцэх систем бий болгох нь практикийн хувьд онц чухал зүйл бөгөөд цагдаа, цэрэг үндэсний аюулгүй байдлын байгууллагуудтай хамтран ажиллах шаардлагатайг онцлон тэмдэглэв[1].

Өнөө цагт өрнөж буй Орос Украины дайны бүх үйл ажиллагаанд дрон оролцож байна. Өдөр тутмын дайралтад дроноор мэдээлэл цуглуулах, бөмбөгдөх, камиказе дроноор дайралт хийх мөргөлдөөнийг эхлүүлэхэд ашиглагдаж байна. Энэхүү дайнд дрон нь тулааны гол түлхүүр болж байна. Хоёр талын аль аль нь

дрон ашиглан дайралтыг хийж байгаа юм. Мөн 2020 онд өрнөсөн Азербайжан, Армэн улсуудын хоорондох зэвсэгт мөргөлдөөнд дрон нь гол хүчийг бүрдүүлж байсан юм[2].

Эдгээр туршлагаас авч үзвэл улс оронд дрон эсэргүүцэгч системийг нэвтрүүлэх зайлшгүй шаардлагыг бий болгож байна.

Иймд энэ ажлаар дрон эсэргүүцэх системийн төрөл болох RF Jamming буюу гар удирдлагад саад хийж удирдах боломжийг хязгаарлах, мөн Hijacking буюу дроныг бүрэн удирдах аргын нэгээхэн хэсгийг харуулахыг зорьсон.

## II. ОНОЛЫН ХЭСЭГ

“Дрон эсэргүүцэх систем” нь нисгэгчгүй нисэх хэрэгсэл, удирдлагатай нисэх төхөөрөмжийг илрүүлэх, хянах, ажиллагааг таслан зогсоох, устгахад зориулагдсан систем юм.

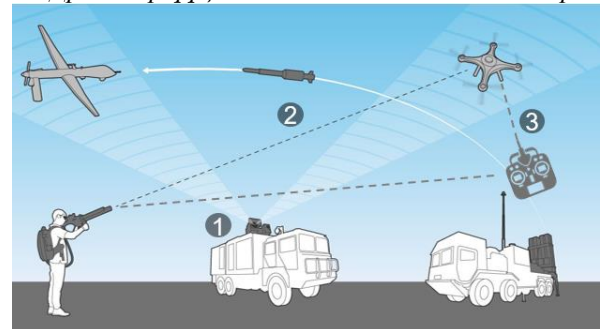
Радио давтамжийг дарангуйлах гэдэг нь хүлээн авагчид нэвтрүүлж буй дохиог өсгөж өндөр давтамжтай дохионд хувирган нэвтрүүлж анхны нэвтрүүлж буй дохиог салгаж хүлээн авагчид хамааралгүй болгоно.

Радио давтамжийг дарангуйлах аргын сул ба давуу талууд:

Давуу тал: бүтээхэд хялбар, протокол нь тодорхойгүй дронд ашиглах боломжтой.

Дутагдалтай тал: дохио хязгаарлагдсан орчинд ажиллах боломжгүй. Бүрэн автомат дроны хувьд нөлөөлөх боломжгүй.

### A. Дрон эсэргүүцэх системийн ажиллагааны зарчим

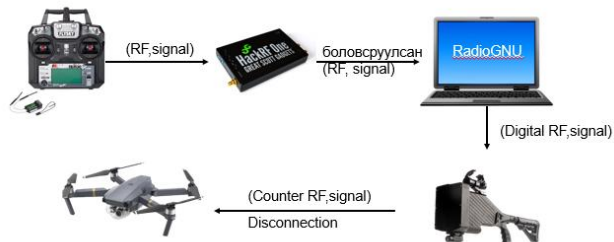


Зураг. 1. Ажиллагааны зарчим[7].

Зураг 1-д үзүүлснээр дрон эсэргүүцэх систем (ДЭС) нь дроныг удирдаж чиглүүлж буй удирдлагын радио давтамжийн өгөгдлийг ДЭС-д хүлээн авч тус дохионы чадлыг өсгөж өндөр чадлаар буцаан цацаж гар удирдлага дрон хоорондын дохиог дарангуйлан гар удирдлагын



хүлээн авагчид шинээр холболт үүсгэж нисэж буй дроныг барьцаалан удирдах дарааллын дагуу ажилладаг.



Зураг 2. Дохио боловсруулах үйл явц

Дроны удирдлагын параметр өгөгдөхүүнийг судалж гар удирдлага болон дрон хоорондын радио давтамжийг радио давтамж хүлээн авч дамжуулдаг. Зураг 3-д HackRF төхөөрөмжийн тусламжтай олзворлон авсан. Тус төхөөрөмж нь 1МГц – 6ГГц хүртэл радио давтамжийг хүлээж авах дамжуулах чадвартай.



Зураг 3. HackRF төхөөрөмж [5]

Дроны удирдлагын үзүүлэлт:

Хүлээн авах хэсэг:

Суваг: 6

RF хүрээ: 2.4055-2.475ГГц

RF суваг: 140

RF хүлээн авагчийн шуугиан: -105дБм

Зурвасын өргөн: 500КГц

Дамжуулах хэсэг:

Суваг : 6-10

RF хүрээ : 2.408-2.475ГГц

RF шуугиан : <20дБм

RF суваг : 135

Зурвасын өргөн : 500КГц

### III. СУДАЛГААНЫ ХЭСЭГ

#### A. Радио давтамжийг хүлээн авах

Зураг 4.1-4.3-т Спектр анализаторын тусламжтай HackRF төхөөрөмжөөр гар удирдлагаас 2.45 ГГц-ийн радио давтамжийн зурвасын өргөнийг хүлээн авсан.



Зураг 4.1. Гар удирдлагаас дохио хүлээн авахын өмнө.

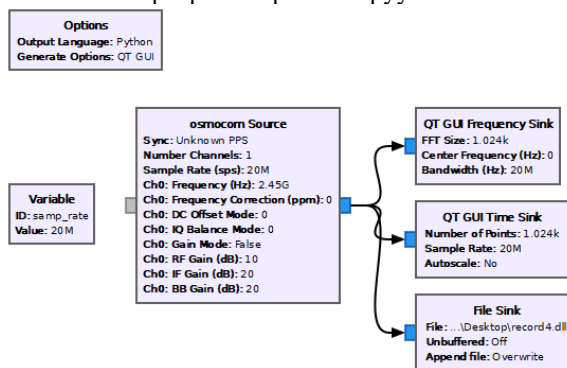


Зураг 4.2. Дохио хүлээн авч буй байдал.



Зураг 4.3 2.45 ГГц-ийн радио давтамжийн зурвасын өргөнийг хүлээн авсан байдал.

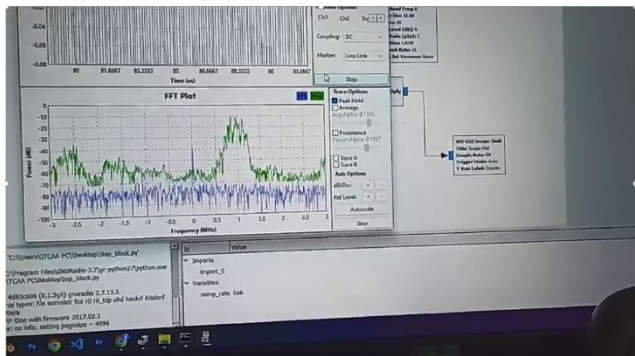
Үүний дараа хүлээн авсан 2.45 радио давтамжийг GNU Radio программаар боловсруулсан.



Зураг 5. GNURadio хүлээн авах блок схем

Зураг 5-д Эдгээр нь HackRF төхөөрөмжийн library-тай харилцах боломжтой GNU Radio программын блокууд юм.

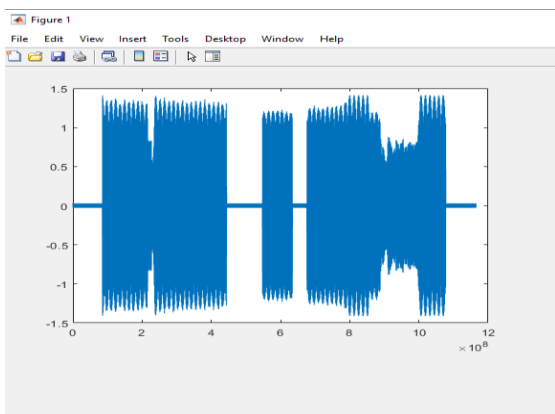
Эхлээд удирдлагын дохиог 2.45ГГц давтамжийг 6МГц-ээр доош хувиргуур буюу down conversion хийж өндөр радио давтамжийг бага давтамж руу хувиргах дохиог хүлээж авахаар хувьсагчид зарлаж өгсөн. Osmocom Source блок нь бидэнд хүссэн тохиргоогоороо HackRF төхөөрөмжийн санг дуудах, хүлээн авах, хэмжилтийг тааруулах, тааруулсан тохиргоондоо үндэслэн хүлээн авсан өгөгдлийг удирдах боломжийг олгодог юм. QT GUI FS Sink блок нь хүлээн авсан давтамжийг график байдлаар дүрслэн харуулдаг. Хүлээн авсан дохионы хэлбэрийг харахын тулд QT GUI Time Sink блокыг ашигласан. Эдгээр блокуудын алгоритмын дагуу гар удирдлагаас хүлээн авсан дохиог тус зурагт дүрслэн харуулсан.



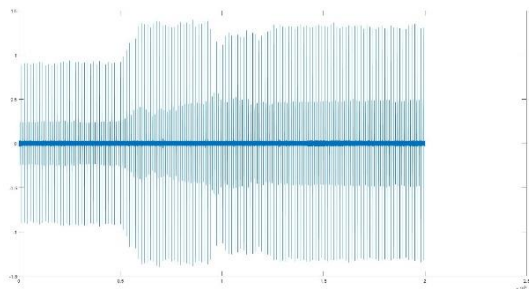
Зураг 6. Гар удирдлагаас хүлээн авсан дохио

Товчилсон үгийг анх удаа ашиглахдаа хаалтад дотор бүтнээр бичнэ. IEEE, SI, MKS, CGS, sc, dc, rms гэх мэтийг заавал тодорхойлох шаардлагагүй. Гарчиг, болон дэд бүлэгт зайлшгүй биш бол товчилсон үг бүү ашигла.

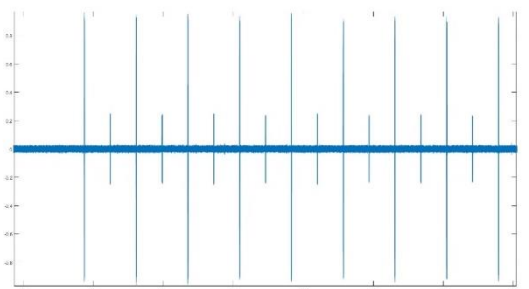
Дээрх үйлдлүүдийг гүйцэтгэсний дараа File Sink блокийн тусламжтай боловсруулсан дохиог компьютерт хадгалсан. Хадгалсан дохиог Matlab – дээр файлыг дахин тоглуулан туршсан.



Зураг 7. Гар удирдлагаас хүлээн авсан дохио



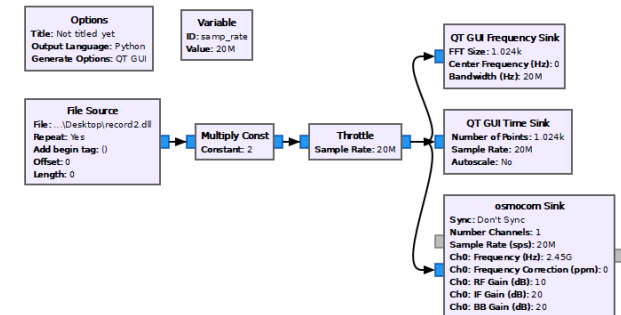
Зураг 8. Гар удирдлагаас хүлээн авсан дохиог томруулсан зураг 1



Зураг 9. Гар удирдлагаас хүлээн авсан дохиог томруулсан зураг 2

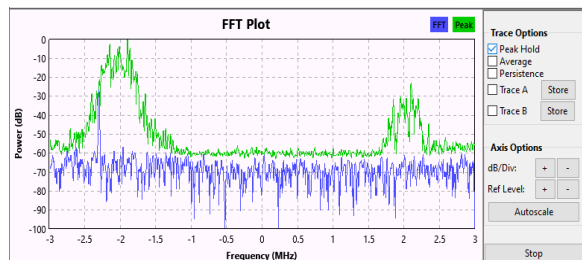
Уг радио давтамжийг хүлээн авсан үр дүнгээс харвал amplitude shift key буюу тодорхой хэмжээний битийг тодорхой хугацааны туршид тогтмол давтамжтай тогтмол далайцтайгаар долгионыг үүсгэсэн нь агуурга ихтэй нь 1 бит агуурга багатай нь 0 бит байх боломжтой гэж үзсэн.

**B. Радио давтамжийг дамжуулах**

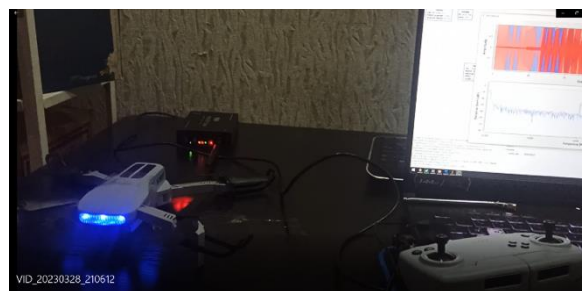


Зураг 10. Радио давтамжийг дамжуулах блок схем

File Source блокийн тусламжтай хадгалсан файлыг Зураг 11-г дахин тоглуулан Multiply Const блокоор 2 дахин өсгөж өгснөөр дохионы чадлыг сайжруулан дамжуулж буй 2.45 ГГц хүртэлх радио давтамжийг Throttle блокийн тусламжтай өгөгдлийг шүүж тус давтамжийг дахин тоглуулан дроны радио давтамжыг удирдлагаас хамааралгүйгээр удирдсан.



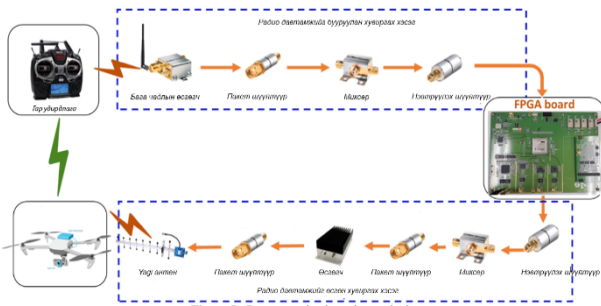
Зураг 11. Радио давтамжгийн дамжуулалт



Зураг 12. Радио давтамжаар удирдлагыг булаах, удирдах туршилт

**IV. ДҮГНЭЛТ**

Энэхүү судалгааны ажлаар дроны гар удирдлагаас радио дохиог хүлээн авч боловсруулан өндөр чадлаар буцаан дамжуулж дроныг асаах, унтраах, доош, дээш хөөргөн удирдаж туршилтыг амжилттай гүйцэтгэсэн. Цаашид радио давтамжийг хүлээн авах боловсруулах аргыг илүү боловсронгуй болгох тал дээр ажиллаж байна. Түүнчлэн дараагийн судалгаанд дрон эсэргүүцэх системийг технологийн орчинд бүтээх тал дээр анхааран судалгааг үргэлжлүүлж байна.



Зураг 13. Дрон эсэргүүцэх системийн бүтэцийн бүдүүвч

НОМ ЗҮЙ

- [1]. U.S. Attorney’s Office. (2011). Massachusetts Man Charged With Plotting Attack on Pentagon and U.S. Capitol and Attempting to Provide Material Support to a Foreign Terrorist Organization. Accessed: Sep. 28, 2011. [Online]. Available: <https://archives.fbi.gov/archives/boston/press-releases/2011/massachusetts-man-charged-withplotting-attack-on-pentagon-and-u.s.-capitol-and-attempting-to-provide-material-support-to-a-foreign-terrorist-organization>
- [2]. CNN POLITICS Russia to build attack drones for Ukraine war with the help of Iran, intelligence assessment says
- [3]. ROBINRADAR.COM 10 Counter-Drone Technologies To Detect And Stop Drones Today
- [4]. P. Nguyen, M. Ravindranatha, A. Nguyen, R. Han, and T. Vu, “Investigating cost-effective RF-based detection of drones,” in Proc. 2nd Workshop Micro Aerial Vehicle Netw., Syst., Appl. Civilian Use, 2016, pp. 17–22.
- [5]. BATTELLE.ORG DroneDefender Technology
- [6]. Michael Ossmann is the founder and CTO of Great Scott Gadgets. Michael does most of the hardware design for GSG products, and he frequently speaks about wireless communication security and other research at information security conferences around the world.
- [7]. Survey on Anti-Drone Systems: Components, Designs, and Challenges SEONGJOON PARK , (Graduate Student Member, IEEE), HYEONG TAE KIM , SANGMIN LEE, HYEONTAE JOO , AND HWANGNAM KIM , (Member, IEEE)
- [8]. [Drone Jamming - Netline Communication Technologies \(netlinetech.com\)](http://netlinetech.com)
- [9]. Drone jamming system to protect European airports, public spaces

# ДӨРВӨН ДУГУЙТЫН ШАРВАЛТААС ҮҮДЭЛТЭЙ ЭРГЭЛТИЙГ ТЭГШЛЭХ УДИРДЛАГА

А.Саруулбуян, Б.Луубаатар

Монгол улс, Улаанбаатар, ШУТИС, Мэдээлэл холбооны технологийн сургууль, Электроникийн Салбар  
saruul2323.ss@gmail.com, luubaatar@must.edu.mn

Хураангуй— Энэхүү ажлаар гироскопийн онол болон дөрвөн дугуйт механизмын хөдөлгөөнийг судалж хальтаргаатай гадаргуу дээр гироскоп ашиглан чиглэлийг хэрхэн өөрчилж болох талаар судаллаа. Дугуйт ситемийн босоо тэнхлэгийг тойрон эргэх хөдөлгөөнийг дугуйн газартай шүргэлцсэнээс үүсэх хүчээр удирддаг. Гэхдээ газрын гадаргуу гялгар хальтаргаатай үед үрэлт багасаж дугуйгаар босоо тэнхлэг тойрсон эргэлтийн чиглэлийг удирдах боломжгүй болсноор шарвалт үүснэ. Биед бэхлэгдсэн гироскопын хурдтай эргэлтээр үүссэн эргэлтийн моментийн чиглэлийг өөрчлөх нь уг биеийн чиглэлд хүчтэй нөлөөлдөг тул үүнийг ашиглан шарвалтын үеийн чиглэлийг хадгалах зорилго тавиад байна. Симуляцийн үр дүнд дугуй хэвтээ хавтгайтай үрэлтгүй болсноор биеийн босоо тэнхлэг тойрч эргэх хөдөлгөөнийг дугуйн эргэлтээр удирдах боломжгүй болсон үед гироскопийн эргэлтийн моментийг хөдөлгөх замаар удирдах боломжтойг батлав. Системийн хөдөлгөөний тэгшитгэлийн гарган PID удирдлагыг амжилттай хэрэгжүүлсэн.

*Түлхүүр үг: Гироскоп дөрвөн дугуйт шарвалтын эсрэг систем*

## УДИРТГАЛ

Автомашин мотоцикль унадаг дугуй зэрэг хоёр болон дөрвөн дугуйт механизмуудын хувьд хамгийн том сул тал нь хальтаргаатай болон чийгтэй гадаргуу дээр дугуйн замтай барьцалдаг чадвар муудаж шарвалт үүсдэг. Автомашин хувьд эдгээрийг шийдэх ABS, ESP[1], EBD, ESC[2] зэрэг олон төрлийн тоормозын системийн тусламжтайгаар энэ асуудлыг шийдэхийг оролддог. Мотоцикль унадаг дугуй, сегвей, скүүтэрийн хувьд энэ асуудлыг шийдэхэд хүндрэлтэй.

Гироскопын онол дээр суурилж моторт завь, мотоцикль, нисдэг тэрэг[3][6][7] зэрэг механизмуудын тэнцвэрийг олдог. Бид энэхүү онолыг ашиглан дөрвөн дугуйт механизмын шарвалтыг багасгах буюу чиглэлийг тогтворжуулахыг зорьсон.

Өгүүллийн нэгдүгээр хэсэгт гироскопын талаар хоёрдугаар хэсэгт системийн хөдөлгөөний тэгшитгэл дамжууллын функцийн талаар гуравдугаар хэсэгт PID удирдлага хэрэгжүүлсэн болон үр дүн, дөрөвдүгээр дүнгэлтийг агуулав.

## I. ГИРОСКОП

Гироскопийн үзэгдлийг ажиглавал нэгдүгээрт гироскоп нь тэнхлэгээ тойрч эргэж байгаа, хоёрдугаарт гаднаас үйлчлэх хүчнээс үүсэх эргүүлэх хүчийг бусад хоёр перпендикуляр тэнхлэгийн аль нэгэнд эргүүлэхэд хүргэж байгаа.

Зураг 1-д харуулсан гироскопийн дотор талд байгаа диск босоо тэнхлэгийг  $\Omega$  хурдтай тойрон эргэж байгаа гэж үзье. Ньютоны хоёрдугаар хуулийн дагуу дискний өнцгийн моментум дараах байдлаар тодорхойлогдоно.

Энд  $I$ - дискний инерцийн момент томъёо 2.

$$I = \frac{1}{2}mR^2 \quad (2)$$

Энд  $m$  – дискний масс,  $R$  – дискний радиус. Зураг 1-д харуулсанчлан гаднаас  $\tau_{control}$  эргүүлэх хүчээр үйлчлэхэд Ньютоны гуравдугаар хуулийн дагуу биед ямар нэгэн хүчээр үйлчлэхэд түүний эсрэг хүч үйлчилдэг тул гироскоп гаднаас үйлчилсэн эргүүлэх хүчийг эсэргүүцэж  $Y$  тэнхлэгийн тойрох хөдөлгөөнд  $\omega_{prec}$  гэсэн өнцөг хурдтайгаар эргэнэ. Эцэст бүр  $\tau_{gyro}$  эргүүлэх хүч рүү шилжин гироскопийг  $X$  тэнхлэгийг тойрох хөдөлгөөн хийнэ.

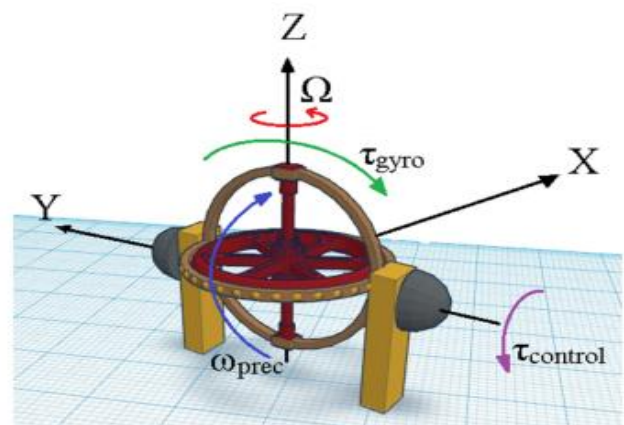
$$\vec{\tau}_{gyro} = \vec{T} \times \vec{\omega}_{prec} \quad (3)$$

Томъёо 3-д байгаа эргүүлэх хүч нь  $\vec{\omega}_{prec}$  болон  $\vec{T}$  – ийн вектор үржвэр ба хоёуланд ортогональ байна. Энэ нь гироскопоор тогтворжуулагчийн гол санаа юм. Хэрвээ  $\omega_{prec} = d\alpha_{prec}/dt$  гэдгийг үзвэл  $\alpha_{prec}$  нь  $Y$  тэнхлэгийн тойрох өнцөг юм.

Эндээс гироскопоор үүсгэсэн тэнцвэржүүлэх эргүүлэх хүчийг дараах байдлаар илэрхийлж болно[4].

$$\tau_{stab} = \frac{1}{2}mR^2\Omega \frac{d\alpha_{prec}}{dt} \cos(\alpha_{prec}) \quad (4)$$

$\tau_{gyro}$  хэдий чинээ их байлгана  $X$  тэнхлэгээр тойрох эргэлтийг илүү их хянах боломжтой[5].



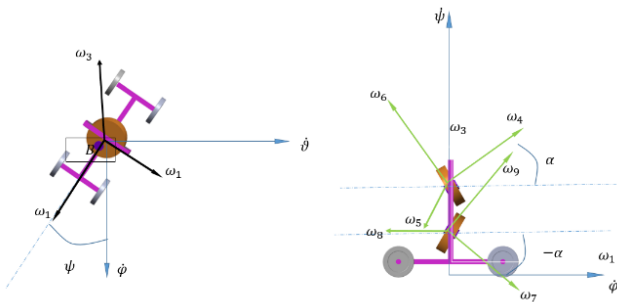
Зураг 1 Гироскоп

**II. Хөдөлгөөний тэгшитгэл**

Бид системийн хөдөлгөөний тэгшитгэлийг гаргахын тулд Лагранжийн механикийн гаргалгаа ашигласан. Лагранжийн механик(L) нь системийн кинетик(T) болон потенциал(V) энергийн ялгавраар тодорхойлогддог ба хөдөлгөөний тэгшитгэл дараах байдлаар илэрхийлэгдэнэ

$$\frac{d}{dt} \left( \frac{\partial L}{\partial \dot{q}_i} \right) - \left( \frac{\partial L}{\partial q_i} \right) = Q_i \quad (5)$$

Энэд  $q_i$  -ерөнхий координатууд,  $Q_i$  -ерөнхий хүчнүүд,  $L=T-V$ .



Зураг 2 Системийн координатууд

Систем нь их бие(body), гироскопын тор(gyro-cage), гироскопийн диск(gyro-wheel), серво(servo) мотороос бүрдэнэ. Тэдгээрийн кинетик болон потенциал энергийг дараах байдлаар илэрхийлж болно. Манай системийн хувьд потенциал энсиргийн өөрчлөлт байхгүй тул  $V=0$  байна.

$$T = T_B + T_{C_1} + T_{G_1} + T_{C_2} + T_{G_2} + 2T_S \quad (6)$$

$$T_B = \frac{1}{2} (\omega_1^2 I_{B_x} + \omega_2^2 I_{B_y} + \omega_3^2 I_{B_z}) \quad (6a)$$

$$T_L = \frac{1}{2} (\omega_1^2 I_{L_x} + \omega_2^2 I_{L_y} + \omega_3^2 I_{L_z}) \quad (6b)$$

$$T_{C_1} = \frac{1}{2} (\omega_4^2 I_{C_x} + \omega_5^2 I_{C_y} + \omega_6^2 I_{C_z}) \quad (6c)$$

$$T_{G_1} = \frac{1}{2} (\omega_4^2 I_{G_x} + \omega_5^2 I_{G_y} + \omega_6^2 I_{G_z}) \quad (6d)$$

$$T_{C_2} = \frac{1}{2} (\omega_7^2 I_{C_x} + \omega_8^2 I_{C_y} + \omega_9^2 I_{C_z}) \quad (6e)$$

$$T_{G_2} = \frac{1}{2} (\omega_7^2 I_{G_x} + \omega_8^2 I_{G_y} + \omega_9^2 I_{G_z}) \quad (6f)$$

Параметрууд:

- $m$ -их биеийн масс
- $m_G$  – дискний масс
- $m_C$  – гироскопийн торын масс
- $I_B$  – биеийн инерцийн момент
- $I_L$  – ачааны инерцийн момент

- $I_C$  – гироскопийн инерцийн момент
- $I_G$  – дискний инерцийн момент
- $\Omega$  – дискний өнцөг хурд
- $\omega_1 = 0$  – x тэнхлэгийн тойрох өнцөг хурд
- $\omega_2 = 0$  – y тэнхлэгийн тойрох өнцөг хурд
- $\omega_3 = \dot{\psi}$  – z тэнхлэгийн тойрох өнцөг хурд
- $\omega_4 = -\dot{\psi} \sin \alpha$  – гироскопийн x тэнхлэгийн тойрох өнцөг хурд
- $\omega_5 = \dot{\alpha}$  – гироскопийн y тэнхлэгийн тойрох өнцөг хурд
- $\omega_6 = \dot{\psi} \cos \alpha$  – гироскопийн z тэнхлэгийн тойрох өнцөг хурд
- $\omega_7$  – дискний x тэнхлэгийн тойрох өнцөг хурд
- $\omega_8$  – дискний y тэнхлэгийн тойрох өнцөг хурд
- $\omega_9 = \dot{\psi}$  – дискний z тэнхлэгийн тойрох өнцөг хурд
- $F$  – системд гаднаас үйлчлэх хүч
- $U$  – серво мотороос үйлчлэх эргэлтийн хүч

$$\begin{aligned} \omega_1 &= 0, & \omega_2 &= 0, & \omega_3 &= \dot{\psi}, \\ \omega_4 &= -\dot{\psi} \sin \alpha, & \omega_5 &= \dot{\alpha}, & \omega_6 &= \dot{\psi} \cos \alpha, \\ \omega_7 &= \dot{\psi} \sin \alpha, & \omega_8 &= -\dot{\alpha}, & \omega_9 &= \dot{\psi} \cos \alpha, \end{aligned}$$

Систем нь дан Z тэнхлэгийн тойрох хөдөлгөөн хийх учир  $\omega_1, \omega_2$  нь 0 байна. Эндээс системийн  $q_1=\psi, q_2=\alpha, Q_1 = F, Q_2 = U$  ба хөдөлгөөний тэгшитгэл нь дараах хэлбэрээр тодорхойлогдоно.

$$\begin{aligned} \ddot{\psi} (2 \sin^2 \alpha (I_{C_x} + I_{G_x}) + 2 \cos^2 \alpha (I_{C_z} + I_{G_z})) \\ + 2 \dot{\psi} \dot{\alpha} \sin \alpha \cos \alpha (I_{C_x} + I_{G_x} + I_{C_z} + I_{G_z}) \\ + 2 \Omega \dot{\alpha} \cos \alpha (I_{G_x}) = Fr \end{aligned} \quad (7)$$

$$\begin{aligned} 2 \ddot{\alpha} (I_{C_y} + I_{G_y}) - 2 \dot{\psi}^2 \sin \alpha \cos \alpha (I_{C_x} + I_{G_x} + I_{C_z} + I_{G_z}) \\ - 2 \dot{\psi} \Omega \cos \alpha (I_{G_x}) = U \end{aligned} \quad (8)$$

**Системийн дамжуулалын функц**

Систем тогтвортой байх нөхцөл нь  $\alpha = 0$  учир тэгшитгэлийг шугамчлан лапласын хувиргалт хийвэл дараах хэлбэртэй болно.

$$(k_4 + k_3) \psi(s) s^2 - 2 \Omega I_{G_x} \alpha(s) s = 0 \quad (9)$$

$$\alpha(s) s^2 k_2 - 2 \psi(s) s \Omega I_{G_x} = U(s) \quad (10)$$

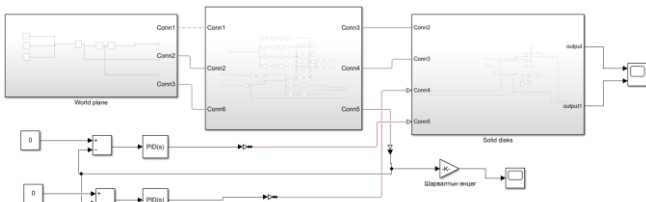
Энд:  $k_1 = 2(I_{C_x} + I_{G_x}); k_2 = 2(I_{G_y} + I_{G_y}); k_3 = 2(I_{G_z} + I_{C_z}); k_4 = I_{B_z} + I_{L_z}; k_5 = k_1 - k_3;$

Эндээс дамжууллын функцийг бичвэл:

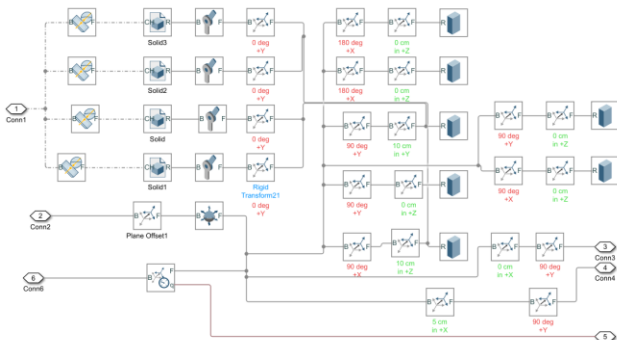
$$\frac{\psi(s)}{\alpha(s)} = \frac{2 \Omega I_{G_x} s}{s^2 (k_4 + k_3)} \quad (11)$$

**Дөрвөн дугуйтын симуляц**

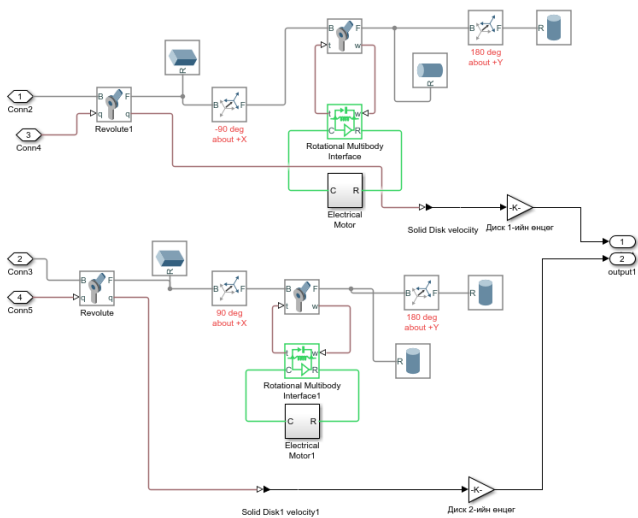
Бид системийн математик загвараа гаргахаас өмнө эхлээд матлаб симулинк дээр урьдчилсан байдлаар хоёр болон дөрвөн дугуйтын 3D моделийг угсарсан.



Зураг 3а. Системийн нэгтгэсэн блок схем



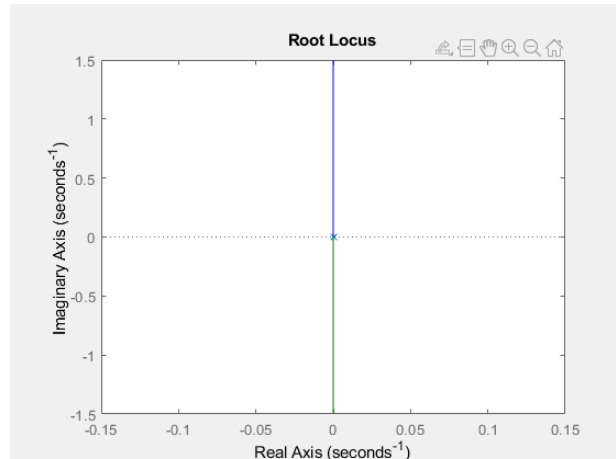
Зураг 3б. Системийн их бие



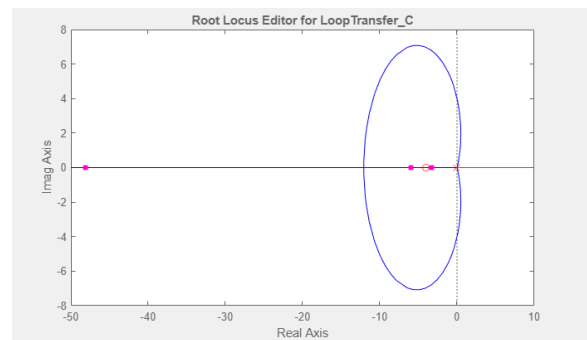
Зураг 3в. Системийн диск

### III. PID УДИРДЛАГА

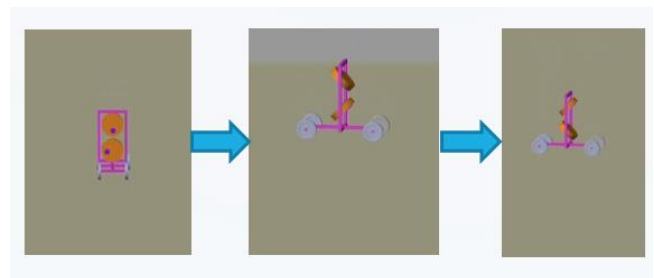
Бид PID удирдлыг хэрэгжүүлэхдээ хоёр аргаар хэрэгжүүлсэн. Эхнийх Матлаб PID Tuner апп ашигласан бол дараа нь системийн хөдөлгөөний тэгшитгэлийн гарган дамжууллын функцийг тодорхойлсон. Дамжууллын функцаас рүүт локусыг зурж -4.3 дээр нэг тэг байрлуулж PID коэффициентүүдийг бодож гаргасан.



Зураг 4. Системийн рүүт локус

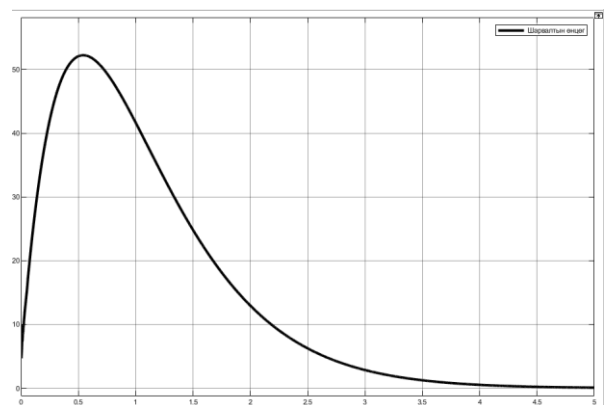


Зураг 5. Тэг байрлуулсны дараах рүүт локус

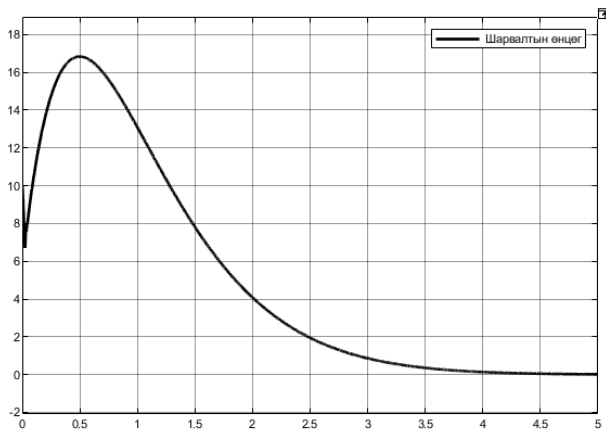


Зураг 6. Дөрвөн дугуйтын 3D загвар

Хоёр PID удирдлагын гаралтын харвал тогтворжсон хугацааны хувьд ойролцоо боловч хэтэрсэн өнцөгөөрөө ялгаатай байгааг харж болно.



Зураг 7. PID Tuner апп ашигласан үр дүн



Зураг 8. Дамжууллын функцээс PID бодсон үр дүн

#### IV. Дүгнэлт

Туршилтаар бид гироскопын онол дээр суурилж дөрвөн дугуйт маханизмын шарвалтаас үүдэлтэй чиглэлийн хазайлтыг тогтворжуулах боломжтой гэдгийг харууллаа.

Их бие дээр байрлуулсан дискийн эргэлтээс үүсэх өнцөгийн момент, дискэнд перпендикуляраар гаднаас үйлчлэх эргүүлэх хүчний чиглэлээс хамаарч их биеийг аль чиглэл рүү эргүүлэх нь тодорхойлогддог.

Системийг хөдөлгөөний тэгшитгэлийг гаргаж рүүт локус дээр анализ хийн PID удирдлагыг тодорхойлсон. Цаашид системийн механик загварыг сайжруулж оновчтой удирдлагын загваруудыг боловсруулж системд хэрэгжүүлэх болно.

#### НОМ ЗҮЙ

- [1] Adamiec, M & Dziubiński, Mieczysław & Siemionek, Ewa & Drozd, A. (2018). Diagnostics of ABS and ESP systems. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 421. 032002. 10.1088/1757-899X/421/3/032002.
- [2] Gupta, Suryakant & Hiremath, Nidhi & Raut, Samiksha & Datkhile, Gaurav & Trivedi, Prasiddh. (2020). Electronic Stability Control of Vehicles. ITM Web of Conferences. 32. 01009. 10.1051/itmconf/20203201009.
- [3] Lohar, Kunal D.. "MATHEMATICAL MODELING OF GYROSCOPE FOR BALANCING OF HELICOPTER." (2014).
- [4] IOANNIS KARAGIANNIS "Design of Gyro Based RollStabilization Controller for a Concept Amphibious Commuter Vehicle"
- [5] Denhard WG, Wrigley W., Hollister WM. Gyroscopic theory, design and instrumentation. Cambridge: The MIT Press, 1969.
- [6] Sompol Suntharasantic, Manop Wongsaisuwan. Piecewise Affine Model and Control of Bicycle by Gyroscopic Stabilization. The 8th Electrical Engineering/ Electronics, Computer, Telecommunications and Information Technology (ECTI) Association, Thailand - Conference, 2011.
- [7] Stephen C. Spry and Anouck R. Girard. Gyroscopic Stabilization of Unstable Vehicles: Configurations, Dynamics, and Control. March 31, 2008

## ТООН ДАВТАМЖ БУУРУУЛАГЧИЙН СИМУЛЯЦ

П.Балжинням  
 Электроникийн тэнхим.  
 МХТС ШУТИС  
 Улаанбаатар, Монгол улс  
 baljkauyanga88@gmail.com

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

**Хураангуй** – Орчин үеийн харилцаа холбооны системүүд аналог төхөөрөмжүүдийг тоон дохионы төхөөрөмжүүдээр солих, цаашлаад дэвшилтэт алгоритмуудыг ашиглан радио дохиог програмчлах нь улам бүр нэмэгдсээр байна. Ийм системийг ихэвчлэн програм хангамжаар тодорхойлсон радио (SDR) гэж нэрлэдэг. Энэ судалгааны ажлын зорилго нь утасгүй холбооны систем дэх дижитал хүлээн авагчид ашиглаж болох тоон давтамж бууруулагч (DDC)-ийг MATLAB/SIMULINK программ хангамжийг ашиглан модуль бүрийг зохион бүтээж худалдаанд байгаа DDC бүтээгдэхүүнүүдтэй харьцуулахад бидний бүтээсэн тоон давтамж бууруулагчийн гол давуу тал нь Каскад Интегратор Сам (CIC) шүүр дээр суурилсан нэвтрүүлэх зурвасын уналт байхгүй бөгөөд өөр нэг сайжруулсан зүйл бол оролтын түүврийн хурдаар ажиллахын оронд үндсэн давтамжаас зөөгч давтамж руу хувиргах холигчийн үржүүлэлтийн бага хурдаар ажилладаг. Дижитал IF хүлээн авагчийн ерөнхий бүтэцэд дүн шинжилгээ хийж, системийн генераторын платформ дээр үндэслэн дижитал удирдлагатай осциллятор болон дижитал шүүрийн загварыг MATLAB/Simulink дээр хийсэн болно.

**Түлхүүр үгс:** Тоон давтамж бууруулагч (*digital down converter*), Тоон шүүр, Програм хангамжаар тодорхойлсон радио (*SDR Software Defined Radios*), Дижитал дохионы процессор (*digital signal processor (DSP)*), Каскад Интегратор Сам (*CIC*) шүүр, Тоон удирдлагатай осциллятор (*TUO*).

### I. УДИРТГАЛ

Тоон давтамж бууруулагчийг радио холбоо, радарын систем, Wi-Fi радио, Bluetooth болон ZigBee радио зэрэг олон төхөөрөмжид өргөн ашигладаг. Энэхүү судалгаанд ашигласан Дижитал дохионы процессор арга нь хүлээн авсан радио дохиог тааруулах, шүүх, хасах үйлдлүүд хийнэ. Алгоритм, сувгийн тооцоолол, тэгшитгэх, дамжуулалтын алдаа засах, протоколын удирдлага зэрэг олон нарийвчлал өндөртэй дохио боловсруулах ажлыг програм хангамжаар тодорхойлсон радио системд гүйцэтгэдэг[1].

Програм хангамжаар тодорхойлсон радио дохио хүлээн авагч нь аналог интерфэйс, аналог-тоон хувиргагч, тоон давтамж бууруулагч, тоон дохионы процессороос бүрдэнэ. Тоон давтамж бууруулагч нь хэрэгтэй радио дохиог ялгах хурдыг багасгах програм хангамжийн гол технологийн нэг юм. Энэ нь A/D хувиргагч болон дижитал дохионы процессор(DSP) хоёрын хооронд байрладаг төхөөрөмж юм. Тоон давтамж бууруулагч нь дижитал холигч, дижитал шүүрийн хэсэг, хасах хэсгээс бүрдэнэ. Өндөр битийн хурдтай тоон дохиог DDC технологиор бага битийн хурдтай тоон дохио болгон хувиргах боломжтой тул дижитал дохионы процессороор хурдан хугацаанд боловсруулах боломж бүрддэг. Дижитал радио хүлээн авагчид

өндөр өгөгдлийн хурдыг үүсгэдэг хязгаарлагдмал RF эсвэл IF дохиог тоон дохио болгохын тулд ADC хөрвүүлэгч байдаг боловч ихэнх тохиолдолд мэдээлэл агуулсан дохио нь энэ зурвасын өргөний багахан хувийг эзэлдэг. [10]

DDC нь сонирхсон давтамжийн зурвасыг спектрийн дагуу давтамжийг бууруулах боломжийг олгодог бөгөөд ингэснээр мэдээллийн хурд буурч, сонирхсон дохионы цаашдын боловсруулалт илүү хялбар болдог. Тоон давтамж бууруулагч нь холигч ашиглан завсрын давтамжид байгаа бодит тоон дохиог тэг давтамж дээрх үндсэн зурваст нийлмэл дохио болгон хувиргадаг. Мөн давтамж бууруулхаас гадна хэд хэдэн үе шаттай хасалтын шүүрийг ашиглан түүвэрлэлтийн хурдыг бууруулдаг. DDC нь зурвасын хязгаарлагдмал түүвэрлэлтийн хурдаар тоон болгосон дохиог авч, сонирхлын зурвасын бага давтамж руу шилжүүлж, бүх мэдээллийг хадгалахын зэрэгцээ түүврийн хурдыг бууруулдаг техник юм.

Өгөгдлийн хурд багатай бууруулсан дохиог бага хурдтай DSP процессор дээр боловсруулахад хялбар байдаг. Харилцаа холбооны системд хүлээн авсан дохио нь өгөгдлийн хувьд өндөр хурдтай байдаг тул хэрэгтэй мэдээллийг зөөгч дохиог ялгаж авах нь дохиог боловсруулахад хүндрэл учруулдаг. Тоонжуулсан IF-ээс тодорхой стандартын нэг сувгийн нэг фазын бүрэлдэхүүн хэсэг болон квадрат бүрэлдэхүүн хэсгийг гаргаж авахын тулд секундэд хэдэн сая үйлдлийн хурдтай дөрвөн тоон дохионы процессор шаардлагатай болдог. Тиймээс дээрх асуудлыг шийдхийн тулд DDC-ийг зохион бүтээх нь төхөөрөмжийн гүйцэтгэл өсч, зардал буурах тусам практикт маш үр дүнтэй байдаг [6].

Бидний судалгааны ажлаар бүтээсэн тоон давтамж бууруулагч нь ихэвчлэн NFC (Near Field Communication) буюу богино зайн радио долгионы дамжуулалт хийдэг төхөөрөмжүүдэд илүү ашиглагдах боломжтой. NFC (Near Field Communication) нь богино зайн радио долгионы дамжуулалт хийдэг технологи бөгөөд хэдхэн сантиметр зайд л холбогддог. NFC нь RFID технологи дээр суурилсан бөгөөд ISO/IEC 18000-3 стандартын дагуу 13.56 MHz давтамж үүсгэж зайнаасаа хамаарч 106kbit/секунд эс 424kbit/секунд хурдтайгаар мэдээлэл дамжуулдаг. Энэхүү технологийг ашиглаж утаснаас утсанд контакт, зураг, видео,event, газрын зургийн байршил, электрон нэрийн хуудас зэргийг дамжуулахаас гадна төлбөр тооцооны системд ашигладаг. Бусад судалгааны ажлаас ялгагдах гол давуу тал нь Каскад Интегратор Сам (CIC) дээр суурилсан DDC-тэй ихэвчлэн холбоотой байдаг нэвтрүүлэх зурвасын уналт байхгүй байгаа явдал юм. DDC-г бүтцийг одоо байгаа бэлэн байгаа DDC бүтээгдэхүүнүүдтэй харьцуулахад өөр нэг сайжруулсан зүйл бол оролтын

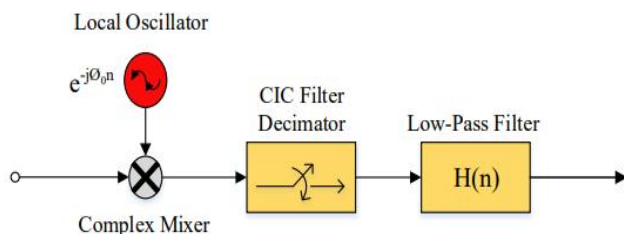


түүврийн өндөр хурдаар ажиллахын оронд квадрат хэлбэрийн холих процессын үржүүлэлтийг түүврийн хурдаар хамаагүй бага хэмжээгээр гүйцэтгэдэг. Энэ судалгааны ажилд радио холбооны хэрэглээнд зориулж тоон хувиргалтын давтамж бууруулагч (DDC)-ийн симуляцыг бүтээж, DDC-ийг туршихын тулд жишээ болгож SDR-д өргөн хэрэглэгдэх чухал технологиуд болох GSM, 3G болон 4G-ийн давтамж 32МГц болон 40кГц-ийн синусоидыг зөөгч давтамж дээр модуляцлагдсан синусын долгионыг DDC-ээр дамжуулж, үүссэн хуурамч динамик хүрээ (SFDR) болон NCO гаралтын SFDR-ийг хэмжиж, туршиж үр дүнд дүн шинжилгээ хийхэд шаардлагыг хангасан болно.

## II. ОНОЛЫН ХЭСЭГ

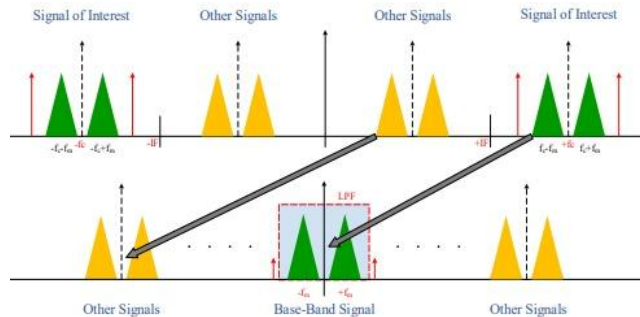
ADC болон DAC-ууд нь SDR-ийг илүү өргөн зурвасын өргөнтэй ажиллуулах боломжийг олгохын тулд илүү өндөр хурдтайгаар ажилладаг. Гэхдээ ихэнх тохиолдолд ашигтай дохио нь энэ зурвасын өргөний зөвхөн багахан хэсгийг эзэлдэг. Сонирхсон дохиог ийм өндөр түүврийн хурдаар шүүхийн тулд илүү олон шүүр шаардлагатай болдог. Үүний үр дүнд нарийвчлал өндөртэй холигч ба CIC дециматоруудын хослол гэх мэт тусгай өндөр үнэтэй DSP төхөөрөмжүүд хэрэг болдог. Харин олон фазын сувгийн шүүрийг хүссэн зурвасын өргөнд тааруулж, хүлээн авсан дохионы хурдыг зэрэгцүүлэн боловсруулах элементүүдээр дохиог үр дүнтэй боловсруулж, хурдыг бууруулж болно[1].

Ердийн нарийн зурвасын тоон давтамж бууруулагчийн гинжин хэлхээг зураг.1-д үзүүлэв. Үүнд: осциллятор, холигч, CIC шүүрийн дециматор болон спектрийн хэлбэрийг өөрчлөх шүүрээс бүрдэнэ. DDC-ийн эхний үе шат нь RF-ийн спектрээс өгөгдлийн давтамжийг үндсэн зурвас руу хөрвүүлэх явдал юм. Энэ нь ашигтай дохионы давтамжтай ижил давтамжтай нийлмэл синусоид долгионы хэлбэрийг үржүүлэх эсвэл холих үйл явцаар хийгддэг.



Зураг 1 Ердийн нарийн зурвасын тоон хувиргалтын давтамж бууруулагчийн хэлхээ

Энэ үйлдлийг графикаар 2-р зурагт үзүүлснээр осциллятор нь  $-fc$  давтамжийн нийлмэл синусоид үүсгэдэг бөгөөд энэ дохио нь  $+fc$  дээрх оролтын дохиотой холилдож, үр дүнд нь оролтын дохио нь  $fc$ -ээс үндсэн зурваст хувирдаг.

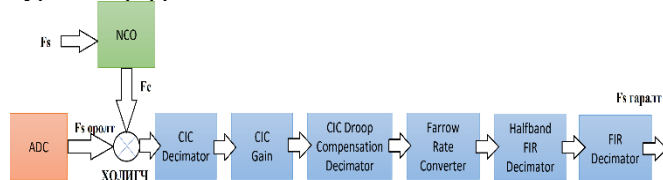


Зураг 2 Давтамжийн муж дахь квадрат холилт.

Нийлмэл суурь зурвасын дохионы үр дүнд үүссэн фазын болон квадратын бүрэлдэхүүн хэсгүүдийн далайцын спектрийг цаашдын боловсруулалтанд хадгалах ёстой тул фазын болон квадратын зам дахь бүх шүүрүүд ижил байх ёстой байдаг.

## ТООН ДАВТАМЖ БУУРУУЛАГЧ(DDC)-ИЙН БҮТЭЦ

Digital Down Converter-ийн блок диаграммыг Зураг.3-т үзүүлэв.



Зураг 3. Тоон давтамж бууруулагч

DDC нь үндсэн гурван хэсэг. Үгүд:

- A. Тоон удирдлагатай осциллятор (NCO)
- B. Холигч хэсэг.
- C. Шүүрийн гинжин хэлхээ:
  1. Каскадын интегратор сам (CIC) шүүр.
  2. CIC залруулгын шүүр
  3. CIC уналтын нөхөн олговрын (FIR) шүүр.
  4. Farrow rate хувиргагч
  5. хагас зурвасын FIR дециматор шүүр
  6. Эцсийн FIR шүүрүүдээс бүрдэнэ.

### A. Тоон удирдлагатай осциллятор

Тоон удирдлагатай осциллятор (ТУО) нь долгионы хэлбэрийн цагийн зүүний дагуу эсвэл эсрэг чиглэлийн эргэлтийн дүрслэлийг үүсгэдэг дижитал дохио үүсгэгч бөгөөд ихэвчлэн синусоид хэлбэртэй байдаг. Тоон удирдлагатай осцилляторуудыг шууд дижитал синтезатор гэж нэрлэгддэг. Осцилляторыг дижитал хэлбэрээр үр дүнтэй хэрэгжүүлэх олон арга техник байдаг. Үүнээс бидэнд шаардлагатай нь:

- Шууд дижитал синтезатор (DDS) болон
- Тоон удирдлагатай осциллятор (NCO).

Энэхүү судалгааны ажилд үр дүнтэй байдлаас шалтгаалан тоон удирдлагатай осциллятор ба квадрат холигчийг хослуулан ашигласан. Дижитал синтезатор нь бусад төрлийн осцилляторуудаас нарийвчлал, тогтвортой байдал, найдвартай ажиллагааны хувьд давуу талтай ч бидний зорилгод нийцээгүй. ТУО нь уян хатан архитектурыг хангадаг

бөгөөд давтамж/фаз зэрэг өгөгдөхүүнүүдийг хялбар програмчлах боломжийг олгодог[9].

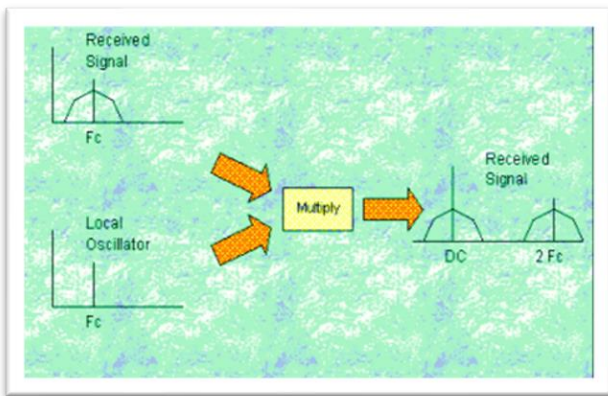
**В. Холигч хэсэг**

Холигч нь IF дохиог үндсэн зурвасын дохио руу хөрвүүлэхийн тулд оролтын дохиог NCO-ийн үүсгэсэн нийлмэл синусоид дохио  $\cos(wt) - j \sin(wt) = e^{-j\omega t}$  -оор үржүүлж, хоёр дохиог гаралт болгон өгдөг.

1. Фазын дохио
2. Квадрат-фазын дохио

Эдгээр дохио тус бүр 90 градусын фазын зөрүүтэй байдаг

Холигчын ажиллагааг 4-р зурагт үзүүлэв.



Зураг - 4 Холигчын ажиллагаа

NCO нь тэгшитгэлд үзүүлсэн шиг хүссэн гаралтын давтамжтайгаар синус ба косинусын долгионы хэлбэрийг үүсгэх зорилготой, тэгшитгэл(1) нь дараах байдлаар бичигдэнэ:

$$S(n) = \sin(\omega_c n) = \sin(2\pi n f_c / f_s) \quad (1)$$

Энд:

$f_c$  - Тоон холигчийн гаралтын дохионы давтамж, оролтын дохионы эквивалент мэдээлэл зөөгч давтамж.

$f_s$  - тоон ортогональ холиход хэрэглэгддэг оролтын дохионы түүвэрлэлтийн давтамжтай тэнцэх системийн цагийн давтамж юм.

Бид дижитал синус болон косинусын дохиог дотоод дамжуулагч болгон үүсгэхийн тулд DDS IP CORE ашигладаг. Энэ загварт системийн цаг 100 МГц, чөлөөт динамик цараа (SFDR) нь 96дБ, Давтамжийн нягтрал нь 0.0233 Гц; Гаралт үүсгэхийн тулд  $f_c = 13.56\text{MHz}$  давтамжтай синусоид, шаардлагатай үе шат нэмэгдэл нь:

$$\Delta\theta = \frac{f_c 2^N}{f_s} = \frac{13.56 \cdot 2^{32}}{100} = 582397565.3 \quad \text{Гаралтын өргөн нь 16 бит [14].}$$

**С. Шүүрийн гинжсин хэлхээ:**

1. Каскадын интегратор сам (CIC) шүүр болон залруулга.

Шүүрийн эхний шат нь их хэмжээний хасах хүчин зүйлийг үр дүнтэй хэрэгжүүлэх чадвартай учраас CIC дециматор ашигласан. CIC шүүрийн хариу үйлдэл нь хөдөлгөөнт дундаж шүүрүүдийн каскадтай төстэй боловч CIC шүүр нь үржүүлэх, хуваах үйлдлийг ашигладаггүй. Үүний үр дүнд CIC

шүүр нь их хэмжээний тогтмол гүйдлийн өсөлттэй байдаг[12].

Каскадын интегратор сам (CIC) шүүр нь техник хангамжийн хэмнэлттэй шугаман фазын төгсгөлийн импульсийн хариу (FIR) дижитал шүүрүүдийн ангилал юм. CIC шүүр нь өндөр хасалт хийх чадвартай тул энэ өндөр хурдны мэдээлэл боловсруулах хэрэглээнд тохиромжтой бөгөөд үржүүлэгчийг ашиглахаас илүү нэмэх, хасах үйлдлийг ашигладаг. CIC нь програмчлах боломжтой R-ээр хасдаг.

*Интегратор:* Интегратор нь гэдрэг холбоос бүхий нэгжийн коэффициенттэй нэг туйлт IIR шүүр ба тэгшитгэл (2)-д харуулав.

$$Y[n] = y[n-1] + x[n] \quad (2)$$

CIC шүүрийн импульсийн хариу урвалыг тэгшитгэл нь (3):

$$h(n) = \begin{cases} 1, & 0 \leq n \leq D - 1 \\ 0, & \text{else} \end{cases} \quad (3)$$

Энд:

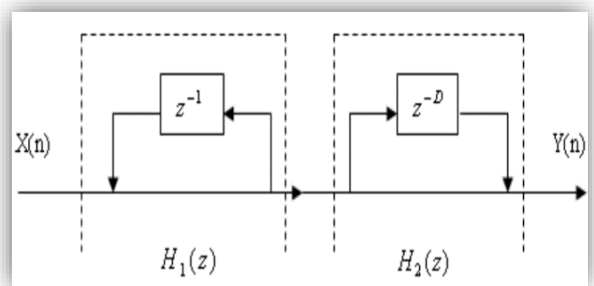
D нь хурдны өөрчлөлт юм.

CIC шүүрийн системийн z хавтгай дээрх интеграторын дамжуулах функцийг хариу үйлдэлийг тэгшитгэл (4)-г харуулав:

$$H(z) = \sum_{n=0}^{D-1} h(n)z^{-n} = \frac{1-z^{-D}}{1-z^{-1}} = \frac{1}{1-z^{-1}} (1 - z^{-D}) = H_1(z) \cdot H_2(z) \quad (4)$$

$$\text{Энд } H_1(z) = \frac{1}{1-z^{-1}}, \quad H_2(z) = 1 - z^{-D}$$

5-р зурагт үзүүлснээр CIC шүүр нь хоёр хэсгээс бүрдэнэ. Эдгээр нь интегратор хэсэг  $H_1(z)$  ба сам хэсэг  $H_2(z)$  юм.



Зураг-5. CIC шүүр

CIC шүүрийн магнитудын давтамжийн хариу үйлдэлийн тэгшитгэл (5)-д харуулав:

$$H(e^{j\omega}) = \frac{\sin(\frac{\omega D}{2})}{\sin(\frac{\omega}{2})} = D Sa(\frac{\omega D}{2}) Sa^{-1}(\frac{\omega}{2}) \quad (5)$$

Сам шүүр (Decimator): Дээж авах бага хурдаар ажилладаг сам шүүрийг (6) томъёогоор тодорхойлсон.

$$Y[n] = x[n] - x[n - RM] \quad (6)$$

Сам шүүр нь дамжуулах функцтэй ялгагч бөгөөд тэгшитгэл (7) үзүүлэв.

$$H_c(Z) = 1 - Z^{-RM} \quad (7)$$

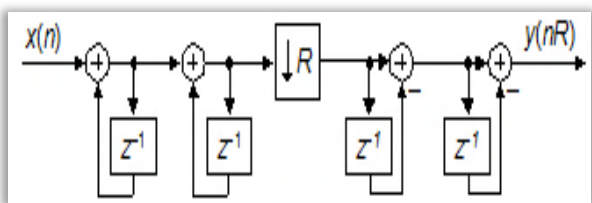
$f_s$  дахь CIC шүүрийн дамжуулах функцийг тэгшитгэл (8)-д өгсөн болно.

$$H_{cic}(Z) = H_1^N(Z) * H_c^N(Z) = \frac{(1-z^{RM})^N}{(1-z^{-1})^N} \quad (8)$$

Магнитудын хариу урвалыг тэгшитгэл (9) дээр үзүүлэв.

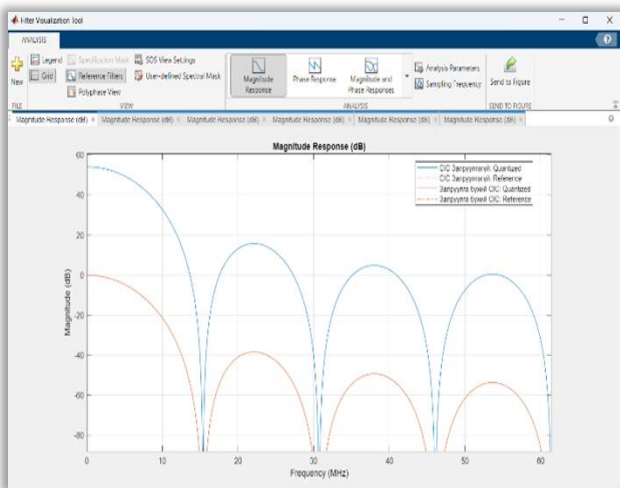
$$|H(f)| = H_1(Z) = \left| \frac{\sin \pi M f}{\sin \frac{\pi f}{R}} \right| \wedge N \quad (9)$$

Энэ нь CIC-ийн дамжуулалтын зурваст хүсээгүй уналт үүсгэдэг sinc функц юм. Дамжуулах зурвасын шинж чанарыг жигд болгохын тулд CIC шүүр болон нөхөх FIR (CFIR) шүүрийг ашигладаг. CIC шүүрийн техник хангамжийн хэрэгжилт нь ямар ч үржүүлэгч шаарддаггүй, маш бага санах ой ашигладаг тул үр дүнтэй байдаг[11].



Зураг-7 Дециматор CIC шүүрийн бүтэц

CIC шүүрийн утгыг залруулгатай болон залруулгагүйгээр 6-р зурагт харуулсан. Дүн шинжилгээ хийхийн тулд CIC шүүр болон залруулгын шүүрийг dsp.FilterCascade системийн объект болгон нэгтгэж, CIC шүүрүүд нь тогтмол цэгийн арифметикийг ашиглахын тул fvtool нь тоон болон тоон бус хариултуудыг хоёуланг нь зурдаг[10].



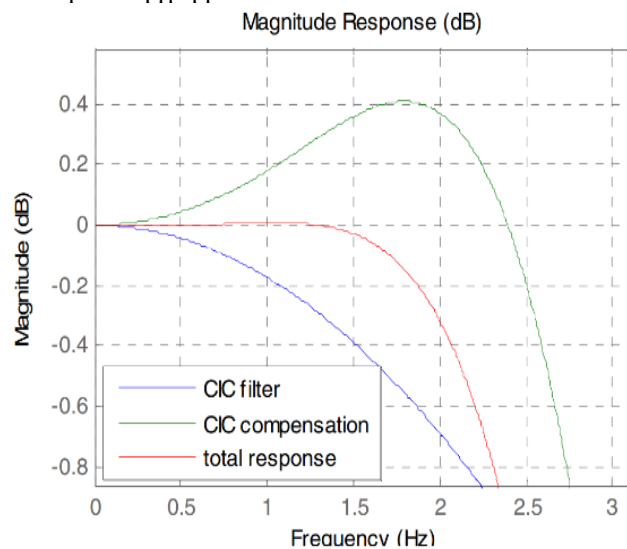
Зураг-6 CIC шүүрийн магнитудын залруулгатай болон залруулгагүй спектр

### 3. CIC уналтын нөхөн олговрын (FIR) шүүр.

Үе шатуудын тоо их байх үед CIC шүүрүүдийн давтамжийн хариу нь өргөн, хавтгай нэвтрүүлэх зурвасгүй байдаг. Ийм хэмжээний уналтыг засахын тулд буюу давтамжийн хариуны залруулгад хүрэхийн тулд CIC шүүрийн урвуу утгатай магнитудын хариу үйлдэл бүхий FIR-д суурилсан уналтын нөхөн олговрын шүүрийг ашиглан дамжуулалтын зурвасын хариуг тэгшитгэдэг.[6]

$$G(f) = \left| MR \left( \frac{\sin \pi f / R}{\sin(\pi M f)} \right) \right|^N \approx \left| \left( \frac{\pi M f}{\sin(\pi M f)} \right) \right|^N = |\text{sinc}(Mf)|^{-N} \quad (10)$$

Энд: M - дифференциал сааруулагч  
D - хурдны өөрчлөлтийн хүчин зүйл  
N - шатны дугаар  
MATLAB дээр FDA Tool ашиглан CIC нөхөн олговрын шүүр үүсгэсэн.



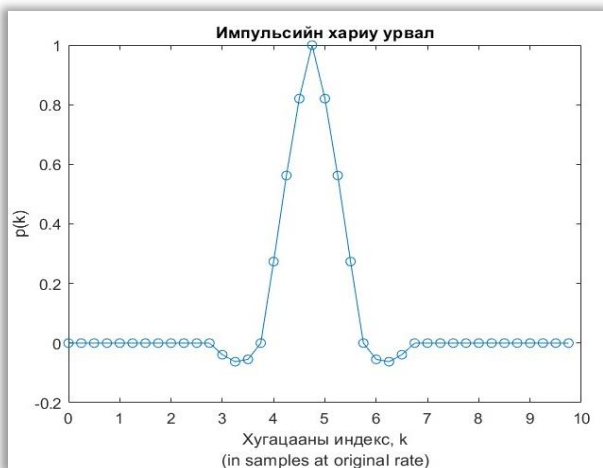
Зураг-8 Нөхөн олговрын FIR шүүрийн магнитудын хариу үйлдэл

Зураг-8 -д ногоон муруй нь CIC нөхөн олговрын шүүрийн магнитудын хариу үйлдэл харин улаан муруй нь CIC болон CFIR-ийн нийлбэр магнитудын хариу үйлдэл юм [13]. Нөхөн олговрын FIR шүүрийг MATLAB дахь FDA Tool шүүрийн дизайны хэрэгслийн тусламжтайгаар зохион бүтээсэн.

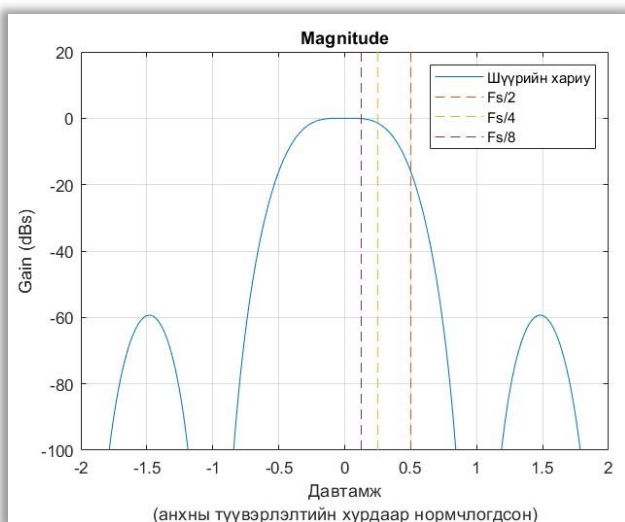
### 4. Farrow rate хувиргагч

Farrow Rate Converter блок нь олон гишүүнт түүврийн хурдны хувиргалтыг ашиглан оролтын дохионы түүврийн хурдыг хөрвүүлдэг. Полином шүүр нь түүврийн хурдны бутархай хөрвүүлэлтийг хэрэгжүүлэхэд үр дүнтэй байдаг. Farrow бүтэц нь олон гишүүнт шүүрийн хэрэгжилт юм. Энэ блок нь хурдны өөрчлөлтийн хүчин зүйлийг үр дүнтэй хэрэгжүүлэхийн тулд Farrow бүтцийг ашигладаг. Farrow шүүр нь түүвэрлэлтийн хурдыг гаралтын түүвэрлэлтийн хурдны бүхэл үржвэр болгон хувиргадаг.

Farrow rate хувиргагчийг үнэлэхийн тулд Lx дээжийн урттай импульсийн оролтыг үүсгэсэн. Импульсийн хариу урвалыг 0-ээс 1-(1/N) хооронд N өөр бутархай саатлаар объектоор дамжуулна. Үр дүнг хэт түүвэрлэсэн хариу векторт хадгалж, импульс ба магнитудын хариу урвалын графикийг зураг-9, 10-г харуулав [9].



Зураг-9 Импульсийн хариу урвалын график



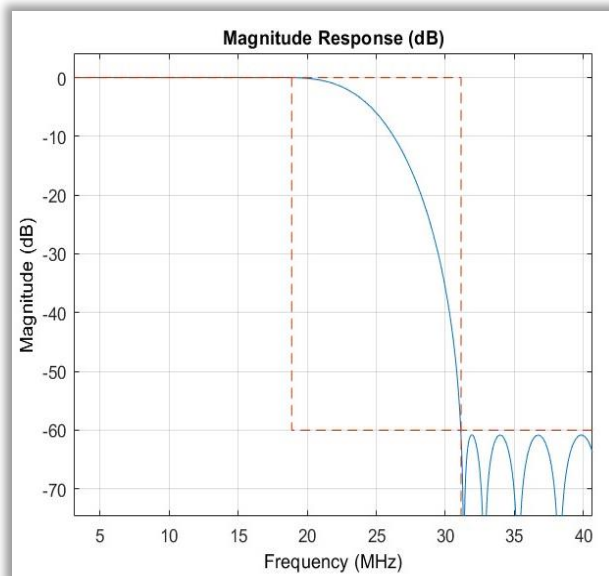
Зураг-10 Магнитуд давтамжийн хариу урвалын график

5.хагас зурвасын FIR дециматор шүүр

Дижитал дохио боловсруулахад хагас зурвасын шүүрийг олон давтамжтай хэрэглээнд үр ашигтайгаар өргөн ашигладаг. Хагас зурвасын шүүр нь дээж авсан өгөгдлийн хамгийн их зурвасын өргөнийг 2 (нэг октав) дахин бууруулдаг бага нэвтрүүлэх шүүр юм. Хэд хэдэн октав бууруулах шаардлагатай үед хагас зурвасын шүүрийн каскад түгээмэл байдаг. Зорилго нь түүврийн хэмжээг багасгах үед хагас зурвасын шүүр бүр оролтын дээжээс зөвхөн тал хувьтай олон гаралтын дээжийг тооцоолох шаардлагатай [11]. Шүүрийн тодорхойлолтоос харахад түүний шилжилтийн бүс нь  $f_s/4$  давтамж дээр төвлөрч болох ба  $f_s$  нь оролтын түүврийн хурд юм. Энэ нь бусад бүх коэффициент нь тэг, тэгээс бусад коэффициентүүд нь импульсийн хариу урвалын төвд тэгш хэмтэй байдаг FIR шүүрийг зохион бүтээх боломжийг олгодог. Хэрэгжилтийн үр ашгийг дээшлүүлэхийн тулд эдгээр шинж чанарыг хоёуланг нь ашиглаж болно.[19]

Хагас зурвасын шүүр нь хоёроор үр дүнтэй бууралтыг хангадаг. Мөн энэ шүүр нь үр ашигтай байдаг, учир нь тэдгээрийн коэффициентүүдийн

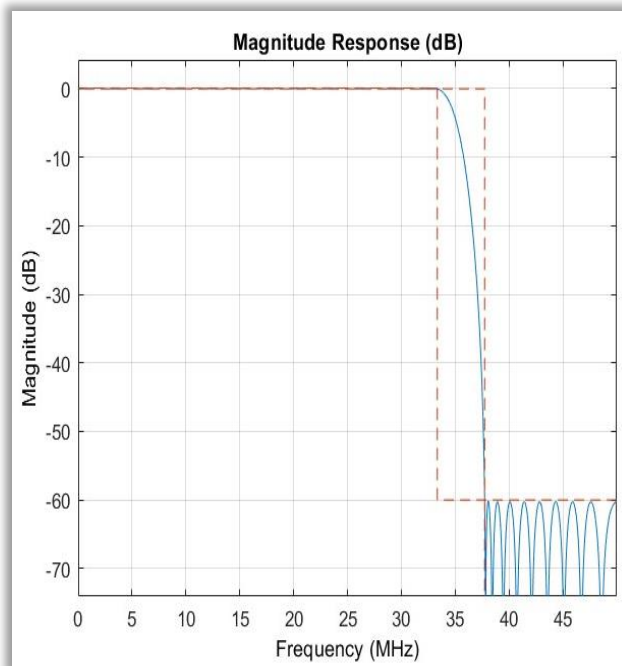
барэг тал нь тэгтэй тэнцүү бөгөөд тэдгээр үржүүлэгчийг техник хангамжийн хэрэгжилтээс хасдаг. Хагас зурвасын шүүрийн гаралтын хариуг зураг-11 үзүүлэв.



Зураг-11 Хагас зурвасын шүүрийн гаралтын хариу урвалын график

6.Эцсийн FIR шүүр.

Эцсийн FIR нь DDC-ийн нарийвчилсан нэвтрүүлэх зурвас ба зогсоох зурвасын шинж чанарыг хэрэгжүүлдэг. Энэ шүүр нь өмнөх FIR шүүрүүдээс илүү коэффициенттэй байдаг. Гэсэн хэдий ч шүүр нь бага түүвэрлэлтийн хурдаар ажилладаг тул техник хангамжийг үр ашигтай хэрэгжүүлэхийн тулд нөөцийг хуваалцах боломжтой. Эцсийн FIR-ийн Магнитуд давтамжийн хариу урвалын график [11].



Зураг-12 Магнитуд давтамжийн хариу урвалын график

III. СИМУЛЯЦЫН ҮР ДҮН

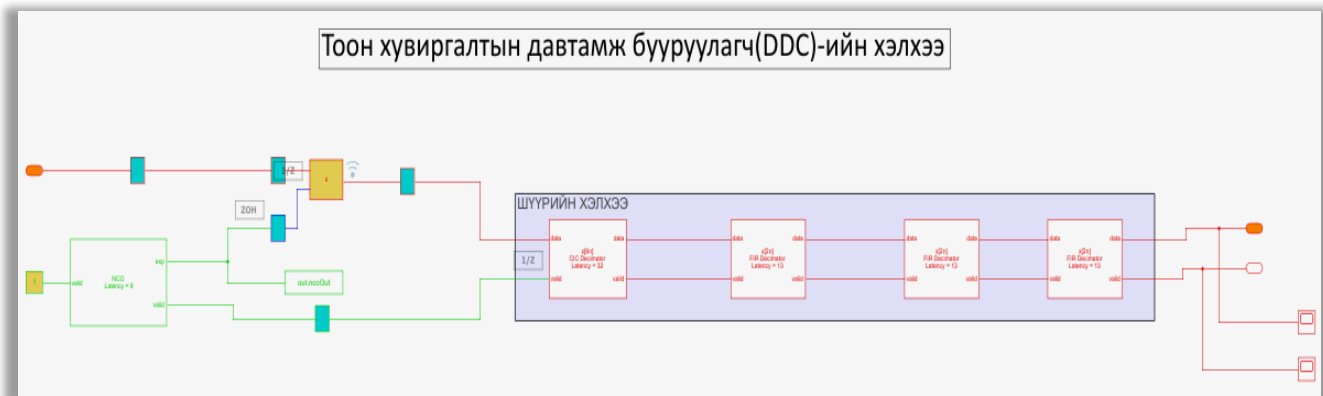


Зураг.13 Тоон давтамж бууруулагчийн симуляц

Digital Down Converter-ийн ашиглалтын блок диаграмм дүрслэлийг Зураг-12 тодорхой харуулав. DDC-ын ажиллагаа нь дохиог бага давтамж руу шилжүүлж, дараагийн боловсруулалтын үе шатуудыг хөнгөвчлөхийн тулд түүвэрлэлтийн хурдыг бууруулдаг. Уг загвар нь Signal From Workspace блок ашиглан MATLAB ажлын талбараас ddcIn хувьсагчийг импортлон оруулж, оролтын дохиог 16 битийн утга болгон хувиргаж, дохиог DDC-д хэрэглэдэг.

1. 3G болон 4G дохионуудын симуляцийн үр дүн

- 32 МГц давтамжтай IF зөөгч дээр модуляцлагдсан синусоид.
- 40 МГц давтамжтай IF зөөгч дээр модуляцлагдсан синусоид.



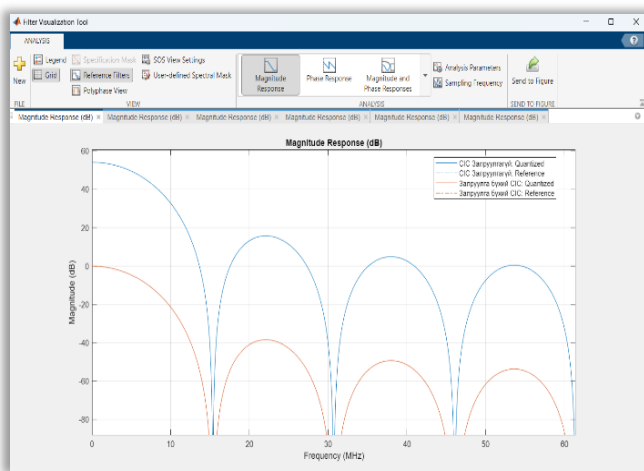
Зураг.14 Тоон давтамж бууруулагчийн шүүрийн хэлхээ

Энэхүү судалгаанд DDC нь Зураг-11 дахь шүүрийн хэлхээ (DDC\_NFC)-г ашиглан түүврийн хурдыг хөрвүүлэхийн тулд давтамжийг сонгон авдаг. DDC-г DSP System Toolbox™ функцээр хөвөгч цэгт загварчлахаас эхэлдэг. Жишээ нь DDC-ийн ажиллагааг харуулах, шалгахын тулд дараах туршилтын дохионууд ашигласан. Үүнд:

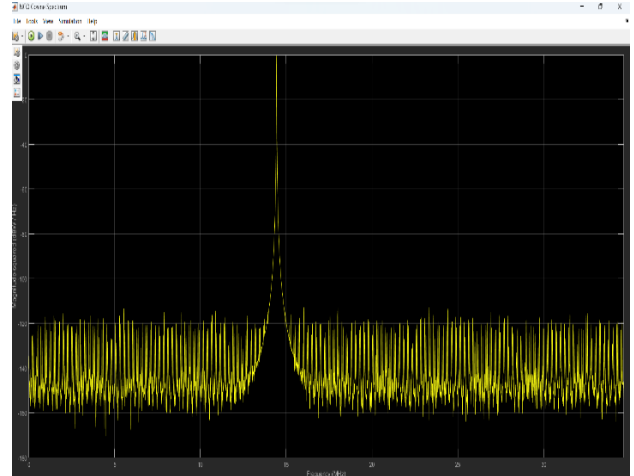
DDC-ийг туршихын тулд синусоидыг зөөгч давтамж дээр модуляцлагдсан синусын долгионыг DDC-ээр дамжуулж, үүссэн аяны хуурамч динамик хүрээ (SFDR) болон NCO гаралтын SFDR-ийг хэмжив. NCO-ийн SFDR болон тогтмол цэгийн DDC гаралтыг графикаар үзүүлэв.

Хүснэгт 1 Симуляцын хэмжилтын үр дүн

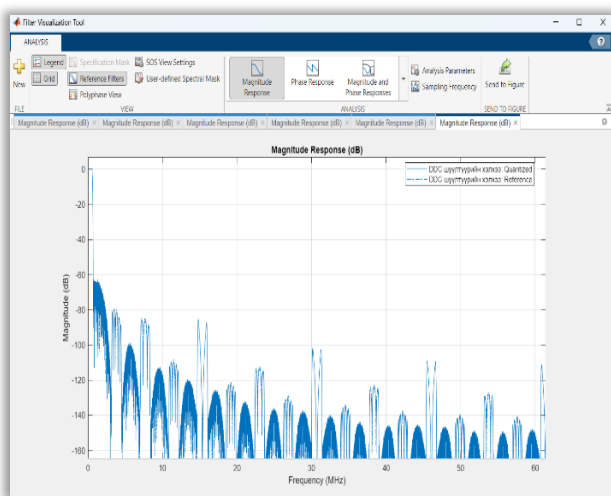
Туршилтын дохио	SFDR хэмжилтийн үр дүн	NCO гаралтын дохионы SFDR хэмжилтын үр дүн
Хөвөгч цэгийн DDC	291.4184 дБ	-
Тогтмол цэгийн	83.0306 дБ	85.3637 dB
Тогтмол цэгийн оновчтой DDC	110.386 дБ	97.8753 dB



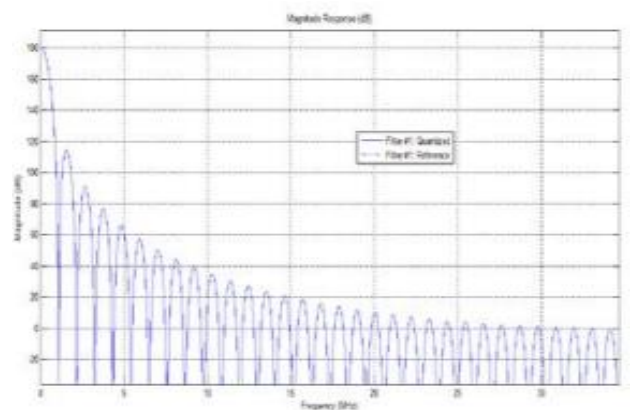
Зураг-15 fvtool ашиглан CIC шүүрийн утгыг залруулгатай болон залруулгагүйгээр харуулсан магнитудын график.



Зураг.15 Тоон удирдлагатай осцилляторын оролтын дохионы график.



Зураг-16 fvtool ашиглан CIC шүүрийн утгыг залруулгатай болон залруулгагүйгээр харуулсан магнитудын график.

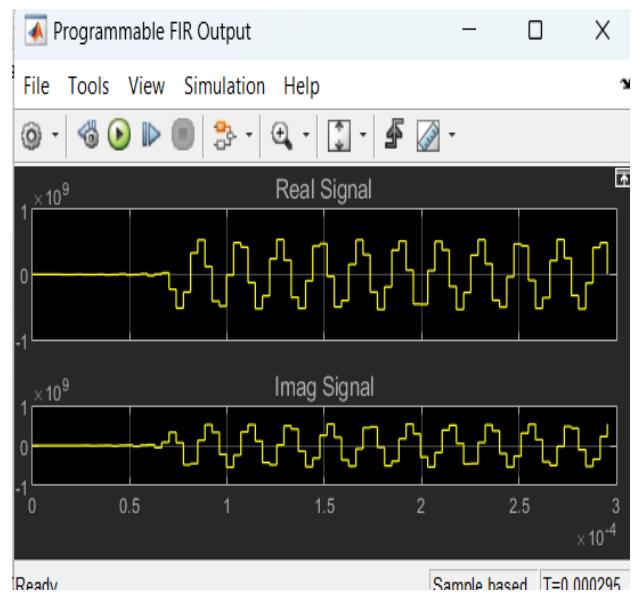


Зураг.16 CIC шүүрийн магнитудын хариу үйлдэл

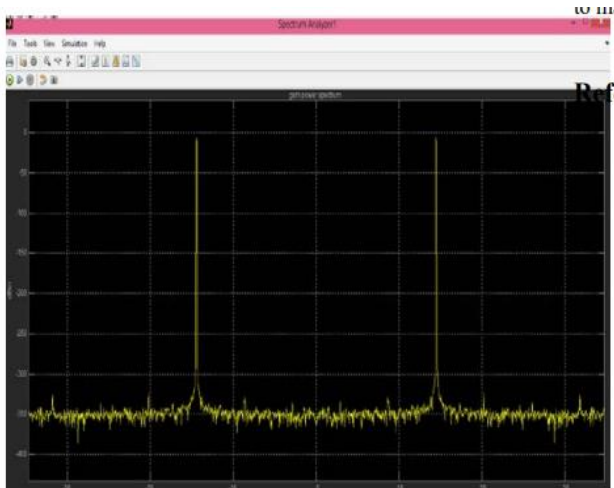
**1. GSM дэх симуляцийн үр дүн**

5 үе шаттай CIC шүүр нь өндөр хурдны оролтын дохиог хүлээн авч, 64-ийн програмчлагдсан бууралтын коэффициентээр хасдаг.

CIC шүүрийн араас 21 товшилттой CFIR шүүр байдаг бөгөөд энэ нь CIC шүүрийн улмаас үүссэн "уналт"-ыг тэнцүүлж, цаашдын бага дамжуулалтын шүүр болон 2-оор хасалтыг хангадаг.



Зураг.17 Програмчлагдсан FIR(PFIR) шүүрийн гаралтын дохионы график.



Зураг.18 GSM гаралтын дохионы спектрын симуляц.

#### IV. ДҮГНЭЛТ

Энэ судалгааны ажилд радио холбооны хэрэглээнд зориулж тоон хувиргалтын давтамж бууруулагч (DDC)-ийн симуляцыг бүтээж, DDC-ийг туршихын тулд жишээ болгож SDR-д өргөн хэрэглэгдэх чухал технологүүд болох GSM 3G болон 4G-ийн давтамж 32МГц болон 40кГц-ийн синусоидыг зөөгч давтамж дээр модуляцлагдсан синусын долгионыг DDC-ээр дамжуулж, үүссэн аяны хуурамч динамик хүрээ (SFDR) болон NCO гаралтын SFDR-ийг хэмжсэн. туршиж үр дүнд дүн шинжилгээ хийхэд шаардлагыг хангасан болно.

SDR бол 3G болон 4G-д өргөн хэрэглэгдэх чухал технологи юм. DDC нь SDR-ийн нэг блок бөгөөд бид GSM үндсэн станцын хэрэглээнд DDC-ийг тохируулан шалгаж үзэв. GSM суурь станцад зориулсан 3 үе шаттай DDC модулийг үе шатуудын тоо болон нарийвчлал өндөртэй байдлын хооронд тохируулсан. Энэ процессыг хэрэгжүүлэхийн тулд CFIR ба PFIR гэсэн хоёр шүүрийг ашигласан.

GSM боловсруулалтын хувьд гурван үе шаттай шүүрийн тусламжтайгаар 200 кГц-ийн сувгийн зурвасын өргөнийг хүлээн авсан 5 МГц дохио анхны дээжийн хурд 270.833 Kbps хүртэл гаргаж авах боломжтойг баталсан. Туршилтын эхний үе шат нь 270.833 кГц давтамжийг нэвтрүүлэхийн тулд 64-ийн коэффициент бүхий Cascaded Integrated Comb (CIC) шүүр угсарсан. Дохионы хурдыг 200 кГц хүртэл бууруулахын тулд төгсгөлийн импульсийн хариу урвал (CFIR) нэмэлт шүүрийн үе шатыг нэмснээр GSM шаардлагыг хангасан. Нарийн, програмчлагдсан хязгаарлагдмал импульсийн хариу урвал (PFIR) нь GSM маскын давтамжийг хэлбэржүүлэхэд ашиглагддаг. FIR шүүрийг зохион бүтээхэд ашигладаг аргачлал нь энгийн бөгөөд бусад аргуудтай харьцуулахад сайн FIR шүүрийг бий болгосон.

Судалгааны ажлын явцад олон түвшний дохио боловсруулах ухагдахуунуудын талаар суралцах нь бидэнд маш сайн туршлага, мэдлэг болсон.

Цаашид тоон давтамж бууруулагч(DDC)-ийн FPGA төхөөрөмж дээр сайжруулах, Xilinx IP Core дээрх дизайны суурь нь дизайныг хялбарчилж, боловсруулах хугацааг багасгах боломжтой. XiliWe дээрх дизайны бааз нь худалдаанд байгаа вектор дохионы анализаторын техник, програм хангамжийн харьцангуй хямд хувилбар юм.

Нэмэж дурдахад энэхүү судалгааг цаашид үргэлжлүүлэхийн тулд FPGA ашиглан тоон шүүрийг хэрэгжүүлэх, шаардлагатай логик нөөцийн тоог багасгах бүрэн боломжтой ба бидний хийсэн тоон давтамж бууруулагчийн загварыг ашиглан тусгай программ хангамжаар тодорхойлсон радио төхөөрөмжийг хөгжүүлэх боломжтой юм.

#### НОМ ЗҮЙ

- [1] Hyung-Jung Kim, Jin-up Kim, Jae-Hyung Kim Hongmei Wang, and In-Sung Lee, "The Design Method and Performance Analysis of RF Subsampling Frontend for SDR/CR Receivers," IEEE Transactions on industrial electronics, vol.57 No.5, pp.1518-1525, May 2010.
- [2] Guo Lianping, Tian Shulin, and Wang Zhigang, "Real-time wideband DDC based on parallel architecture in synthetic instrument," Electronic Measurement&Instruments(ICEMI), 2011 10th International Conference.Chengdu, vol 3, pp.204-207, August 2011.
- [3] S.K. Mitra, Digital Signal Processing-A Computer-Based Approach America: McGraw-Hill Inc, 2001.
- [4] Xilinx Inc, LogiCORE IP DDS Compiler v5.0 DS794, March 1, 2011
- [5] Xilinx Inc, LogiCORE IP CIC Compiler v2.0 DS613, March 1, 2011
- [6] Altera Inc, Understanding CIC Compensation Filters ver.1.0, Altera Inc, April 2007
- [7] Xilinx Inc, LogiCORE IP FIR Compiler v5.0 DS534, March 1, 2011
- [8] T.B. Welch, "An Affordable Software Defined Radio," Digital Signal Processing Workshop and 5th IEEE Signal Processing Education Workshop, pp.791-796, January 4-7 2009.
- [9] Design and Simulation of Digital down Converter Based on System Generator International Conference on Communications, Information Management and Network Security (CIMNS 2016)
- [10] Design of Digital Down Converter Chain for Software Defined Radio Systems on FPGA
- [11] Implement Digital Downconverter for FPGA
- [12] The Design of Digital Down Converter Based On FPGA
- [13] Design of Digital Down Converter (DDC) for GSM International Journal of Innovative Science, Engineering & Technology, Vol. 2 Issue 10, October 2015.
- [14] NFC Digital Downconverter example MATLAB





# Үзүүлэн илтгэл

# Үндэсний хиймэл дагуул дээр суурилсан хөвсгөл нуурын арлуудыг холбоожуулах харилцаа холбооны сүлжээ төлөвлөлт ба технологийн шийдэл

1<sup>st</sup> Ю. Отгонбаатар  
Мэдээлэл холбооны тэнхим  
Хүрээ Мэдээлэл Холбооны  
Технологийн Дээд Сургууль  
Улаанбаатар, Монгол  
otgonbaatar@huree.edu.mn

2<sup>nd</sup> Ш. Ганболд  
Холбооны салбар  
ШУТИС-ийн Мэдээлэл Холбооны  
Технологийн Сургууль  
Улаанбаатар, Монгол  
sh\_ganbold@must.edu.mn

3<sup>rd</sup> З. Буянхишиг  
Холбооны салбар  
ШУТИС-ийн Мэдээлэл Холбооны  
Технологийн Сургууль  
Улаанбаатар, Монгол  
zbuya@must.edu.mn

*Хураангуй*—Сүүлийн жилүүдэд дэлхийн улс орнууд сансрын холбооны сүлжээг газрын үндсэн суурь сүлжээтэйгээ хослуулан хөгжүүлж, нийгмийн бүхий л салбартаа ашиглаж байна.

Сансрын холбоо асар хурдацтай хөгжиж, тэр дундаа хиймэл дагуулын системийн овор хэмжээ, үнэ өртөг багасаж, эрэлт хэрэгцээ улам бүр нэмэгдэж байгаа нь ойрын ирээдүйд харилцаа холбооны зах зээлд тэргүүлэх төлөвтэй байна.

Монгол улсын хувьд ч гэсэн 2030 онд өөрийн үндэсний хиймэл дагуулыг хөөргөх бодлогын цогц баримт бичиг, зорилгот хөтөлбөрүүдийг боловсруулан үе шаттайгаар хэрэгжүүлэхээр төлөвлөн ажиллаж байна [1,2].

Иймд бид энэхүү судалгааны ажлаараа Монгол улсын үндэсний хиймэл дагуул дээр суурилсан Хөвсгөл нуурын арлуудыг холбоожуулах сүлжээ төлөвлөлт, технологийн шийдэл, системийн найдвартай ажиллагаанд нөлөөлөх зарим хүчин зүйлс зэргийг тооцоолж, үр дүнг харуулахыг зорьлоо.

*Тулхуур үгс*—Сансрын холбоо, хиймэл дагуулын 113.6E байршил, Хөвсгөл нуурын арлууд

## I. УДИРТГАЛ

Дэлхийн улс орнууд өөрсдийн эрэлт хэрэгцээндээ тулгуурлан сансрын холбооны төрөл бүрийн хиймэл дагуулыг сансрын уудамд хөөргөж, улмаар олон талт хэрэгцээгээр нийгмийн бүхий л салбартаа ашиглаж байна.

2022 оны 1 сарын байдлаар 4852 идэвхитэй хиймэл дагуулуудыг дэлхийн тойрог замд байрлуулан ашиглаж байна [3, 4]. Хиймэл дагуулуудыг холбоо мэдээллийн, хэрэглээнд ашиглах, аливаа объектын байршил тогтоох, цаг уурын судалгаа ажиглалт хийх, төрөл бүрийн тандалт судалгаа явуулах, цэрэг армийн үйл ажиллагаанд ашиглах, сансрын орон зай, гараг ертөнцийг шинжлэн судлах гэх мэт олон олон зориулалтаар ашиглаж байна.

Дэлхийн хөгжингүй орны сансар судлаачид, зохион бүтээгчид, инженерүүд сүүлийн жилүүдэд хиймэл дагуулын нийт системийн тоног төхөөрөмжийн овор хэмжээг багасгах, өндөр давтамжаар асар их мэдээлэл дамжуулах, сувгийн багтаамжийг нэмэгдүүлэх тал дээр төрөл бүрийн судалгааг хийж, техник технологийн дэвшлийг бий болгосоор байна.

Үүний үр дүнд хиймэл дагуулууд улам бүр жижиг хэмжээтэй болж, түүнийг зохион бүтээх, хөөргөхөд илүү хялбар болсон бөгөөд сансрын холбооны хэрэгцээ улам бүр нэмэгдсээр байна.

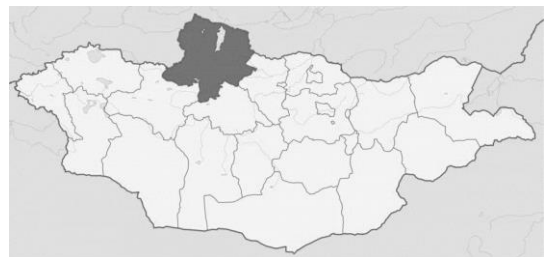
Энэ цаг хугацаа нь монгол улс шиг өөрийн хиймэл дагуулгүй оронд үндэсний хиймэл дагуулаа хөөргөх боломж бүрдэж, ойртож байгааг тодорхойлж байна.

Монгол улсын засгийн газрын 2012 оны 137 тоот тогтоолоор “Үндэсний хиймэл дагуул” хөөргөх хөтөлбөрийг баталсан ба Олон Улсын Цахилгаан Холбооны Байгууллагаас-(ОУЦХБ) тус улсад сансрын уудмын “Geostationary” буюу Гео тогтонги тойрогт зүүн уртрагийн 113.6 E зурвас байршлыг сансрын холбооны суурин үйлчилгээнд, зүүн уртрагийн 74E зурвас байршлыг сансрын холбооны өргөн нэвтрүүлгийн үйлчилгээнд тус тус хуваарилсан байдаг [5].

Иймд энэхүү судалгааны ажлаараа бид Монгол орны нутаг дэвсгэрт 113.6 E байршилд хөөргөх хиймэл дагуулаас долгион хүлээн авах, нэвтрүүлэх цэгийн байршлаас хамааруулан газрын станцын антенны хэвтээ, босоо чиглэлийн өнцөг, дохио дамжуулах налуу замын урт зэргийг Хөвсгөл нуурын орчимд тооцоолж, нуурын арлуудыг холбоожуулах инженерийн тооцоолол, сүлжээ төлөвлөлтөд нөлөөлөх техникийн параметрууд болон зарим хүчин зүйлсийг тодруулан авч үзэхийг зорьсон болно.

## II. СУДАЛГААНЫ ОБЪЕКТ

Хөвсгөл нуур нь Монгол орны хойд захын аймаг болох Хөвсгөл аймгийн нутагт оршдог. Эргэн тойрон сүрлэг өндөр уулсаар хүрээлэгдсэн ба цэнгэг усны нөөцөөрөө улсдаа төдийгүй Төв Азид томоохонд тооцогддог. Хөвсгөл нуур нь 2760 ам километр талбайтай ба 39.5 километр өргөн, 133.4 километр урт, 262 метр гүн нуур бөгөөд далайн төвшнөөс дээш 1624 метр өндөрт оршдог [6].



Зураг 2.1: Хөвсгөл нуурын физик газар зүйн байршил.

Хөвсгөл нууранд Модон хүй, Хадан хүй, Далайн хүй, Бага хүй гэсэн 4 арал байдаг [7].

### A. Далайн хүй арал

Энэхүү арал нь усны мандлаас 126 м өндөр, 3км урт, 2км өргөн, 5.8 ам км талбайтай, битүү ой модоор хучигдсан байдаг. Далайн хүй арал нь зүүн уртрагийн 100<sup>o</sup>.19'.5.1"E, хойд өргөрөгийн 50<sup>o</sup>.29'.5.1"N координатын солбилцолд байрладаг.

**В. Хадан хүй арал**

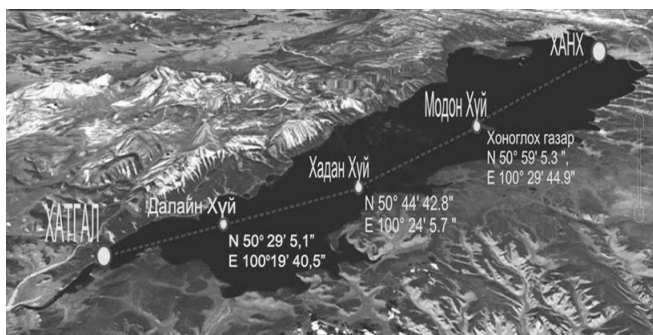
Энэхүү арал нь 800м урт, 200м өргөн, 1.6 ам км талбайтай бөгөөд өндөр өндөр хясаа хадтай тул шувууд их цугладаг. Хадан хүй арал нь зүүн уртрагийн 100<sup>0</sup>.24'.5.7"E, хойд өргөрөгийн 50<sup>0</sup>.44'.42.8"N координатын солбилцолд байрладаг ба нуурын эргээс 13 км орчимд оршино.

**С. Модон хүй арал**

Энэхүү арал нь 4км урт, 3км өргөн бөгөөд битүү ой модоор бүрхэгдсэн байгалийн үзэсгэлэнт арлуудын нэг юм.

Модон хүй арал нь нь зүүн уртрагийн 100<sup>0</sup>.29'.44.9"E, хойд өргөрөгийн 50<sup>0</sup>.59'.5.3"N координатын солбилцолд байрладаг ба эргээс 30 км орчимд оршино.

Хөвсгөл нуурын арлуудыг уртраг өргөргийн байршлаар 2.2 дугаар зурагт үзүүлэв.



**Зураг 2.2: Хөвсгөл нуурын арлуудын байршил**

Арлуудын уртраг өргөргийн байршлаар нь харьцуулсан үзүүлэлтийг 2.1 дүгээр хүснэгтээр харуулав.

**ХҮСНЭГТ 2.1: АРЛУУДЫН УРТРАГ ӨРГӨРӨГ**

№	Аралын нэр	Уртраг	Өргөрөг
1	Далай хүй	100 <sup>0</sup> 19' 40.5" E	50 <sup>0</sup> 29' 5.1" N
2	Хадан хүй	100 <sup>0</sup> 24' 5.7" E	50 <sup>0</sup> 44' 42.8" N
3	Модон хүй	100 <sup>0</sup> 29' 44.9" E	50 <sup>0</sup> 59' 5.3" N

Хөвсгөл нуурын арлуудын уртраг өргөргийн байршлын градус, минут, секунд бүхий форматтай тоон өгөгдлийг зөвхөн градус бүхий форматтай тоон өгөгдөлд хөрвүүлэн, дараагийн бүлгийн сансрын холбооны шугамын геометр параметрыг тооцоолоход шууд ашиглана.

**III. САНСРЫН ХОЛБООНЫ ШУГАМЫН ГЕОМЕТР ТООЦООЛОЛ**

Нуурын арлуудын байршлаас хамаарсан сансрын холбооны газрын станцын нэвтрүүлэх, хүлээн авах антенны хэвтээ, босоо чиглэлийн өнцөг болон тухайн цэгээс зүүн уртрагийн 113.6 E зурваст байрлах хиймэл дагуул руу долгион тархах налуу замын урт зэрэг параметруудийг арал бүрээр тооцоолно.

Хиймэл дагуул болон газрын станцын байршлын уртрагийн абсолют зөрүүг 3.1 дүгээр томъёогоор, газрын станцын нэвтрүүлэх, хүлээн авах антенны хэвтээ чиглэлийн өнцгийг 3.2 дугаар томъёогоор, босоо чиглэлийн өнцгийг 3.3 дугаар томъёогоор, тухайн цэгээс зүүн уртрагийн 113.6<sup>0</sup>E байрлах хиймэл дагуул руу долгион тархах налуу замын уртыг 3.4 дүгээр томъёогоор тус тус тооцоолж, үр дүнг 3.1 дүгээр хүснэгтэд харуулав.

Хиймэл дагуул & газрын станцын байршлын уртрагийн абсолют зөрүү:

$$\Delta\lambda = \lambda_{sat} - \lambda_{earth} \tag{3.1}$$

Энд:

- $(\lambda_{sat})$  – Хиймэл дагуулын уртрагийн байршил
- $(\lambda_{earth})$  – Газрын станцын уртрагийн байршил

Антенны хэвтээ чиглэлийн өнцөг:

$$\sin(A_z) = \frac{\sin(\Delta\lambda)}{\sin \gamma} \tag{3.2}$$

Энд:

- $\sin(A_z)$  – Антенны эргэх өнцөг
- $\sin(\Delta\lambda)$  – Хиймэл дагуул & газрын станцын байршлын уртрагийн абсолют зөрүү
- $\sin(\gamma)$  – Төвийн өнцгийн градус

Антенны босоо чиглэлийн өнцөг:

$$\cos \theta = \frac{r_s}{R} * \sin \gamma \tag{3.3}$$

Энд:

- $\cos(\theta)$  – Антенны хазайх өнцөг
- $R$  – Долгион тархах зай
- $r_s$  – Хиймэл дагуулын радиус

Долгион тархах налуу замын урт буюу зай:

$$R = (r_e^2 + r_s^2 - 2 * r_e r_s \cos \gamma)^{\frac{1}{2}} \tag{3.4}$$

Энд:

- $R$  – Налуу замын урт буюу зай
- $r_e$  – Дэлхийн радиус
- $r_s$  – Хиймэл дагуулын радиус
- $\cos \gamma$  – Өнцгийн косинус

Эдгээр параметруудийг тооцоолох нь сансрын холбооны сүлжээ төлөвлөлт, системийн найдвартай ажиллагаанд нөлөөлөх зарим хүчин зүйлүүдийг тодорхойлоход чухал ач холбогдолтой юм.

**ХҮСНЭГТ 3.1 ГЕОМЕТР ПАРАМЕТР ТООЦООЛСОН ҮР ДҮН.**

Арлуудын нэр	Налуу замын урт [км]	Газрын станцын антенны	
		Босоо чиглэлийн өнцөг	Хэвтээ чиглэлийн өнцөг
Далайн хүй	38540	29.5 <sup>0</sup>	162.9 <sup>0</sup>
Хадан хүй	38561	29.2 <sup>0</sup>	163.17 <sup>0</sup>
Модон хүй	38582	28.9 <sup>0</sup>	163.32 <sup>0</sup>

Сансрын холбооны газрын станцын нэвтрүүлэх, хүлээн авах антенны босоо чиглэлийн өнцөг нь 5<sup>0</sup> градусаас доош тохиолдолд техникийн характеристикийн хувьд хамгийн муу үзүүлэлт хэмээн үздэг [8].

Хүснэгтээр тодорхойлсон техникийн үзүүлэлтээс харахад хиймэл дагуулын 113.6<sup>0</sup> E байрлал дээр Хөвсгөл нуурын арлуудын уртраг, өргөргийн аль ч цэгт нэвтрүүлэх, хүлээн авах антенны босоо чиглэлийн өнцөг нь (28.9<sup>0</sup>-29.5<sup>0</sup>) градус байгаа нь хиймэл дагуулаас сигнал хүлээн авч, нэвтрүүлэх энергийн нөөц, чадлын хувьд тохиромжтой байгааг тодорхойлж байна.

IV. ДАМЖУУЛАХ СИСТЕМИЙН ХАРЬЦУУЛСАН СУДАЛГАА

Хөвсгөл нуурын арлуудыг холбоожуулах дамжуулах системийн хувьд далайн оптик холбоо, утасгүй холбооны суурин радио релейний систем, сансрын холбоо зэрэг харилцаа холбооны сүлжээ ашиглах боломжтой юм.

A. Далайн оптик холбоо

Далайн тэнгисийг гаталган тив хооронд холбоо зохион байгуулахад далайн оптик холбооны системийг өргөн ашиглаж байна. Далайн оптик системийн давуу болон сул талыг 4.1 дүгээр хүснэгтээр харуулав.

ХҮСНЭГТ 4.1: ДАЛАЙН ОПТИК ХОЛБОО.

Давуу тал	Сул тал
<ul style="list-style-type: none"> <li>Дохионы унтралт бага</li> <li>Мэдээллийн зурвасын өргөн ихтэй</li> <li>Хол зайд дахин дамжуулалт шаардахгүй</li> <li>Ашиглалтын хугацаа 25-40 жил</li> <li>Цахилгаан соронзон орон нөлөөлөхгүй</li> <li>Газардуулга шаардахгүй</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Е/О-О/Е хувиргалтаас шалтгаалж интерфэйсийн төхөөрөмжийн үнэ их</li> <li>Тоног төхөөрөмжийн овор их</li> <li>Трассын төлөвлөлтийн зардал маш өндөр</li> <li>Технологийн нарийн ажиллагаатай</li> <li>Далайн амьтад кабель шугам гэмтээх эрсдэл өндөр</li> </ul>

Тив хооронд, арал хооронд далайн оптик кабелийг суурилуулах технологи нь хуурай газрын оптик кабель суурилуулах технологиудаас ч илүү нарийн ажиллагаатай бөгөөд асар их зардалтай байдаг.

Хоёр том хөлөг онгоцоор суурилуулалтын ажлыг гүйцэтгэдэг ба тусгай төхөөрөмжийн тусламжтайгаар 0,6-2 м, зарим тохиолдолд 3 м гүнтэй траншей ухаж, кабелиа суурилуулдаг.

Энэ нь Монгол улсын хувьд асар их зардал өндөртэй тусахаас гадна цэнгэг уст нуурын экосистемд сөргөөр нөлөөлөх талтай юм.

B. Суурин радио релейний систем

Бүлэг дохиог шууд харагдах зайд байрласан завсрын станцуудын тусламжтай төгсгөлийн станцуудын хооронд дамжуулах радио системийг Радио релейний систем гэж нэрлэдэг. Радио релейний системийн давуу болон сул талыг 4.2 дугаар хүснэгтээр харуулав.

ХҮСНЭГТ 4.2: РАДИО РЕЛЕЙНИЙ СИСТЕМ.

Давуу тал	Сул тал
<ul style="list-style-type: none"> <li>Чиглэлтэй антенныг ашиглаж дохиог шаардлагатай чиглэлд хүргэнэ.</li> <li>Хүчтэй өсгөлт хийснээр станц хоорондын шуугиан багасдаг.</li> <li>Шуугианы даац харьцангуй сайн.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Шууд харагдалтын зайд дамжуулна.</li> <li>Уул нуруудын хаалтын нөлөөнд орно.</li> <li>Нэвтрүүлэх, хүлээн авах антенныг өндөрт байрлуулах тусам зардал өндөр тусна.</li> </ul>

Суурин радио релейний системийн хүчин чадлаас хамаараад радио долгионыг дамжуулах зай нь харилцан адилгүй байдаг. Эдгээр арлуудыг бага чадлын радио релейний системээр холбоожуулахад дохио нэвтрүүлэх, хүлээн авах хоорондын зай нь 60-70 км байна.

Хөвсгөл нуурын арлуудын зарим нь өөр хоорондоо 100 гаруй километр зайтай байршсан нь суурин радио релейний системээр бүрэн холбоожуулахад дутагдалтай байна.

C. Сансрын холбоо

Сансрын холбооны систем нь дэлхийг тодорхой радиус бүхий тойрог замаар тойрч байгаа хиймэл дагуулуудыг ашиглан алс зайд мэдээлэл дамжуулж байгаа харилцаа холбооны систем юм. Сансрын холбооны дамжуулах системийн бүтэц нь газрын станц, хиймэл дагуул, газрын станц гэсэн бүрэлдэхүүн хэсэгтэй байна. Сансрын холбооны давуу болон сул талыг 4.3 дугаар хүснэгтээр харуулав.

ХҮСНЭГТ 4.3: САНСРЫН ХОЛБОО

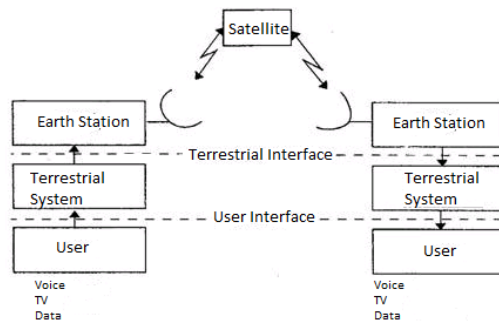
Давуу тал	Сул тал
<ul style="list-style-type: none"> <li>Алсын зайд болон өргөн уудам нутаг дэвсгэр хамрах боломжтой.</li> <li>Байршил болон зайнаас үл хамаарсан сүлжээ зохион байгуулах</li> <li>Суурилуулахад хялбар, угсарч монтаглахад цаг хугацаа бага шаардана.</li> <li>Газрын гадарга, уул нуруудын хаалтын нөлөө үгүй</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Цаг агаарын хүчин зүйлүүд болох бороо, цас, манан, шороон шуурга, салхи зэрэг атмосферын унтралтад өртдөг.</li> <li>Газрын станцаас дохио нэвтрүүлэх хүлээн авах хугацааны хоцрогдол ихтэй.</li> <li>Энэ нь дамжуулж байгаа дохионы чанарт муугаар нөлөөлдөг.</li> </ul>

Сансрын холбооны сүлжээ нь хэрэглэгчийн ачааллаас хамааруулан сүлжээг өргөтгөх, хөгжүүлэх, багасгах, зэрэг сүлжээний менежмент хийх боломж нь бусад дамжуулах системээс илүү уян хатан байдаг.

Иймд Хөвсгөл нуурын арлуудыг холбоожуулахад үндэсний хиймэл дагуул дээр суурилсан сансрын холбооны дамжуулах системийг ашиглах нь илүү тохиромжтой байгаа нь энэхүү харьцуулсан судалгаанаас харагдаж байна.

V. СҮЛЖЭЭ ТӨЛӨВЛӨЛТ БА ЗОХИОН БАЙГУУЛАЛТ

Хөвсгөл нуурын арлуудыг сансрын холбооны сүлжээгээр зохион байгуулахдаа хиймэл дагуулын ВиСАТ технологийг ашиглан суурилуулах замаар холбож, харилцаа холбооны үйлчилгээг хэрэглэгчдэд хүргэх. ВиСАТ систем нь хамгийн бага хэмжээтэй төгсгөлийн төхөөрөмж бөгөөд энэхүү системийг ашиглан өндөр хурдны интернет, өргөн нэвтрүүлэг, телефон яриа зэрэг үйлчилгээнүүдийг цэгээс цэгт дамжуулах боломжтой юм. 5.1 дүгээр зурагт системийн ерөнхий бүтцийг харуулав.



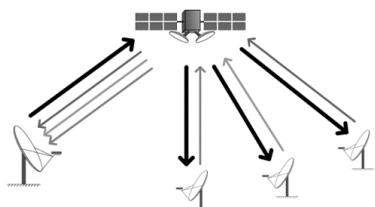
Зураг 5.1: Системийн ерөнхий бүтэц

Хөдөө алслагдсан сум суурин газар, уул уурхай, аялал жуулчлалын салбар, цэрэг армийн байгууллагууд нь сансрын холбооны ВиСАТ үйлчилгээг өргөн ашиглаж байна.

**А. Сүлжээ төлөвлөлт**

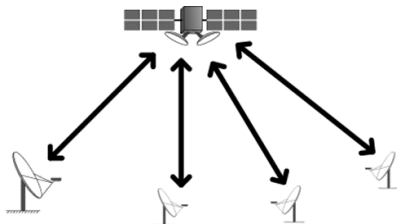
ВиСАТ сүлжээг төлөвлөн зохион байгуулахдаа сансрын холбооны цэгээс олон цэгт буюу од хэлбэрийн (star) тополог, цэгээс цэгт буюу тор хэлбэрийн (mesh) сүлжээний топологийг ашиглах боломжтой юм.

**Star-Од хэлбэрийн сүлжээний тополог:** Энэ сүлжээний хувьд төв станцаар дамжин өөр хоорондоо холбогдоно. Ийм сүлжээнд төв станц үнэ өртөг ихтэй байх ба бусад хэрэглэгч талын станц овор хэмжээ багатай байдаг. Од топологийн сүлжээний архитектурыг 5.2 дугаар зурагт үзүүлэв.



Зураг-5.2: Хиймэл дагуулын од хэлбэрийн топологи

**Mesh-Top хэлбэрийн сүлжээний топологи:** Энэ сүлжээний хувьд ВиСАТ-ийн станцууд хиймэл дагуулаар дамжин шууд өөр хоорондоо холбогдох учраас төхөөрөмжийн чадал, антенны овор хэмжээ нь их байх бөгөөд станц бүрийн хувьд өөр хоорондоо холбогдоход хүрэлцэхүйж чадалтай байна. Тор топологийн сүлжээний архитектурыг 5.3 дугаар зурагт үзүүлэв



Зураг-5.3: Хиймэл дагуулын тор хэлбэрийн топологи

Хиймэл дагуулын сүлжээний топологийн харьцуулалтыг 5.1 дүгээр хүснэгтээр харуулав.

ХҮСНЭГТ 5.1: ХАРЬЦУУЛСАН ҮЗҮҮЛЭЛТ

Star-Од тодологи	Mesh-Top топологи
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Саатах хугацаа их</li> <li>• Төв станцад хөрөнгө оруулалт их шаардана.</li> <li>• ВиСАТ-ийн антенны хэмжээ жижиг-(дунджаар 1.8-2.4 м)</li> <li>• ВиСАТ-ийн үнэ өртөг бага</li> <li>• Бага хэмжээний өгөгдөл дамжуулахад тохиромжтой</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Саатах хугацаа бага</li> <li>• Газрын төв станц шаардахгүй</li> <li>• ВиСАТ-ийн антенны хэмжээ том-(дунджаар 3.8 м)</li> <li>• ВиСАТ-ийн үнэ өртөг их</li> <li>• Цэгээс цэгт яриа, өндөр хурдны өгөгдөл дамжуулахад тохиромжтой</li> </ul>

Судалгаагаар Хөвсгөл нуурын орчимд жуулчид болон аялагчдыг арлуудаар аялуулах бизнес эрхлэгчдийн 10 завь байдаг бөгөөд нэг удаагийн явалтаар нэг завинд 10 зорчигч нийтдээ 100 аялагч нэг дор арал дээр очих боломжтой юм.

Иймд зорчигч байгаа аялагчдын тооноос хамаараад од хэлбэрийн сүлжээний топологи ашиглах нь илүү тохиромжтой юм.

**В. Зурвас хуваарилт**

Сансрын холбооны хиймэл дагуулын транспондерын сувгийн зурвасын өргөн 24МГц, 36 МГц, 54 МГц, 72 МГц байдаг [9].

Хэрэглэгчийн үүсгэх ачааллаасаа хамаараад хамгийн бага 24MHz-ийн зурвасын өргөнтэй сувгийг сонгон авч Хөвсгөл нуурын арлуудыг холбоожуулахаар төлөвлөлөө.

Энэхүү сувгийн зурвасын өргөнийг гурван аралдаа хувааж ашиглана гэж тооцоолоход нэг аралд хуваарилагдах зурвасын өргөн нь ойролцоогоор 8 МГц болж байна. Сувгийн багтаамжийг 5.1 дүгээр томъёогоор, дохио шуугианы харьцааг 5.2 дугаар томъёогоор тус тус тоцооллоо.

$$C = B * \log_2(1 + SNR) \tag{5.1}$$

Энд:

- C-Сувгийн багтаамж буюу нэг секундэд дамжих битийн тоо
- B-Сувгийн зурвасын өргөн
- SNR-Дохио шуугианы харьцаа

Сансрын холбооны системд дохио шуугианы харьцааг ихэвчлэн (24 дБ) гэж үздэг.

$$SNR_{dB} = 10 * \log_{10}(SNR) = SNR = 10^{SNR_{dB}/10} \tag{5.2}$$

5.2 дугаар томъёогоор дохио шуугианы харьцааг тооцоолоход тоон утга нь 251 гарч байна.

$$C = 8000000 * \log_2(1 + 251) = 6400000 \text{ бит/сек}$$

Эндээс нэг аралд хуваарилагдаж байгаа 8МГц-ийн зурвасын өргөнтэй сувгийн багтаамжийг тооцоолоход 6.4Мбит/секунд гарч байна.

Нийт сувгийн багтаамжийг үйлчилгээний төрлөөр нь хуваарилсан тооцоог 5.2 дугаар хүснэгтээр харуулав.

ХҮСНЭГТ 5.2: СУВАГ ХУВААРИЛАЛТ

Зурвасын өргөн 8МГц-Сувгийн багтаамж 6.4 Мбит/сек		
Яриа	Видео	Өгөгдөл
1 Мбит/сек	3.4 Мбит/сек	2 Мбит/сек

Нийт сувгийн багтаамжийг хуваарилахдаа ярианы үйлчилгээнд Мбит/сек, видео болон дүрст үйлчилгээнд 3.4Мбит/сек, өгөгдөл дамжуулахад 2Мбит/секундийн харьцаатайгаар зохицуулах боломжтой.

**С. Давтамж ашиглалт.**

Дэлхийн улс орнууд C зурвас, Ku давтамжийн зурвасыг хиймэл дагуулын суурин болон өргөн нэвтрүүлгийн үйлчилгээнд ашиглаж байсан бол орчин цагт Ka зурвасыг сансрын холбооны системд нэвтрүүлж өргөнөөр ашиглах болов.

Сансрын холбооны системд ашиглаж байгаа давтамжийн зурвасыг үйлчилгээний төрлөөс хамааруулан ОУЦХБ-аас хуваарилалт хийдэг бөгөөд олон улсын радио давтамжийн төлөвлөлт, зохицуулалтын дагуу бүсэд хувааж улс орнуудад олгодог байна.

ОУЦХБ-аас Монгол улсад C, Ku давтамж олгосон бөгөөд нэмэлтээр Ka давтамжийн зурвасыг сонгон авч, нуурын арлуудын байршилаар чөлөөт замын унтралтыг 5.3 дугаар томъёогоор, дохио дамжуулах хугацааны саатлыг 5.4 дүгээр томъёогоор нэвтрүүлэх, хүлээн авах

талын шууд болон гэдэрэг чиглэлд тус тус тооцоолж үр дүнг 5.3 дугаар хүснэгт, 5.4 дүгээр хүснэгтээр тус тус харууллаа.

Сансрын холбооны систем ба бичил долгионы холбооны шугамууд нь шууд харалтын зайд ерөнхийдөө чөлөөт орчны тархалттай байдаг.

Чөлөөт замын унтралтыг [дБ]-ээр тодорхойлсон ерөнхий тохиолдолд дараах байдлаар олно.

$$L_p [dB] = 20 \log_{10} \left( \frac{4\pi d}{\lambda} \right) \quad (5.3)$$

Энд:

- (d) – Станц хоорондын зай
- (λ) – Долгионы урт
- (π) – 3.14

Мэдээлэл дамжуулах хугацааны саатлыг 5.4 дүгээр томъёогоор тодорхойлно.

$$\text{Delay} = \frac{d}{c} \quad (5.4)$$

Энд:

- (d) – Станц хоорондын зай
- (C) – Гэрлийн хурд-(299.792 km/s≈3\*10<sup>8</sup> м/с)

ХҮСНЭГТ 5.3 ТООЦООЛСОН ҮР ДҮН-I

Арлуудын нэр	Зай [км]	Чөлөөт замын унтралт-Шууд чиглэлд [дБ]			Саатлын хугацаа мл.сек
		C 6 ГГц	Ku 18Гц	Ka 40 ГГц	
Далайн хүй	38540	199.73	209.27	216.21	128.1
Хадан хүй	38561	199.736	209.28	216.22	128.5
Модон хүй	38582	199.74	209.29	216.23	128.6

ХҮСНЭГТ 5.4 ТООЦООЛСОН ҮР ДҮН-II

Арлуудын нэр	Зай [км]	Чөлөөт замын унтралт-гэдэрэг чиглэлд [дБ]			Саатлын хугацаа
		C 4 ГГц	Ku 12Гц	Ka 26 ГГц	
Далайн хүй	38540	196.2	205.75	212.4	128.1
Хадан хүй	38561	196.21	205.76	212.47	128.5
Модон хүй	38582	196.22	205.77	212.5	128.6

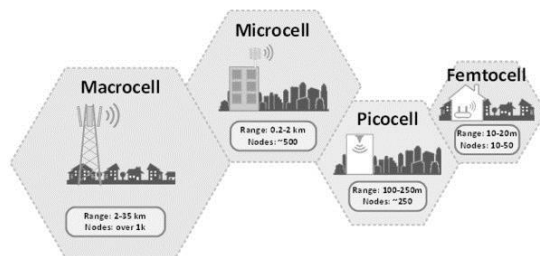
Хиймэл дагуулын холбоонд 10 ГГц-ээс дээш өндөр давтамжийг ашиглах үед зурвасын өргөн нэмэгдэх, дамжуулах мэдээллийн хэмжээ ихсэх, тоног төхөөрөмжийн овор хэмжээ багасах зэрэг олон давуу талтай хэдий ч радио долгионы тархалтад нөлөөлөх цаг агаарын хүчин зүйлсийн нөлөөгөөр дамжуулж байгаа дохионд их хэмжээний унтралт үүсдэг муу талтай.

Хөвсгөл нуурын бүс орчим нь Монгол орны хамгийн их хур тунадастай бүс нутаг бөгөөд хур тунадасны 92% нь дулааны улиралд ордог ба үүний 76% нь зөвхөн зуны саруудад ордог онцлогтой. Жилд дунджаар 300 мм тунадас унадаг [10]. Үүнээс үзэхэд Хөвсгөл нуурын орчим нь Монголын орны хамгийн чийгшил ихтэй бүс нутаг юм.

Иймд дохио дамжуулах давтамжийн хувьд дамжуулах хурд багатай ч цаг агаарын хүчин зүйлүүд болох цас, бороо, манан, салхины унтралтад хамгийн бага нөлөө үзүүлдэг C давтамжийн 4ГГц, 6ГГц давтамжийн зурвасыг ашиглах нь системийн найдвартай ажиллагааны хувьд илүү тохиромжтой юм.

D. Технологийн шийдэл.

Сансрын холбооны дамжуулах системийн төгсгөлд үүрэн хөдөлгөөнт холбооны бага чадлын бааз станцыг суурилуулан хэрэглэгчдэд харилцаа холбооны олон төрөлт үйлчилгээг хүргэх юм. Хөдөлгөөнт холбооны бааз станцын төрлийг 5.4 дүгээр зургаар, харьцуулсан техникийн үзүүлэлтийг 5.5 дугаар хүснэгтээр тус тус үзүүлэв.



Зураг-5.4: Бааз станцын төрөл

Хөдөлгөөнт холбооны бааз станцууд нь техникийн хүчин чадал, хамрах хүрээ, үйлчилгээний нөхцлөөс хамаараад өөр өөр байна. Макро болон микро бааз станцууд нь гадна суурилуултын антенна ашиглах бөгөөд үүрийн хамрах хүрээ нь макро үүрэнд (1-35 км), микро үүрэнд (0.1-1 км) байна.

ХҮСНЭГТ 5.5: ХАРЬЦУУЛСАН ТЕХНИКИЙН ҮЗҮҮЛЭЛТ

Техникийн үзүүлэлт	Макро үүр	Микро үүр
Үүрийн хамрах хүрээ	1-35 км	0.1-1 км
Антеннын гаралтын чадал	1-10 Вт	0.1-1 Вт
Хэрэглэгчийн тоо	100-2000	>2000
Ажиллах орчин	Гадна	Гадна

Хөвсгөл нуурын арлуудын талбайн хэмжээнээс хамаараад макро болон микро чадлын станцыг суурилуулж, харилцаа холбооны үйлчилгээ хүргэх нь илүү тохиромжтой байна.

Зай тэжээлийн хувьд байгаль дэлхийд ээлтэй ногоон технологи бүхий салхин сэнс, нарны зайн энергийн системийг ашиглах боломжтой юм.

СУДАЛГААНЫ ҮР ДҮН

Энэхүү судалгааны ажлаараа үндэсний хиймэл дагуул дээр суурилсан Хөвсгөл нуурын арлуудыг сансрын холбоогоор холбоожуулах сүлжээ төлөвлөлт, техник технологийн шийдэл, сувгийн багтаамж, хэрэглэгчийн үүсгэх ачаалал зэргийг тооцоолж, дараах үр дүнг гаргалаа.

- Хөвсгөл нуурын арлуудыг холбоожуулах дамжуулах системийн хувьд далайн оптик холбоо, суурин радио релейний систем, сансрын холбооны сүлжээгээр холбоожуулж боломжтой хэдий ч харьцуулсан судалгаанаас үзэхэд сансрын холбооны сүлжээ ашиглах нь илүү тохиромжтой болохыг тодорхойллоо.
- Сансрын холбооны газрын станцын нэвтрүүлэх, хүлээн авах антенны босоо чиглэлийн өнцөг нь 5<sup>0</sup> градусаас доош тохиолдолд хиймэл дагуулын холбоонд ашигладаггүй. Хөвсгөл нуурын арлуудын хувьд 113.6<sup>0</sup> E байрлалд байгаа хиймэл дагуулаас сигнал хүлээн авах, нэвтрүүлэх газрын

станцын антенны босоо чиглэлийн өнцгийн хувьд (28.9<sup>0</sup>-29.5<sup>0</sup>) градус байгаа нь боломжтой байгаа хэдий ч онолын хувьд хамгийн сайн сигнал хүлээж авах, нэвтрүүлэх газрын станцын 90<sup>0</sup> градусын өнцгийн характеристиктай харьцуулахад бага өнцгийн төвшинг харуулж байна.

- Сүлжээ төлөвлөлтийн хувьд Хөвсгөл нуурын арлуудад зорчиж байгаа зорчигчдын тоо, суваг ашиглалт, үүсгэж болох ачааллын хэмжээнээс хамаараад сансрын холбооны хиймэл дагуулын ВиСАТ системийн од хэлбэрийн топологийг ашиглах нь үр дүнтэй байна.
- Сансрын холбооны системийн хамгийн бага зурвасын өргөнөөр тооцоолсон сувгийн багтаамжийн үр дүнгээс үзэхэд нэг арлын хувьд 8 МГц-ийн зурвасын өргөн, 6.4 М.бит/секундын сувгийн багтаамж ноогдож байгаа нь хэрэглэгчийн ачаалал бага үүсэх бүс нутгийн хувьд өндөр байна. Хэрэглэгчийн үйлчилгээг нэвтрүүлэх үед дахин техник технологийн шийдлээр илүү оновчтой зохион байгуулах хэрэгтэй юм.
- Давтамж ашиглалтын хувьд С давтамжийн (4ГГц-6ГГц) зурвас ашиглах нь системийн найдвартай ажиллагааны хувьд илүү тохиромжтой байна.
- Хиймэл дагуулын холбооноос сигнал дамжуулах, хүлээн авах чөлөөт замын унтралт, саатлын хугацааг тооцоолоход чөлөөт замын унтралт нь шууд чиглэлдээ (199.73-216.23 дБ), гэдрэг чиглэлдээ (196.2-212.5 дБ), саатлын хугацааны хувьд нэвтрүүлэх хүлээн авах талдаа (128.1-128.6 мл. сек) байгаа нь сансрын холбооны системийн стандартын хувьд ойролцоо байна.
- Техник технологийн хувьд сансрын холбоо, хөдөлгөөнт холбооны хамгийн бага хүчин чадалтай тоног төхөөрөмж, бааз станцийг ашиглах нь оновчтой байна.
- Зай тэжээлийн хувьд байгаль дэлхийд ээлтэй ногоон технологи бүхий салхин сэнс, нарны зайн энергийн эрчим хүчний системийг ашиглах нь илүү үр дүнтэй юм.
- Хэрэглэгчийн ачаалал бага үүсгэж байгаа бүс нутгийг сонгон авч, нарийвчилсан тооцоо судалгаа хийснээр дараагийн шатны томоохон судалгааны ажлын нарийвчлан тооцоолох үндэс суурь болж байна.

Бид энэхүү судалгааны ажлаараа Хөвсгөл нуурын арлуудыг сансрын холбооны сүлжээн дээр суурилсан хөдөлгөөнт холбооны системтэй хослуулан хөгжүүлж, холбоожуулах нь илүү оновчтой харилцаа холбооны шийдэл гэдгийг тодорхойлж байна.

Мөн Хөвсгөл нуурын арлуудын орчимд хэрэглэгчийн үүсгэх дуу, дүрс, өгөгдлийн ачааллын хэмжээ бага хэдий ч Монгол орны чийгшлийн хэмжээ хамгийн өндөр бүс нутаг юм. Иймд бид дараагийн судалгааны ажилдаа хиймэл дагуулын холбооны системийн найдвартай ажиллагаанд нөлөөлөх цаг агаарын зарим хүчин зүйлүүд болох бороо, үүл, манан, чийгшлийн хэмжээг тооцоолоход тус бүс нутгийг сонгон авч судлах нь зүйтэй гэж үзэж байна.

#### ТАЛАРХАЛ

“Цахим шилжилт-2023” эрдэм шинжилгээний хурлыг зохион байгуулж, бидний шинжлэх ухааны бүтээлийг олон нийтэд таниулах, түгээх боломж олгож байгаа хурлын зохион байгуулагч нартаа талархал илэрхийлье!

#### НОМ ЗҮЙ

- [1] “Монгол улсын үндэсний хиймэл дагуул хөтөлбөр” [www.legalinfo.mn](http://www.legalinfo.mn)
- [2] “Сансрын холбооны үндэсний хиймэл дагуул төсөл” 2020.08.11, [www.cita.gov.mn](http://www.cita.gov.mn)
- [3] Number of satellite in orbit by major country as January 1.2022, [www.statista.com](http://www.statista.com)
- [4] How many satellites are in space, [www.gofeedercloud.com](http://www.gofeedercloud.com)
- [5] Отгонбаатар, Г.Баярсүрэн, “Сансрын холбооны системийн найдвартай ажиллагаанд нөлөөлөх зарим хүчин зүйлс ба тооцоолсон үр дүн”, Цахим үндэстэн ЭШХ-ын эмхтгал, Улаанбаатар, Монгол улс, 2021 он
- [6] Г.Уламбаяр, “Хөвсгөл нуурын талбайн өөрчлөлтөд үзүүлэх байгалийн хчин зүйлс”, магистрын зэрэг горилсон судалгааны ажил, Улаанбаатар, Монгол улс, 2020 он
- [7] Хөвсгөл нуурын ай сав, [www.touristinfocenter.mn](http://www.touristinfocenter.mn)
- [8] Otgonbaatar Yura, “System Design & Analysis of Hybrid Terrestrial and Satellite Networks, Its Simulation of Propagation Effect for Mongolia”, магистрын диссертаци, Энэтхэг улс, 2021 он.
- [9] Satellite Communication Principles and Application book: R.N Mutagi P42-P48, and P185-P.187, first published 2016.
- [10] Хөвсгөл нуурын байгалийн цогцолборт газрын орчны бүсийн иргэдийн амьжиргааг дэмжих, тогтвортой аялал жуулчлалыг хөгжүүлэх нэгдсэн төсөл, Улаанбаатар, Монгол улс
- [11] Доктор. Г. Баярсүрэн: “Особенности Проектирования РРЛС и Сетей ТВ Вещания, Связанные Со Спецификой Распространения Радиоволн в Климатических и Географических Условиях МНР ” докторын диссертаци, ОХУ, 1991 он

# Машин сургалтын загварыг ашигласан дуу хоолой танидаг роботын хөгжүүлэлт

Аюурзанын Одгэрэл  
Электроникийн салбар  
ШУТИС, Мэдээлэл Холбооны Технологийн Сургууль  
Улаанбаатар, Монгол Улс  
[odgerel55@must.edu.mn](mailto:odgerel55@must.edu.mn)

Тогоочийн Амартүвшин  
Электроникийн салбар  
ШУТИС, Мэдээлэл Холбооны Технологийн Сургууль  
Улаанбаатар, Монгол Улс  
[amartuvshin@must.edu.mn](mailto:amartuvshin@must.edu.mn)

**Хураангуй**—Уг судалгааны ажлаар хөдөлгөөний бэрхшээлтэй хүмүүст зориулсан дуу хоолойгоор удирддаг 2 дугуйт роботын загварыг хөгжүүлж туршсан. ESP8266 төрлийн өөртөө Wi-Fi модуль агуулсан 32 битийн микроконтроллэрыг роботын удирдлагаар сонгон ашигласан. MIT-с хөгжүүлсэн дуу хоолойг удирдах Андроид аппликэшнийг судалгааны ажилдаа зориулан хөгжүүлж ухаалаг утсан дээрээ суулгасан. Ухаалаг утас, микроконтроллер хоёр нь өөрсдийн орчны Wi-Fi сүлжээгээр дамжин интернетэд холбогдоно. Ухаалаг утаснаас роботыг урагш, хойш, баруун, зүүн тийш эргүүлэх мөн зогсох командуудыг хэрэглэгч хэлэхэд Гүүгл компаний хөгжүүлсэн машин сургалтанд суурилсан дуу хоолойн таних функцийг Андроид аппликэшин дээр дуудан боловсруулж Wi-Fi сүлжээгээр дамжин ESP8266 микроконтроллэроор удирдах зарчмаар ажиллана. Туршилтанд 5 хүнийг оролцуулан 5 командыг хэлүүлэхэд Англи хэлний дуудлагаасаа хамаарч робот 85%-тай командуудыг таниж биелүүлсэн.

**Түлхүүр үг** – Wi-Fi, робот, мотор, ESP8266, MIT App, Андроид

## I. УДИРТГАЛ

Аж үйлдвэрлэлийн 4-р хувьсгалын нэг цөм нь роботын технологи билээ [1]. Орчин үед маш олон салбарт роботыг хүний хүч хөдөлмөрийг хөнгөвчлөх, судалгаа шинжилгээ хийхэд ашиглаж байна. Хүнд болон хөнгөн үйлдвэрүүдийн ажлын бүтээмжийг нэмэгдүүлэх, нарийвчлалтайгаар ажил үүрэг гүйцэтгэхэд роботыг ашиглаж байна. Сансар огторгуйн шинжилгээ судалгаа, аюул осол ихтэй цэрэг, дайны зориулалттай роботын хөгжүүлэлтүүд маш олноор хийгдэж байна. Аль ч салбарт роботыг ашиглах нь эдийн засгийн хувьд үр ашигтай байна.

Роботыг утсаар буюу RS232, RS485 зэрэг интерфэйсүүдээр холбон товчлуурууд ашиглан удирдах арга нь хамгийн түгээмэл юм. Сүүлийн үед аюулгүй байдал, эдийн засгийн хувьд үр ашигтайг нь бодон Wi-Fi, Bluetooth болон Zigbee технологиуд ашиглан зайнаас утасгүйгээр товчлуурууд ашиглан удирдах нь их болсон.

Өнөө үед технологи хурдтай хөгжиж тэр дундаа хүний дуу хоолойг таних технологиудыг дэлхийн том мэдээллийн технологийн компаниуд эрчимтэй хөгжүүлж байна. Хүний хэлсэн үг, өгүүлбэрийг боловсруулан текст болгох, эсрэгээр нь бичсэн текстийг дуу хоолой болгон хөрвүүлдэг хиймэл оюун

ухаан, машин сургалтын аргуудыг ашигласан функц, түүл, програм хангамжуудыг ихээр хөгжүүлж байна.

Уг судалгааны ажлаар зайнаас буюу утасгүй интернетийн сүлжээ (Wi-Fi) ашиглан хүний дуу хоолойгоор удирдах роботын загварыг хөгжүүлж турших зорилго тавин ажилласан. Роботыг дуу хоолойгоор удирдах нь товчлуур дарах боломжгүй тусгай хэрэгцээт хүмүүст чухал ач холбогдолтой. Ийм роботын олон нийтийн газар хоол, цай, кофе зөөгч, үзэсгэлэн яармагын үеэр танилцуулга тараалгах зэрэг үйлчилгээний газруудад ашиглахад мөн тохиромжтой. Мөн аюул осол ихтэй газар алсаас роботыг удирдан аврах ажиллагаа явуулах, судалгаа шинжилгээний дээж авахуулах, зураг авах, бусад тандан судлах ажлуудад ашиглах боломжтой юм.

Энэ судалгаанд Гүүгл компаний хөгжүүлсэн машин сургалтын аргыг ашигласан дуу хоолой таних функцийг (Android RecognizerIntent Class) ашигласан [2]. Уг загварт одоохондоо Монгол хэл ороогүй учраас Англи хэлийг ашигласан. Роботыг MIT-с хөгжүүлсэн App Inventor блок програмчлалаар програмчилан Андроид аппликэшин хөгжүүлж ухаалаг утсан дээр суулган удирдсан. Гүүглийн хүний дуу хоолой таних функцийг уг аппликэшин дээр дуудаж ажиллуулсан.

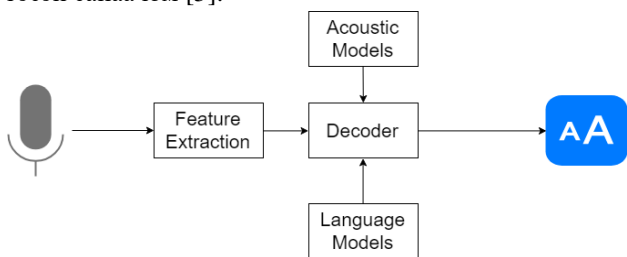
Хөгжүүлсэн робот нь гурван дугуйтай хойд хоёр дугуйн дээрээ мотортой, урд дугуй нь омни буюу дуртай зүгтээ эргэдэг дугуйг ашигласан. Роботын удирдлагаар өөртөө Wi-Fi модуль агуулсан ESP8266 32 битийн микроконтроллер ашигласан. Андроид аппликэшин бүхий ухаалаг утас, ESP8266 микроконтроллер бүхий удирдлагатай робот нь өөрсдийн орчныхоо интернетийн сүлжээнд холбогдож ажиллана. Ухаалаг утсан дээрх аппликэшинээ нээн роботыг удирдах команда хэлэхэд интернетээр дамжин Гүүглийн дуу хоолой таних загвараар боловсруулагдан текст болно. Хөрвүүлсэн текстийг ESP8266 микроконтроллер боловсруулан роботыг удирдах зарчмаар ажиллана. Arduino микроконтроллер Bluetooth утасгүй өгөгдөл дамжуулах модуль ашиглан дуу хоолойгоор машин удирдах ажлыг [3, 4] дээр хийсэн.

## II. ДУУ ХООЛОЙ ТАНИХ ЗАРЧИМ

Хүний дуу хоолойг таних гэдэг нь хиймэл оюун (Artificial intellegent), машин сургалт (Machine learning) болон эх хэлний боловсруулалтын (Natural language processing) технологиуд ашиглан ярьсан яриаг өндөр



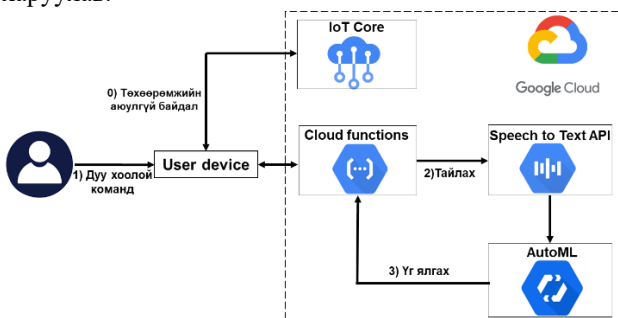
нарийвчлалтай уншигдах текст болгон хувиргана гэсэн санаа юм [5].



Зураг. 1. Хүний дуу хоолойг таних процесс

Хүний хэлсэн дууны дохионоос гадна, дотны шуугиануудыг шүүж онцлог шинжүүдийг ялгана (Feature extraction). Акустик (acoustic) болон хэлний (language) загваруудыг ашиглан хэлсэн үгийг тайлж текст болгох зарчмаар ажиллана.

Гүүгл компаний машин сургалтанд суурилсан хүний дуу хоолойг текст болгох загварыг дараах зурагт харуулав.



Зураг. 2. Гүүглийн хүний дуу хоолой таних загварын диаграм

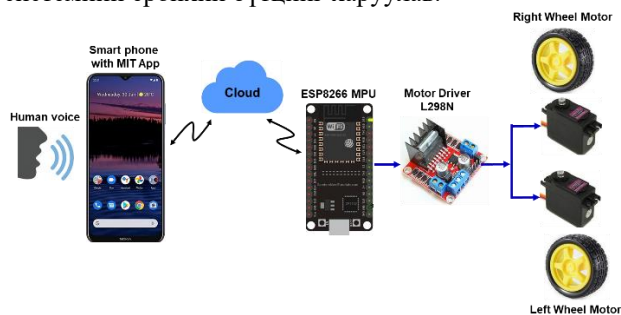
Google IoT Core нь хэрэглэгчийн төхөөрөмжийг найдвартай, аюулгүй ажиллагаагаар хангадаг [6]. Хэрэглэгчийн төхөөрөмж нь Гүүглийн дуу хоолой таних функцийг агуулсан програм бүхий ухаалаг утас, таблет, компьютер байж болно. Cloud functions нь кодыг клауд дээр боловсруулдаг нэг төрлийн програмчлалын хэлний компайлор юм. Speech to Text нь дуу хоолойг текст болгох аппликэшн програм юм. AutoML (Automation machine learning) нь машин сургалтын аргаар текст болгосон үгнүүдийг ялган Cloud functions хэсэгт өгөх гэдрэг холбоотойгоор систем ажиллана.

### III. СИСТЕМЫЙН ДИЗАЙН БА ШИЙДЭЛ

#### A. Системийн бүтэц

Систем нь MIT App Inventor-р хөгжүүлсэн апп бүхий ухаалаг утас, өөртөө Wi-Fi модуль агуулсан ESP8266 микроконтроллер, мотор драйвер (L298N) хоёр тогтмол гүйдлийн (DC) мотор болон дугуйнуудаас бүрдэнэ. Ухаалаг утас болон микроконтроллер нь Wi-Fi модулиараа өөрсдийн орчны интернетийн сүлжээнд холбогдоно. Хүний хэлсэн үгийг аппликэшн програм хүлээн авна, Гүүглийн дуу хоолойг текст болгох функцийг дуудан боловсруулалт хийх текст болгон микроконтроллер руу дамжуулна. Микроконтроллер ирсэн үгийг түлхүүр үгүүдтэй харьцуулан роботын дугуйн эргэлтийг удирдах замаар роботын хөдөлгөнө.

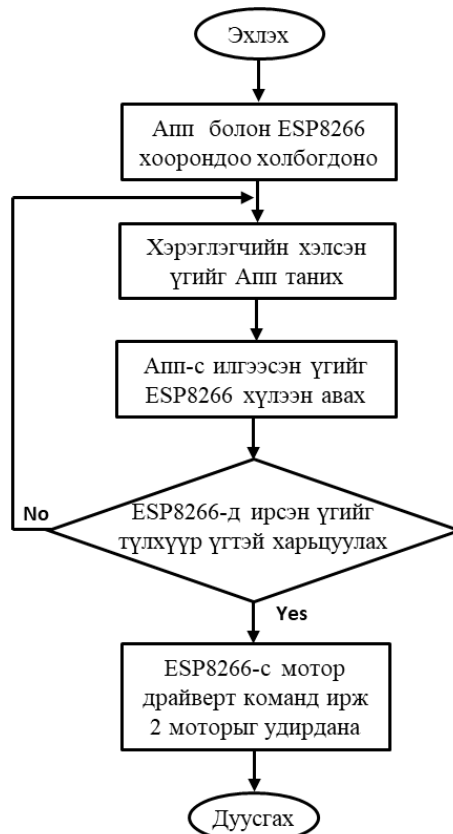
Зураг 3-д дуу хоолойгоор удирдах роботын системийн ерөнхий бүтцийг харуулав.



Зураг. 3. Системийн ерөнхий бүтэц

ESP8266 микроконтроллер болон L298N моторын удирдлагын модулийг нэг GND буюу газарт холбохгүй бол микроконтроллерын гаралтуудтай L298N мотор удирдлага холбогдсон ч моторууд ажиллахгүй. ESP8266-н D7, D8 гаралтын хөлүүд нь L298N модулийн IN1, IN2 оролтын хөлөнд холбогдон OUT1, OUT2 гаралтын хөлнүүдээс RMOTOR буюу баруун моторыг удирдана. Харин D6 хөл нь ENB оролтын хөлөнд холбогдон баруун моторын хурдыг удирдана. ESP8266-н D3, D4 гаралтын хөлүүд нь L298N модулийн IN3, IN4 оролтын хөлөнд холбогдон OUT3, OUT4 гаралтын хөлнүүдээс LMOTOR буюу зүүн моторыг удирдана. Харин D6 хөл нь ENB оролтын хөлөнд холбогдон зүүн моторын хурдыг удирдана.

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

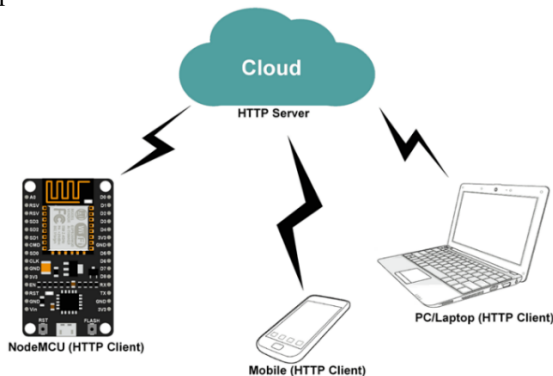


Зураг. 4. Системийн ажиллах алгоритм

**В. ESP8266 микроконтроллер**

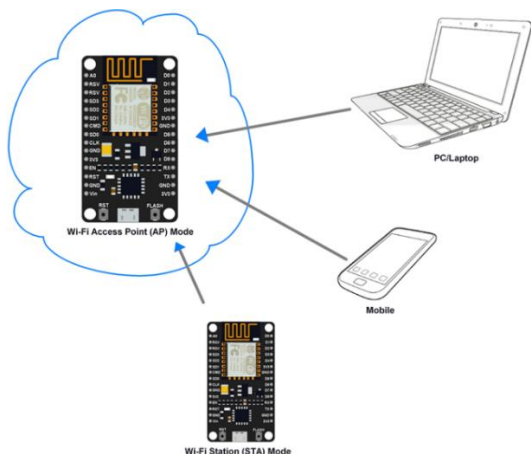
ESP8266 нь өөртөө Wi-Fi модуль агуулсан хос цөмт (dual core) 32 битийн микроконтроллер юм. 240MHz хүртэлх хурд, 512KB RAM, 4MB-16MB flash санах ой, ADC, DAC, I2C, UART, CAN 2.0, SPI, I2C зэрэг интерфэйсүүдийг агуулсан. ESP8266-г Espressif Systems компани 40 нм технологи ашиглан хөгжүүлсэн бага чадлын микроконтроллер (MCU) юм. Мөн Arduino IDE, Espressif IDF (IoT Development Framework), Micropython, JavaScript зэрэг олон програмчлалын орчныг дэмжиж ажилладаг давуу талтай. Уг микроконтроллер нь өөрийн орчны бие даасан утасгүй сүлжээ үүсгэх (Access point-AP mode) болон өөрт ойрхон утасгүй сүлжээнд клиент болж оролцох гэсэн 2 горимд ажилладаг.

Дараах зурагт горим 1-ийг харуулав. ESP8266 микроконтроллер нь өөрт ойрхон утасгүй сүлжээнд клиент болж холбогдоно. Уг судалгааны ажилд горим-1 ашигласан бөгөөд төхөөрөмж орчны сүлжээнээс өөрийн IP хаягийг авна.



Зураг. 5. ESP8266 микроконтроллерын горим-1

Дараах зурагт горим 2-ыг харуулав. Өөрөө AP (Access point) болж бие даасан өөрийн орчны сүлжээг үүсгэдэг.



Зураг. 6. ESP8266 микроконтроллерын горим-2

**С. MIT App Inventor програм**

MIT App Inventor-г анх Google-ээс вэб програмын хөгжүүлэлтэнд зориулж гаргасан бөгөөд одоо MIT (Massachusetts Institute of Technology) хариуцдаг. Компьютерийн програмчлал эхлэн суралцагчдад Android болон iOS гэсэн хоёр үйлдлийн системд

зориулсан хэрэглээний программ хангамж (аппликэши) хөгжүүлэх боломжийг олгодог програм юм. Уг програм нь блок програмчлалын хэл бөгөөд ухаалаг, визуал програмчлалын орчинтой. Дараах зурагт MIT App Inventor програмын интерфэйсийг харуулав.



Зураг. 7. MIT App Inventor програмын интерфэйс

Анх блок програмчлалын хэл нь Google Blockly дээр бүтээгдсэн. App Inventor програмыг StarLogo TNG, Scratch зэрэг хэлнүүдээс санаа авч хөгжүүлсэн. Блок програм нь эвлүүлдэг тоглоомын хэсгүүд шиг хоорондоо холбогдсон өнгөт кодлогдсон блокуудаас бүрддэг [7].

```

when ResizeButton1 .Click
do
  call resizeVideoPlayer
  VideoPlayer: VideoPlayer1
  zoomed: get global vid1_zoomed
  button: ResizeButton1
  set global vid1_zoomed to not get global vid1_zoomed

when ResizeButton2 .Click
do
  call resizeVideoPlayer
  VideoPlayer: VideoPlayer2
  zoomed: get global vid2_zoomed
  button: ResizeButton2
  set global vid2_zoomed to not get global vid2_zoomed

when ResizeButton3 .Click
do
  call resizeVideoPlayer
  VideoPlayer: VideoPlayer3
  zoomed: get global vid3_zoomed
  button: ResizeButton3
  set global vid3_zoomed to not get global vid3_zoomed
    
```

Зураг. 8. MIT App Inventor блок програмчлалын хэсэг

**IV. ТУШИЛТ, ҮР ДҮН**

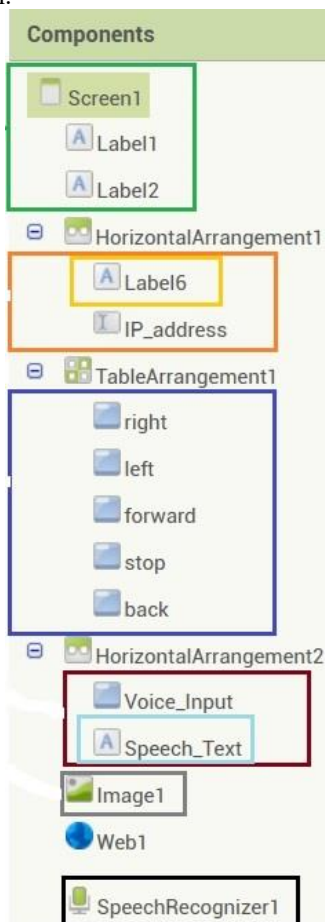
**А. Аппликэшний хөгжүүлэлт**

MIT App inventor програмыг ашиглан Андроид үйлдлийн системд тохирсон роботын удирдах апп-ыг хөгжүүлсэн. Хөгжүүлсэн апп-д хоёр дугуйт роботыг удирдах forward-урагш, back-хойш, right-баруун, left-зүүн болон stop-зогсоох товчлууруудыг оруулсан. Роботыг дуу хоолойноос гадна, гараар удирдах боломжтой юм. Speech-дуу хоолой таних товчлуур, роботын IP хаягийг оруулах хэсэг, лого зураг болон бусад дизайнтай холбоотой хэсгүүдийг нэмж аппликэшний загварыг гаргасан.



Зураг. 10. Роботын удирдах ухаалаг утасны аппликэшин

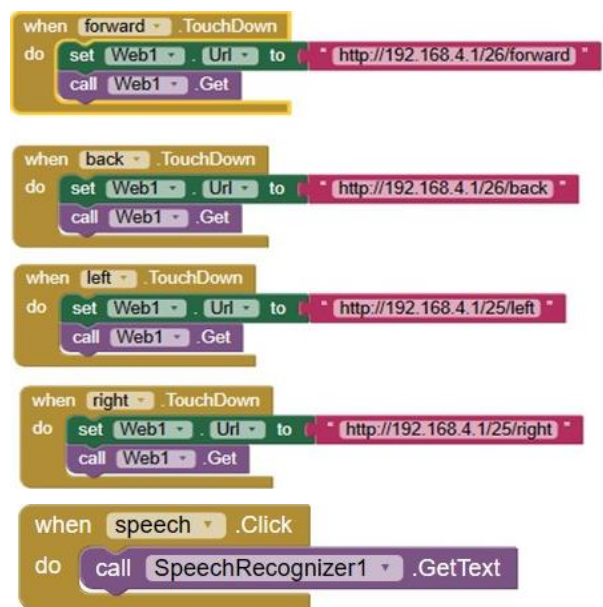
Мөн Web1-сүлжээнд холбох, Гүүгл Андройд SpeechRecognizer1-дуу хоолойг таних функцуудыг тус тус оруулсан.



Зураг. 11. Апп-ын програмын бүрэлдэхүүн хэсэг

Апп-ын дизайн, загварыг гаргахад ашигласан програмын бүрэлдэхүүн хэсгүүдийг дээрх зурагт харуулав. Label1 болон Label2 нь апп-ын дээд хэсэгт байгаа текстийн хэсэг юм. Label 6 болон IP\_address хэсэгт роботын интернетийн сүлжээнд холбогдсон хаягийг оруулна. Tablearrangement1 хэсэгт роботыг баруун, зүүн, урагш, хойш болон зогсохыг удирдах товчлууруудыг хийж өгсөн. Voice input товчлуурыг дарж дуу хоолойгоор командаа өгнө. Speechrecognizer1 функц нь командыг цааш Гүүгл клауд руу холбож боловсруулалт хийн дууг текст болгон ESP8266 роботын удирдлагын микроконтроллёр руу дамжуулна.

Дараах зурагт үндсэн апп-ын блок програмчлалын хэсгийг харууллаа. Апп-ын командын үйлдлүүдыг блок програмчлалаар хийж гүйцэтгэсэн.

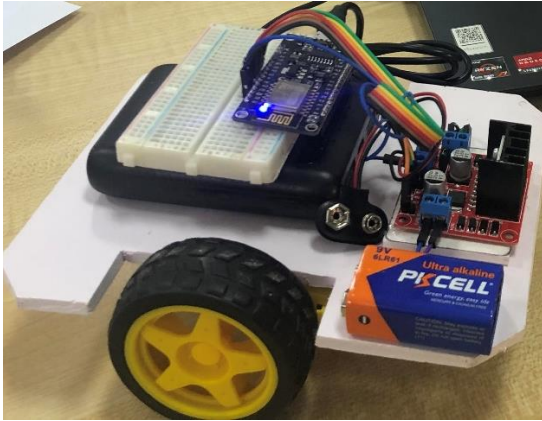


Зураг. 12. Апп-ын загварын блок програмчлалын хэсэг

Жишээ болгон forward-урагш командыг програмыг хэсгийг авч үзье. Эхний шар блок нь forward-урагш гэсэн командыг товч дарагдвал ногоон блок буюу http://192.168.4.1/26/forward гэсэн URL-ийн хүсэлтийг зааж өгнө. Нил ягаан блок нь вэбд хүсэлт гаргана. Бусад командуудын код нь үүнтэй адил зарчмаар ажиллана.

**В. Туршилтын роботын загвар**

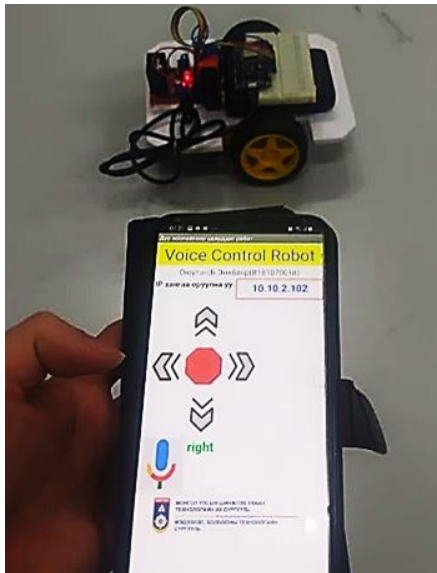
Туршилтын робот нь гурван дугуйтай. Хойд хоёр дугуйг нь L298N удирдлагын модулийг ашиглан DC мотороор удирдана. L298N мотор удирдлагын модуль нь DC болон алхамт моторыг удирдах боломжтой. 9В-ийн батерейгаар моторын удирдлагын модулийг тэжээсэн. Урд дугуй нь моторын удирдлаггүй зөвхөн роботыг чиглүүлэх зориулалттай учир омни буюу дуртай зүгтээ эргэдэг дугуйг ашигласан. Зөвхөн хойд хоёр дугуйг ашиглан роботыг баруун, зүүн, урагшаа болон хойш явуулж удирдана. Wi-Fi модуль агуулсан ESP8266 32 битийн микроконтроллёроор роботын удирдсан. Туршилт роботын загварыг дараах зурагт үзүүлэв.



Зураг. 9. Хоёр дугуйт роботын туршилтын загвар

### С. Туршилтын үр дүн

Ухаалаг утас болон ESP8266 микроконтроллэрын удирдлагатай робот нь Wi-Fi модулиудаараа өөрсдийн орчны утасгүй интернет сүлжээнд холбогдоно. Arduino IDE ESP32-ын програмын компайлорын Serial monitor-с роботын IP хаягийг авч ухаалаг утсан дээрх MIT App inventor програмаар хөгжүүлсэн апп-даа оруулж өгснөөр хоёр төхөөрөмж хоорондоо интернетийн сүлжээгээр холбогдоно. Ингэснээр апп-с дуу хоолойгоор командуудыг өгч роботыг урагш, хойш, баруун, зүүн болон зогсоож удирдах зарчмаар ажиллана.



Зураг. 11. Роботыг ухаалаг утаснаас удирдаж байгаа байдал

Сүлжээний ачааллаас хамаарч хэлсэн командыг боловсруулахад хамгийн ихдээ 1сек орчмын хоцрогдол үүсч байсан. Мөн Монгол хүний Англи хэлний дуудлагаас шалтгаалан командыг танихгүй тохиолдолууд гарсан. Жишээ нь go, back, stop командуудыг 5 хүнээр хэлүүлэхэд 100%-тай танисан. Харин right, left командууд дээр 2 хүний хэлсэнийг нь танихгүй тохиолдол гарсан. Эндээс харахад 5 хүний дунджаар хэлсэн командуудыг 85%-тай таниж байна.

## V. ДҮГНЭЛТ

Судалгааны ажлаар хөдөлгөөний бэрхшээлтэй хүмүүст зориулсан дуу хоолойгоор удирддаг хоёр дугуйт роботын загварыг хөгжүүлж туршсан. MIT-с хөгжүүлсэн дуу хоолойг удирдах Андроид аппликэшнийг App Inventor програмыг ашиглан хөгжүүлж ухаалаг утсан дээрээ суулгасан. Уг апп нь Гүүгл компанийн клауд серверт холбогдон машин сургалтанд суурилсан дуу хоолойн таних функцийг дуудан хэлсэн үгийг текст болгон хөрвүүлж роботын удирдлагын микроконтроллэрт дамжуулна. Ухаалаг утас болон ESP8266 микроконтроллэрын удирдлагатай робот нь Wi-Fi модулиудаараа өөрсдийн орчны утасгүй интернетийн сүлжээнд холбогдсон байна.

Ухаалаг утаснаас интернет холбогдсон дурын газраас алсад байрлалтай роботыг back-хойш, go-урагш, right-баруун, left-зүүн, stop-зогс гэсэн дуу хоолойгоор командууд өгөн удирдах боломжтой нь энэ судалгааны ажлын давуу тал юм. Туршилтанд 5 хүн оролцож 5 командын үгийг робот 85%-тай таниж байна.

Цаашид системийг хөгжүүлж зураг авах, бичлэг хийх, ямар нэгэн зүйлийг хавчиж барих зэрэг функцуудыг роботдоо нэмж эдгээр үйлдлүүдээ дуу хоолойгоор дамжуулан хэлж гүйцэтгүүлэх боломжтой.

Одоогоор уг MIT-с гаргасан аппликэшн нь дэлхийн 50 орчим хэлээр (Англи, Хятад, Орос...) хэлсэн үгийг боловсруулж байна. Системийг цаашид үргэлжлүүлж Монгол инженерүүдийн бүтээсэн Чимэгэ дуу таних системтэй [10] холбож Монгол хэлийг танидаг болгож хөгжүүлэх боломжтой.

## НОМ ЗҮЙ

- [1] [https://www.researchgate.net/figure/Technologies-for-industry-40\\_fig1\\_319944621](https://www.researchgate.net/figure/Technologies-for-industry-40_fig1_319944621)
- [2] <https://cloud.google.com/speech-to-text>
- [3] Kantekar Sampath Kumar, Pinkesh Santhosh Reddy, Manchala Rajiv Vikram Revanth, Dr. Krishna Samalla "Voice Controlled Robot Vehicle Using Arduino" International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology Volume 10, Issue VI, June 2022
- [4] Suwarna Gothane "Development of IoT Enabled Voice Controlled Robot Using Arduino" International Journal of innovative research in Technology, Volume 7, Issue 11, April 2021
- [5] Lawrence Rabiner, Biin-Hwang Juang "Fundamentals of Speech Recognition", Prentice Hall, Signal Processing Series, 1993
- [6] <https://android-developers.googleblog.com/2018/06/android-things-client-library-for.html>
- [7] <http://ai2.appinventor.mit.edu/reference/blocks/>
- [8] Sumeet Sachdeva, Joel Macwana, Chintan Patela, Nishant Doshia "Voice-Controlled Autonomous Vehicle Using IoT" 3<sup>rd</sup> International Workshop on Recent Advances on Internet of Things and Application Approaches, Coimbra Portugal, 04-07 Nov 2019
- [9] Yasir Ali Memon, Imaaduddin Motan, Muhammed Ali Akbar, Sarmad Hameed, Moez Ul Hasan "Speech Recognition System for a Voice Controlled Robot with Real Time Obstacle Detection and Avoidance" International Journal Of Electrical, Electronics And Data Communication, Volume 4, Issue 9, Sep 2016
- [10] <https://reader.chimege.com/home>

# Морзын код үүсгэх тоон төхөөрөмжийн ХӨГЖҮҮЛЭЛТ

Бумандарийн Баясан  
Электроникийн салбар  
ШУТИС, Мэдээлэл Холбооны Технологийн Сургууль  
Улаанбаатар, Монгол Улс  
[baynaa.hd0718@gmail.com](mailto:baynaa.hd0718@gmail.com)

Аюурзанын Одгэрэл  
Электроникийн салбар  
ШУТИС, Мэдээлэл Холбооны Технологийн Сургууль  
Улаанбаатар, Монгол Улс  
[odgerel55@must.edu.mn](mailto:odgerel55@must.edu.mn)

**Хураангуй-** Аюулгүй байдлын тусгайлсан чиг үүрэг бүхий зарим байгууллагын холбооны системд ашиглагддаг морзын телеграф (нэвтрүүлэх, хүлээн авах) нь нууцлал сайтай боловч зайлшгүй хүний оролцоотойгоор явагддаг ба мэдээлээ гар аргаар боловсруулдаг нь хугацааны хоцрогдол үүсгэдэг. Энэ судалгааны ажлаар нэвтрүүлэлт хийх хурдыг ихэсгэж, дамжуулсан мэдээлээ архивлан хадгалсан талаар танилцуулна. Туршилтын үр дүнгээс харахад радиогамыг боловсруулах хурд уламжлалт түлхүүр ашигласантай харьцуулахад минутад 20-30 тэмдэгтээр нэмэгдсэн. Энэхүү төхөөрөмж нь радиотелеграфын уламжлалт шулуун түлхүүрийг микроконтроллёрын тусламжтайгаар тоон болгож, релейгээр орлуулсан нь хурд нэмэгдэж, хугацааны хоцрогдол багассан давуу талтай.

*Түлхүүр үг – Цэргийн холбоо, радиотелеграф, микроконтроллёр, релей, оператор*

## I. УДИРТГАЛ

Хүний хөдөлмөрийг хялбарчилсан, тухайн хүний бие махбод, оюун санааны өөрчлөлтөөс үл хамааран өөрийн үүрэгт ажлаа найдвартай гүйцэтгэдэг техникүүдийг дэлхий дахинд өргөнөөр ашиглаж байна. Энэ үед Монгол улс иргэний инженерчлэлийн болон Батлан хамгаалах салбар зэвсэглэл, техникээ автоматжуулах, технологид суурилан үйл ажиллагаагаа зохион явуулах шаардлагууд гарч ирдэг билээ. Чиг үүргийн дагуух шаардлага, нууцлал, онцлог, найдвартай ажиллагаа болон бусад хүчин зүйлүүдийг хангасан төхөөрөмж зохион бүтээхийг зорьж эхний загваруудыг боловсруулсан. Орчин үеийн техник хэрэгсэлүүд механик, электроник, програм хангамж гэсэн үндсэн 3 хэсгээс бүрддэг ба төхөөрөмжийн бүтэц болон зохион бүтээх үйл явцыг үндсэн дарааллын дагуу судалгаа болон бусад ажлыг хийж гүйцэтгэн туршиж байна.

Морзын код буюу текст тэмдэгтүүдийг цэг, зураас гэсэн хоёр өөр дохионы үргэлжлэх стандарт дараалал болгон кодлох радиотелерафыг Монгол улсын Зэвсэгт Хүчин харилцаа холбооны салбарт ашиглаж байгаа билээ. Иймд цэргийн холбооны мэргэжлийн операторуудын төрөл бүрийн радиостанцуудтай ажиллах ур чадвар, сургалт бэлтгэлжилтийн түвшинг нэмэгдүүлэх, байнга өндөр түвшинд байлгах, холбоочин операторуудын бэлэн байдал, дадлага сургуулилыг дурын нөхцөлд шалгаж үнэлэх, дамжуулж буй мэдээллийг хянах зэрэг шаардлагууд гарч ирдэг. Энэ шаардлагуудад үндэслэн

радиотелеграфын нэвтрүүлэх хэсгийн Морзын код үүсгэгч түлхүүрийг сонгон авч микроконтроллёр ашиглан тоон төхөөрөмж зохион бүтээж туршсан. Компьютерийн гараас оруулсан мэдээллийг микроконтроллёр боловсруулан релейны контакт ашиглан (цэг, зураас) Морзын кодыг үүсгэнэ. Релейны контактыг нэвтрүүлэх радиостанцад холбож Морзын код бүхий мэдээллийг хүлээн авах радиостанц руу дамжуулна. Нэвтрүүлэг хийх хурд, цэг болон зураасыг илэрхийлэх хугацаа, мөн цэг зураас хоорондын болон түүний үргэлжлэх хугацаа харилцан адилгүй байдаг нь туршилтын явцад тогтоогдсон.

Өнөөдрийн байдлаар холбооны станцуудаар нэвтрүүлэг хийх үйл явц нь уламжлалт аргаар буюу дадлагажиж мэргэшсэн операторын механик болон хагас автомат түлхүүрийг сэлгэн залгах, салгах зарчмаар явагддаг. Нэвтрүүлэх үед тухайн операторын ур чадвараас төдийгүй бие оюун санааны байдал зэрэг хүчин зүйлүүдээс шалтгаалан нэвтрүүлж буй тэмдэгтийн болон хоорондын үргэлжлэх хугацаа харилцан адилгүй тогтмол бус байдаг. Радиостанцуудын ажиллах давтамж, цаг агаарын нөхцөл, хот суурин газрын цахилгаан соронзон долгионы нөлөөлөл зэргээс шалтгаалан дээрх тогтмол бус хэмжээтэй нэвтрүүлж буй мэдээлэлтэй ижил давтамж болон амплитудтай шуугиан дамжих магадлал өндөртэй юм. Мөн Морзын цагаан толгойн үсэг болон цифр нь 1-7 ширхэг цэг эсвэл зураас нийлсэн хослолоор илэрхийлэгдэх ба нэг нь нөгөөгөөс хамааралтай байдаг. Дамжуулж буй мэдээллийн ойролцоо цэг эсвэл зураастай ижил үргэлжлэх хугацаатай импульс дамжихад илэрхийлэх мэдээллийн утга алдагдах, өөр утгатай болох зэрэг эрсдэл гарч болзошгүй юм. Эдгээр тохиолдолд мэдээг лавлах, давтан нэвтрүүлж хугацаа алддаг. Ингэснээр тухайн дамжуулж буй мэдээнд дүн шинжилгээ хийх, шийдвэр гаргах хугацаа хоцорч эрсдэлд орох байдлыг багасгах зорилгоор Морзын код үүсгэх тоон төхөөрөмжийг зохион бүтээж хөгжүүлж байна.

Морзын код (Morse code) нь текст мэдээллийг дараалсан асаж унтрах авиа, гэрэл, цахилгаан гүйдэл зэргээр дамжуулах арга юм. Мэдээллийг хүлээж авч байгаа талд мэдээллийг ойлгохын тулд ямар нэг багаж хэрэгсэл хэрэггүй бөгөөд харин туршлагатай байхад л хангалттай. Олон улсын стандартын Морзын код нь Латины цагаан толгойн үсэг болон араб тоог зураг 1-д байгаагаар кодчилсон байдаг [1].

Cyrillic	Latin	Code	Cyrillic	Latin	Code	Cyrillic	Latin	Code
А	A	••	Л	L	••••	Х	H	••••
Б	B	••••	М	M	--	Ц	C	••••
В	W	•••	Н	N	••	Ч	Ö	••••
Г	G	•••	О	O	••••	Ш	SH	••••
Д	D	•••	П	P	••••	Щ	Q	••••
Е	E	•	Р	R	•••	Ь (ь)	X	••••
Ж	V	••••	С	S	•••	Ы (ы)	Y	••••
З	Z	••••	Т	T	-	Э	É	••••
И	I	••	У	U	•••	Ю	Ü	••••
Й	J	••••	Ф	F	•••	Я	Ä	••••
К	K	•••						

Зураг. 1. Морзын цагаан толгой

1836 онд Самуел Ф.Б. Морз, Жозеф Генри мөн Алфред Вайл нар анхны цахилгаан телеграфын системийг зохион бүтээсэн бөгөөд энэ нь цахилгаан гүйдлийг хэмнэлтэйгээр утсаар дамжуулдаг байв. Энэхүү дамжуулж буй өгөгдлийг хүлээн авах тал мөн адил телеграфын системээр хүлээж авах бөгөөд хоёр тал бие биетэйгээр ойлголцох хэрэгтэй болсон байна. Ийнхүү Морз анхны Морз Кодыг бүтээсэн байна. 1844 он гэхэд АНУ-д телеграфын систем ашиглаж эхэлсэн бөгөөд хүлээн авч байгаа талын систем цахилгаан гүйдэл ирэхэд цаасан дээр тэмдэглэгээ хийж харин цахилгаан гүйдэл ирэхгүй байгаа үед цаасан дээр тэмдэглэгээ хийхгүй цаасыг хоосон явуулдаг байв. Морз өөрийн кодоо зохиохдоо анх зөвхөн тоон мэдээлэл явуулахаар төлөвлөж байсан бөгөөд тухайн тоо нь цагаан толгойн нэг үсгийг төлөөлөх ёстой байв. Харин Вайл түүний кодын санааг улам өргөжүүлж үсэг, тусгай тэмдэгтийг нэмж өгсөн байна. Тэрээр Английн цагаан толгойн хамгийн их хэрэглэгддэг үсгүүдийг хамгийн богино кодоор орлуулж хийсэн байна. Ингээд богино хэсгийг нь “dots” буюу цэгүүд урт хэсгийг “dash” буюу зураас гэх болсон бөгөөд тухайн үсэг нь энэ хоёрын дараалал байдлаар кодлогдсон байна [2]. Харин радио холбоо бий болж Морзын кодыг ашиглаж эхлэхэд мэдээлэл хүлээн авч байгаа талын оператор цэгийг “dit” мөн зураасыг “dah” гэх авиагаар сольж хэрэглэх болжээ. Дараа нь “dit” нь үсгийн дунд байвал “di” гэх авиагаар орлуулж хэлэх болсон бөгөөд жишээ “C” үсгийг “dah di dah dit” гэдэг байв. Алфред Вайл Дэлхийн хоёрдугаар дайны үед радио телеграфыг улс орнууд өргөн хэрэглэж байсан бөгөөд шифрлэгдсэн нууц кодоо дамжуулдаг байв. Дайны үед их хэмжээний цэргийн хүч маш хурдан байрлалаа сольж байдаг байсан тул радио телеграфыг их өргөн хэрэглэдэг байв. Хэрэглэгчийн чадвар Морзын кодын хурдыг минутад хэдэн үг (words per minute / wrm) эсвэл минутад хэдэн үсэг (characters per minute / crm) гэж тооцож үздэг байна. Гэсэн хэдий Морз кодоор дамжуулж байгаа адил тооны үсгээс бүрдэх хоёр үгийн урт нь өөр өөр байдаг. Тиймээс ч операторын хурдыг тооцоолохын тулд стандартын үг хэрэглэх хэрэгтэй болдог байна.

Морзын цагаан толгойн тэмдэгтийн нэгж нь нэг цэгийн үргэлжлэх хугацаа юм. Зураасны урт нь гурван цэгтэй тэнцэнэ. Ижил тэмдэгтийн элементүүдийн

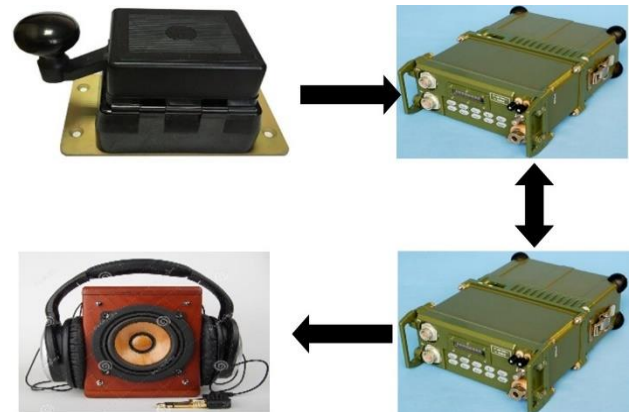
хоорондох завсарлага нь нэг цэг, үгийн тэмдэгтүүдийн хооронд 3 цэг, үсгийн хооронд 7 цэг байна [3].

Тэгвэл радиотелеграфын нэвтрүүлэх төхөөрөмжийг зохион бүтээж түлхүүр хэлбэрээр ашигласанаар дээрх эрсдэлүүдээс сэргийлэх, найдвартай ажиллагааг хангах, мэдээний үнэн зөв байдлыг хадгалан дамжуулах магадлал нэмэгдэх боломжтой юм. Матлаб програм ашиглан Морзын кодыг тайлагчийн (decoder) филтер болон алдааг засах судалгааны ажлыг [4]-д хийсэн. [5]-р ажилд саажилттай хүмүүс хоорондоо Морзын кодоор харилцах судалгааны ажил хийсэн. Нүдний анивчилтыг IR мэдрэгч ашиглан мэдэрч микроконтроллёрор боловсруулан дэлгэцэнд харилцан харуулдаг, мөн текстыг дуу хоолой болгодог сонирхолтой судалгааны ажил болсон. LED гэрлийг ашиглан Морзын код үүсгэн дамжуулж Матлаб ашиглан хэрэглээний програм хөгжүүлж харуулсан магистрыг ажлыг [6] дээр хийсэн.

## II. СИСТЕМИЙН ШИЙДЭЛ

### A. Уламжлалт холбооны систем

Уламжлалт холбооны дамжуулах, хүлээн авах станцуудын бүтэц, ажиллах диаграмыг дараах зурагт харуулав.



Зураг 2. Уламжлалт холбооны дамжуулах ба хүлээн авах станцуудын бүтэц, ажиллагааны зарчим

Морзын кодыг түлхүүрээр үүсгэн нэвтрүүлэх (дамжуулах) радиостанцад утга өгнө. Ирсэн Морзын кодыг хүлээн авах радиостанц хүлээж аван операторт дамжуулна. Оператор кодыг сонсон бичиж, боловсруулан тайлах зарчмаар уламжлалт холбооны систем ажилладаг. Уламжлалт Морзын код үүсгэх механик түлхүүрийн бүтцийг дараах зураг 3-д харуулав.

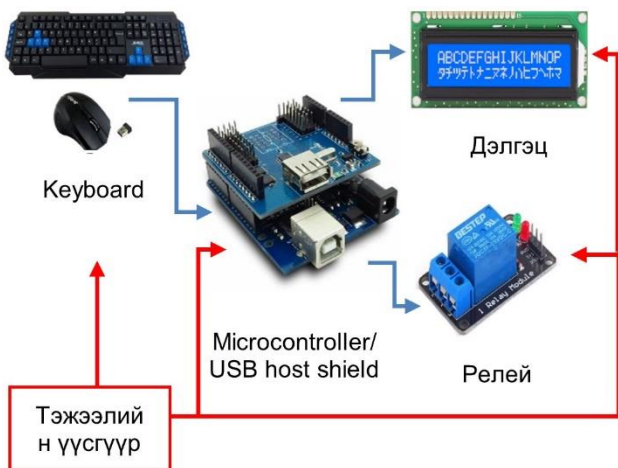


Зураг. 3. Уламжлалт Морзын код үүсгэгч телеграфын механик түлхүүр

**В. Системийн бүтэц**

Дээр өгүүлсэн уламжлалт аргыг хөнгөвчлөн орчин үеийн мэдээллийн технологи, электроникийн шийдлүүдийг ашиглан Морзын код үүсгэх тоон төхөөрөмжийн шийдлийг гаргасан. Хөгжүүлсэн тоон төхөөрөмжийн бүтцийн диаграмыг зураг 4-д харуулав. Морзын код үүсгэх тоон төхөөрөмж нь микроконтроллер, гар, LCD дэлгэц, релей болон тэжээлийн үүсгүүр гэсэн үндсэн бүрэлдэхүүн хэсгүүдтэй. Морзын кодыг уламжлалт түлхүүрээр биш компьютерийн гараас тухайн Морзын кодоор үүсгэх байсан мэдээллийг шууд бичих юм.

Компьютерийн гараас дамжуулах мэдээллийн 35 үсэг, 0-9 тооны цифрүүдийг оруулна. Микроконтроллер нь дамжуулах мэдээллийн үсэг, тоонд харгалзах Морзын кодыг релейний контактаар (цэг, зураас) үүсгэнэ. Контактлах хугацааг тохируулах ба энэ нь хүлээн авч буй операторын ур чадвар тохируулах боломжтой юм. Релейний гаралтын контактыг нэвтрүүлэх станцад холбон Морзын кодоо хүлээн авагч станц руу дамжуулах зарчмаар ажиллана.

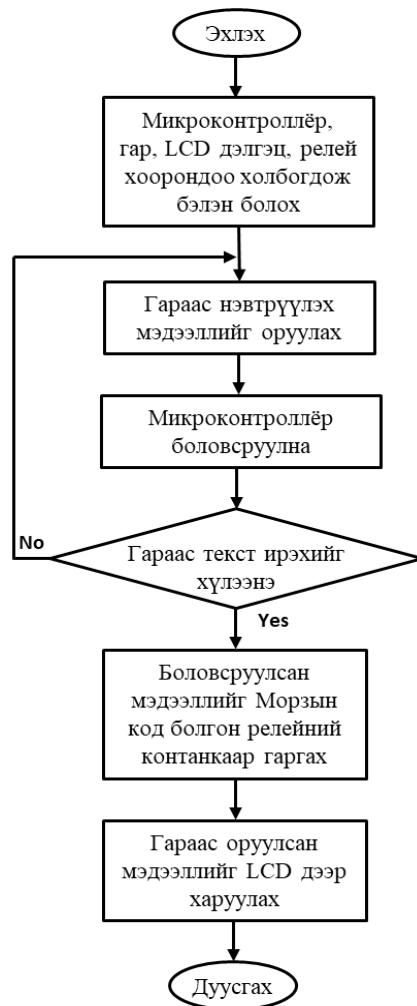


Зураг 4. Морзын код үүсгэх тоон төхөөрөмжийн бүтцийн диаграм

Нэвтрүүлэх тэмдэгтүүдийн мэдээллийг LCD дэлгэцэн дээр харуулж зөв мэдээлэл илгээх эсэхээ давхар хянах ба архивлан хадгалана. Ийнхүү хадгалан авснаар мэдээ орхигдох, тэмдэглэл хөтөлж амжихгүй орхих асуудал шийдэгдэж, тухай операторын ажлын гүйцэтгэлийг давхар хянах, шалгаж үнэлэх боломжууд гарч ирсэн. Зураг 5-д жишээ байдлаар дамжуулсан мэдээллийг хадгалж авсаныг харуулав.

2022 ONII 09 DUGEER SARIIN 19 NII UDUR MEDEE DAMJUULAW  
 NEWTRUULEH TONUURUMJIIG AJILLAGAAND BELTGEW  
 AJILLAH YWTSAD GARSAN ZURCHLGUI HEWIIN AJILLAGAATAI  
 TANI YWUULSAN MEDEEG HULEEN AWSAN  
 HOLBOO TOGTOOJ DUUSLAA

Зураг 5. Морзын код үүсгэх тоон төхөөрөмжийн нэвтрүүлсэн мэдээллийн архив

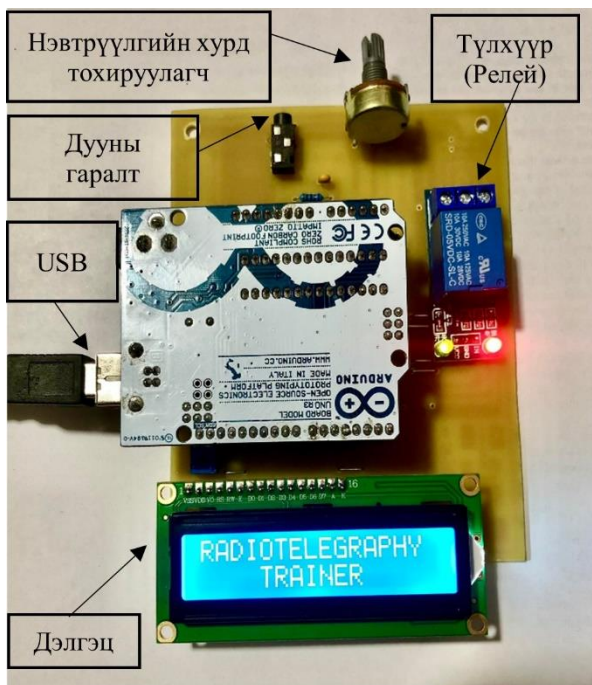


Зураг 6. Морзын код үүсгэх тоон төхөөрөмжийн ажиллах алгоритм

**Ш. ТУРШИЛТ, ҮР ДҮН**

Морзын код үүсгэх тоон төхөөрөмжийн туршилтын загварыг зураг 7-д үзүүлэв. Нэмж аудио дууны гаралт нэмсэн. Энэ нь операторын гараас бичсэн мэдээллийг давхар шалгаж сонсох зориулалттай.

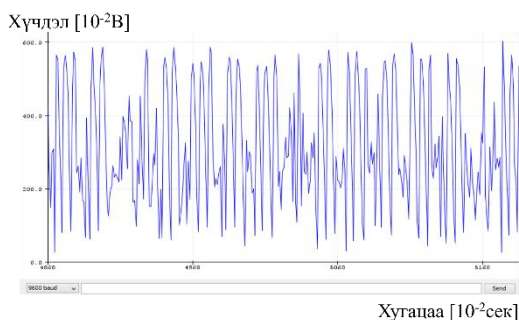
Оператор механик түлхүүр ашиглан нэвтрүүлэг хийх ажиллагаа нь нэг цифр илэрхийлэхийн тулд 5 ширхэг тэмдэгт боловсруулдаг. Морзын код үүсгэх тоон төхөөрөмж нь уг ажиллагааг хөнгөвчлөн компьютерийн гарнаас харгалзах цифрийг дарахад микроконтроллер хүлээн авч, релейг 5 удаа ажиллуулдаг. Релейний контактлах хугацаа нь нэвтрүүлж буй тэмдэгтийн үргэлжлэх хугацаатай тэнцүү бөгөөд хүлээн авагч операторын чадварт тохируулан хурдыг ихэсгэх, багасгах боломжтой. Мөн нэвтрүүлж буй мэдээллийг дэлгэцэнд дүрслэн харуулж өгсөн нь худал буруу мэдээлэл дамжуулах, цэг таслал илүү болон дутуу явуулах буюу мэдээний утгыг ойлгомжгүй болох зэрэг эрсдэлийг багасгасан. Мөн нэвтрүүлгийн хурд тохируулагчийг хувьсах эсэргүүцлээр хийж нэмсэн. Энэ нь релейний контактлах хугацааг тохируулдаг. Релей контактлах хугацаа нь богино байх тусам мэдээ дамжих хугацаа бага байна.



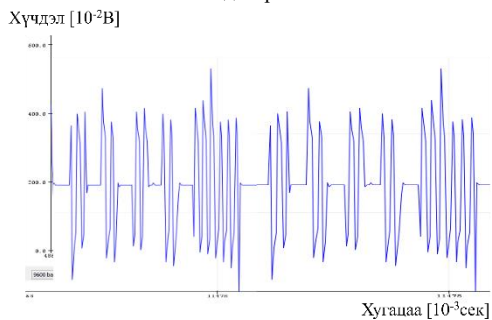
Зураг 7. Морзын код үүсгэх тоон төхөөрөмжийн туршилтын загвар

Шинээр суралцагч болон анхан шатны операторууд өндөр хурдаар хүлээн авч чаддаггүй асуудал үүсдэг. Энэ асуудлыг шийдэхийн тулд хурдыг тохируулдаг. Мэргэжлийн операторуудад өндөр хурдаар, шинэ болон анхлан суралцагчид бага хурдаар нэвтрүүлэх зорилготой.

Мэргэшсэн операторууд зураг 3-д харуулсан механик түлхүүрээр минутанд 120-130-аас илүүгүй тэмдэгт цохиж нэвтрүүлдэг. Үүнийг микроконтроллер ашиглан 150 хүртэлх тэмдэгт нэвтрүүлэх боломжтой болсон.



Зураг 8. Механик түлхүүрээр нэвтрүүлэг хийх үеийн хугацааны диаграм



Зураг 9. Морзын код үүсгэх тоон төхөөрөмжөөр нэвтрүүлэг хийх үеийн хугацааны диаграмм

Зураг 8, 9-д механик түлхүүр болон Морзын код үүсгэх тоон төхөөрөмжөөр нэвтрүүлэг хийж, дууны гаралтын давтамжийг амплитуд болон үргэлжлэх хугацааны хувьд хэмжилт хийхэд амплитудын хувьд ойролцоо боловч цэг болон зураасыг илэрхийлж буй үргэлжлэх хугацааны хувьд харилцан адилгүй байсан.

Хүлээн авагч оператор нь харилцан адилгүй үргэлжилж буй импульсуудийн дууны давтамжийг сонсож боловсруулалт хийх нь морзын код үүсгэх тоон төхөөрөмж ашиглаж тогтмол хэмжээтэй дамжуулж буй үеийнхээс хугацааны хувьд их байв. Дадлагдажсан операторууд түргэн хугацаанд боловсруулалт хийдэг боловч ур чадварын түвшингээс хамаарч хугацааны хувьд хоцрогдол үүсэх магадлал ихсэнэ.



Зураг 10. Морзын код үүсгэх тоон төхөөрөмжийн анхны бодит загвар

Мөн механик түлхүүрээр нэвтрүүлэг хийхэд зөвхөн тухайн оператор ямар мэдээлэл явуулж байгаагаар сонсоод дамжуулдаг. Энэ мэдээг дэвтэрт буулгах аргаар хадгалдаг. Яаралтай үед мэдээг дамжуулахад тэмдэглэл хөтөлж амжихгүй гэх мэт тохиолдол гардаг. Морзын код үүсгэх тоон төхөөрөмж нэвтрүүлэг хийх үед ямар мэдээ дамжуулснаа архивлан хадгалах боломжтой юм. Ингэснээр мэдээ орхигдох, хүлээн авагч тал болон нэвтрүүлэгч хооронд ойлгомжгүй болон мэдээний бүрэн бүтэн байдал зөрчил зэрэг зүйлс сайжрана. Мөн операторуудын ажлын гүйцэтгэлд хяналт тавих, хэзээ хэдийд ямар мэдээ дамжуулсан зэргийг шалгаж үнэлэх боломж гарч ирж байгаа юм.

#### IV. ДҮГНЭЛТ

Телеграфын горимоор ажиллаж буй радиостанцын нэвтрүүлгийг зайлшгүй хүний оролцоотой хийж байгаа нь уламжлагдан ирсэн арга боловч эрсдэлтэй талуудтай. Харилцан ажиллагч салбаруудын хооронд дамжуулж буй мэдээллийг үнэн бодитой, богино хугацаанд нэвтрүүлэг хийх нь чухал бөгөөд уг үйл явцыг микроконтроллер ашиглан тоон төхөөрөмжөөр шийдэж өгсөнөөр гарах эрсдэлүүд багасч, дүн шинжилгээ хийх, шийдвэр гаргах эрх мэдэл бүхий хүмүүст мэдээг цаг алдалгүйгээр яаралтай хүргэх хурд нэмэгдэж байна. Хурд нэмэгдсэнээр өдөр тутмын төдийгүй нууцын зэрэглэлтэй, байлдааны ажиллагаанууд дээрх ажиллагааны чухал хэсгийг гүйцэтгэж буй холбоочны ур чадвар, бэлтгэлжилтийг хангах, сайжруулахад уг судалгааны ажлын үр дүн оршино.



Цаашид судалгааны ажлыг хөгжүүлж хүлээн авах радио станцтай холбогдох төхөөрөмжийг ч мөн адил тоон төхөөрөмж болгон хөгжүүлж, дамжиж ирсэн Морзын мэдээллийг боловсруулан харуулж, хадгалах системийг хийх бодит шаардлага байна.

#### НОМ ЗҮЙ

- [1] <https://porartit.wordpress.com/2015/12/26>
- [2] <http://ruqz.com/azbuka-morze/>
- [3] Н.Хосбаяр “Радио спорт”, ном, 2018
- [4] Shao Xuan and Yong De Zhang “Design of Morse-code Decoder with Filtering and Fault Correction Function Based on MATLAB” International Journal of Signal Processing, Image Processing, and Pattern Recognition, Vol.8, No.10, 2015
- [5] G.Chandrashekar, Mohim Munnai, Sanjairamanan R, Shanoj P “Morse Code to Text Converter for Paralyzed People” International Journal of Advanced Research in Science, Communication and Technology (IJARSCT), Volume 12, Issue 1, December 2021
- [6] Nurazrina Binti Mohammed Faudzi “Morse code security system via visible light communication using Matlab” Degree of Master of Electrical Engineering, University Tun Hussein Onn Malaysia, Aug 2015

## ДУЛААН МЭДРЭГЧ ДРОНЫ ХӨГЖҮҮЛЭЛТ

Г.Ганчимэг<sup>1</sup>, А.Даваасүрэн<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Компьютерын ухаан салбар, Мэдээлэл, Холбооны Технологийн Сургууль, ШУТИС, Монгол улс

<sup>1</sup>ganaa@must.edu.mn, <sup>2</sup>sdavaa862@gmail.com

**Хураангуй**— Сүүлийн хэдэн жилийн хугацаанд дулаан мэдрэгч дроны технологи нь олон янзын үйл ажиллагааны чиглэлд өргөн тархсан. Гал илрүүлэхээс эхлээд эрэн хайх, аврах ажиллагаа, цахилгаан дамжуулах өндөр хүчдэлийн агаарын шугамын шалгалт гэх мэт. Дулаан мэдрэгчээр тоноглогдсон дронууд өндөр дээвэр, томоохон үйлдвэрийн газар зэрэг хүнд хэцүү орчинд халуун, хүйтэн цэгүүдийг илрүүлж, температурын мэдээллийг цуглуулдаг. Энэхүү өгүүлэлд өөрсдийн нөөц бололцоог ашиглан MLX90640 дулаан мэдрэгч камерыг Raspberry PI микропроцессор ашиглан программчилж, туршилтыг хийж, анхны загварын 3D моделиг боловсруулан хөгжүүлсэн болон цаашид хэрхэн хэрэглэх боломжийн талаар өгүүлнэ.

**Түлхүүр үг**— Дрон, дулаан, камер, хараа, хүчдэл, дүрс

### I. УДИРТГАЛ

Дулааны дүрслэл гэдэг нь тухайн объектын температурыг ашиглан зураг үүсгэх үйл явц юм [1]. Дулаан мэдрэгч камер нь хэт улаан туяаны янз бүрийн түвшний гэрэл таньж авах замаар температур илрүүлдэг. Энэ гэрэл нь энгийн нүдэнд үл үзэгдэх боловч эрчим нь хангалттай өндөр байвал дулаан мэт мэдрэгддэг. Бүх объектууд хэт улаан туяаны цацрагийг ялгаруулдаг бөгөөд энэ нь дулаан дамжуулах аргуудын нэг юм. Хэрэв та мах шарахдаа халуун нүүрс дээр гараа барьвал тэдгээр нүүрс нь хэт улаан туяаны цацраг ялгаруулж, дулаан таны гарт хүрдэг.



Зураг 1. Нарны хавтанг мэдэрч буй байдал [2]



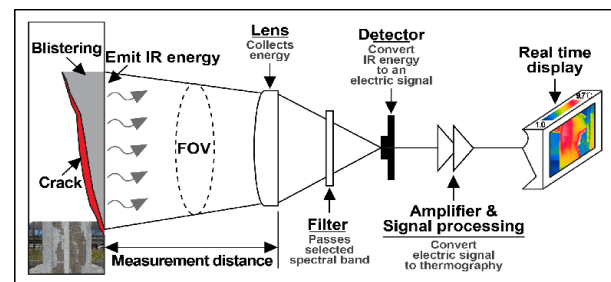
Зураг 2. Нарны хавтан дулаан ялгаруулж буй байдал [2]

### II. ДУЛААНЫ ДҮРСЛЭЛ БА ШӨНИЙН ХАРАА

Шөнийн хараа болон дулааны камерын гол ялгаа нь тэдний харж чадах зүйл юм. Шөнийн харааны камер нь ердийн камертай адил бөгөөд хоёулаа юмсыг туссан гэрлээр хардаг, харин шөнийн харааны камерт маш бага гэрэл шаардагддаг. Дулааны

дүрсний камер нь ойсон гэрлийг хардаггүй, харин дулааны энергийг хардаг. Ийм учраас дулааны дүрсний камерыг харахад гэрэл шаардлагагүй тул гэрэл муутай байх нь асуудал биш юм. Дулааны дүрслэлийн камер нь дулааны ялгааг илрүүлэх чадвартай тул өндөр тодосгогчтой зураг гаргадаг. Шөнийн камертай харьцуулахад дулааны камер нь бүрэн харанхуй, цаг агаарын хүнд нөхцөлд ашиглах боломжтой тул илүү үр дүнтэй байдаг [3].

**Дулааны камертай дроны ашигтай байдал:** Дулааны камертай дроноор авсан өндөр чанартай зургуудыг ашиглан бүхэл бүтэн сүлжээний зураглалыг гаргах эсвэл барилгын бүрэн тоймыг авах, дээврийн гэмтэл, эрчим хүчний алдагдлыг шалгахад тодорхой нарийн дүрслэл болгон харуулна. 3 дугаар зурагт дулааны камерын ажиллах зарчмыг үзүүлсэн.



Зураг 3. Дулааны камерын ажиллах зарчим [4]

Дулааны дүрслэлийн камер нь объектуудаас ялгарах хэт улаан туяаны цацрагийг илрүүлж, мэдээллийг дүрс болгон хувиргах замаар ажилладаг. Үүнд:

- Хэт улаан туяаны илрүүлэлт
- Цахилгаан дохио болгон хувиргах
- Зургийн боловсруулалт
- Дэлгэцэнд дүрс болгон харуулах

**Нарны хавтан болон өндөр хүчдэлийн шугамын үзлэг:** Дулааны дрон нь хэт халалт болон гэмтэлтэй хэсгүүдийг тодорхойлж, цахилгааны холболтыг хянах чадвартай бөгөөд нарны хавтан,

трансформатор, дамжуулах шугам зэрэг цахилгаан байгууламжийн дэд бүтцийг шалгах судалгаанд илүү үр дүнтэй. Дулааны дрон нь богино хугацаанд ажиллаж, аюултай нөхцөл байдалд ажиллах хянагч болон инженерүүдийн эрсдлийг бууруулж, тухайн цахилгаан байгууламжийн гэмтлийг оновчтой илрүүлнэ.

Нарны зайг шалгах нь дрон болон дулаан мэдрэгч камер ашиглахаас ихээхэн хамааралтай болох нь батлагдсан. Энэхүү дрон нь нарны зайн хавтангийн томоохон талбайг харьцангуй богино хугацаанд шалгах боломжтой [5].

**Ш. Дулаан мэдрэгч дроны хөгжүүлэлт**

Дроны хэрэглээ дүрс, зураг авахаас гадна газар тариалан, уул уурхай, хил хамгаалах, онцгой байдал, харуул хамгаалалт, үйлдвэрлэлийн салбарт өргөнөөр хэрэглэгдэж байна [6]. 1 дүгээр хүснэгтэд олон улсад нийтлэг ашиглагддаг дронуудын үнийг үзүүлсэн.

*Хүснэгт 1. Олон улсад өргөн хэрэглэгддэг дроны үнэ [7]*

д/д	Дроны нэр	Үнэ₮
1	Autel EVO II Dual 640T Enterprise	17,491,227
2	DJI Mavic 3T	19,071,794₮
3	DJI Matrice 300RTK	48,128,100₮

Бид дулаан мэдрэгч камер ашиглан өндөр хүчдэлийн гэмтлийг илрүүлэгч дроны хөгжүүлэлтийг хийх судалгааны явцдаа өндөр хүчдэлийн шугам болон трансформатортой ажиллахад ямар бэрхшээл гарахыг мэргэжлийн холбогдох инженерүүдтэй уулзаж, ярилцаж, зөвлөгөө авч судалгаануудыг хийсэн ба дараах эрсдлүүд үүсдэгийг олж мэдсэн. Үүнд:

- Өндөр хүчдэлийн шугам болон трансформатороос хол зайнд нислэг үйлдэхгүй бол энгийн төрлийн чипүүд болон элементүүд нь соронзон интерференцэд орон цуглуулж буй өгөгдөлд өөрчлөлт орох, дроны болон камерын удирдлага дахин ачааллах, даамжирвал дрон ажиллагаагүй болох эрсдэлтэй.
- Соронзон интерференцийн хамгаалалттай төрлийн чипүүд нь ихэвчлэн цэргийн болон тусгай зориулалттай үйлдвэрлэгддэг тул олдоц ховор, үнэ өртөгийн хувьд өндөр байдаг.
- Дрон нь өдөр шөнийн аль ч үед үүрэг гүйцэтгэх боломжтой боловч салхины хурд 11м/с их хурдтай үед нислэг үйлдэх боломжгүй юм.

*Хүснэгт 2. Дрон хийх эдийн засгийн тооцоо*

д/д	Эд анги	Тоо ширхэг	Нэг бүрийн үнэ ₮	Нийт үнэ ₮	Тээврийн зардал ₮
1	их бие	1	592900	592900	8990
2	мотор	6	15500	62000	9500
3	сэнс	6	22300	66900	5300
4	speed controller	1	245,920	245,920	4500
5	lipo battery	1	170,000	170000	6400

6	controller (pixhawk4)	1	1,352,600	1,352,600	6360
7	удирдлага (FrSky Taranis X9 Lite ACCESS 2.4G 24CH Radio Transmitter)	1	450000	450000	4500
8	raspberry pi zero with thermal vision camera	1	400000	400000	9600
9	RunCam Link Phoenix HD Kit	1	546000	546000	9800
10	Skyzone SKY04L V2 Lite LCOS 5.8GHz 48CH FPV Goggles	1	1294650	1294650	7800
11	<b>Нийт</b>			<b>5,284,720₮</b>	

2 дугаар хүснэгтэд эхний ээлжинд боловсруулах дроны эд ангийн өртгийн тооцоог гаргаж үзүүлсэн.



*Зураг 4. Хөгжүүлэх дроны загварын 3D зураг*

Дулаан мэдрэгч камер ашиглан өндөр хүчдэлийн гэмтлийг илрүүлэгч дроны хөгжүүлэлтийг хийхийн тулд доорх зорилтуудыг тавьж ажилласан. Үүнд:

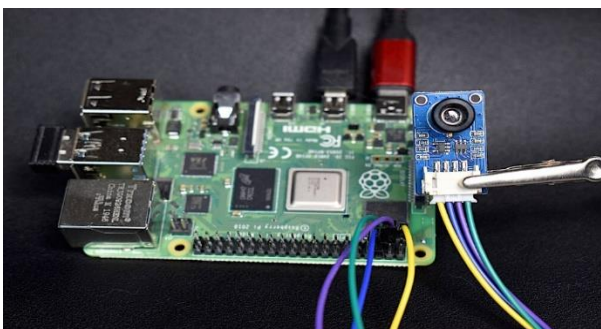
- Дроныг GPS ашиглан автомат нислэг үйлдүүлэх.
- Дулаан мэдрэгч камерыг сурган температурын мэдээллийг хадгалах болон дамжуулах.
- Гэмтсэн хэсгүүдэд шалгалтыг үйлдэх үйл явцыг хүнийг ойртуулахгүйн тулд удирдах зайн ажиллах хугацааг уртасгах.
- Дулаан мэдрэгч камерт тэнцвэржүүлэгч болон микро удирдлага хийх, **нислэгийн цагийг урт болгохын** тулд батареийг илүү том болгоход даац чухал байсан учир **6 сэнстэй загварын** шийдэлд хүрсэн.
- Бодит биетийн хэмжээс: X:850мм, Y:850мм, Z:350мм Жин (нийт) – 1.4кг



Зураг 5. Хөгжүүлж буй дроны харагдах байдал

IV. Туршилтын үр дүн

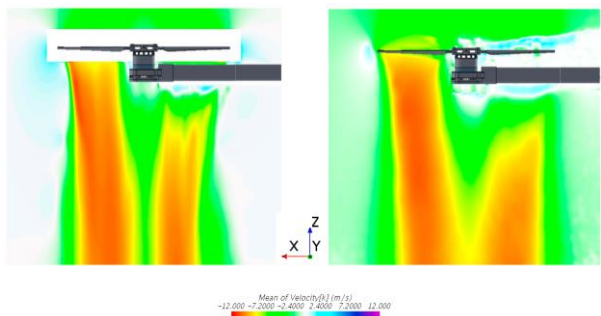
MLX90640 дулаан мэдрэгч камерыг Raspberry PI микропроцессор ашиглан программчилж туршилтыг үйлдсэн. Энэхүү камер нь  $-40^{\circ}\text{C} - 80^{\circ}\text{C}$  градусд ажиллах чадвартай. Мөн мэдрэх объект  $-40^{\circ}\text{C} - 300^{\circ}\text{C}$  градустай үед алдаагүй мэдрэнэ. Камер нь 1 секундэд 32 зураг авч байна.



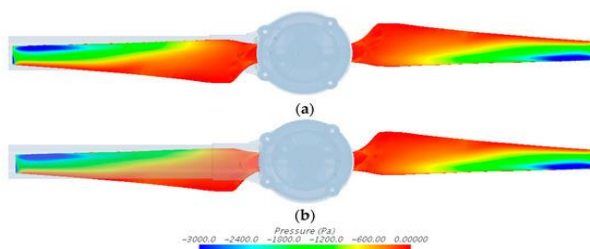
Зураг 6. Raspberry PI болон дулааны камерыг холбосон байдал



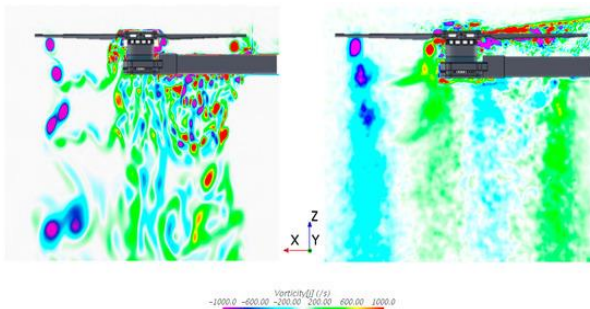
Зураг 7. Температурын ялгаатай байгаа байдлыг дулаан мэдрэгч камераар харж, турисан байдал



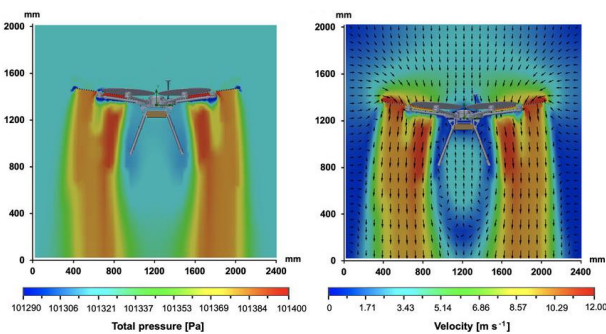
Зураг 8. Сэнсний үүсгэж буй салхины хурд



Зураг 9. Сэнсэнд үүсэх даралтын нөлөөлөл



Зураг 10. Сэнснээс гарах салхины урсгал



Зураг 11. Сэнснээс үүсэх агаарын даралт болон салхины хурд

Туршилтын үеийн болон симуляцийн үр дүнг 5-10 дугаар зургуудад үзүүлсэн.

Хүснэгт 3. Техникийн үзүүлэлтүүд

Үйлдлүүд	Үзүүлэлт
Салхинд гэсвэртэй байдал	10м/с
Нислэг үйлдэх хугацаа	30минут
Даац	1000гр
хурд	40км/ц
Автомат нислэгийн горим	GPS
Удирдах хүрээ	TBS CROSSFIRE NANO TX өсгөгчтэй үед (40км)
Дулаан мэдрэгч камерын хүрээ	5км

3 дугаар хүснэгтэд бидний боловсруулж буй дроны техникийн үзүүлэлтүүдийг үзүүлсэн.

V. Хөгжүүлж буй дроны бусад хэрэглээ

Бид дроныг хөгжүүлэхдээ 2 байдлаар хослуулж ажлуулж болохоор загварчилж байгаа бөгөөд хортон шавьж устгах боломжтой 1 литр шингэнийг мананцар үүсгэж шүрших байдлаар доор нь нэмэлт хайрцаг байрлуулж виртуал туршилтыг хийсэн. 12 дугаар зурагт хөгжүүлж буй дроны 2 дахь хувилбарыг үзүүлсэн.



Зураг 12. Хөгжүүлж буй дроны 2 дахь хувилбар

Учир нь манай орны мөнх ногоон шилмүүст модны ой нүцгэрч, хожгор жодгор болж байна [7].



Зураг 13. Хортон шавьжинд идэгдсэн ойн зураг [8]

Жодоо, нарс, хуш, хар модыг тайрч байдаг хүнээс гадна модыг асар том талбайд устгаж байдаг хортон шавьж байдаг. Тэднээс хамгийн аюултай нь Сибирийн хүр эрвээхэй юм. Үе үе үй олноор үржээд энд тэндгүй навсайсан том бараан саарал дэнгийн хэмээх эрвээхэйнүүд бүрхдэг (40-80мм). Тэр эрвээхэйнүүд өөрсдөө мацаг бариад уухгүй, идэхгүй, амгүй ч голомглоод олширвол хэдэн зуун өндөг модны оройгоор тарааж орхидог [7-9]. Хоёр гурван 7 хоногийн дараа авгалдай буюу хүрэнцэрүүд гарч ирнэ. Эхний зун, намарт шилмүүсний үзүүр идэж аваад, хөвдний дор унтаад өвөлжинө. Хавар цас хайлахаар сэрээд дээш мод руу авирч шилмүүс, молцог, заримдаа боргоцойг иднэ. Хоёроос гурван жилд 50-70мм болтлоо хэд хэдэн удаа гуужаад зүсээ солиод, 6-8 үе насладаг [9]. Тэгээд хүүхэлдэй болж өвөлжөөд дахиад эрвээхэй гарч ирнэ, үржилт зогсолтгүй явагддаг. Цаг агаар хэвийн байх үед ноцтой хөнөөл бага, нэг модонд ганц хоёроос илүүгүй боловч уур амьсгалын өөрчлөлт эрчимжсэн гантай хуурай зуны улиралд үй олноор үрждэг. Шилмүүст ойг залуу ургацтай нь хамт устгадаг учраас тэр хавийн ой сэргэхэд хамгийн багадаа 30-40 жил болдог ба тэр хооронд ойн хөрс, ургамал буцашгүй доройтож нүцгэн уул болох магадлал өндөр байдаг [10]. Иймд хавар устгал хийж байхгүй бол ой модыг устгах аюултай юм. Манай орны нөхцөлд эдгээр шавьж хортоныг устгах үйл ажиллагаа явуулж, доороос нь утдаг технологийг

ашигладаг ч хорноос зугтсан хортон шавьж модны оройн хэсэгт очиж байрладаг. Иймд бид модны оройн хэсгээс шингэн хорыг мананцар үүсгэж шүрших боломжийг эрэлхийлж дрондоо нэмэлт хорны сав байршуулсан. Энэ нь хэдийн техник технологийн хувьд онгоцыг гүйцэхгүй ч ой хамгаалагчдад бага ч гэсэн техникийн зөв шийдлээр хортон шавьжийг устгахад туслана гэж үзэж байна.

### ДҮГНЭЛТ

Өндөр хүчдэлийн шугам болон нарны цэнэг хураагч хавтан, өндөр байрны дээвэр зэрэгт гэмтсэн, богино холболт үүссэн, материалын чанар муудсанаас гэмтэх магадлалтай хэсгүүдэд шалгалтыг үйлдэх үйл явцыг хүнийг ойртуулахгүйгээр шалгалт хийх инженер, мэргэжилтнүүдийг гарч болох болзошгүй эрсдлээс холдуулах гол зорилготойгоор энэхүү дроныг хөгжүүлж байна. Одоо туршиж буй дрон нь өндөр хүчдэлийн шугамтай хэт ойртвол соронзон интерференцэд орох эрсдэлтэй. Энэ асуудлыг шийдэхийн тулд удирдах зайг өсгөгч ашиглан илүү холдуулж мөн давхар GPS ашиглан автомат нислэг үйлдэх боломжтой болгож сайжруулсан. Соронзон интерференцийг сарниулагч хийж дроны удирдлага, мэдрэгч хэсгүүдийг хамгаалж, өгөгдлийг ямар ч үед алдаагүй авах, олон улсын энэ төрлийн дронууд байдаг ч өндөр өртгөөр хийгддэг тул хямд өртгөөр хийхийг зорьж байна. Мөн бид энэ дроныг хөдөө аж ахуйд хослуулан ашиглаж болохоор судалгаануудыг хийж байгаа болно.

### НОМ ЗҮЙ

- [1] What is thermal imaging, <https://www.pyrosales.com.au/blog/thermal-imaging/what-is-thermal-imaging-and-how-important-is-it-in-temperature-measurement/>
- [2] <https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fflir.custhelp.com%2Fci%2Fattach%2Fget%2F119551%2F0%2Ffilename%2FSolarPanel-PV-Inspection-Radiometry.pdf&psig=AOvVaw0DJy14jafGRMUjQdEqwBY&ust=1679098916408000&source=images&cd=efe&ved=0CA4QjhXqFwoTCIjQ5YfZ4f0CFQAAAAAdAAAAABAI>
- [3] Thermal imaging camera and night vision, <https://pulsar-nv.com/useful-information/thermal-vs-night-vision/>
- [4] [https://www.researchgate.net/figure/Schematic-diagram-of-infrared-thermography-camera\\_fig1\\_264185886](https://www.researchgate.net/figure/Schematic-diagram-of-infrared-thermography-camera_fig1_264185886)
- [5] Utilities inspection, <https://www.dslrpros.com/thermal-drones.html>
- [6] <http://www.zaluu.mn/p/36204.html>
- [7] <https://drone-works.com/drones/enterprise-drones/dji-matrice-300-rtk-m300/>
- [8] <https://www.facebook.com/people/%D0%94%D0%B0%D1%88%D0%B1%D0%B0%D1%82%D1%8B%D0%BD-%D0%A5%D0%B0%D1%82%D0%B0%D0%BD%D0%B1%D0%B0%D0%B0%D1%82%D0%B0%D1%80/100063756511652/>
- [9] [https://mn.wikipedia.org/wiki/%D0%A8%D0%B0%D0%B2%D0%B6%D0%BD%D0%B8%D0%B9\\_%D0%B1%D0%B0%D0%B9%D0%B3%D0%B0%D0%BB%D1%8C\\_%D0%B4%D0%B0%D1%85%D1%8C\\_%D0%B0%D0%B6\\_%D0%B0%D1%85%D1%83%D0%B9%D0%BD\\_%D1%85%D0%BE%D1%80\\_%D1%85%D3%A9%D0%BD%D3%A9%D3%A9%D0%BB](https://mn.wikipedia.org/wiki/%D0%A8%D0%B0%D0%B2%D0%B6%D0%BD%D0%B8%D0%B9_%D0%B1%D0%B0%D0%B9%D0%B3%D0%B0%D0%BB%D1%8C_%D0%B4%D0%B0%D1%85%D1%8C_%D0%B0%D0%B6_%D0%B0%D1%85%D1%83%D0%B9%D0%BD_%D1%85%D0%BE%D1%80_%D1%85%D3%A9%D0%BD%D3%A9%D3%A9%D0%BB)
- [10] <http://eagle.mn/r/45138>

# MS-SQL БОЛОН NO-SQL ӨГӨГДЛИЙН САНГУУДЫН БҮТЭЦЛЭГДЭЭГҮЙ ӨГӨГДЛИЙГ АШИГЛАХ ХАРЬЦУУЛСАН СУДАЛГАА

С.Жаргалсүрэн<sup>1</sup>, Г.Ганчимэг<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Компьютерын ухаан салбар, Мэдээлэл, Холбооны Технологийн Сургууль, ШУТИС, Монгол улс

<sup>1</sup>s.jargalsuren@gmail.com, <sup>2</sup>ganaa@must.edu.mn

**Хураангуй**—Бид секунд тутамд их хэмжээгээр үүсч байгаа асар их өгөгдөл дунд амьдарч байна. Эдгээр өгөгдлийг хадгалах, боловсруулах, үр ашигтай байдлаар зохион байгуулж ашиглах нь чухал юм. Өгөгдлийн хэмжээ ихсэх хэрээр бүтэцлэгдээгүй өгөгдөл ихсэж эдгээрийг зөвхөн уламжлалт RDBMS аргаар зохицуулах боломжгүй болдог. Тиймээс Not Only SQL (No-SQL) өгөгдлийн сангууд түгээмэл болж, өгөгдлийн сангийн менежментэд чухал үүрэг гүйцэтгэж байна. Энэхүү судалгааны ажилд document форматтай бүтэцлэгдээгүй өгөгдлийг Microsoft SQL Server (MS-SQL) болон MongoDB өгөгдлийн сан руу хөрвүүлэх харьцуулсан судалгааны талаар өгүүлнэ.

**Түлхүүр үг**—NoSQL, MongoDB, MSSQL, өгөгдлийн сан, дата

## I. УДИРТГАЛ

Одоо үед програмууд нь олон сая хэрэглэгчдийг нэгэн зэрэг ашиглагдаж болохуйц, асар их хэмжээний өгөгдлийг боловсруулах хүчин чадалтай байх ёстой болж байна. Relational өгөгдлийн сангууд нь их хэмжээний өгөгдөлтэй ажиллахад хязгаарлагдмал байдаг бөгөөд үүнээс үүдэн No-SQL (Not Only SQL) [1] ашиглах хэрэгцээ гарч ирсэн. Relational өгөгдлийн сангууд өгөгдөл үүсэхээс өмнө бүх схем, хүснэгт, өгөгдлийн төрлүүдийг хатуу зааж өгдөг бол non-relational өгөгдлийн сангийн хувьд схемүүдийг хатуу зааж өгөх шаардлага, бүтэцлэгдээгүй өгөгдлүүдийг (documents, multimedia, e-mails, social media) энгийн байдлаар хадгалах боломжтой байдаг. Бүтэцлэгдээгүй өгөгдлүүд нь ихэвчлэн JSON, XML хэлбэртэй байдаг. Энэхүү судалгааны ажилд relational болон No-SQL өгөгдлийн сангуудын давуу болон сул талуудыг харьцуулж, туршилтын үр дүнг үзүүлнэ.

## II. СУДАЛГААНЫ ХЭСЭГ

### A. Өгөгдлийн сангийн хөгжил

Компьютер дээр цахим хэлбэрээр хадгалагддаг зохион байгуулалттай бүлэг өгөгдлийн цуглуулгыг өгөгдлийн сан гэнэ. Өгөгдлийг санг ихэвчлэн өгөгдлийн сангийн удирдах систем (DBMS) удирддаг ба шаардлагатай үед компьютерээс өгөгдлийг цэгцлэх, хадгалах, унших боломжийг олгодог.

Өгөгдлийн сан нь 1960-аад оны эхэн үеэс бий болсон цагаасаа хойш асар их хувьсан өөрчлөгдөж ирсэн. Шаталсан өгөгдлийн сан (*mod шиг загварт тулгуурласан бөгөөд зөвхөн one-to-many холболтыг зөвшөөрдөг*), сүлжээний өгөгдлийн сан (*бүх төрлийн холболтыг зөвшөөрдөг, илүү уян хатан байсан*) зэрэг өгөгдлийн сангууд нь мэдээллийг хадгалах болон удирдахад ашигладаг анхны системүүд байсан. Хэдийгээр энгийн боловч эдгээр системүүд уян хатан биш байв. 1980 оны үед relational өгөгдлийн сан түгээмэл болж, дараа нь 1990 оны үед объект хандалтад мэдээллийн сангууд гарч ирэв. Дараагаар нь No-SQL өгөгдлийн сан нь интернетийн өсөлт, илүү хурдацтай, бүтэцлэгдээгүй өгөгдлийг

боловсруулах хэрэгцээ шаардлагад нийцэн гарч ирсэн. Өнөөдөр cloud болон self-driving өгөгдлийн сан нь өгөгдлийг хэрхэн цуглуулах, хадгалах, удирдах, ашиглах талаар шинэ эхлэлийг тавьж байна.

### B. Relational өгөгдлийн сан

Relational өгөгдлийн сан нь өгөгдлийг мөр болон багануудаас бүтсэн хүснэгтэд хадгалдаг. Энэ төрлийн өгөгдлийн сан нь өөр өөр хүснэгтүүдийг тухайн хүснэгтэд байх анхдагч түлхүүрээр (*primary key*) нь дамжуулах холбодог. Анхдагч түлхүүр гэдэг нь тухайн хүснэгтэд байх давтагдашгүй утгууд бүхий нэг болон олон багануудыг хэлнэ. Нэг хүснэгтийн анхдагч түлхүүр нь өөр хүснэгтийн “*гадаад түлхүүр (foreign key)*” болж болдог бөгөөд анхдагч болон гадаад түлхүүрүүдээр холболтуудыг үүсгэж явдаг. Relational өгөгдлийн сан RDMS (*relational database management system*) болон OLAP (*Online analytical processing*) [6] гэж ангилдаг.

Relational өгөгдлийн сангууд нь Structured Query Language (SQL) ашигладаг ба өгөгдөл дээр янз бүрийн үйлдлүүдийг хийхэд ашигладаг стандартчилсан программчлалын хэл юм. E.F.Codd 1970 онд relational моделийг санал болгож, Сан Хосегийн IBM судалгааны лабораторийн Д.Д.Чемберлин болон бусад хүмүүс одоо SQL хэлийг боловсруулсан [4]. Өдгөө SQL нь зөвхөн өгөгдлийн сангийн администраторууд төдийгүй өгөгдлийн инженерүүд, өгөгдлийн шинжээчид, аппликэйшн хөгжүүлэгчид аналитик болон төрөл бүрийн үйлдлүүдийг хийхэд тогтмол ашиглаж байна [3]. SQL-ийг ашигладаг өгөгдлийн сангийн олон систем байдаг бөгөөд тэдгээрээс хамгийн өргөн ашиглагддаг өгөгдлийн сангуудын нэг нь MS-SQL юм. MS-SQL зэрэг relational өгөгдлийн сангийн системүүд нь ашиглахад хялбар, шинээр өгөгдлийн сан үүсгэхэд хялбар байдаг тул өдийг хүртэл энэ төрлийн өгөгдлийн сангууд ашиглалтаараа тэргүүлсээр байна.

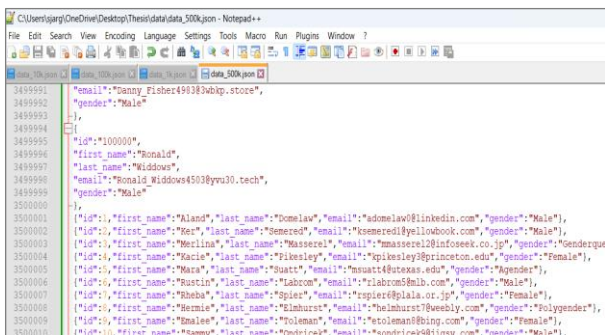
C. Non-relational өгөгдлийн сан

Non-relational өгөгдлийн сан (No-SQL) нь хүснэгт, мөр, анхдагч түлхүүргүйгээр өгөгдлийг хадгалдаг. Өөрөөр хэлбэл, non-relational нь өгөгдлийг хүснэгтийн бус хэлбэрээр хадгалдаг. Энэ нь уян хатан байдлыг нэмэгдүүлж, хадгалагдаж буй өгөгдлийн төрлийн тодорхой шаардлагыг хангахад тусалдаг. Жишээ нь, үйлчлүүлэгчийн мэдээлэл өөр өөр төрлийн мэдээллүүд байх боломжтой бөгөөд нэг форматтай мэдээллүүд биш байж болох юм. Төрөл бүрийн мэдээллийг боловсруулах, зохион байгуулах боломж non-relational өгөгдлийн сангуудыг relational өгөгдлийн сангаас илүү уян хатан болгодог. Document өгөгдлийн сангууд, column-oriented өгөгдлийн сангууд, key-value stores, graph өгөгдлийн сангууд гэсэн үндсэн 4 төрөл байдаг. Хамгийн түгээмэл ашиглагддаг өгөгдлийн сангуудын нэг бол MongoDB юм [2]. Document (документ) өгөгдлийн сан нь non-relational өгөгдлийн сангийн нэг төрөл бөгөөд тогтмол мөр, баганад өгөгдлийг хадгалахын оронд уян хатан документүүдээс бүрдэнэ. Document нь өгөгдлийг талбар-утга хослолоор хадгалдаг. Утга нь мөр, тоо, огноо, массив, объект зэрэг олон төрлийн бүтэцтэй байж болно. Document нь JSON, BSON, XML гэх мэт форматаар хадгалах боломжтой.

III. Туршилтын хэсэг

Туршилтыг өгөгдлийн сангийн CRUD (create, read, update, delete) үйлдлүүдийг туршсан. MongoDB v6.0.5, Microsoft SQL Server 15.0.2000.5 (X64) өгөгдлийн сангуудыг Windows үйлдлийн систем дээр локал орчинд туршив. Үйлдлийн системийн архитектур нь Window 11 Pro үйлдлийн системтэй, процессорын хурд нь 11th Gen Intel(R) Core(TM) i7-1165G7 @ 2.80GHz 1.69 GHz, шуурхай санах ой 16.0 GB-тай компьютерыг ашигласан.

CRUD үйлдлүүдийг хийх кодыг программчлалын Python хэлийг ашиглан бичсэн. Баазуудад тус бүр 300 мянган мөр өгөгдлийг урьдчилан бичиж бэлтгэсэн. JSON өгөгдлийг санамсаргүй өгөгдөл үүсгэгч [5] вэб сайтыг ашиглаж үүсгэсэн.



Зураг 1. JSON үйлдэл

MS-SQL өгөгдлийн сан руу insert үйлдлийг хийхдээ 2 төрлөөр туршсан. Python хэлний дата анализ хийхэд ашигладаг Pandas санг JSON өгөгдлийг уншиж, хүснэгт болгон хувиргаж өгөгдлийн сан руу бичив.

```
import sys
st = time.time()
f = open('JSON_data')
with open('C:/Users/sgary/OneDrive/Desktop/Thesis/data/data_300k.json') as f:
    data = json.load(f)
df = pd.DataFrame(data)

conn = pyodbc.connect('Driver={SQL Server}; Server=160A-HOMEPC; Database=mongodb_vs_sql; Trusted_Connection=yes;')
cursor = conn.cursor()
cursor.execute('INSERT INTO dbo.json_to_sql (id, first_name, last_name, email, gender) values(?, ?, ?, ?, ?)')
for index, row in df.iterrows():
    cursor.execute('INSERT INTO dbo.json_to_sql (id, first_name, last_name, email, gender) values(?, ?, ?, ?, ?)')
    row_id, row.first_name, row.last_name, row.email, row.gender
conn.commit()
cursor.close()
st = time.time()
elapsed_time = st - st
print('Execution time: ', elapsed_time, 'seconds')
```

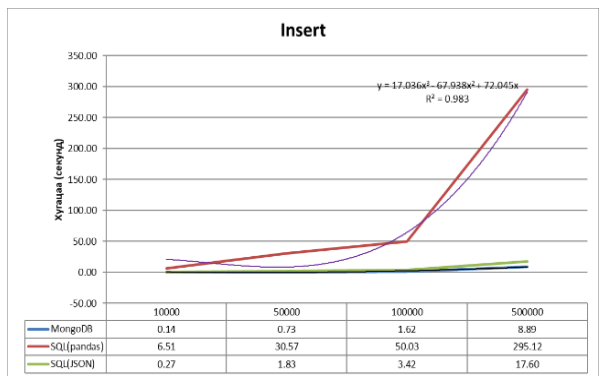
Зураг 2. Pandas санг ашигласан insert үйлдэл

Дараа нь MS-SQL өгөгдлийн сангийн OPEN\_JSON функцийг ашиглаж Insert хийх үйлдлийг хийсэн.

```
import sys
st = time.time()
conn = pyodbc.connect('Driver={SQL Server}; Server=160A-HOMEPC; Database=mongodb_vs_sql; Trusted_Connection=yes;')
cursor = conn.cursor()
cursor.execute('INSERT INTO [mongodb_vs_sql].[dbo].[json_to_sql]')
"SELECT json_data.*"
"FROM OPENROWSET (BULK 'C:/Users/sgary/OneDrive/Desktop/Thesis/data/data_300k.json', SINGLE_CLOB) as T"
"WITH APPLY OPENJSON(BulkColumn)"
"WITH (id nvarchar(100), first_name nvarchar(100), last_name nvarchar(100),"
"card_number nvarchar(50), job_title nvarchar(100), job_skill nvarchar(100),"
"gender nvarchar(10), email nvarchar(100)) AS json_data")
conn.commit()
cursor.close()
st = time.time()
elapsed_time = st - st
print('Execution time: ', elapsed_time, 'seconds')
```

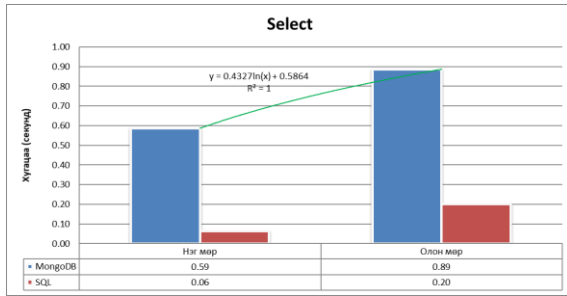
Зураг 3. MS-SQL өгөгдлийн сангий OPEN\_JSON функцийг ашигласан insert үйлдэл

Insert үйлдлийн харьцуулсан судалгааг 4 дүгээр зурагт үзүүлсэн. Insert үйлдлийн хувьд мөрийн тоо нэмэгдэх тусам гүйцэтгэлийн хугацаа ихсэж хоорондоо шууд хамааралтай байна. Харин insert хийх хурдны хувьд MongoDB харьцангуй хурдан байгаа нь туршилтын үр дүнгээс харагдаж байна.

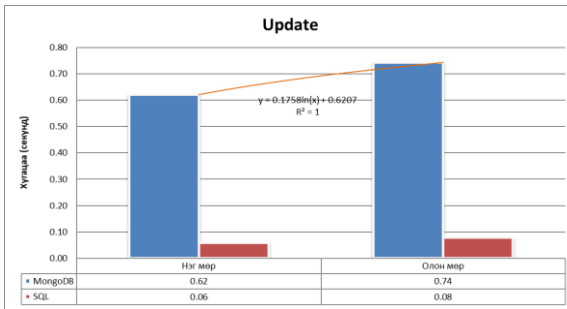


Зураг 4. Insert үйлдлийн хурдыг харьцуулсан туршилтын үр дүн

Select, update, delete үйлдлүүдийг нэг мөрний хувьд болон олон (1000< олон) мөрний хувьд тус тус харьцуулж туршив. MS-SQL өгөгдлийн сан нь MongoDB сангай харьцуулахад хурдан, харин хоёр өгөгдлийн сангуудын хувьд нэг болон олон мөрний хувьд select үйлдэл хийх хугацаа MS-SQL дээр илүү хурдан байгаа нь туршилтын үр дүнг үзүүлсэн 4 дүгээр зурагт харагдаж байна. Түүнчлэн update, delete үйлдлүүдийн хувьд нэг ба олон мөрний ялгаа бараг гардаггүй ба MS-SQL дээр илүү хурдан гэдэг нь 6 ба 7 дугаар туршилтын үр дүнг үзүүлсэн зургуудаас харагдаж байна.



Зураг 5. Select үйлдлийн хурдыг харьцуулсан үр дүн



Зураг 6. Update үйлдлийн хурдыг харьцуулсан үр дүн



Зураг 7. Delete үйлдлийн хурдыг харьцуулсан үр дүн

### ДҮГНЭЛТ

Туршилтын үр дүнг insert үйлдлийн хувьд хоёр өгөгдлийн сангийн хувьд insert хийх мөрийн тоо нэмэгдэх тусам гүйцэтгэлийн хугацаа ихсэж байна. Харин insert хийх хурдны хувьд MongoDB харьцангуй хурдан байна.

MS-SQL өгөгдлийн сан руу insert хийхдээ 2 төрлөөр туршсан. Pandas дата анализын санг ашиглаж хийсэн үйлдэл хугацааны хувьд удаан ажиллаж байгааг харж болно. Гэхдээ хөгжүүлэгчийн зүгээс ашиглахад хялбар, JSON хэлбэрээс уншсан өгөгдлийн шууд хүснэгт хэлбэр рүү шилжүүлдэг. Тиймээс мөрийн тоо цөөн өгөгдлийг өгөгдлийн сан руу бичихэд хугацааны хувьд зарцуулалт бага байна.

Select, update, delete үйлдлүүдийг нэг мөрний хувьд болон олон (1000 < олон) мөрний хувьд тус тус

харьцуулж туршив. MS-SQL өгөгдлийн сан нь MongoDB сантай харьцуулахад хурдан, харин хоёр өгөгдлийн сангуудын хувьд нэг болон олон мөрний хувьд үйлдэл хийх хугацаа 1 секундээс бага хугацаанд хурдан ажиллаж байна.

Туршилтын үед select, update, delete үйлдлүүд маш бага хугацаанд (< 1 секунд) ажиллаж байсан учир 2 өгөгдлийн сан дээр index үүсгэж туршилт хийгдээгүй.

Үр дүнгээс харахад их хэмжээний өгөгдөлтэй ажиллах бол MongoDB тохиромжтой бол relational өгөгдлийн сангийн хувьд хязгаарлагдмал хэмжээний бүтэцтэй өгөгдөлтэй ажиллахад тохиромжтой байна.

Мөн MongoDB нь урьдчилан схем, хүснэгтийг бэлтгэх шаардлагагүй байдаг нь хөгжүүлэгчдэд ашиглахад хялбар байдаг боловч MongoDB сангийн документуудын бүтэц өөр өөр байж болох боломжтой учир өгөгдлийн анализ хийж байгаа үед мэдээллийн орхигдол үүсч болно. MS-SQL сангийн хувьд схем, хүснэгтийг урьдчилан тодорхойлж өгөх шаардлагатай байдаг нь систем хөгжүүлэгчдийн зүгээс нэмэлт үйлдлүүд хэрэгтэй байдаг боловч, өгөгдлийн бүрэн бүтэн байдал, өгөгдлүүдийг нормалчилж цэгцтэй байлгадаг давуу талтай.

### НОМ ЗҮЙ

- [1] N. Jatana, S. Puri, M. Ahuja, I. Kathuria, D. Gosain, "A survey and comparison of relational and non-relational databases", International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT) ISSN: 2278- 0181, Vol 1, Issue 6, August 2012, pp. 1-5.
- [2] <https://www.statista.com/statistics/809750/worldwide-popularity-ranking-database-management-systems/#main-content>
- [3] Han, J., Song, M. and Song, J. (2011) "A Novel Solution of Distributed Memory NoSQL Database for Cloud Computing", Proceedings of the 2011 10th IEEE/ACIS International Conference on Computer and Information Science, Sanya, 16-18 May 2011, 351-355.
- [4] Comelia Györödi, Alexandra Ștefan, Robert Györödi, Livia Bandici, "A Comparative Study of Databases with Different Methods of Internal Data Management", (IJACSA) International Journal of Advanced Computer Science and Applications, Vol. 7, No. 4, 2016
- [5] <https://www.onlinedatagenerator.com/manage/usertables/create/>
- [6] A Shoshani, "OLAP and statistical databases: Similarities and differences", SIGART symposium on Principles of database, 1997
- [7] Burton Grad, "Relational Database Management Systems: The Formative Years [Guest editor's introduction]", IEEE Annals of the History of Computing, Vol 34, No. 4, 2012



# 360° зураг, видеоний хэрэглээ ба виртуал аялал

Б.Батшагай

Мэдээлэл, холбооны технологийн сургууль

[batshagai@must.edu.mn](mailto:batshagai@must.edu.mn)

**Хураангуй** - Мэдээллийн технологи хөгжихийн хэрээр түүний хэрэглээ цар хүрээгээ тэлж технологийн ололт амжилтууд бидний хэрэглээн нэвтэрч байна. Мөн түүнчлэн социал медиа, маркетинг, болон виртуал интертаймент чиглэлээр олон хэрэглээ технологиуд нэвтэрч байна. Үүний нэг нь 360 градус бүхий зураг видео ашиглан виртуал аялал болон виртуал маркетингийг ихээр хийж болжээ. Мөн 360 технологийг ашиглан VR орчин үүсгэх VR контент хөгжүүлэх зэрэг мөн VR технологид мөн ашиглаж байна.

Бөөнөөр үйлдвэрлэл нь өртгийг бууруулан хэрэглээг нэмэгдүүлж Insta360, GoPro, Ricoh, Kandao, Samsung Gear зэрэг олон төрлийн 360 камерууд худалдаанд гарсан мөн виртуал бодит байдал (VR-Virtual Reality) орох төхөөрөмж headset дээр суурилуулсан (HMD) дэлгэц бүхий VR төхөөрөмжийг ашиглах боломжтой болсноор виртуал бодит байдлын технологийг сонирхох нь нэмэгдэж Oculus Rift, HTC Vive, Samsung VR Gear, Microsoft HoloLens, Sony-ийн PlayStation VR зэрэг олон төрлийн төхөөрөмж хийгдэж орчин үед TV, компьютерын дэлгэцийг харж тоглох биш та өөрөө дотор нь орон бодит орчныг мэдрэн тоглох боломж хүн бүрийн өмнө нээгдлээ. Энэ нь виртуал орчныг илүү бодитой хийх аялах боломжийг олгож байна.

Виртуал бодит байдал VR нь программ хангамжийн тусламжтай бүтээгдсэн, хиймэл бодит орчин байдаг бол үүнд 360 зураг, видео ашигласнаар тэр хиймэл орчин илүү бодитой харагдуулах юм.

Өнөөдөр дэлхий нийт төдийгүй манай улсын хувьд виртуал орчин үүсгэх, судлах, сургалт судалгаа үзвэр үйлчилгээ маркетинг сурталчилгаанд ашиглаж байна. Иймд энэ өгүүлэлд виртуал орчны тухай, түүний техник, технологи, программ хангамж, виртуал орчин хялбар үүсгэх болон виртуал орчинд 3D модель ашиглах зэрэг өөрсдийн судалсан туршлагын талаар өгүүлнэ.

**Түлхүүр үг:** (keywords). Мэдээллийн технологи, Виртуал бодит байдал, виртуал орчин, 360 зураг видео, виртуал аялал

## УДИРТГАЛ

Олон төрлийн шинжлэх ухаан тэр тусмаа компьютерын шинжлэх ухаан эрчимтэй хөгжин хүмүүний амьдралын бүхий л салбарт гүн бат нэвтэрсээр байна. Мэдээллийн технологийн хөгжил нь байгалийн, инженерийн, технологийн, хөдөө аж ахуй, анагаах ухаан, эрүүл мэнд, нийгмийн, хүмүүнлэг, боловсролын зэрэг шинжлэх ухааны бүхий л салбарын үйл ажиллагаанд мэдлэг, технологи, инновац хэлбэрээр нэвтэрч тэдгээрийн хөгжил, зах зээл, бизнес эдийн засгийн процессын хурдацуур болсоор байна. Үүний томоохон илрэл бол аливаа зүйлийг загварчлах, хийсвэрлэн төсөөлж түүнийгээ мэдээллийн технологи ашиглан илэрхийлэх, тооцоолох явдал юм. Өнөөдөр инженерийн боловсролд ч мэдээлэл, технологийн

шинэ ололтуудыг өргөнөөр ашиглаж байна. Виртуал буюу хийсвэр сэтгэлгээ, хэрэглээ нь хэдхэн жилийн өмнө тэр болгон дурын салбарт ашиглах боломжгүй байсан. Хэрэглэгчид болоод технологи үүнд бэлэн биш байлаа. Мэдээллийн технологийн хөгжил, хөдөлгөөнт холбоо, ухаалаг смарт технологи тусламжтайгаар хүмүүсийн хийсвэр сэтгэлгээ эрчимтэйгээр хөгжиж цоо шинэж шатанд гараад байна. Энэхүү угтвар таатай байдал дээр компьютерын техникийн өндөр хөгжил нь виртуал хэлбэрээр аялах, хөгжих, IT тоглоом, кино үзвэр үзэх, суралцах мөн өөрийн хүссэн дүрдээ хувирах, огт хийж үзээгүй зүйлээ виртуалаар хийх, орон зайд ашиглах, өөрийн очиж үзээгүй, үзэхийг хүссэн газар, араатан амьтан харах, цахим худалдаа болон маркетинг хийх зэрэг нь цоо шинэ мэдрэмжийг танд олгох хязгааргүй олон интертаймен боломжийг бидэнд авчирсан.

## ҮНДСЭН ХЭСЭГ

Бид өнөөдөрийн VR, болон виртуал орчинд хэрхэн хүрсэн бэ?

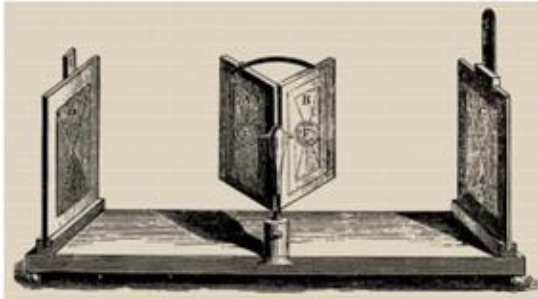
Бидний мэдэх VR, виртуал орчны түүх харьцангуй залуу боловч хэдэн арван мянган жилийн турш бидний дунд хийсвэр бодит байдал байсаар ирсэн гэж боддог. Бидний өвөг дээдэс агуйн ханад төсөөлөн зураг зурж байсан нь магадгүй тухайн төсөөлөл нь өнөөгийн VR болон виртуал орчны хэлбэр порарама зураг шиг байсан боловч уу магадгүй энэ үеэс түүх нь эхлэхийг үгүйсгэхгүй юм. Эрт дээр үед бидний өвөг дээдэс ханыг харж, түүхийн нэг хэсэг болох 3D ертөнцийг төсөөлөхөд сургаж байсан боловч уу ер нь агуйн болон хадны зураг өнөөгийн порарама зураг шиг үргэжилсэн өгүүлэмжтэй байдаг.



Зураг 1. Бхимбетка хадны 30,000 жилийн настай зураг (Энэтхэгийн Археологийн судалгааны төв)

Виртуал бодит байдал гэсэн ойлголт 1992 оноос яригдсан боловч төдийлөн хөгжиж чадаагүй учир нь энэ технологи хэт их үнэ өртөгтэй бас төвөгтэй байсан юм. Анх энэ санаа тэртээ 1838 онд Чарльз Вийстоуны судалгаагаар хүний нүд харж байгаа

объектыг хоёр өөр хэмжээтэйгээ хардаг бөгөөд үүнийг тархи боловсруулж нэг объект болгодог болохыг нээжээ. Түүний бүтээсэн стереоскопоор дамжуулан хоёр талт стерео зураг буюу энгийн зургийг харахад хүн гүн гүнзгий сэтгэгдэл болоод зурган даа автагдах мэдрэмжийг төрүүлдэг байсан байна.



Зураг 2. 1838 онд Чарльз Уитстоны бүтээсэн анхны стереоскоп

1860-аад оны үед 360 градусаар дүрсэлсэн Панорамик ханын зурган урлаг үүссэнээр виртуал бодит байдал үндэслэгдсэн. 1970 онд хиймэл бодит байдал (artificial reality) гэсэн шинэ нэр томъёог гаргаж ирсэн[1].

Гэхдээ хүн төлөхтөнд анхны өөр очинг мэдрүүлсэн бүтээл бол 1902 онд үзэгчид “Сар руу хийсэн аялал”-аас илүү их мэдрэмж авч байсан бол[1] 2013 оноос эхлэн цахим виртуал орчин нь илүү дэвшилтэт хэлбэрт гарч 2014 оноос виртуал реалити буюу хийсвэр бодит байдлыг үүсгэх төхөөрөмж хөгжүүлдэг Oculus VR болон Samsung, google, facebook зэрэг олон томоохон мэдээлэл технологийн компаниуд эрчимтэйгээр хөгжүүлж эхэлж байна.

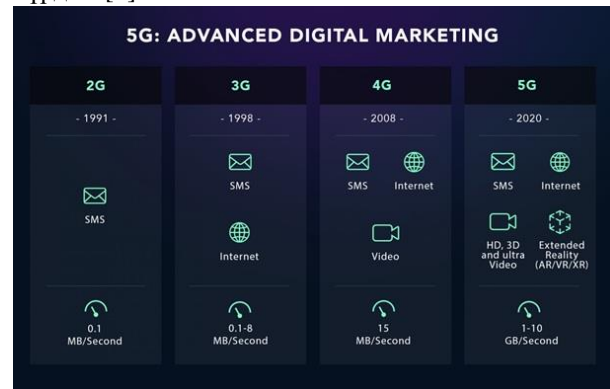
Харин өнөө үед Oculus Rift, Samsung Gear, OSVR зэрэг VR төхөөрөмжүүд сенсор ашиглан илүү хялбар бодит орчинг бүрдүүлсэн. Тэр дундаа Oculus Rift, Samsung Gear, HTC VIVE, OSVR зэрэг VR сенсор төхөөрөмжүүд нь хүний хэрэглээнд түргэн нэвтрэх боломжтой[2].

Facebook Oculus Rift, Samsung Gear VR, Microsoft Hololens, HTC Vive, Sony Playstation VR, Google Cardboard зэрэг Wirks төрлийн VR төхөөрөмжүүд зах зээд дээр ашиглагдаж байна. Мөн Facebook 360 videos, Youtube 360 videos-ийг үзэх бүрэн биеллээ олж байгаа виртуал хэлбэрүүд буюу VR, AR, MR, XR технологи нь энтертаймент салбарын шинэ талбар болоод байна. Энтертаймент байдлыг боловсрол, бизнес маркетинг болон бусад шинжлэх ухааны салбарт өргөнөөр ашиглаж эхлээд байгаа ба асар их боломжийг агуулж буй салбар.

IDC Research-ийн 2026 оны таамаглалаас харахад VR ба AR-д оруулсан хөрөнгө оруулалт ирэх жилүүдэд 35 тэрбум, 2022 он гэхэд 15,5 тэрбум еврод хүрнэ гэсэн байдаг. Иймээс томоохон компаниудын төлөвлөгөө маркетинг виртуал интертаймент стратеги байх төлөвтэй байна.[3]

Мөн 5G-д шилжсэнээр дамжуулах хурд өсхөд дэлхийн зах зээлд маркетерууд илүү их мэдээлэл

боловсруулж, 360, 4K видео зэрэг өндөр нарийвчлалтай зар сурталчилгаа явуулах боломж бүрдсэн[4].



Зураг 3. Дэвшилтэт дижитал маркетинг

### VR БОЛОН ВИРТУАЛ ОРЧИНЫ 3 ТӨРӨЛ

Виртуал бодит байдал гэдэг нь бүрэн дижитал, компьютероор бүтээгдсэн, гурван хэмжээст дижитал орчин юм. Хэрэглэгчдэд дэлгэж үзэх боломжийг олгодог уламжлалт хэрэглэгчийн интерфэйсээс ялгаатай нь VR нь хэрэглэгчид туршлага дээр тулгуурлан бодит ертөнцийг дуураах эсвэл огт өөр 3D ертөнцөд автах, түүнтэй харьцах боломжийг олгодог. Хараа, сонсгол, хүрэх гэх мэт мэдрэхүйн мэдрэмжийг аль болох дуурайлган хийснээр дижитал орон зай юм. 3D виртуал орчин нь бодит зураглалыг бүрэн гаргах нь дутмаг байдаг учраас сүүлийн жилүүдэд бодит 360 зураг, видео ашиглах хандлаг ажиллагдаж байгаа ба мөн MR, XR технологиуд нь мөн бодит ертөнцтэй боломжийг олгож өгч байна.

Өнөө үед VR болон виртуал орчинг 3 үндсэн ангиллыг ашигладаг[5]:

- Иммерсив бус
- Хагас иммерсив
- Бүрэн иммерсив

### Иммерсив гэж юу вэ?

Иммерсив (англи хэлнээс - "иммерсив симуляци") нь уламжлалт байдлаар ялгардаг компьютер тоглоомын төрөл бөгөөд түүний онцлог нь дамжуулагчийн дамжуулах явцад олон сонголтыг өгөх явдал юм. Immersive нь тоглогчдод олон янзын үйлдлүүдийг хийх чадвартай, зохиомол ертөнцийг санал болгодог. Нөгөө талаас иммерсив гэдгийг тухайн зүйлдээ автах гэж ойлгож болно. Өөрөөр хэлбэл тухайн виртуал орчин хэдий бодит, олон элементтэй байна түүнд хэрэглэгч автах үзэгдэл гэж ойлгоно.

Иммерсив гэдэг нэр нь ихэвчлэн Уоррен Спекторын нэртэй холбогддог бөгөөд түүний оролцоотойгоор боловсруулсан System Shock, Thief: The Dark Project, Deus Ex тоглоомуудтай холбоотой байдаг.

Иммерсив гэсэн ойлголтыг тоглогчдын виртуал ертөнцтэй харилцах харилцаанд компьютер

тоглоомуудын дизайны онцгой хандлага гэж тодорхойлж болох талтай.

### Иммерсив бус виртуал бодит байдал

Иммерсив бус виртуал бодит байдал нь ихэнхдээ өдөр тутмын амьдралд түгээмэл хэрэглэгддэг. Энэхүү технологи нь компьютерээс бий болгосон орчинг бүрдүүлж өгдөг боловч хэрэглэгчид өөрсдийн бие махбодийн орчноо мэддэг хяналтандаа байлгах боломжийг олгодог. Иммерсив бус виртуал бодит системүүд нь гар, хулгана, хянагч гэх мэт компьютер эсвэл видео тоглоомын консол, дэлгэцийн болон оролтын төхөөрөмж дээр тулгуурладаг.

### Хагас иммерсив виртуал бодит байдал

Хагас иммерсив виртуал бодит байдал нь хэрэглэгчдэд хэсэгчлэн виртуал орчныг бүрдүүлдэг. Энэ нь хэрэглэгчдэд дижитал зураг дээр анхаарлаа төвлөрүүлэхдээ өөр бодит байдалд байгаа гэсэн ойлголтыг өгөх ба хэрэглэгчдийг хүрээлэн буй орчинтойгоо холбоотой байлгах боломжийг 3D графикаар дамжуулан олгодог. Илүү нарийвчилсан график нь бодит орчны мэдрэмжийг улам ихээр бий болгодог. Энэхүү VR ангилалыг боловсролын болон сургалтын зорилгоор ихэвчлэн ашигладаг бөгөөд өндөр нягтралтай дэлгэц, хүчирхэг компьютер, проектор эсвэл хатуу симулятор дээр суурилдаг. Энэ нь бодит, бодит бус механизмын дизайн, үйл ажиллагааг хэсэгчлэн хуулбарладаг.

Бүрэн иммерсив виртуал бодит байдал Бүрэн дүр төрхтэй симуляци нь хэрэглэгчдэд нүдэнд харагдахуйц, бодит дуу чимээтэй хамгийн бодит симуляцийн орчин юм. Бүрэн виртуал бодит байдлыг мэдрэх, түүнтэй харилцахын тулд хэрэглэгчдэд зохих хэмжээний VR төхөөрөмж эсвэл headset дэлгэц Head-mounted Displays (HMDs) хэрэгтэй. Headset нь өндөр нягтралтай агуулгыг өргөн хүрээнд харах боломжийг олгодог. (HMDs) дэлгэц нь ихэвчлэн хэрэглэгчийн нүдний хооронд хуваагдаж, стереоскопийн 3D эффэкийг үүсгэдэг бөгөөд оролтын хяналттай хослуулан бодит үнэмшилтэй орчныг бий болгодог[5]. Энэ төрлийн VR-ийг тоглоом болон бусад зугаа цэнгэлийн зориулалтаар ашигладаг боловч одоо бусад салбарт, тухайлбал боловсролын салбарт ашиглах нь нэмэгдэж байна. Хагас иммерсив хэлбэрийн AR болон VR дээр түлхүү ашиглаж эхэл байгаа технологи бол 360 видео болон зураг панорама бөгөөд сүүлийн үед хагас болон бүтэн иммерсив VR технологи дээр суурилсан маркетинг суртчилгаан, үзвэр үйлчилгээ, виртуал аялал музей зэргийг хийж байна.

### 360 градусын видео/зураг гэж юу вэ?

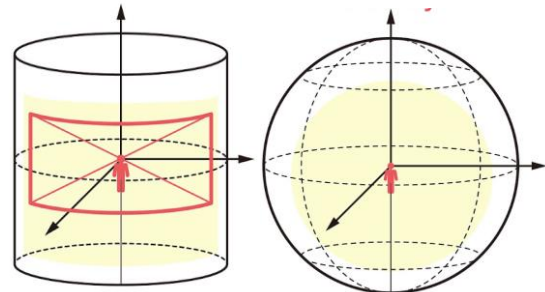
360 градусын видео/зураг бүх чиглэлд бичигдэж, 360 градусын харах боломжийг танд олгоно. Эдгээр

видеог үзэх эсвэл эдгээр зургийг үзэхдээ та хүссэн газраасаа эргэн тойрноо харж болно. 360 градусын видео, 360 градусын зураг авахын тулд та 360 градусын камертай байх ёстой.

360 градусын видеонууд нь өргөн өнцгөөр бодит панорама дүрсэлсэн видео бичлэгүүдээс бүрддэг. Бүх чиглэлийн харагдах байдлыг нэгэн зэрэг бичиж, бүх чиглэлийн камер эсвэл олон камерын тусламжтайгаар авдаг.

360 технологид дээр суурилсан контентыг компьютерын дэлгэцэн дээр үзэхэд хагас иммерсив байдалт шилжих бол (HMDs) Headset дээр бүрэн иммерсив бодит хэлбэрээр мэдрэх боломжтой өөрөөр хэлбэл та тухайн орчинд өөрөө очсоноор мэдрэх юм.

Энэ байдал нь бизнес, сурталчилгаа, маркетинг болон виртуал аялал, интертаймэнт салбарт түлхүү хэрэглэж байна.

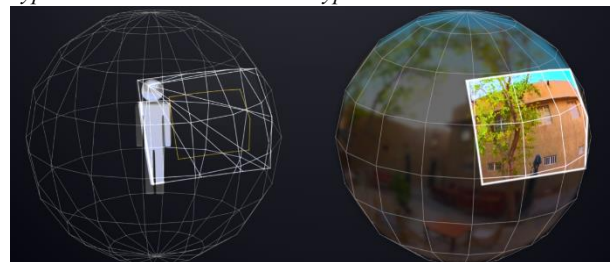


Зураг 4. Панорама зураг харах өнцөг, 360 орчин

360 зураг, видео дэлгэмэл хэлбэртэй файл байх ба боловсруулалт хийхдээ хүний харах өнцөгт тохируулах буюу CrystalView нь зураг бичлэгийг тусгай сегментчилсэн бөмбөрцөг болгон хувиргах замаар ажилладаг[6]. Өөрөөр хэлбэл бөмбөлөг хэлбэрээр өнцгөөр дотроос нь харна энэ нь энгийн дэлгэцээр 360-аар харах болон Mate quest2 гэх зэрэг headset толгойн баг буюу төхөөрөмжөөр харах 2 ялгаатай ба headset-ээр харах нь илүү бодит байна гэсэн үг.



Зураг 5. МХТС 360 дэлгэмэлс зураг



Зураг 6. 360, виртуал орчин хүний харах өнцөг

**360° VR орчин**

Аливаа VR бүтээхэд орчин маш чухал бөгөөд виртуал орчин гэдэг нь бидний нүдээр харж буй объектууд юм. Өөрөөр хэлбэл Виртуал бодит байдал VR виртуал орчин хоёроо ялгаж ойлгох хэрэгтэй.

Иймээс хүрэлцэхгүй буюу тодорхой алслалтай орчин 360 дүрсээр хийх нь оновчтой бөгөөд энэ дүрслэлийн орчиг хийхийн тулд

1. 3D график программын тусламжтай бүтэн орчиг хийх

2. 360 зураг, видео ашиглан хийх боломжтой  
Дээрх хоёр хэлбэрээр хийхдээ тухайн VR орчин юунд зориулсан гэдгээс ихээхэн хамааралтайг анхаар. 3D графикийг кино, анимате, тоглоом, симуляц, гэх зэрэг интерактив VR орчинд түлхүү ашиглаж байгаа бол 360 зургаар реклам, маркетинг, социал медиа, виртуал туурь гэх зэрэгт түлхүү ашиглаж байна.

Виртуал аяллыг их дээд сургуулиуд болон үл хөдлөх хөрөнгө , зочлох үйлчилгээний салбарт өргөнөөр ашигладаг . Виртуал аялал нь хэрэглэгчдэд онлайн байхдаа орчныг үзэх боломжийг олгодог. Одоогийн байдлаар янз бүрийн салбарууд үйлчилгээ, бүтээгдэхүүнээ зах зээлд гаргахад тус технологийг ашиглаж байна. Сүүлийн хэдэн жилийн хугацаанд виртуал аяллын чанар, хүртээмж эрс сайжирч, вэб дээр суулилсан технологи сүүлийн жилүүдэд олон салбар виртуал аяллыг нэвтрүүлж эхэлсэн.

**360 камер**

Хамгийн энгийнээр хэрэнлэгч гар утсаа ашиглан 360 понорома зураг авах боломжтой байдаг бол худалдаан сонирхогчдийн болон мэргэжилийн олон төрлийн камерууд байна. insta360, GoPro, Ricoh, Kandaо, samsung Gear гэх зэрэг олон төрлийн 360 камер байна.

Үүний хамгийн тол төлөөл нь insta360 юм.



Зураг 7. Insta360 ONE X2, link, one RS, ONE RS 1-Inch 360, go2, insta 360x3

Бидний хувьд Insta360 ONE R камерийг ашиглан ШУТИС-МХТСургуульд Виртуал аялал хийж туршсан[4].

Мэргэжилийн камер нь Insta360 Pro 2, Insta360 Titan юм.



Зураг 8. Insta360 Pro 2, Insta360 Titan

Insta360 Pro 2 мэргэжлийн камер ашиглан өмнө хийсэн ШУТИС-МХТСургуульд Виртуал аялал зургийг сайжруулалт хийж эхэлж байна.

**Бүрэн зураг**

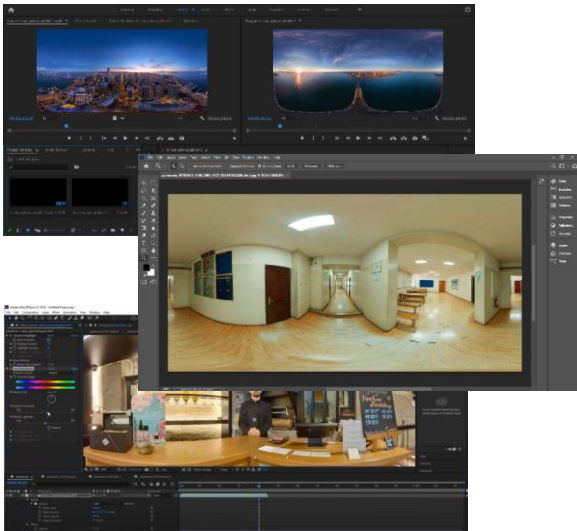
Хэн ч 360 камер болон 360 градусын зураг эсвэл понорома зураг ашиглан, видео бүтээх болон 360 контент бүтээх боломжтой. Ихэнх сонирхогчдийн камер нь 180 градусийн 2 талт линз эсвэл гурван линзтэй бөгөөд тус бүр нь өөр өөр чиглэлтэй камертай байдаг бол мэргэжилийн камер нь 6 талт линзтэй бөгөөд тус бүр нь өөр өөр чиглэлтэй байдаг зураг авдаг. Линз тус бүрээр авсан зургуудыг камер нь хооронд нь холбож, 360 градусын бүрэн дүрсийг үүсгэдэг.



Зураг 7. Insta360 pro мэргэжлийн 360 камераар авсан зураг зургаан линзний авсан чиглэл

**360 бичлэг ба зурагын боловсруулалт**

Энгийн видео/зурагтай харьцуулахад 360 градусын видео болон зургийн давуу тал хүссэн чиглэлд харах өнцгөөр харуулах боломжтой. Мөн 360 бичлэг ба зураг /panorama/ тоглуулагч view нь гар утас, youtube, веб хөтөч зэрэг олон тоглуулагч байна. 360 бичлэг ба зураг /panorama/ edit хийх программын хувьд ихэвчлэх adobe premiere, adobe photoshop, Adobe After Effects ашиглаж байна.



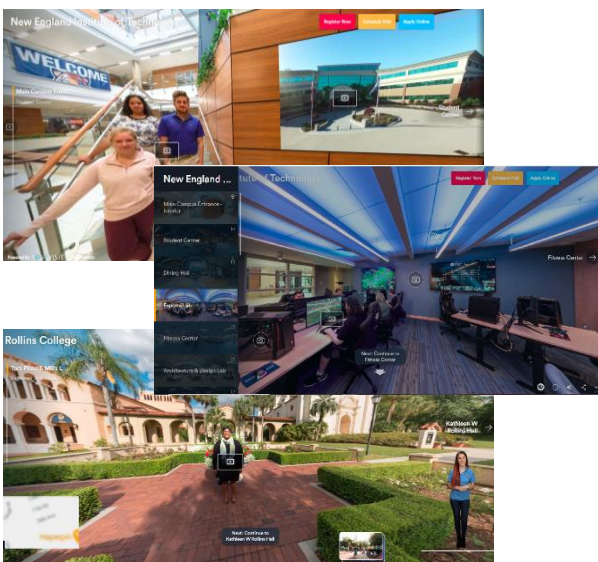
Зураг 8. 360 бичлэг ба зураг /panorama/ edit хийх программ

360 бичлэг ба зураг /panorama/ боловсруулах контент хийх нийтлэг программууд нь

1. Matterport.
2. Klapy.
3. My360.
4. Nodalview.
5. Pano2VR.
6. 3D Vista.
7. Concept3D гэх зэрэг

360 бичлэг ба зураг /panorama/ платпормууд нь

- <https://www.360vpro.com/>
- <https://www.threshold360.com/product>
- <https://www.eyespy360.com/en-us/>
- <https://www.youvisit.com> гэх зэрэг веб платпормууд байна.

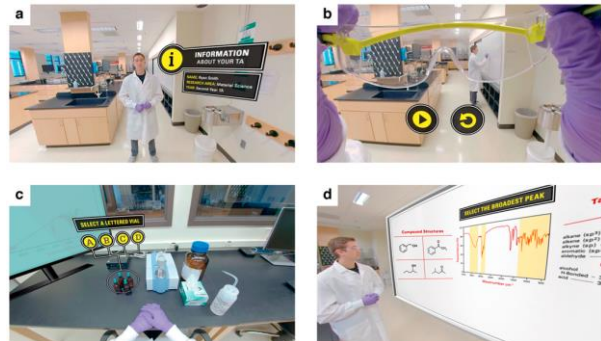


Зураг 9. <https://www.youvisit.com> веб платпорм дээрх сургуулиудийн виртуал танилцуулга аялал

360 бичлэг ба зураг /panorama/ хэрэглээ

- виртуал медиа
- виртуал веб
- виртуал маркетинг

- виртуал аялал
- виртуал лаборатори, сургалт
- виртуал музие
- 360 постер
- 360 инфографик
- 360 видео
- 360 map
- 3D виртуал контент гэх зэрэг олон хэрэглээтэй байна.



Зураг 10. 360 виртуал виртуал лаборатори, сургалт North Carolina State University

Энэ виртуал лаборатор нь 360 технологи дээр тулгуурлан оюутнуудад IR спектрометрийг хэрхэн ашиглах, үр дүнгийн спектрийг хэрхэн шинжлэхийг VR лаборатороор туршсан[7].

Бидний хувьд 360 технологийг хэрэглээнд нэвтрүүлэх судлах зорилгоор Мэдээлэл холбоо технологийн сургуулийн виртуал аяллыг 360 технологи ашиглан хийсэн юм.

**Хүрсэн үр дүн:**

Виртуал аяллыг хамгийн хялбар бөгөөд тааламжтай байдлаар бүтээдэг. 360° (панорама), 360° видео, суулгасан дуу чимээ, видео болон гэрэл зураг, бүрэн тохируулах боломжтой. Хэрэглэгчид хүссэн цэгтээ шилжин хүссэн үйдлээ хийх боломжтойгоороо маш том давуу талтай юм.

Виртуал аяллыг ямар ч компьютер, таблет эсвэл утсан дээр (Android ба iOS) үзэх боломжтой.

Виртуал аялал хийсэн программ нь 3DVista голчлон ашигласан. Бусад програм хангамж нийлүүлэгчдээс ялгаатай нь 3DVista нь танд зөвхөн хэсэгчилсэн панорама бүхий виртуал аялал хийх боломжийг олгодог. 360 Панорама зураг: Панорамик гэрэл зургаар авч , тохирох хэрэгслээр 360 градусын виртуал аялал болгон хувиргана.



Зураг 11. 3d vista ашиглан virtual tour хийж байгаа үйл явц

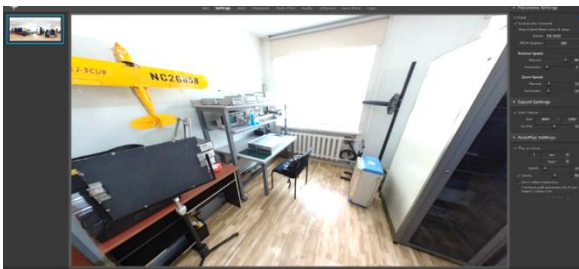
Виртуал аялалын төрөл зохиол, зохиомж, 360 панорама зургын тоо олон байх нь зохимтой ба зочдод боломжтой бүх үзэгдлүүдийг харах мөн урьдчилан харах боломжийг олгосон галерей зэс оруусан

Ашиглах хэрэгсэл, үйлдэл .

- Автомат эргүүлэх.
- Компанийн лого, мэдээлэл.
- Аяллын байршлын дэлгэрэнгүй мэдээлэл.
- Интерактив цэгүүд.
- Тусгай хяналт.

Мөн үйлдлүүдийг ашиглаж болно:

- Текст.
- Аудио.
- Видео.
- Вэб сайтын URL.



Зураг 12. 3d vista өрөө



Зураг 13. МХТС виртуал аялал



Зураг 14. Иммерсив VR виртуал хичээл

Энэ ажил нь миний анхны 360 технологи ашигласан ажил байсан ба гүйцэтгэлийн алхам тутамд шинэ шинэ асуудалтай тулгарч шийдвэрлэсэн ба сургууль мэргэжлийн insta360 pro 2 камертай болсноор илүү чанартай оновчтой танилцуулгатай болгохоор

сайжруулалт хийгдэж байна. Мөн 360<sup>0</sup> зураг видео, 3D модель ашиглан иммерсив VR виртуал хичээл хийхээр загварчилж эхэлж байна.

### ДҮГНЭЛТ

Технологийн шинэчлэл түүний ололт амжилттай уялдан шинэ шийдлүүд дээр тулгуурлан бүрэн иммерсив хэлбэрийн virtual reality-VR виртуал хичээл, лаборатори, аялалыг хийх боломжууд нэмэгдсээр үүний зэрэгцээ бизнес, маркетинг, сошиал медиа гэх интертаймент салбарын хэрэглээнд ч өргөнөөр нэвтэрч байна.

Технологийн шинэчлэл түүний ололт амжилттай уялдан шинэ шийдлүүд дээр тулгуурлан бүрэн иммерсив хэлбэрийн virtual reality-VR виртуал хичээл, лаборатори, аялалыг хийх боломжууд нэмэгдсээр үүний зэрэгцээ бизнес, маркетинг, сошиал медиа гэх интертаймент салбарын хэрэглээнд өргөнөөр нэвтэрч байна.

5G болон бусад технологийн шийдлүүд болон VR, AR, MR, XR технологиуд Web Remote Control-той болсон нь интертаймент 3D хэлбэрийн цахим бүтээгдэхүүнийг веб платформтой хөгжүүлж олон нийтийн хэрэглээнд өргөнөөр нэвтрүүлэх боломж олгосон. Мөн IBM, NVIDIA, зэрэг IT корпорациуд жишээ нь CloudXR нь NVIDIA-н VR, AR, MR, XR-д зориулсан cloud сервисийн үйлчилгээг би болгоод байна.

Бидний хувьд 360<sup>0</sup> технологи ашиглан сургуулийн виртуал аялал хийсэн ба одоо танилцуулгыг дахин сайжруулж байна.

Эндээс дүгнэж үзэхэд музей, үзвэр үйлчийгээ, худалдааны чиглэлийн виртуал аялал хийх эсвэл аливаа газрын танилцуулга, маркетингийн чиглэлийн байхаас хамаарч зохиомж, зураг авалтыг маш сайн төлөвлөх шаардлагатай нь харагдаж байна. Мөн бид технологийн хөгжил шийдлийг ашиглан цахим хичээл, виртуал лаборатори иммерсив VR лаборатори боловсруулахаар зорилт тавин ажиллаж байна.

Бидний хувьд цахим хэрэглэгдэхүүний мөн чанар нь сургалтын агуулгыг баяжуулах, хичээлийн зорилго зорилтыг оюутан суралцагч нарт бүрэн хүргэхэд чиглэсэн байх ёстой гэсэн үндсэн шаардлагаар цахим хэрэглэгдэхүүнийг боловсруулсаар ирлээ.

### НОМ ЗҮЙ

- [1]. Steven M. LaValle VIRTUAL REALITY 2020
- [2]. Б.Батшагай E-сургалтын орчинд виртуал бодит байдалыг ашиглах нь IMT 2015
- [3]. Virtual Reality Society Шинэчлэгдсэн VR орчинд орох төхөөрөмжийн тойм. (n.d.). Retrieved from <http://www.vrs.org.uk>
- [4]. <https://softengi.com/blog/the-future-of-community-media-is-extended-reality/>
- [5]. Б.Батшагай, Т.Уранчимэг Virtual reality лабораторийн хөгжүүлэлт ММТ 2022
- [6]. <https://www.insta360.com/product/insta360-pro2>
- [7]. Cathi L. Dunnagan, Devran A. Dannenberg, Michael P. Cuales, Arthur D. Earnest, Richard M. Gurnsey, and Maria T. Gallardo-Williams\* Production and Evaluation of a Realistic Immersive Virtual Reality Organic Chemistry Laboratory Experience: Infrared Spectroscopy 2020

## МЭДЭЭЛЛИЙН СИСТЕМИЙН АУДИТ ХИЙХ АРГАЧЛАЛ

Ганхуягийн Дэлгэрмаа<sup>1</sup>, Самбуугийн Уянга<sup>2</sup>, Бөхсүрэнгийн Энхтуул<sup>3</sup>,

<sup>123</sup> Монгол Улсын Их Сургууль, Хэрэглээний шинжлэх ухаан,  
инженерчлэлийн сургууль, Мэдээлэл, компьютерын ухааны тэнхим

### Хураангуй

Дэлхий дахинаа цахим шилжилт хурдацтай явагдаж, улс орон бүр өөрийн онцлогт тохирсон цахим засаглалыг хөгжүүлэх стратегийг хэрэгжүүлж, харилцаа холбооны дэд бүтцийг сайжруулах, мэдээллийн аюулгүй байдлыг хангах, иргэдийн цахим хэрэглээний ур чадварыг дээшлүүлэх зэрэг арга хэмжээг үе шаттайгаар хэрэгжүүлж байна. Мэдээлэл, харилцаа холбоо, технологи (МХХТ)-ийн хөгжил нь шинэ боломжийг олгохын зэрэгцээ зарим сөрөг үзэгдлийг дагуулсаар байна. Үүний нэг жишээ бол өөр хоорондоо хамааралгүй эсвэл сул хамааралтай, үр ашиггүй, стандартад нийцээгүй олон тооны мэдээллийн системийг хөгжүүлэн нэвтрүүлж, улмаар их хэмжээний ач холбогдолгүй өгөгдөл хуримтлагдаж, үр ашиггүй хэрэглээг бий болгож байгаа явдал юм. Ихэнх хувийн хэвшлийн байгууллага өндөр зардал гаргахаас сэргийлж, давхардсан систем үүсгэхээс татгалздаг бол төрийн байгууллагын хувьд үйл ажиллагаандаа ашиглахаар төлөвлөж байгаа мэдээллийн системийн талаарх мэдээллийг ил тод байлгадаггүй, суурь судалгаа бага хийдэг, хөгжүүлсэн болон хөгжүүлэхээр төлөвлөж байгаа системийн талаар нэгдсэн бүртгэл байдаггүй, мэдээллийн солилцоо болон хүртээмж дутмаг, мэдээллийн технологийн хүний нөөц тогтвортой бус байдаг зэргээс үүдэн давхардсан, чанаргүй систем үүсгэх эрсдэл өндөр. Иймд энэхүү судалгааны ажилд төрийн байгууллагын мэдээллийн системийн хөгжүүлэлт, ашиглалтын үр өгөөжтэй байдлыг дээшлүүлэх үүднээс төрийн байгууллагын хөгжүүлэх мэдээллийн системд аудит хийх, зөвлөмж, дүгнэлт гаргах хувилбар аргачлал боловсруулахыг зорьсон болно.

**Түлхүүр үг:** Мэдээллийн систем, мэдээллийн системийн аудит, төрийн байгууллага, загвар

### I. УДИРТГАЛ

Цахим шилжилт хурдацтай явагдаж байгаа энэ үед мэдээллийн системийн аюулгүй байдал, мэдээллийн системийн аудит нь байгууллагын чухал нэг хэсэг болж байна (Morrissey & Langford-Smith, 2015).

Монгол Улс 2021 онд цахим шилжилтийг эрчимжүүлэхээр зарлаж, төрийн үйлчилгээний нэгдсэн И-Монгол системийг хэрэглээнд нэвтрүүлсэн бөгөөд ковидын хэцүү цаг үетэй нүүр тулж, төрийн үйлчилгээ цахимжих, төр болон хувийн хэвшлийн байгууллагууд мэдээллийн технологийг үйл ажиллагаандаа ашиглах гээд цахим шилжилтийг эрчимжүүлэхээс өөр аргагүй байдал үүссэн.

Энэ нь хэдий сайн нөлөөтэй ч мэдээллийн аюулгүй байдал, хоорондоо интеграци хийх боломжгүй мэдээллийн систем хөгжүүлэлт, давхардсан мэдээллийн систем үүсгэснээс үүдэн үр ашиггүй зардал гаргах гээд олон эрсдэлийг дагуулсан. Монгол Улсын Засгийн газрын Хэрэг эрхлэх газраас явуулсан Төрийн захиргааны төв байгууллага, нийслэл, орон нутаг, тэдгээрийн салбар, харьяа байгууллагын ашиглаж буй мэдээллийн систем, программ хангамжийн судалгааг авч, нэгтгэн дүгнэхэд байгууллагууд үйл ажиллагааны чиглэл тус бүрээр цахимжуулах ажил 2002 оноос хэрэгжсэн бөгөөд 2023 оны байдлаар яам,

түүний эрхлэх асуудлын хүрээний байгууллагуудад 187, аймаг, нийслэлд 53, нийт 240 мэдээллийн систем, программ хангамж ашигладаг гэсэн тоо мэдээ гарсан (ЗГ-ын хэрэг эрхлэх, 2023). Тус судалгаанаас үзэхэд төрийн байгууллагууд маш олон давхардсан системтэй байсан бөгөөд эдгээр системийг хөгжүүлэхээс өмнө судалгаа шинжилгээ хийж зөвлөмж аваагүйгээс эдийн засаг, нийгэмд үзүүлэх үр ашиггүй, хэрэглэгчийн хэрэгцээ шаардлагыг хангаагүй, бусад системтэй интеграци хийх боломжгүй, аюулгүй, найдвартай байдлыг хангаагүй системийг ихээр хөгжүүлсэн байна. Нийтийн мэдээллийн ил тод байдлын тухай хуульд (legalinfo.mn, 2021) мэдээллийн систем гэж мэдээлэл цуглуулах, боловсруулах, хайх, илгээх, хүлээн авах, ашиглах болон аюулгүй байдлыг хангах зорилго бүхий программ хангамж, техник хангамж, мэдээллийн сан, бусад бүрэлдэхүүн хэсэг, тэдгээрийн иж бүрдлийг гэж тодорхойлон, нийтийн мэдээллийн систем үүсгэхийн өмнө цахим хөгжил, харилцаа холбооны асуудал эрхэлсэн төрийн захиргааны төв байгууллагаар зөвлөмж, дүгнэлт гаргуулахаар заасан. Энэ нь Төрийн байгууллага систем хөгжүүлэхийн өмнө цахим хөгжил, харилцаа холбооны асуудал эрхэлсэн төрийн захиргааны төв байгууллагаар мэдээллийн системийн аудит хийлгэх буюу зөвлөмж, дүгнэлт авах эрх зүйн орчин бүрдсэнийг харуулж байна.

Нийтийн мэдээллийн системд:

- Үндсэн систем буюу төрийн байгууллага, хүн, хуулийн этгээд ашиглах, мэдээлэл солилцох боломжийг бүрдүүлсэн төрийн мэдээлэл солилцооны системийг,
- Дэмжих систем буюу танилт, нэвтрэлтийн систем, нийтийн түлхүүрийн дэд бүтэц, албан бичиг солилцооны дундын систем, мэдээлэл солилцооны бүртгэлийн систем, мэдэгдэл хүргэх систем, төрийн үйлчилгээний нэгдсэн систем, төлбөр тооцооны системийг,
- Мэдээлэл хариуцагчийн систем буюу байгууллагын өөрийн хөгжүүлсэн

системийг тус тус хамаарахаар заасан бөгөөд энэхүү дүгнэлт, зөвлөмжийг авах эрх бүхий этгээд мэдээлэл хариуцагч буюу төрийн байгууллага, төрийн болон орон нутгийн өмчит, төрийн болон орон нутгийн өмчийн оролцоотой хувийн эрх зүйн хуулийн этгээд, хууль, эсхүл гэрээний үндсэн дээр төрийн байгууллагын тодорхой чиг үүргийг гүйцэтгэж байгаа этгээд, олон нийтийн радио, телевиз, улс төрийн нам зэрэг болно.

Урьдчилсан байдлаар тооцож үзэхэд дээр дурдсан мэдээлэл хариуцагч нь 15000-аас илүү байгууллага байгаа бөгөөд энэхүү аргачлалын хэрэглэгч гэж ойлгож болно.

## **II. Мэдээллийн системийн аудитын өнөөгийн байдал**

Мэдээллийн системийг урьдчилан төлөвлөж шинжилгээ хийхгүйгээр хөгжүүлж, нэвтрүүлэх нь найдвартай ажиллагааг бүрэн хангаж чадахгүй, цаашлаад тухайн байгууллагын үйл ажиллагааг зогсоох эрсдэлд хүргэдэг. Мэдээллийн системийн аудит нь төр, хувийн хэвшлийн үйл ажиллагаанд ашиглаж байгаа мэдээллийн системийг судалж, дүн шинжилгээ хийж, түүний үр нөлөөг үнэлэх боломжийг олгох бөгөөд суурь мэдээллийн сангаас эхлээд тухайн байгууллагын үйл ажиллагаа, мэдээллийн аюулгүй байдал зэрэг янз бүрийн асуудлын хамгаалалтын түвшинг үнэлэхэд зайлшгүй шаардлагатай байна.

Төрийн байгууллага систем хөгжүүлэхийн өмнө цахим хөгжил, харилцаа холбооны асуудал эрхэлсэн төрийн захиргааны төв байгууллагаар мэдээллийн системийн аудит хийлгэх буюу зөвлөмж, дүгнэлт авах эрх зүйн орчин бүрдсэн бөгөөд “Мэдээлэл хариуцагч нийтийн мэдээллийн систем үүсгэхийн өмнө үйл ажиллагаанд зөвлөмж, дүгнэлт гаргах журам”(Мэдээлэл хариуцагч нийтийн мэдээллийн систем үүсгэхийн өмнө үйл ажиллагаанд зөвлөмж, дүгнэлт гаргах журам, 2022)-д төрийн байгууллагууд нь систем хөгжүүлэхийн өмнө дараах мэдээллийг Цахим хөгжил, харилцаа холбооны яаманд хүргүүлэхээр заасан байна. Үүнд

- Байгууллагын нэр;



- Төслийн нэр; шаардлагатай асуудлыг тодорхойлох
- Төсөл үргэлжлэх хугацаа /он, сар, өдөр/; боломжгүй байсан. Иймээс мэдээллийн системийн аудит хийх аргачлал боловсруулах шаардлагатай гэж үзсэн.
- Шаардагдах хөрөнгө оруулалтын хэмжээ /төгрөгөөр/;
- Төслийн зорилго;
- Хүлээгдэж байгаа үр дүн;
- Хамрах хүрээ /Зорилтот бүлэг/;
- Системийн талаар техник, эдийн засгийн үндэслэл боловсруулсан бол ирүүлэх;
- Системийг үүсгэх хөрөнгө оруулалтын төрөл /Улсын төсөв, орон нутгийн төсөв, гадаадын зээл, буцалтгүй тусламж/;
- Үндсэн болон дэмжих системтэй холбогдох эсэх;
- Систем нь танай байгууллагын үйл ажиллагаатай уялдсан эсэх;
- Систем нь танай байгууллагын ямар асуудлыг шийдэж байгаа талаарх мэдээлэл;
- Системийн цаашдын тогтвортой ашиглалт, үйлчилгээний төлөвлөгөө, боловсон хүчин, техник технологийн нөөц байгаа эсэх;
- Системийн нийгэмд үзүүлэх үр нөлөөний талаарх мэдээлэл;
- Систем болон нийтийн мэдээллийн бусад систем хоорондын харилцан уялдааны талаарх мэдээлэл;
- Системийн эдийн засгийн үр ашигтай байдлын талаарх мэдээлэл;
- Системийн технологийн нийцэл, хүний хэрэглээнд тохирсон байдлын талаарх мэдээлэл;
- Системийн аюулгүй, найдвартай байдлын шийдэл.

Дээрх маягтын дагуу ирүүлэх материалд үндэслэн төрийн байгууллагын хөгжүүлэх системд аудит хийж зөвлөмж, дүгнэлт гаргах боломжтой эсэхийг туршин үзэхэд асуулга нь хэт ерөнхий, мэдээллийн системүүдийн харилцан уялдаа холбоо, тухайн системийн эдийн засгийн үр ашигтай байдал, хэрэглэх технологийн нийцэл, хүний хэрэглээнд тохирсон байдал системийн аюулгүй, найдвартай байдлын шийдэл зэрэг

### III. Мэдээллийн системийн аудитын олон улсын туршлага

Энтерпрайз архитектурын (Клаус Д.Неманн, 2021) ерөнхий төлөвлөлт, нэвтрүүлэлттэй холбоотой түгээмэл ашигладаг дараах баримт бичгүүд байдаг. Үүнд:

- TOGAF (TOGAF Standart, 2023) тогтолцоогоор архитектурын хөгжлийг эхлэлийн үе шатны ажлаас эхлээд бусад үе шатыг давталттай тойрог замаар авч явдаг (Клаус Д.Неманн, 2021).
- COBIT (COBIT FRAMEWORK, 2023) (Мэдээллийн болон холбогдох технологийн хяналтын зорилтууд) нь мэдээллийн технологийн (МТ) удирдлага болон мэдээллийн технологийн засаглалд зориулсан архитектур юм. Энэхүү архитектур нь бизнест төвлөрч, мэдээллийн технологийн менежментийн ерөнхий процессуудыг тодорхойлдог бөгөөд үйл явц бүрийг үйл явцын орц, гарц, үйл явцын үндсэн үйл ажиллагаа, үйл явцын зорилго, гүйцэтгэлийн хэмжүүр, төлөвшлийн анхан шатны загвартай хамт тодорхойлсон байдаг. Энэ нь мэдээллийн технологийн удирдлагын шилдэг туршлагыг хэрэгжүүлэх, хянах, сайжруулах зорилго бүхий бизнесүүдэд зориулсан мэдээллийн технологийн засаглалын архитектур юм.
- ZACHMAN фрэймворк (Zachman, 2023)-ийн үндсэн санаа нь нийлмэл зүйлийг өөр зорилгоор, олон төрлийн тайлбарыг ашиглан янз бүрийн аргаар дүрсэлж болно. Энэхүү хүрээ нь аливаа зүйлийг, ялангуяа үйлдвэрлэсэн бүтээгдэхүүн гэх мэт нарийн төвөгтэй зүйлсийг бүрэн дүрслэн харуулахад шаардлагатай 36 ангилалтай. Эдгээр ангилал нь хоёр хэмжээст матриц

хэлбэртэй зургаан мөр, зургаан баганаас

бүрдэнэ (Visial paradigm, 2023).

Бидний цаашид судлах хэсэг нь дээрх 3 энтерпрайз архитектурын нэг хэсэг болох мэдээллийн системтэй холбоотой хэсэг юм. Олон улсад мэдээллийн систем, мэдээллийн технологийн аудит хийхдээ баримталдаг гол стандарт нь ISO27001 (Мэдээллийн аюулгүй байдал стандарт), ISO27701 (Хувийн нууцлалд зориулсан стандарт), ISO/IEC 20000-1 (Мэдээллийн технологийн үйлчилгээний удирдлагын менежментийн стандарт), ISO 27017 болон аюулгүй байдлын шаардлагууд байна.

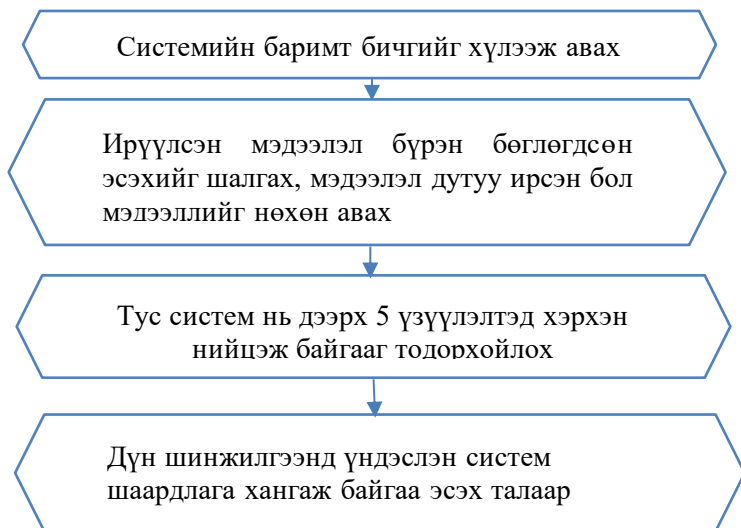
- ISO27001 мэдээллийн аюулгүй байдлын стандарт нь бүх салбарын компаниудад мэдээллийн аюулгүй байдлын удирдлагын тогтолцоог бий болгох, хэрэгжүүлэх, хадгалах, тасралтгүй сайжруулах зааварчилгааг өгдөг. (ISO standards, n.d.)
- ISO27701 хувийн нууцлалд зориулсан стандарт нь байгууллагын хүрээнд нууцлалын удирдлагын ISO/IEC 27001 болон ISO/IEC 27002 стандартын өргөтгөл хэлбэрээр Нууцлалын мэдээллийн удирдлагын системийг (PIMS) бий болгох, хэрэгжүүлэх, хадгалах, тасралтгүй сайжруулахад тавигдах шаардлагуудыг тодорхойлж, зааварчилгааг өгдөг. (ISO Standard, n.d.)
- ISO/IEC 20000-1 Мэдээллийн технологийн үйлчилгээний удирдлагын менежментийн стандарт нь үйлчилгээний удирдлагын тогтолцоог (SMS) бий болгох, хэрэгжүүлэх, хадгалах, тасралтгүй сайжруулахад тавигдах шаардлагуудыг тодорхойлдог. Энэхүү стандартад заасан шаардлагад үйлчилгээний шаардлагыг хангах, үнэ цэнийг хүргэх үйлчилгээг төлөвлөх, төлөвлөх, шилжүүлэх, хүргэх, сайжруулах зэрэг орно.

Энэхүү стандартуудад мэдээллийн аюулгүй байдлын талаар илүү тусгасан.

**санал болгох загвар, шалгуур үзүүлэлт**

Мэдээллийн системийг урьдчилан төлөвлөж шинжилгээ хийлгүйгээр хөгжүүлж, нэвтрүүлэх нь найдвартай ажиллагааг бүрэн хангаж чадахгүй, цаашлаад тухайн байгууллагын үйл ажиллагааг зогсоох эрсдэлд хүргэдэг. Энэхүү судалгааны ажлаар дээр дурдсан олон улсын стандарт болон бусад мэдээллийн систем, мэдээллийн технологитой холбоотой стандарт, аргачлал, зөвлөмжид үндэслэн мэдээллийн системийг хөгжүүлэхийн өмнө аудит хийх аргачлалыг боловсруулсан бөгөөд нийтийн мэдээллийн систем хоорондын харилцан уялдаа, нийтийн мэдээллийн системийн эдийн засгийн үр ашигтай байдал, хэрэглэх технологийн нийцэл, хүний хэрэглээнд тохирсон байдал, аюулгүй, найдвартай байдлын шийдэл, бусад шаардлагатай асуудал гэсэн үндсэн 5 үзүүлэлтийг дараах байдлаар нарийвчлав.

Тус 5 үзүүлэлт нь нийт 67 оноотой байх бөгөөд нийтийн мэдээллийн систем хоорондын харилцан уялдаа үзүүлэлтэд 6 оноо, нийтийн мэдээллийн системийн эдийн засгийн үр ашигтай байдлыг хангаж буй эсэх үзүүлэлтэд 10 оноо, хэрэглэх технологийн нийцэл, хүний хэрэглээнд тохирсон байдал үзүүлэлтэд 17 оноо, аюулгүй, найдвартай байдлын шийдлийг хангасан эсэх үзүүлэлтэд 27 оноо, бусад үзүүлэлтэд 7 оноотой байна.



Зураг1. Аргачлалын процесс

**IV. Мэдээллийн системийн аудит хийхэд**

Нийтийн мэдээллийн систем хоорондын харилцан уялдаа гэсэн 6 оноо бүхий үзүүлэлтэд дараах шалгуур үзүүлэлтийг:

- Үндсэн болон дэмжих системтэй холбогдох боломжтой буюу бусад системүүдтэй интеграци хийх боломжтой байдлаар хөгжүүлэгдсэн эсэх;
- Системийн давхардал үүсэхээр бол өгөгдөл солилцох боломжтой буюу стандарттай эсэх;
- Системийн ерөнхий архитектурыг боловсруулсан эсэх;

Нийтийн мэдээллийн системийн эдийн засгийн үр ашигтай байдлыг хангаж буй эсэх гэсэн 10 оноо бүхий үзүүлэлтэд дараах шалгуур үзүүлэлтийг:

- Оролцогч талуудыг оролцуулсан системийн ерөнхий архитектур болон үйлдлийн дараалал, зураглал гаргасан эсэх;
- Эрсдэлийн болон нөлөөллийн судалгаа хийсэн эсэх;
- Системийн техник, эдийн засгийн үндэслэлийг боловсруулсан эсэх;
- Системийн үйл явцын схем зургийг боловсруулсан эсэх;
- Нэвтрүүлсний дараах хэмнэлт, үр ашиг, үр өгөөжийн тооцооллыг боловсруулах, тогтмол хугацаанд тайланг нэгтгэн дүгнэдэг эсэх;

Хэрэглэх технологийн нийцэл, хүний хэрэглээнд тохирсон байдал гэсэн 17 оноо бүхий үзүүлэлтэд дараах шалгуур үзүүлэлтийг:

- Хөгжлийн бэрхшээлтэй иргэнд ээлтэй технологийн шийдэл ашигласан эсэх;
- Системийн үндсэн модулиудыг тодорхойлсон эсэх;
- Системийн программчлалын шаардлагуудыг тусгасан эсэх;
- Түгээмэл ашиглагддаг программчлалын хэл ашигласан эсэх;
- Хэрэглэгчид харагдах байдал ойлгомжтой дизайнтай эсэх;

- Төрийн байгууллагын веб сайтын MNS 6285:2017 стандартыг баримтлах эсэх;
- Бүх оролцогч талуудад зориулсан гарын авлагатай эсэх;
- Нийтийн түлхүүрийн дэд бүтэцтэй холбогдох боломжтой эсэх;

Аюулгүй, найдвартай байдлын шийдлийг хангасан эсэх гэсэн 27 оноо бүхий үзүүлэлтэд дараах шалгуур үзүүлэлтийг:

- Хэрэглэгчийн танилт, баталгаажуулалтад найдвартай арга хэрэгсэл ашиглах эсэх;
- Системийн хэрэглэгч бүрд хандалтын эрхийн зарчмыг хэрэгжүүлэх эсэх;
- Олон төрлийн халдлагаас сэргийлэх арга хэрэгсэлтэй эсэх;
- Системийн хөгжүүлэлтэд аюулгүй кодчилолтой эсэх;
- Аппликейшн түвшинд солилцож буй мэдээллийг хамгаалах эсэх;
- Аюулгүй хөгжүүлэлтийн бодлоготой эсэх;
- Системийн өөрчлөлтийн удирдлагын дүрэм журамтай эсэх;
- Мэдээллийн аюулгүй байдлын аудит хийлгэх эсэх;
- Системийн аюулгүй байдлыг туршсан эсэх;
- Мэдээллийн аюулгүй байдал болон тасралтгүй байдлыг төлөвлөсөн эсэх;
- Техникийн нийцлийг шалгасан эсэх;

7 оноо бүхий бусад үзүүлэлтэд дараах шалгуур үзүүлэлтийг :

- Холбогдох хууль, дүрэм, журмыг баримтлах эсэх;
  - Цаашдын тогтвортой байдлыг хангах төлөвлөгөөтэй эсэх;
  - Өгөгдлийн сан, өгөгдөл хадгалалтын талаар бодлоготой эсэх;
- гэсэн 67 оноо бүхий 30 нарийвчилсан шалгуур үзүүлэлтийг тус тус тодорхойлсон. Энэхүү шалгуур үзүүлэлтэд тийм, үгүй гэж хариулах байдлаар үр дүнг гаргах бөгөөд нэг шалгуур үзүүлэлтийн оноог тогтоохдоо үзүүлэх үр нөлөөг нь тооцон:

- чухал үр нөлөө үзүүлэх шалгуур үзүүлэлтэд-3 оноо,
- дунд зэрэг үр нөлөө үзүүлэх шалгуур үзүүлэлтэд-2 оноо,
- бага зэрэг үр нөлөө үзүүлэх шалгуур үзүүлэлтэд-1 оноо өгөх байдлаар тогтоосон болно.

Нарийвчилсан шалгуур үзүүлэлтийг эрэмбэлж, тогтоосноор систем хөгжүүлэхэд нэн тэргүүнд тавигдах үзүүлэлтийг тодорхойлж өгч байгаа юм. Дараах байдлаар дээрх 5 үзүүлэлтийг хангаж байгаа эсэх үр дүнг нэгтгэн харна:

- 5-20 оноо авсан тохиолдолд систем нь бага үр ашигтай буюу хөгжүүлэх шаардлагагүй,
- 21-41 оноо авсан тохиолдолд системийг хөгжүүлэх талаар дахин төлөвлөх шаардлагатай,
- 42-67 оноо авсан тохиолдолд өндөр үр ашигтай буюу системийг хөгжүүлэх боломжтой гэж үзнэ.

Хэрэв тухайн систем нь бага үр ашигтай ангилалд багтвал цаашид хөгжүүлэх шаардлагагүй гэдэг дүгнэлтийг гаргах бөгөөд энэ нь ирээдүйд үүсэх эрсдэлээс сэргийлэх боломж бүрдэх юм. Харин системийг хөгжүүлэх талаар дахин төлөвлөх шаардлагатай ангилалд багтсан тохиолдолд тухайн хөгжүүлэхээр төлөвлөж байгаа байгууллага нь 5 үзүүлэлтийн дагуу сайжруулалт хийж, дахин зөвлөмж, дүгнэлт авах боломжтой. Өндөр үр ашигтай буюу системийг хөгжүүлэх боломжтой ангилалд багтсан систем хөгжүүлэгчид системийн цаашдын нэвтрүүлэлтийг хийх боломжтой гэсэн дүгнэлтийг авах юм.

Дараах хүснэгтээр шалгуур үзүүлэлтийн дэлгэрэнгүй оноог харуулав.

Хүснэгт1. Шалгуур үзүүлэлтийн оноо

Шалгуур үзүүлэлт		Оноо
<b>Нийтийн мэдээллийн систем хоорондын харилцаа үндэс үзүүлэлт</b>		
1	Үндсэн болон дэмжих системтэй холбогдох боломжтой буюу бусад системүүдтэй интеграци хийх боломжтой байдал хөгжүүлэгдсэн эсэх;	3
2	Системийн давхардлыг үүсгээр бол өгөгдөл солигдох боломжтой буюу стандарттай эсэх;	1
3	Системийн ерөнхий архитектурыг боловсруулсан эсэх;	2
<b>Нийт</b>		<b>6</b>
<b>Нийтийн мэдээллийн системийн эзний засгийн үр ашигтай байдал хангаж буй эсэх гэсэн үзүүлэлт</b>		
1	Оролцогч талуудыг оролцуулсан системийн ерөнхий архитектур болон үйлдлийн дараалал, зураглал гаргасан эсэх;	1
2	Эрсдэлийн болон нөлөөллийн судалгаа хийсэн эсэх;	3
3	Системийн төвнх, эзний засгийн үндэслэлийг боловсруулсан эсэх;	2
4	Системийн үйл явцын сөм зургийг боловсруулсан эсэх;	1
5	Нэвтрүүлсний дараа хямралт, үр ашиг, үр өгөөжийн тооцооллыг боловсруулах, тогтмол хугацаанд тайланг нэгтгэн дүгнэж эсэх;	3
<b>Нийт</b>		<b>10</b>
<b>Хэрэглэх технологийн нийлэх, хүний хэрэглээнэ тохирсон байдал гэсэн үзүүлэлт</b>		
1	Хөгжлийн бүрэлдэхтэй ирээд зөвхөн технологийн шийдэл ашигласан эсэх;	1
2	Системийн үндсэн модульнуудыг тодорхойлсон эсэх;	2
3	Системийн програмчлалын шаардлагуудыг тусгасан эсэх;	2
4	Түгээмэл ашиглагдаж програмчлалын хэл ашигласан эсэх;	3
5	Хэрэглэгчид харагдах байдал ойлгомжтой дизайнтай эсэх;	3
6	Төрийн байгууллагын веб сайттай DNS 6285:2017 стандартыг баримтлах эсэх;	1
7	Бүх оролцогч талуудад зориулсан гарын авлагатай эсэх;	2
8	Нийтийн гүнзгийрлийн лав бүтээгч холбогдох боломжтой эсэх;	3
<b>Нийт</b>		<b>17</b>
<b>Аюулгүй, нийлвэртай байдалын шийдлийг хангасан эсэх гэсэн үзүүлэлт</b>		
1	Хэрэглэгчийн танин, баталгаажуулалтад найвартай арга хэрэгсэл ашиглах эсэх;	3
2	Системийн хэрэглэгч бүр хавалттай эрхийн зарчмыг хэрэгжүүлэх эсэх;	1
3	Олон төрлийн халдлагаас сэргийлэх арга хэрэгсэлтэй эсэх;	3
4	Системийн хөгжүлтэд аюулгүй кодчилолттой эсэх;	3
5	Аппликацийн түвшинд солигдож буй мэдээллийг хамгаалах эсэх;	2
6	Аюулгүй хөгжүлтэй бодлоготой эсэх;	2
7	Системийн өөрчлөлтийн удирдлагын дүрэм журамтай эсэх;	2
8	Мэдээллийн аюулгүй байдалын аудит хийгдэх эсэх;	3
9	Системийн аюулгүй байдалыг туршин эсэх;	3
10	Мэдээллийн аюулгүй байдал болон тасралтгүй байлалыг төлөвлөсөн эсэх;	3
11	Техникийн нийллийг шалгасан эсэх;	2
<b>Нийт</b>		<b>27</b>
<b>Бусад үзүүлэлт</b>		
1	Холбогдох хууль, дүрэм, журмыг баримтлах эсэх;	2
2	Цаашдын тогтвортой байлалыг хангах төлөвлөгөөтэй эсэх;	3
3	Өгөгдлийн сан, өгөгдөл хангалтын талаар бодлоготой эсэх;	2
4	Бусад үзүүлэлт	7
<b>Нийт</b>		<b>67</b>

### Дүгнэлт

Төрийн байгууллага нь мэдээллийн систем хөгжүүлэхийн өмнө цахим хөгжил, харилцаа холбооны асуудал эрхэлсэн төрийн захиргааны төв байгууллагаас зөвлөмж, дүгнэлт авах үүрэгтэй бөгөөд Нийтийн мэдээллийн ил тод байдлын тухай хууль нь энэхүү харилцааг зохицуулж байна. “Мэдээлэл хариуцагч нийтийн мэдээллийн систем үүсгэхийн өмнө зөвлөмж, дүгнэлт гаргах журам”-ын дагуу ирүүлэх материалд үндэслэн аудит хийж, зөвлөмж, дүгнэлт гарган туршин үзэхэд тухайн системийг хөгжүүлснээр үүсэх эрсдэл, мөн хөгжүүлэх систем нь хэрэглэгчид ойлгомжтой, энгийн байж, нийтлэг ашигладаг технологи дээр хөгжүүлэгдэх эсэх, Мэдээллийн системийн аюулгүй байдал, найдвартай ажиллагааны чанар, стандарт болох ISO/IEC 27001 буюу “Мэдээллийн технологи, аюулгүй байдлын арга техник, мэдээллийн аюулгүй байдлын менежментийн тогтолцоо”-ны тусгайлсан шаардлагуудыг хангаж байгаа эсэхийг тогтооход хүндрэлтэй байсан болно. Иймд бид дээр дурдсан журмын асуулгыг илүү нарийвчлан систем хөгжүүлэхийн өмнө аудит хийх асуулгыг боловсруулсан.

Бидний боловсруулсан аргачлал нь “Мэдээлэл хариуцагч нийтийн мэдээллийн систем үүсгэхийн өмнө зөвлөмж, дүгнэлт гаргах журам”-д тодорхойлоогүй үзүүлэлтүүдийг

тусган, системийг хөгжүүлэхийн тулд тавигдах шаардлагуудыг нарийвчлан тодорхойлж өгснөөрөө давуу талтай юм.

Түүнчлэн энэхүү аргачлалыг Төрийн байгууллага мэдээллийн систем хөгжүүлэхийн өмнө хийх аудитын аргачлал болгон баримталснаар нийгэм эдийн засагт үзүүлэх үр ашиггүй, хэрэглэгчийн хэрэгцээ шаардлагад нийцээгүй, бусад системүүдтэй интеграци хийх боломжгүй, аюулгүй, найдвартай байдлыг хангаагүй систем үүсэх эрсдэлийг бууруулна гэж үзэж байна. Мөн цаашид төрийн байгууллагууд хөгжүүлсэн системийн талаар бүртгэл хөтлөн, хоорондоо мэдээлэл солилцох шаардлагатай бөгөөд ингэснээр системийн давхардал үүсэхгүй байх боломж бүрдэх юм.

**Ном зүй**

- [1] <https://legalinfo.mn/mn/detail?lawId=16390263044601>
- [2] Zachman: <https://www.zachman.com/>
- [3] Visial paradigm: <https://www.visual-paradigm.com/>
- [4] COBIT FRAMEWORK: <https://www.isaca.org/resources/cobit>
- [5] Morrissey, A., & Langford-Smith, J. (2015). Western Australian auditor generals report
- [6] TOGAF Standart: <https://www.opengroup.org/togaf>
- [7] Western Australian Auditor General's Report
- [8] ЗГ-ын хэрэг эрхлэх, газар. Программ хангамжийн судалгаа. Улаанбаатар, 2023
- [9] Мэдээлэл хариуцагч нийтийн мэдээллийн систем үүсгэхийн өмнө үйл ажиллагаанд зөвлөмж, дүгнэлт гаргах журам, 2022
- [10] Төрийн энтерпрайз архитектур ба өгөгдөл солилцооны нэгдсэн тогтолцоо
- [11] <https://www.enisa.europa.eu/>
- [12] Guidelines for SMEs on the security of personal data processing, European Union Agency for Network and Information Security , 2016
- [13] Handbook on Security of Personal Data Processing, European Union Agency for Network and Information Security, 2017

## **Салбар хуралдаан 5**

**Тооцоолол, мэдээллийн технологийн  
хэрэглээ**

# Ангилагчийн гүйцэтгэлийг үнэлэх хэмжүүр

## Өсвөр үеийхний сэтгэл хөдлөлийн өгөгдөл

1st Ахыг Тилеубай  
Физик, Мэдээлэл зүйн тэнхим, Био-  
Анагаахын сургууль  
Анагаахын Шинжлэх Ухааны  
Үндэсний Их Сургууль  
Улаанбаатар хот, Монгол Улс  
akhit@mnums.edu.mn

2<sup>nd</sup> Жавзмаа Цэнд  
Физик, Мэдээлэл зүйн  
тэнхим, Био-Анагаахын сургууль  
Анагаахын Шинжлэх Ухааны  
Үндэсний Их Сургууль  
Улаанбаатар хот, Монгол Улс  
javzmaa@mnums.edu.mn

3<sup>rd</sup> Баярмаа Ваанчиндорж  
Сэтгэцийн Эрүүл Мэндийн  
Үндэсний Төв  
Улаанбаатар хот, Монгол Улс  
vbayarmaa41@gmail.com

4<sup>th</sup> Ажнай Лувсан-Иш  
Физик, Мэдээлэл зүйн  
тэнхим, Био-Анагаахын сургууль  
Анагаахын Шинжлэх Ухааны  
Үндэсний Их Сургууль  
Улаанбаатар хот, Монгол Улс  
ajnai@mnums.edu.mn

5<sup>th</sup> Баасандорж Чалхаасүрэн  
Физик, Мэдээлэл зүйн  
тэнхим, Био-Анагаахын сургууль  
Анагаахын Шинжлэх Ухааны  
Үндэсний Их Сургууль  
Улаанбаатар хот, Монгол Улс  
baasandorj@mnums.edu.mn

*Хураангуй*— ДЭМБ-ын судалгаагаар дэлхий дахинаа хүүхэд, өсвөр насныхны 20% сэтгэц, зан үйлийн эмгэгтэй ба ихэнхи эмгэг өсвөр насанд эхлэн илэрдэг. WHO-AIMS-ын үнэлгээгээр “Монгол улсад хүүхдийн сэтгэцийн эрүүл мэндийн тусламж үйлчилгээ байхгүй байна. Цаашид хүүхэд, өсвөр насныханд зориулсан сэтгэцийн эрүүл мэндийн үйлчилгээ явуулах мэргэжлийн чадамжийг хөгжүүлэхэд онцгой анхаарах хэрэгтэй байна.” гэж тэмдэглэжээ.

Иймд Говь-Алтай аймгийн 3764 сурагчаас онлайнаар өсвөр насныхны сэтгэл хөдлөл, зан үйлийн илрэлийг үнэлэх SDQ асуумж авч, сурагч, эцэг эх/асран хамгаалагч, багшийн үнэлгээний сангууд үүсгэв. Өгөгдөл тандалтын ангиллын аргуудаар загварууд байгуулан, ангилагчийн гүйцэтгэлийг үнэлэх нарийвчлал, мэдрэмж, онцлог байдал, статистик тест зэрэг хэмжүүрээр үнэлэхэд бэйсийн аргаар тооцолсон загварын гүйцэтгэлийг үнэлэх хэмжүүрүүд өндөр хувьтай гарсан тул, ач холбогдолтой мэдлэг илэрсэн гэж үзэн үр дүнг илтгэлээ.

*Тулхуур үг*— Өгөгдлийн тандалт, ангилал, C5.0, RIPPER, бейсийн ангилал, sensitivity, статистик тест

### I. УДИРТГАЛ

Орчин үед интернэт технологи, харилцаа холбооны хурдацтай ахиц дэвшил нь асар их хэмжээний өгөгдөл бий болгосоор байна. Өгөгдөл олборлолт нь энэхүү хуримтлагдсан их хэмжээний өгөгдлөөс мэдлэг, үнэ цэнтэй мэдээллийг илрүүлэх, нээх үйл явц юм [1-4].

СЭМҮТ-ийн 2013 оны судалгаагаар өсвөр насны хүүхдүүдийн 40% зааг завсрын болон хэвийн бус, эмгэгтэй байна. Монгол улсад өсвөр насанд түгээмэл тохиолддог сэтгэл хөдлөл, зан үйлийн судалгаа хийгдэж байгаа ч их өгөгдөлтэй ажиллах өгөгдлийн шинжилгээний аргаар судлаагүй нь энэ судалгааны ажлын шинэлэг тал болж байна [5].

Иймд өсвөр насныхны сэтгэл хөдлөл, зан үйлийн илрэлийн үнэлгээний өгөгдөлд ангиллын аргуудыг туршин тэдний сэтгэцийн эрүүл мэндийн төлөвийг таамаглахыг зорилоо.

Өгөгдөл тандалт нь өвчтөний эрсдэлийг үнэлэх, аливаа өвчин, эмгэгийн төлөвийг урьдчилан таамаглах загварыг бий болгоход туслах маш сайн гүйцэтгэлийг харуулах ач холбогдолтой тул сүүлийн үед анагаах ухааны судалгааны тэргүүлэх салбар болж байна [6]. Тиймээс энэ судалгаа нь эрүүл мэнд болон бусад салбарын судлаачдад их өгөгдөлтэй ажиллахад дэмжлэг үзүүлэх зорилгоор өгөгдөл олборлох технологийг ашиглах тодорхой бөгөөд ойлгомжтой ойлголттой болоход нь туслах явдал юм .

### II. МАТЕРИАЛ, АРГА ЗҮЙ

#### A. Хүчтэй ба сул талын тухай асуумж (SDQ)

Олон улсад түгээмэл хэрэглэгддэг өсвөр насныхны сэтгэл хөдлөл, зан үйлийн илрэлийг үнэлж, эмгэгийг илрүүлэх 25 асуулт, 3 шалгууртай хүчтэй ба сул талын асуумжийг (SDQ) хүүхэд, эцэг эх/асран хамгаалагч, ангийн багшаас тус тусад нь авч ашигласан. Асуумж нь өсвөр үеийнхний сэтгэл зүйн үнэлгээний 25 шалгуураас гадна ерөнхий, хүн ам зүйн үзүүлэлт, сэтгэл зүйн бэрхшээлийн, нөлөөлөх хүчин зүйл зэрэг бүлгээс бүрдэх бөгөөд сэтгэл хөдлөл, төрх үйл, анхаарал дутмагшил/хэт хөдөлгөөнтөх, үе тэнгийнхний харилцаа, нийтэч занг тус тус илрүүлнэ. Хүүхдийн хариултаар дотоод шинж чанар сэтгэл хөдлөлийн “Нийт оноо” 0-5 үед хэвийн, 6 байхад зааг, 7-10 үед хэвийн бус илрэлтэй гэж үзнэ [5, 7].

Энэ ажлаар SDQ асуумжийг онлайнаар авч, өгөгдөл цуглуулан өгөгдлийн тандалтын аргаар өсвөр үеийнхний сэтгэцийн ерөнхий төлөв байдлыг илрүүлэх зорилготой юм.

#### B. Ангилал

Ангиллын арга нь багцаас чухал ач холбогдолтой ангиллыг илэрхийлэх загвар олборлох өгөгдлийн шинжилгээний нэг хэлбэр юм. Шийдвэрийн мод, бейс, дүрэмд үндэсэлэн зэрэг үндсэн аргууд байдаг [8].



**Шийдвэрийн мод нь** класс хаягтай сургалтын багцаас шийдвэрийн мод сургах ажиллагаа бөгөөд зангилаа бүр шинж чанар, салаа туршилтын үр дүн, навч класс хаягийг (class label) тодорхойлох шаталсан хэлбэртэй мод бүтэц болно [9]. Шийдвэрийн модны CHAID, C5.0, CART зэрэг олон алгоритм байдаг. C5.0 нь ID3 алгоритмаас хурд, санах ойн ашиглалт, жижиг мод, олон ангиллыг жигнэх, ашиггүй атрибутуудыг автоматаар ялгах зэрэг олон давуу талуудтай [9].

**Бейсийн ангилал (naive Bayes classifiers)** нь шинж чанаруудын хоорондын бие даасан байдлыг Бейсийн теоромд үндэслэн таамагладаг статистик магадлалуудын нэг бөгөөд шийдвэрийн мод, мэдрэлийн сүлжээ ангилагчуудтай гүйцэтгэлийн хувьд харьцуулах боломжтой, томоохон мэдээллийн сангуудад өндөр нарийвчлал, хурдыг үзүүлдэг [8].

**Дүрэмд үндэслэсэн ангилал нь** мэдлэгийг дүрслэх шилдэг аргуудын нэг бөгөөд загвар нь урьдчилсан нөхцөл (rule antecedent) IF condition AND холбоосоор бүрдсэн атрибутуудын туршилтаас, дүрмийн үр дүн (rule consequent) THEN класс таамаглалуудын иж бүрдлээр илэрхийлэгддэг. Хэрвээ урьдчилсан нөхцөл нь өгөгдсөн X багцын хувьд үнэн байвал дүрэм багцыг хамарч, үр дүн нь хүчин төгөлдөр байна. Дүрэм R-г D сургалтын иж бүрдлийн класс хаягтай X багц дахь R дүрмийг хамрах багцын тоо, R дүрмээр зөв ангилагдсан багцын тоог ашиглан хамрах хүрээ, нарийвчлалыг тооцож үнэлнэ. Хэмжээгээр дараалуулах (size ordering), дүрмээр дараалуулах (rule ordering) зэрэг олон арга байдаг. Дүрмээр дараалуулах нь AQ, CN2 ба RIPPER зэрэг өргөн хэрэглэгддэг алгоритмуудтай [8].

R программын train(x, y, ...) функц нь шийдвэрийн мод, бейс, дүрмэнд суурилсан ангиллаар загварууд тооцоолдог [10, 11].

**C. Загварын үнэлгээ**

Ангиллын аргуудаар загварууд байгуулан, тэдгээрийг хооронд нь гүйцэтгэлийг үнэлэх хэмжүүрээр харьцуулан, оновчтой загвараар мэдлэгийг дүрсэлдэг. Иймд ангилагчийн урьдчилан таамаглах чадварыг үнэлэх нарийвчлал, мэдрэмж, онцлог байдал, ач холбогдлын тест гэх мэт үнэлгээний хэмжүүрүүдийг судаллаа [8].

Ангиллын аргуудыг ашиглан сургалтын өгөгдлөөр загварууд үүсгэн, туршилтын өгөгдлөөр загваруудын нарийвчлал, мэдрэмж (sensitivity), онцлог байдал (specificity), ач холбогдлын шалгуур зэрэг хэмжүүрийг тооцон, гүйцэтгэлийг үнэлж харьцуулан, оновчтойг нь сонгоно.

Нарийвчлал нь ангилагчаар зөв ангилагдсан туршилтын багцын багцын хувь, мэдрэмж нь зөвөөр хаягласан эерэг багцын хувь, онцлог байдал нь зөвөөр ангилсан сөрөг багцын хувь болно. Өгөгдлийн багцын тархалт нь сөрөг анги дийлэнх олонх, цөөнх нь эерэг ангитай буюу жигд бус байж болно. Энэ үед эерэг болон сөрөг багцыг зөв ангилж ялгах sensitivity, specificity хэмжүүрийг ашигладаг [8].

Хөндлөн баталгаажуулалтаар өгөгдлийг арав хуваан ангиллын аргуудаар M<sub>1</sub>, M<sub>2</sub>, M<sub>3</sub> гэх мэт загвар байгуулан загвар бүрийн дундаж алдааны түвшинг тооцон хамгийн сайныг тодорхойлохын тулд алдаа багатай загварыг сонгож болно. M<sub>1</sub>, M<sub>2</sub>, M<sub>3</sub> загваруудын алдааны дундаж түвшин ялгаатай байх ч статистик ач

холбогдолгүй, ялгаа нь тохиолдлоос үүдэлтэй байж болно [8].

Загваруудын дундаж алдааны түвшин бодит ялгаатайг тодорхойлохын тулд статистик ач холбогдлын шалгуурыг ашигладаг. Загваруудын алдааны дундаж түвшиний итгэх итгэлийн хязгаарыг ашиглан статистикийн ач холбогдлын тестийг тооцоолж бодит ялгааг тодорхойлоноор "Нэг загвар нь илүү дээр" зэрэг мэдэгдлийг хийх боломжтой [8].

Хөндлөн баталгаажуулалтаар өгөгдлийг 10 хуваан ангиллын аргуудаар M<sub>1</sub>, M<sub>2</sub>, M<sub>3</sub> загварууд үүсгэн, загвар бүрээр олж авсан 10 алдааны түвшинүүдийн дунжийг тооцож тэдгээрийн хоорондох алдааны дундаж түвшний зөрүү тэг гэсэн таамаглалыг үгүйсгэн, статистикийн хувьд мэдэгдэхүйц ялгаатайг тодорхойлно. Үүний тулд ач холбогдлын t шалгуур буюу стьюдентийн t шалгуураар тэг таамаглалыг шалгана. Өгөгдсөн загварын хувьд хөндлөн баталгаажуулалтад тооцсон алдааны хувь хэмжээнүүдийг бие даасан түүвэр гэж үзэн k - 1 зэрэгтэй бөгөөд k = 10 байна. Хэрэв тэг таамаглалыг үгүйсгэж чадвал загваруудын ялгаа нь статистикийн хувьд ач холбогдолтой гэж дүгнэж алдааны түвшин багатай загварыг сонгоно [8].

$$t = \frac{\overline{err}(M_1) - \overline{err}(M_2) - \overline{err}(M_3)}{\sqrt{var(M_1 - M_2 - M_3)/k}} \tag{1}$$

$$var(M_1 - M_2 - M_3) = \frac{1}{k} \sqrt{\overline{err}(M_1)_i - \overline{err}(M_2)_i - \overline{err}(M_3)_i} \tag{2}$$

**III. Туршилт**

Говь-Алтай аймгийн 3764 сурагч, 3176 эцэг эх асран хамгаалагч, ангийн багшаас онлайнаар хүчтэй ба сул талын (SDQ) асуумж авч, 10122 өгөгдөл цуглуулан, ерөнхий, хүн ам зүйн, сэтгэл хөдлөл, зан үйл, анхаарал дутмагшил/хэт хөдөлгөөнтөх, үе тэнгийхний харилцаа, нийтэч зангийн илрэлийг үнэлэх, бэрхшээл, нөлөөлөх хүчин зүйл, сэтгэл хөдлөл, зан үйлийн нийт үзүүлэлт гэх мэт атрибуттай сурагч, багш, асран хамгаалагчийн үнэлгээний сангууд үүсгэлээ. Үүнээс сурагчийн үнэлгээний санд дотоод шинж чанар болох сэтгэл хөдлөл, үе тэнгийхний харилцааны үзүүлэлтүүдээс сэтгэл хөдлөлийн хэвийн, зааг, хэвийн бус төлөв хэрхэн хамаарахыг ангиллын аргуудаар судлав. Хүснэгт1-д сурагчийг үнэлэх сэтгэл хөдлөл, үе тэнгийхний харилцааны асуулт болон оноог, хүснэгт2-д өгөгдлийн санг харууллаа.

**Хүснэгт 1. Сурагчдын дотоод шинж чанарын үзүүлэлт**

№	Атрибут/асуултууд	Үнэн биш	Заримдаа	Яг үнэн
<b>Сэтгэл хөдлөл</b>				
1	Ихэнхдээ толгой өвддөг (S3)	0	1	2
2	Олон зүйлд санаа зовнидог, түгшдэг (S8)	0	1	2
3	Ихэнхдээ аз жаргалгүй, сэтгэлээр унадаг (S13)	0	1	2
4	Шинэ орчинд байхаараа сандарч түгшдэг (S16)	0	1	2
5	Олон зүйлээс айдаг (S24)	0	1	2
<b>Үе тэнгийхний харилцаа</b>				
1	Ихэнхдээ ганцаараа тоглодог (S6)	0	1	2

2	Нэг л дотны сайн найзтай (S11)	2	1	0
3	Нэг л дотны сайн найзтай (S14)	2	1	0
4	Бусад хүүхдүүд дарамталдаг (S19)	0	1	2
5	Үеийн хүүхдүүдтэй байхаасаа илүү том хүмүүстэй харьцах нь амар байдаг (S23)	0	1	2
7	Дотоод шинж чанар	Хэвийн 1	Зааг - 2	Хэвийн бус -3
6	Класс атрибут (InterCl)	0-5	6	7-10

Хүснэгт 2. Сурагчийн үнэлгээний сан

S3	S8	S13	S16	S24	S6	S11	S14	S19	S23	InterCl
0	2	0	1	0	1	2	1	0	0	2
2	2	0	1	0	1	0	0	0	0	2
1	1	1	0	1	0	1	1	0	0	2
1	0	1	1	0	2	1	1	0	1	2
0	2	0	1	0	0	2	1	0	1	2
0	1	0	1	0	1	2	1	0	0	2
0	1	0	1	1	0	2	0	0	0	1
0	1	1	1	1	0	2	0	0	0	2
1	1	1	1	1	2	2	1	0	0	3
1	2	1	1	1	0	2	1	0	0	3
0	1	1	1	1	0	2	2	1	2	3

Сурагчийн өөрийгөө үнэлэх сангийн зааг 1355 болон хэвийн бус төлөвийн 1736, нийт **3091** бичлэгийг хөндлөн баталгаажуулалтаар арав хуваан ангиллын аргуудаар загвар, нарийвчлалыг тооцон, Хүснэгт3-д үзүүлэв.

Хүснэгт 3. Загваруудын confusion matrix, нарийвчлал

		Таамагласан			Нарийвчлал
		2	3		
C50 – M <sub>1</sub>	Бодит	2	36.7	6.6	<b>0.8620</b>
		3	7.2	49.5	
Naïve Bayes -M <sub>2</sub>	Бодит	2	39	6.5	<b>0.8869</b>
		3	4.8	49.6	
RIPPER-M <sub>3</sub>	Бодит	2	39	6.5	<b>0.8750</b>
		3	4.8	49.6	

Загваруудыг мэдрэмж, онцлог байдал зэрэг хэмжүүрээр үнэлсэн (Хүснэгт4).

Хүснэгт 4. Гүйцэтгэлийг үнэлэх хэмжүүрүүд

Хэмжүүр	Sensitivity	Specificity	Accuracy
Арга	Зааг	Хэвийн бус	
<b>Сурагч</b>			
C50	0.836	0.882	0.86
Bayes	<b>0.890</b>	<b>0.884</b>	<b>0.89</b>
RIPPER	0.888	0.865	0.88

Загваруудын хуваалт бүрийн алдааны түвшинг  $err(M_1)_i$ ,  $err(M_2)_i$ ,  $err(M_3)_i$  тооцон,  $\overline{err}(M_1)$ ,  $\overline{err}(M_2)$ ,  $\overline{err}(M_3)$  дунджилсан. Хуваалт бүрд тооцсон алдааны хувь хэмжээг бие даасан түүвэр гэж үзэн, дисперсийг  $var(M_1 - M_2 - M_3)$  олсон. k дээжийн хувьд k - 1 эрх чөлөөний зэрэгтэй t статистикийг тооцдог. Бидний судалгааны ажлын хувьд k = 10 бөгөөд ач холбогдлын тестийг шалгах боломжийг олгодог. M<sub>1</sub>, M<sub>2</sub>, M<sub>3</sub> хоорондоо мэдэгдэхүйц ялгаатайг тодорхойлох ач холбогдлын шалгуур t утга нь тархалтын хүснэгтийн 5%/2 ач холбогдлын түвшинд харгалзах тархалтын z=-2.26 утгатай харьцуулахад t > z эсвэл t < -z ханган, тархалтын сүүл хэсэгт, таггалзах мужид оршиж байна (Хүснэгт5).

Хүснэгт 5. Статистик ач холбогдлын шалгуур

№	Загваруудын хуваалт тус бүрийн алдаа		
	C50 $err(M_1)_i$	Bayes $err(M_2)_i$	RIPPER $err(M_3)_i$
1	0.16	0.10	0.12
2	0.14	0.12	0.14
3	0.11	0.13	0.12
4	0.10	0.10	0.13
5	0.14	0.11	0.12
6	0.12	0.14	0.13
7	0.15	0.10	0.16
8	0.14	0.12	0.13
9	0.15	0.12	0.08
10	0.16	0.10	0.12
$\overline{err}$	0.14	0.11	0.13
$\overline{err}(M_1) - \overline{err}(M_2) - \overline{err}(M_3)$			-0.10
$\sqrt{var(M_1 - M_2 - M_3)/k}$			0.01074547619
<b>Z</b> итгэх хязгаар			<b>-2.26</b>
<b>T</b> шалгуур			<b>-9.31</b>

Бэйсийн аргаар тооцоолсон загварын үр дүнг харуулж байна (Хүснэгт 6).

Хүснэгт 6. Сурагчийн дотоод шинж чанарыг илэрхийлэх загвар

State	0	1	2	0	1	2
Сэтгэл хөдлөл			Үе тэнгийнхний харилцаа			
S3			s6			
2	0.69	0.28	0.03	0.64	0.30	0.04
3	0.33	0.52	0.15	0.31	0.505	0.18
s8			S11			
2	0.18	0.62	0.19	0.06	0.16	0.77
3	0.03	0.46	0.5	0.05	0.22	0.71
s13			s14			
2	0.69	0.25	0.015	0.11	0.55	0.33
3	0.23	0.60	0.16	0.08	0.61	0.30
s16			s19			
2	0.32	0.55	0.12	0.80	0.17	0.01
3	0.09	0.51	0.38	0.46	0.43	0.10
s24			s23			
2	0.53	0.40	0.05	0.51	0.44	0.03
3	0.13	0.54	0.31	0.28	0.57	0.14

## IV. ДҮГНЭЛТ

- Сурагчийн үнэлгээний санг хөндлөн баталгаажуулалтаар арав хуваасан загваруудын нарийвчлал нь 70:30 харьцаагаар сургалт, туршилтын багцад хоёр хуваасанаас 10% их, 0.86-0.89 хооронд байгаа нь хөндлөн баталгаажуулалт өгөгдөл их байх тусмаа сайн ажиллаж байгааг харуулж байна
- Ач холбогдлын шалгуурын үр дүнгээр загварууд нь хоорондоо статистик ялгаа тай учраас алдаа бага загварыг сонгож болно. Иймд бэйсийн аргаар тооцсон загварын нарийвчлал 89%, бусад загвараас 0.03% их, алдаа бага тул үр дүнг нь илэрхийллээ
- Сэтгэл хөдлөлийн зааг төлөвийн мэдрэмжийг 0.89, хэвийн бус илрэлийн онцлог байдлыг 0.88 магадлалтайгаар жигд таамагласан нь тэдний дотоод шинж чанар сэтгэл хөдлөл, үе тэнхгийнхний харилцааг илэрхийлэх боломжтой
- Судалгаанд хамрагдсан сурагчдын үнэлгээгээр тэдний сэтгэл хөдлөлийн зааг илрэл үүсэх магадлал заримдаа олон зүйлд санаа зовиноход 0.62, аз жаргалгүй, сэтгэлээр унахдаа 0.6, шинэ орчинд сандарч, түгшихдээ 0.55, олон зүйлээс аяхад 0.55, үе тэнгийнхний харилцааны зааг илрэл үүсэх магадлал нь ганцаараа тоглохдоо 0.5, хэвийн бус илрэлийн магадлал нэг дотны найзтай үедээ 0.7, заримдаа бусад хүүхдүүдэд таалагдахгүй байхад 0.62, үе, тэнгийн хүүхдүүдтэй байхдаа 0.57 байх төлөвтэй

## V. АШИГЛАСАН МАТЕРИАЛ

1. Chakrabarti, S., et al., *Data mining curriculum: A proposal (Version 1.0)*. Intensive working group of ACM SIGKDD curriculum committee, 2006. **140**: p. 1-10.
2. Hastie, T., et al., *The elements of statistical learning: data mining, inference, and prediction*. Vol. 2. 2009: Springer.
3. Mining, W.I.D., *Data mining: Concepts and techniques*. Morgan Kaufmann, 2006. **10**: p. 559-569.
4. Arockiam, L., et al., *Deriving Association between Urban and Rural Students Programming Skills*. International Journal on Computer Science and Engineering, 2010. **2**(3).
5. Баярмаа, В., *Өсвөр насныхны сэтгэл хөдлөл, зан үйлийн судалгаа*. 2019.
6. Wu, W.-T., et al., *Data mining in clinical big data: the frequently used databases, steps, and methodological models*. Military Medical Research, 2021. **8**: p. 1-12.
7. Goodman, R., *The Strengths and Difficulties Questionnaire (SDQ)*, in *Innovations in clinical practice: Focus on children & adolescents*. 2003, Professional Resource Press/Professional Resource Exchange, Inc. p. 109-111.
8. Han, J., M. Kamber, and J. Pei, *Data mining concepts and techniques third edition*. University of Illinois at Urbana-Champaign Micheline Kamber Jian Pei Simon Fraser University, 2012.
9. Palmov, S.V. and A.A. Miftakhova, *Comparison of classification algorithms C4. 5 and C5. 0*. Infokommunikacionnye tehnologii, 2015. **13**(4): p. 467-471.
10. Kuhn, M., et al., *Package 'caret'*. The R Journal, 2020. **223**(7).
11. Kuhn, M., *A Short Introduction to the caret Package*. R Found Stat Comput, 2015. **1**: p. 1-10.

# Параллель Боловсруулалт ба GPU дээрх програмчлал

1<sup>st</sup> Довдонгийн Энхзол\*  
Мэдээлэл, компьютерын ухааны  
тэнхим, ХШУИС, МУИС  
Монгол улс, Улаанбаатар хот  
enkhzol@seas.num.edu.mn

2<sup>nd</sup> Баттулгын Батням  
Мэдээлэл, компьютерын ухааны  
тэнхим, ХШУИС, МУИС  
Монгол улс, Улаанбаатар хот  
batnyam@seas.num.edu.mn

**Хураангуй**— Аж үйлдвэрийн дөрөвдүгээр хувьсгалын технологийн хөдөлгүүр болоод байгаа хиймэл оюун ухаан, их өгөгдөл, юмсын интернэт буюу төхөөрөмж дээрх програмчлал зэрэгтэй холбогдуулан тэдгээрийн тооцоололд зориулан өндөр гүйцэтгэлийн тооцооллын кластер, супер компьютерын дэд бүтэц бий болгох болон тухайн нөөцийг бүрэн дүүрэн, ухаалаг ашиглах параллель програмчлалын технологийг судлан хөгжүүлэх шаардлага тулгарч байна. Энэхүү өгүүлэлд уг шаардлагатай холбогдуулан НРС, супер компьютерын талаарх ойлголтууд болон сүүлийн үед параллель програмчлалд өргөнөөр ашиглаж эхлэх болсон GPU програмчлалын зарим сангуудын талаар бичив.

**Түлхүүр үгс**—параллель програмчлал, GPU програмчлал, супер компьютер, high-performance computing, НРС кластер

## I. УДИРТГАЛ

Өндөр гүйцэтгэлтэй тооцоолол (High-performance computing - НРС) систем нь төрөл бүрийн салбарт өргөн ашиглагдаж байгаа бөгөөд зарим кластерууд нь их хэмжээний тооцооллын эрэлт хэрэгцээнээс шалтгаалан супер компьютерүүдээс бүрддэг. Супер компьютер нь хувийн компьютероос хэт өндөр тооцоолох хүчин чадлаар хангадаг компьютерын систем юм. Тооцооллын өндөр гүйцэтгэлийг хангахын тулд супер компьютерүүд параллель системийн хэлбэрийг хэрэглэдэг. Супер компьютерыг үндэсний лаборатори, үндэсний батлан хамгаалахын агентлагууд голчлон ашигладаг байсан бол улам бүр судалгаа, боловсруулалт, арилжааны талбарт ашиглаж эхэлж байна.

Сүүлийн 30 жилийн хугацаанд дэлхийн хамгийн хурдан компьютерүүд нь вектор машинууд, дараа нь параллель боловсруулалт бүхий, тархсан санах ойн менежменттэй системүүд байв. Эдгээр тооцоолох машинууд нь одон орон, биологи, хими, математик, анагаах ухаан, инженерчлэл, физик зэрэг салбарын эрдэмтдэд тоон шинжилгээ, атомоос галактик хүртэлх илүү нарийвчилсан загварчлалаар дамжуулан байгалийн үзэгдлийн талаар илүү гүнзгий ойлголттой болоход туслах зэрэг шинжлэх ухааны загварчлалаас үүлэн тооцоолол, их өгөгдлийн шинжилгээ, машин сургалтанд өргөн хэрэглэгдэж байна.

НРС кластерууд нь шинжлэх ухаан, инженерчлэл, бизнесийн томоохон асуудлуудыг шийдвэрлэхийн тулд ердийн ширээний компьютер эсвэл ажлын сервер компьютерүүдээс хэт өндөр гүйцэтгэлтэй байхаар архитектур бүтцийг нь зохиомжилсон байдаг. Дагнасан болон салбар дундын судалгаа шинжилгээ, бизнест зориулагдсан олон тооны НРС кластерыг байгуулснаар тухайн орны шинжлэх ухаан, инновац, үйлдвэрлэлийг дэмжин үр ашигтай байдлыг нэмэгдүүлдэг ба ингэснээр олон улсын төвшинд өрсөлдөх чадварыг нэмэгдүүлдэг. Монгол улсад НРС кластерүүд дутмаг байгаад анхаарал хандуулах шаардлагатай байгааг илэрхийлж байна. Иймд

энэхүү судалгааны ажилд НРС, кластер, супер компьютер болон тэдгээрийн онцлог шинжүүдийн тухай хоёрдугаар хэсэгт тусгав.

Мөн эдгээр өндөр хүчин чадал бүхий тооцоолох компьютерүүд дээрх платформын хөгжүүлэлтэд параллель програмчлалын техникийг хэрэглэснээр үр ашигтай ажиллагааг үлэмж хэмжээгээр нэмэгдүүлдэг. Параллель програмчлалын дараах арга техникуудийг хэрэглэж байна. Үүнд, параллелиар хандах боломжтой өгөгдлийн бүтцийг ашиглах; системийн кэш болон бусад хурдан буферыг үр ашигтай ашиглах; параллель байдлыг сайжруулж, мэдээллийн солилцоо болон процессын синхрончлолыг багасгахын тулд нэг хэмжээст тооцооллоос олон хэмжээст тооцоолол болгон өргөтгөн задлах; статик, динамик, блок хуваарилалт зэрэг ялгаатай аргууд хэрэглэгддэг. Түүнчлэн параллель програмчлалд өргөн хэрэглэгдэж буй програмчлалын сангуудын талаар гуравдугаар хэсэгт танилцуулав.

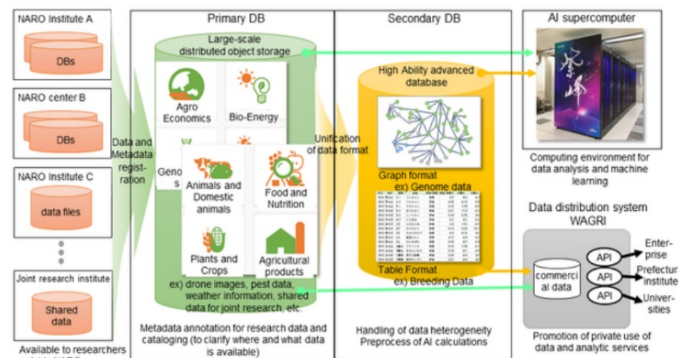
## II. HIGH-PERFORMANCE COMPUTING

Өндөр хүчин чадал бүхий тооцооллын машинуудын төвлөрсөн төв буюу НРС кластер нь компьютер болон инженерчлэлийн шинжлэх ухааны орчин үеийн шилдэг технологиудын цогцолбор юм.

### A. НРС ба НРС кластер

Өндөр гүйцэтгэлтэй тооцоолол (НРС) нь компьютерт суурилсан тооцооллын салбар бөгөөд тооцооллын өндөр хүчин чадал, хадгалах багтаамж шаардсан технологийн шийдлүүдийг багтаана. Дэвшилтэт, комплекс хэрэглээний программуудыг үр ашигтай, найдвартай, хурдан ажиллуулахын тулд өндөр хүчин чадал бүхий GPU болон CPU агуулсан сервер компьютерүүд дээр параллель боловсруулалтыг ашигладаг.

Эдгээр серверүүдийн бүлгийг кластер гэж нэрлэх ба сүлжээгээр холбогдсон зуу, мянгаар тоологдох серверүүдээс бүрддэг. НРС кластерт компьютер бүрийг ихэвчлэн зангилаа (node) гэж нэрлэдэг.



Зураг 1. Өгөгдөлд суурилсан хөдөө аж ахуйн НРС кластерын жишээ [1]

HPC кластерууд нь багц (batch) тооцоолол хийдэг. Аливаа HPC кластерын гол цөм нь хуваарилагч (scheduler) бөгөөд энэ нь боломжит нөөцийг тооцоолж, ажлын хүсэлт орж ирэхэд өндөр хурдны сүлжээгээр дамжуулан ачаалагдаагүй буюу сул байгаа тухайн зангилаа (CPU болон GPU бүхий) -нд үр ашигтайгаар хуваарилан ажиллуулж, гүйцэтгэлийн явцыг мөшгөдөг [2].

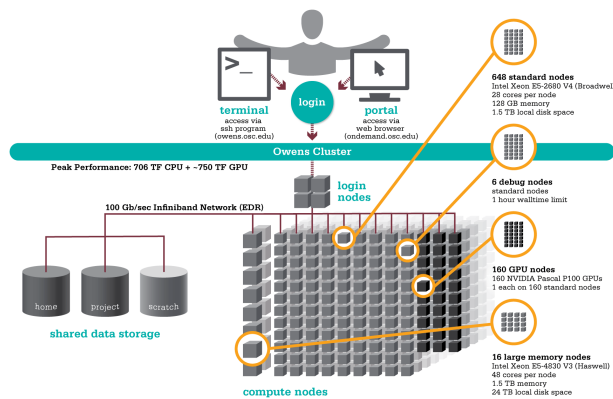
HPC кластер систем нь нэвтрэх (login), менежмент (management) -ийн, тооцоолол (thin ба fat compute) -ын, свич (switching) болон I/O (оролт/гаралт), хадгалалт (storage) -ын гэсэн таван нэгжүүдийн зангилаанаас бүрдэнэ.

- Нэвтрэх цэг нь хэрэглэгчдэд кластерын хүчирхэг тооцооллын болон хадгалалтын зангилаанд гаднаас нэвтрэх цорын ганц гарц болж өгдөг. Энэ зангилаанд хэрэглэгчид ажлыг илгээж, компайл хийнэ. Нэвтрэх зангилаанд ерөнхийдөө өндөр тооцооллын хүч шаарддаггүй.
- Менежментийн зангилаа нь кластер дахь бүх төрлийн удирдлагын стратегийг зохицуулах үүрэгтэй. Энэ нь кластерын зангилаа бүрийн найдвартай байдал болон дотоод холболтын сүлжээний төлөв байдалд хяналт тавих үүрэгтэй. Кластерын удирдлагын PBS зэрэг програм хангамж нь уг зангилаанд ажилладаг. Удирдлагын зангилаанд алдаа гарвал бүх тооцооллын зангилаа бүтэлгүйтэж, илгээсэн ажлууд унтарна. Иймд удирдлагын зангилаа нь техник хангамжийн нэмэлт хамгаалалттай байх ёстой. Нэвтрэх зангилаатай адил удирдлагын зангилаа нь тооцооллын хүчирхэг нөөц шаарддаггүй.
- Тооцооллын зангилаа нь боловсруулалтыг гүйцэтгэдэг кластерын чухал хэсэг юм. Тус зангилааны тохиргоог эрэлт хэрэгцээ болон төсвөөс хамаарч шийддэг ба дотроо бага оврын маш олон тооны нарийн (thin) болон цөөн тооны их багтаамж, тооцооллын чадвар өндөр өргөн (fat) зангилаануудаас ихэвчлэн бүрддэг. Параллель тооцоололд CPU, GPU болон MIC хурдасгуур ашигласнаар тооцооллын үр ашгийг эрс нэмэгдүүлдэг.
- Свич нэгжид кластерын бүх зангилаанууд сүлжээгээр холбогддог. Свичээр дамжуулан зангилааны хооронд мэдээлэл, өгөгдөл солилцох ба томоохон кластерын хувиргагч свич нь олон зуун порттой.
- I/O зангилаа болон хадгалах нэгж нь өндөр үр ашигтай параллель боловсруулалтаар хангахын тулд тооцооллын цэг бүр өгөгдөлд зэрэгцэн хандах шаардлагатай болдог. I/O зангилаанд өгөгдөлд синхроноор хандахын тулд хадгалах төхөөрөмж болон тооцоолох цэгүүдийн хоорондох интерфэйсийн унших болон бичих зурвасын өргөн их байх шаардлагатай.

Мөн түүнчлэн хэт нарийн төвөгтэй тооцооллын асуудлыг шийдвэрлэхэд супер компьютерын кластерыг хэрэглэж байна.

### B. Супер компьютерын технологи

Супер компьютерын технологи нь дэлхийн хамгийн хурдан компьютер болох супер компьютерүүдээс бүрддэг. Супер компьютерүүд нь дотоод харилцан холболт, I/O систем, санах ой, процессорын цөмүүд зэргээс бүрддэг [3]. Уламжлалт компьютероос ялгаатай нь супер компьютер нь олон тооны CPU болон GPU ашигладаг ба эдгээр нь тэгш хэмт зэрэгцээ боловсруулалт (symmetric multiprocessing) болон санах ойн блокуудад бүлэглэгдсэн зангилаануудаас тогтоно. Хэмжээгээрээ супер компьютер нь хэдэн арван мянган зангилаа агуулж болно.



Зураг 2. Owens кластерын супер компьютер [4]

Зангилаанууд нь өгөгдөл хадгалах, сүлжээний гэх мэт I/O схемээрээ дамжуулан тодорхой асуудлыг шийдвэрлэхэд хамтран ажиллана. Мөн супер компьютер нь вектор процессор, скаляр процессор эсвэл олон урсгалт процессор зэрэг процессорын системийг ашиглана. Орчин үеийн супер компьютерүүдийн эрчим хүчний зарцуулалтаас болж дата төвүүдэд хөргөлтийн систем, тоног төхөөрөмжийг тохиромжтойгоор байршуулах барилга байгууламж шаардагддаг гэдгийг тэмдэглэх нь зүйтэй.

### C. Супер компьютерын түүх

Америкийн Нэгдсэн Улс (АНУ) -ын Ерөнхий шуудангийн албаны телефон утасны судлаач инженер Томми Флоуэрсийн бүтээсэн анхны электрон ажиллагаатай тоон компьютер болох Колоссус машиныг Блетчли Паркт 1940 онд байршуулснаас эхлэлтэй юм.

Супер компьютер гэх нэр томъёо 1960-аад оны эхээр IBM компанийн IBM 7030 Stretch, Сперри Рэндийн UNIVAC LARC-ыг танилцуулснаар хэрэглэгдэж эхэлсэн бөгөөд энэ нь тухайн үеийн хамгийн хурдан арилжааны машинуудаас илүү хүчтэй байхаар зохион бүтээгдсэн анхны хоёр супер компьютер юм. 1950-иад оны сүүлээр АНУ-ын засгийн газар цэргийн хэрэглээнд зориулсан хамгийн сүүлийн үеийн, өндөр хүчин чадалтай компьютерын технологийг хөгжүүлэх ажлыг тогтмол санхүүжүүлж эхэлсэн нь супер компьютерын хөгжилд эергээр нөлөөлсөн. Арилжааны салбарт АНУ-ын Контрол Дата Корпорац болон Крэй Рисөч гэсэн хоёр компани 1960-аас 1970-аад оны сүүл хүртэл супер компьютерыг амжилттай нийлүүлж байсан. IBM хожим 1990-ээд оноос арилжааны салбарыг тэргүүлж эхэлсэн. Сүүлийн үеийн судалгаа [5] -аар “HPE”, “Atos SE”, “Dell Inc.”, “FUJITSU” корпорац, “IBM” корпорац, “Lenovo Inc.”, “NEC

Technologies India Private Limited” компаниуд супер компьютерын зах зээлийн гол нийлүүлэгчид юм.

*Д. Супер компьютер болон параллель тооцоолол*

Супер компьютер нь зэрэгцээ боловсруулалтыг ашиглаж чаддаг тул заримдаа супер компьютерыг параллель компьютер (parallel computer) гэж нэрлэдэг. Параллель боловсруулалт гэдэг нь олон CPU эсвэл GPU тухайн үед нэг тооцооллыг шийдвэрлэхээр ажиллахыг хэлнэ. НРС хувилбарууд нь параллелизм (parallelism) хэрэглэнэ.

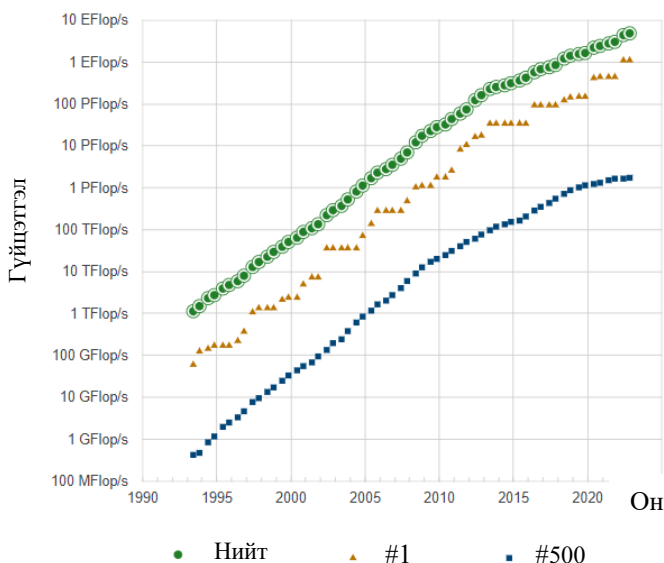
Дашрамд, квантын тооцооллын талаар товч дурдахад, энэ нь магадлал дээр суурилсан тооцоолол хийж, өгөгдлийг боловсруулахын тулд квант механикийн хуулиудыг ашигладаг тооцооллын загвар юм. Энэ нь дэлхийн хамгийн хүчирхэг супер компьютерүүд ч шийдэж чадахааргүй төвөгтэй асуудлуудыг шийдвэрлэх зорилготой юм.

*Е. Супер компьютерын чадамж*

Супер тооцооллыг нэг секундэд гүйцэтгэх хөвөгч цэгтэй тоон дээр хийгдэх үйлдлээр (FLOPS - Floating Point Operations) хэмждэг. Петафлоп нь нэг их наяд ( $10^{12}$ ) флоптой тэнцэх компьютерын боловсруулалтын хурдны хэмжүүр юм. Мөн 1 петафлоп компьютерын систем нь нэг тунамал ( $10^{15}$ ) флоп хийх чадвартай. Өөрөөр хэлбэл супер компьютерүүд нь хамгийн хурдан зөврийн компьютероос нэг сая дахин их боловсруулах хүчин чадалтай байж болно.

*Ф. Дэлхийн хамгийн хурдан супер компьютер*

Супер компьютерүүдийн хөгжил, эрчим хүчний хэрэглээг хянах зорилгоор Өндөр гүйцэтгэлийн линпак (High-Performance Linpack - HPL) хэмжигдэхүүн нь бүтээгдсэн [6]. TOP500 жагсаалт болох [www.top500.org](http://www.top500.org) нь 1993 оны 6-р сараас эхлэн дэлхийн хамгийн хүчирхэг 500 машины HPL гүйцэтгэлийг хянах зорилгоор ашиглагдаж байна. Жагсаалтын нэгдүгээрт орсон супер компьютерүүдийн хурд 1993 оны 6 дугаар сард 59.7 Gflops байснаас 1.1 EFlops болж 18.4 сая дахин нэмэгдсэн байна.



Зураг 3. Супер компьютерын гүйцэтгэлийн хөгжил

Дээд амжилтыг 2022 оны 6 дугаар сарын байдлаар АНУ-ын Oak Ridge National Laboratory (ORNL) дахь

Frontier систем эзэмшдэг ба хамгийн сүүлийн үеийн HPE Cray EX235a архитектурт суурилсан нийт 8,730,112 цөмтэй AMD EPYC 64C 2GHz процессороор тоноглогдсон, 52.23 гигафлоп/ватт эрчим хүчний зарцуулалттай, гигабит интернет өгөгдөл дамжуулах сүлжээтэй.



Зураг 4. ORNL лабораторийн Супер компьютер.

ORNL нь Red Hat Enterprise Linux version 7.4 үйлдлийн системтэй бөгөөд TOP500 жагсаалтын машинуудын 95% нь Linux үйлдлийн системтэй [7].

*Г. Архитектурын ангилал*

Супер компьютерт параллель компьютерын архитектуртай ижил ангиллыг хэрэглэдэг. Параллель тооцоолол нь SIMD (single instruction multiple data) эсвэл MIMD (multiple instruction multiple data) хийгдсэн эсэх, мөн дундын (shared) эсвэл хуваарилагдсан (distributed) санах ой ашигладаг эсэхээс хамааран дараах 4 төрөлд хувааж болно.

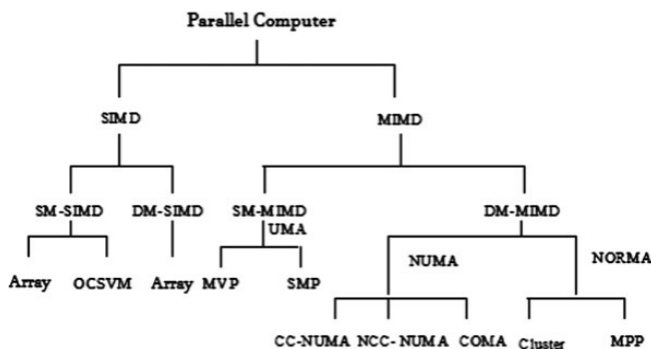
- Shared-memory SIMD (SM-SIMD)
- Distributed-memory SIMD (DM-SIMD)
- Shared-memory MIMD (SM-MIMD)
- Distributed-memory MIMD (DM-MIMD).

Эхэн үеийн Супер компьютерын системүүд SIMD архитектуртайгаар параллель тооцооллыг гүйцэтгэдэг. Процессоруудыг ихэвчлэн массив хэлбэрээр зохион байгуулдаг тул эдгээр системийг массив процессор гэж нэрлэдэг. Массив процессорын санах ой нь дундын санах ой (SM-SIMD) эсвэл хуваарилагдсан санах ой (DM-SIMD) -той байж болно. Массив процессорын системүүд нь ихэвчлэн тусгай зориулалтын системүүд бөгөөд зөвхөн нэг төрлийн асуудлыг боловсруулах боломжтой боловч өндөр үр ашигтай байдаг.

Нэг процессортой вектор машин нь санах ойг вектор процессор, скаляр хөвөгч цэг болон скаляр бүхэл тоон нэгжийн хооронд хуваалцдаг. Иймд нэг процессортой вектор машин нь SM-SIMD төрлийнх юм. Эдгээр системүүд нь ерөнхий зориулалтын дагуу, вектор асуудлуудыг боловсруулах өндөр үр ашигтай ажилладаг.

Орчин үеийн Супер компьютерын системүүд нь ихэвчлэн MIMD төрлийн байдаг. Олон вектор процессор (Multiple vector processor - MVP) системүүд нь санах ойг хуваалцдаг. MVP системүүд нь SM-MIMD төрлийн ба тэгш хэмт зэрэгцээ боловсруулалт (symmetric

multiprocessor) систем нь мөн энэ төрлийнх юм. Санах ойд ижил хугацаанд ханддаг ялгаатай процессоруудтай MVP ба SMP хоёул санах ойн нэгдсэн хандалт (Uniform memory access - UMA) -тай систем гэж тооцогддог.



Зураг 5. Параллель компьютерын ангилал

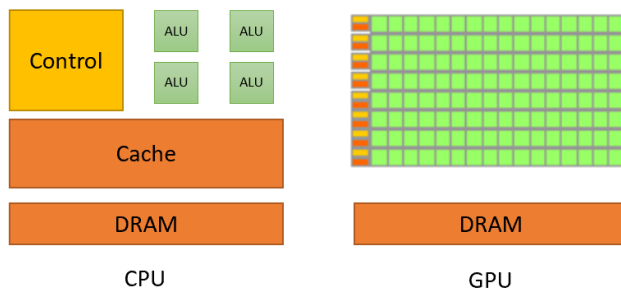
UMA системийн эсрэг нь NUMA (non-uniform memory access) систем юм. NUMA систем дэх санах ой нь хуваарилагдсан байдаг тул өөр өөр процессоруудын санах ойд хандах хугацаа нь процессорын байршлаас хамаарч ижил байдаггүй. NUMA систем DM-MIMD төрөлд багтана [8].

*H. HPC ба Үүлэн технологи*

Их өгөгдөлд дүн шинжилгээ хийх, нарийн төвөгтэй асуудлуудыг шийдвэрлэхэд шаардагдах тооцооллын нөөцүүд нь бодит дата төвийн HPC кластеруудаас гадна нийтийн үүлэн үйлчилгээ (public cloud) -ээр дамжуулан ашиглах боломжтой нөөцүүд болон өргөжиж байна. Нийтийн үүлэн платформ гэдэг нь гуравдагч компани өөрийн эзэмшлийн техник хангамж дээр тулгуурлан хөгжүүлсэн виртуал тооцооллын нөөцийг өөртөө үйлчлэхэд дөхөм болгосон хялбаршуулж, автоматжуулсан интерфэйсийн хамт олон үйлчлүүлэгчдэд санал болгон хуваарилахыг хэлнэ. Жишээлбэл дэлхийн хэмжээний Amazon Web Services (AWS), Microsoft Azure, Google Cloud Platform (GCP), Oracle Infrastructure зэрэг нийтийн үүлэн технологиуд багтана. Үүлэн тооцоолол нь нөөцийг эрэлт хэрэгцээний дагуу ашиглах боломжийг хэрэглэгчид олгосноор зардал багасах, HPC-ийн ажлын ачааллыг илүү уян хатан зохицуулах боломжийг олгодог.

*I. CPU, GPU ба MIC*

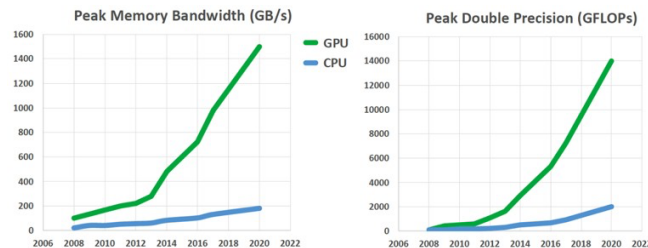
Төв процессор (Central Processing Units - CPU) ба График процессор (Graphics Processing Units - GPU) нь тооцооллын үндсэн хөдөлгүүр юм. CPU болон GPU хоёрын нийтлэг тал нь цахиурт суурилсан тооцоолох микропроцессор бөгөөд хоёулаа өгөгдлийг боловсруулдаг [9]. Гэвч тооцоолох эрэлт хэрэгцээ өсөхийн хэрээр CPU болон GPU хоёрын ялгаа юу болох, аль нь тухайн ажлын ачаалалд хамгийн сайн тохирох нь тодорхой байдаггүй. Иймд параллель боловсруулалттай холбогдуулан эдгээр үндсэн нэгжүүдийн талаар товч танилцуулья.



Зураг 6. GPU нь өгөгдөл боловсруулах илүү их транзистортой [10]

CPU нь олон сая транзистороос бүрдсэн хэд хэдэн боловсруулах цөмтэй байж болох бөгөөд компьютерын тархи гэж ойлгож болно. Энэ нь компьютер болон үйлдлийн системд шаардлагатай команд, процессуудыг гүйцэтгэдэг, олон төрлийн ажлын ачаалалд тохиромжтой ба цөм бүрийн гүйцэтгэл хоцролгод ихээхэн нөлөөтэй байдаг. CPU нь цөөн тооны цөмийг бие даасан ажлыг хурдан гүйцэтгэхэд чиглүүлдэг. Нөгөөтээгүүр цуваа тооцоололд илүү сайн зохицох бүтэцтэй.

GPU нь олон тооны жижиг, илүү нарийн мэргэжлийн цөмүүдээс бүрдсэн боловсруулагч юм. Боловсруулах ажлыг олон цөмд хувааж, тэдгээр нь хамтран ажилласнаар илүү их тооцооллын гүйцэтгэлийг хангадаг. GPU нь 3D дүрслэх тодорхой ажлуудыг хурдасгах зорилгоор тусгайлан боловсруулсан нэгдсэн хэлхээ (application-specific integrated circuit – ASIC) -ээс хөгжил нь эхэлсэн ба дараагийн үеийн хувилбарууд нь илүү програмчлах боломжтой, уян хатан болсон. График болон өнөөгийн шилдэг тоглоомуудын улам бүр бодит дүр төрхтэй болж байгаа нь GPU -ийн үндсэн үүрэг хэвээр буйг илэрхийлж байгаа ч, хурдацтай өсөн нэмэгдэж буй програмуудыг зохицуулахын тулд ерөнхий зориулалтын параллель процессор болж хөгжсөн.



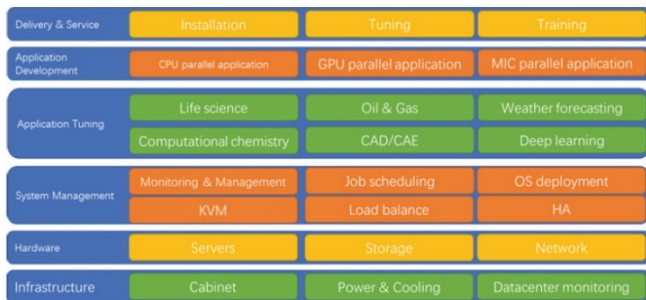
Зураг 7. Nvidia "Volta" V100 болон Intel "Cascade Lake" Xeon SP-ийн хамгийн их санах ойн зурвасын өргөнийг GP/s -аар илэрхийлсэн ба хамгийн дээд давхар нарийвчлалтай гигафлопыг GPU болон CPU чипүүдийн хувьд 2008 оноос 2020 он хүртэлх өгөгдөл дээрх харьцуулалт [11].

MIC (Many Integrated Core) процессор буюу Олон цөмт процессор гэж нэрлэгддэг процессор нь олон тооны энгийн цөмтэй ба параллель боловсруулалтанд оновчтой болсон процессорын төрөл юм. Шинжлэх ухааны симуляц, өгөгдлийн аналитик, зураг боловсруулах зэрэг параллель ажлуудыг гүйцэтгэхийн тулд цөмүүд хамтран ажилладаг. Тэдгээрийг Intel Xeon Phi процессор гэж нэрлэдэг. Ихэвчлэн MIC системийн зурвасын өргөн нь GPU-ийн санах ойн зурвасын өргөнөөс бага байдаг. MIC архитектур нь маш энгийн бөгөөд үйлдлийн системийг өөрөө ажиллуулж чаддаг (зарим MIC нь GPU шиг гадаад нэмэлт карттай байдаг). Түүнчлэн MIC нь General-Purpose

GPU (GPGPU) буюу Ерөнхий зориулалтын GPU-гэй төстэй үүрэгтэй гэж ойлгож болно.

### III. ПАРАЛЛЕЛЬ БОЛОВСРУУЛАЛТЫН ТЕХНОЛОГИ

Өнөөгийн HPC систем нь мянга мянган тооцооллын зангилаа, ялгаатай тооцооллын нөөц (CPU/GPU/MIC), нарийн төвөгтэй тохиргоо бүхий удирдлагын программ хангамж, параллель боловсруулалт, олон зуун хэрэглэгчидтэй байна. Эдгээр бүх тоон өсөлт нь эцэстээ HPC системийн удирдлагын сорилтыг чанарын хувьд өөрчлөхөд хүргэнэ. Өндөр үр ашигт хүрэхийн тулд HPC систем нь 8-р зурагт үзүүлсэн шиг тооцоолох, сүлжээний, хадгалах, эрчим хүчний нөөцүүд болон ажлын гүйцэтгэлийн нэгдсэн менежментийг шаарддаг.



Зураг 8. HPC системийн бүтэц

Тооцооллын нөөцийн хувьд нэгэн төрлийн хурдасгуурууд болон процессоруудын олон цөмт архитектурууд нь удирдлагын нарийн төвөгтэй байдлыг нэмэгдүүлсэн. Харин сүлжээний нөөцийн хувьд дотоод холболтын цар хүрээ нэмэгдэж байгаа тул дотоод холболтын топологитой харьцуулахад зэрэгцээ програмчлалын гүйцэтгэлийн нөлөөлөл чухал хүчин зүйл болсон. Хадгалалтын нөөцийн хувьд, систем доторх олон төрөлт түвшний өсөлт, олон цөмт процессорын кэшийн түвшний өсөлт, файлын системийн тархсан бүтэц зэрэг нь хадгалалтын менежментэд сорилт болдог. Ажлын хуваарилалтын хувьд параллель програмчлалын загваруудын төрлүүд нэмэгдэж байгаа нь олон загваруудын ажлыг илүү үр дүнтэй удирдахыг шаарддаг.

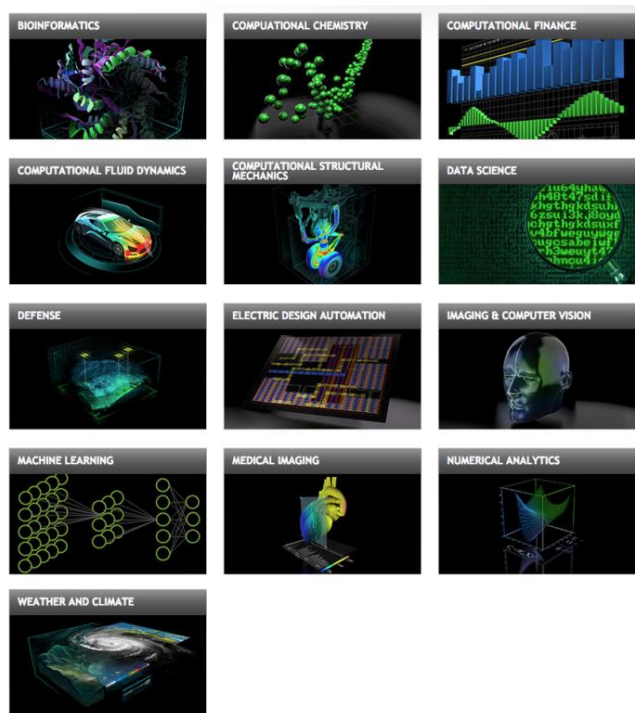
Ашиглах чадвар, нийцтэй байдлыг сайжруулахын тулд нэгэн төрлийн бус системийн хөгжүүлэлтийн орчин нь ерөнхийдөө програмчлалын шинэ хэлийг дахин үүсгэхийн оронд одоо байгаа програмчлалын хэлэнд өөрсдийн тусгай өргөтгөлүүдийг нэмж ашигладаг.

#### A. CUDA-ийн хэрэглээ

NVIDIA компанийн CUDA Toolkit нь GPU дээр тулгуурласан өндөр гүйцэтгэлтэй, хурдасгасан програмуудыг хөгжүүлэх орчныг бүрдүүлдэг. CUDA Toolkit-ийн тусламжтайгаар GPU бүхий эмбэдэд систем, ширээний болон зөөврийн компьютер, дата төв, үүлэн тооцооллын платформ болон HPC супер компьютер дээр параллель ажилладаг хурдтай програмуудыг хөгжүүлэх боломжтой.

Энэхүү CUDA toolkit буюу кернел програмын параллель тооцооллыг Зураг 9-д үзүүлсэнчлэн санхүүгийн тооцоолол; уур амьсгал, цаг агаар, далай тэнгисийн загварчлал; сансар судлал; өгөгдлийн шинжлэх ухаан ба аналитик; машин болон гүн сургалт; батлан хамгаалах ба тагнуул; аюулгүй байдал; үйлдвэрлэл/АЕС (архитектур, инженерчлэл, барилга байгууламж); CAD ба CAE; хэвлэл мэдээлэл ба

энтертаймент; хүнс хөдөө аж ахуй (эрчимжүүлсэн газар тариалан, мал аж ахуй); эрүүл мэнд ба анагаах ухаан; уул уурхай ба бүтээн байгуулалт зэрэг олон салбарт өргөн хэрэглэж байна.



Зураг 9. CUDA хэрэглээний талбар [12]

#### B. Параллель програмчлалын хэлний төрөл

Параллель програмчлалыг хөгжүүлэгчдэд зориулсан хэд хэдэн төрлийн програмчлалын хэл байдаг. Үүнд:

- 1) Дундын санах ойн загварт зориулсан олон урсгалтай програмчлалын хэл, тухайлбал: POSIX Threads, Java Threads, OpenMP.
- 2) Хуваарилагдсан санах ойн загварт зориулсан мессеж дамжуулах програмчлалын хэл: MPI, PVM гэх мэт.
- 3) HPF (High Performance Fortran) гэх мэт өгөгдлийн параллель загварчлалын програмчлалын хэлүүд.
- 4) NVIDIA боловсруулсан CUDA зэрэг олон төрлийн платформуудад зориулсан параллель програмчлалын хэлнүүд багтана.

#### C. Параллель програмчлалын сан

Энгийн хэрэглэгчийн компьютер болон гар утас зэрэг ухаалаг төхөөрөмжүүдээс эхлээд хүчирхэг CPU, GPU, GPGPU, MIC зэрэг процессорууд агуулсан супер компьютер, HPC кластер дээр параллель тооцоолох боломжийг OpenACC, CUDA (Compute Unified Device Architecture), OpenCL (Open Computing Language), API бүхий OpenMP платформ олгож, өргөн хэрэглэгдэж байна. Эдгээр платформууд нь өгөгдөлд параллель ханддаг, даалгаврын параллель боловсруулалтын хувьд асинхрон гэсэн нийтлэг талтай боловч санах ойн түвшингүүд дэх боловсруулалт болон хост эсвэл төхөөрөмж тал дахь параллелизмаараа ялгаатай. Фрэймворк нь C/C++, Fortran хэл дээр хөгжүүлэгдсэн [13].



#### D. Өгөгдлийн төрөл ба програмчлалын сан

Машин сургалт, өгөгдлийг шинжлэхэд өгөгдлийн төрлөөс шалтгаалан дараах програмчлалын хэл дээрх ялгаатай санг ашиглан GPU дээр параллель боловсруулалт хийснээр цаг хугацаа хэмнэх, зардлыг багасгах боломжтой юм. Жишээлбэл:

- CUDA кернелийн cuBLAS (Basic Linear Algebra Subprograms) стандарт сангаар дамжуулан ерөнхий тооцооллын нөөцийг ашиглах, cuFFT (Fast Fourier Transform) -ийг хөрвүүлэлтэд хэрэглэх, CUDA Math санг математик тооцооллд, cuSPARSE санг массивд, cuRAND санг санамсаргүй тоон үүсгэвэрт, cuSOLVER санг компьютер вишн, химийн тооцоолол, AmgXp -ийг симуляцид хэрэглэхэд тохиромжтой.
- Python програмчлалын хэлний хувьд:
  - o CuPy нээлттэй санг ашигласнаар CUDA кернелийн cuBLAS, cuRAND, cuSOLVER, cuSPARSE, cuFFT, cuDNN, NCCL сангуудтай харьцаж GPU архитектурын гүйцэтгэлийг бүрэн ашиглах боломжтой ба NumPy санг хэрэглэснээр илүү хурдны гүйцэтгэлийг үзүүлэх боломжтой.
  - o Numba нь салбарын стандартад нийцсэн LLVM хөрвүүлэгч санг ашиглан Python функцүүдийг ажиллах үед машины оновчтой код болгон хөрвүүлдэг. Python дахь Numba-ийн хөрвүүлэгч тоон алгоритмууд нь C эсвэл FORTRAN-ийн хурдтай ойртож чаддаг ба NumPy сангийн зохиомжтой ижил байдаг.
  - o cuDF нь өгөгдлийг ачаалах, нэгтгэх, шүүх болон бусад аргаар удирдахад зориулагдсан Python GPU DataFrame сан юм (Apache Arrow баганын санах ойн формат дээр бүтээгдсэн). cuDF нь өгөгдлийн инженер, судлаачдад танил болох Pandas сантай төстэй API-г өгдөг бөгөөд CUDA програмчлалын төвөгтэй байдлаас үл хамааран, хялбархан ажиллах боломжийг олгодог.
  - o PyTorch, TensorFlow зэрэг машин сургалтын сангууд нь мөн CUDA ашиглан GPU дээр боловсруулах боломжийг олгодог.

#### IV. Дүгнэлт

Өнөөгийн тоон мэдээллийн хэмжээ нь зэттабайт (10-ын 21 зэрэгт) тоогоор хэмжигдэхүйц их хэмжээнд хүрээд байна. Үүнтэй холбогдуулан их өгөгдөл дээр тулгуурласан хиймэл оюун ухаан (AI) -ы хөгжүүлэлт, өгөгдлийн шинжилгээ, загварчлал, олон сая хэрэглэгчтэй платформ, програмуудыг ажиллуулахад тооцооллын өндөр хүчин чадалтай HPC кластер, супер компьютерүүдийн эрэлт хэрэгцээ өсөж байна.

Уг судалгааны ажлаар дамжуулан нэгдүгээрт: HPC, кластер, үүлэн технологийн үйлчилгээ, супер компьютер,

тэдгээрийн бүтэц, төрөл, жишээ кластер зэргийг олон нийтэд танилцуулах, хоёрдугаарт манай улсын шинжлэх ухаан, технологийн хөгжил, үйлдвэрлэлийн инновацыг дэмжихэд түлхэц болохуйц төрөлжүүлсэн болон салбар дундын хэд хэдэн HPC кластер төвүүдийг байгуулах эрэлт хэрэгцээ байгааг ухуулах, гуравдугаарт мэдээллийн технологи, компьютерын шинжлэх ухааны мэргэжил нэгт инженерүүд, оюутан залууст HPC кластерын дэд бүтэц болон GPU -ийг үр ашигтайгаар ашигладаг платформ, програмыг боловсруулахад зориулсан параллель програмчлалын зарим хэл, сангуудын талаар хийсэн тойм судалгааг товч танилцууллаа.

#### REFERENCES

- [1] T. Kawamura, T. Katsuragi, A. Kobayashi, M. Inatomi, M. Oshiro, and H. Eguchi, 'Development of an Information Research Platform for Data-Driven Agriculture', International Journal of Agricultural and Environmental Information Systems (IJAEIS), vol. 13, no. 1, pp. 1–19, 2022.
- [2] "What is high performance computing (HPC)?," [www.redhat.com. https://www.redhat.com/en/topics/high-performance-computing/what-is-high-performance-computing#:~:text=High%20performance%20computing%20\(HPC\)%20generally](https://www.redhat.com/en/topics/high-performance-computing/what-is-high-performance-computing#:~:text=High%20performance%20computing%20(HPC)%20generally) (accessed Apr. 02, 2023).
- [3] "What is supercomputing? | IBM," [www.ibm.com. https://www.ibm.com/topics/supercomputing](https://www.ibm.com/topics/supercomputing)
- [4] "Owens," Ohio Supercomputer Center, Feb. 11, 2016. [https://www.osc.edu/resources/technical\\_support/supercomputers/owens](https://www.osc.edu/resources/technical_support/supercomputers/owens) (accessed Mar. 25, 2023).
- [5] "Supercomputers Market Size, Share, Growth, Trends | 2022 - 27," <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/supercomputer-market>
- [6] "Frequent Asked Questions on the LINPACK Benchmark," [netlib.org. https://netlib.org/utk/people/JackDongarra/faq-linpack.html#\\_Toc27885709](https://netlib.org/utk/people/JackDongarra/faq-linpack.html#_Toc27885709) (accessed Mar. 30, 2023).
- [7] "Performance Development | TOP500," [top500.org. https://top500.org/statistics/perfdevel/](https://top500.org/statistics/perfdevel/) (accessed Apr. 01, 2023).
- [8] A. S. C. Community, The Student Supercomputer Challenge Guide: From Supercomputing Competition to the Next HPC Generation. Science Press, 2018.
- [9] "CPU vs. GPU: What's the Difference?," Intel. <https://www.intel.com/content/www/us/en/products/docs/processors/cpu-vs-gpu.html>
- [10] "CUDA Refresher: Reviewing the Origins of GPU Computing," NVIDIA Technical Blog, Apr. 24, 2020. <https://developer.nvidia.com/blog/cuda-refresher-reviewing-the-origins-of-gpu-computing/>
- [11] V. Natoli, "A Decade of Accelerated Computing Augurs Well For GPUs," The Next Platform, Jul. 10, 2019. <https://www.nextplatform.com/2019/07/10/a-decade-of-accelerated-computing-augurs-well-for-gpus> (accessed Apr. 02, 2023).
- [12] M. Heller, "What is CUDA? Parallel programming for GPUs," InfoWorld, Aug. 30, 2018. <https://www.infoworld.com/article/3299703/what-is-cuda-parallel-programming-for-gpus.html>
- [13] S. Memeti, L. Li, S. Pllana, J. Kolodziej, and C. Kessler, 'Benchmarking OpenCL, OpenACC, OpenMP, and CUDA: programming productivity, performance, and energy consumption', in Proceedings of the 2017 Workshop on Adaptive Resource Management and Scheduling for Cloud Computing, 2017, pp. 1–6.
- [14] Харилцаа холбоо, мэдээллийн технологийн газар, Харилцаа холбоо, мэдээллийн технологийн нэр томъёоны толь бичиг, Улаанбаатар хот, 2021.

# Програм хангамжийн статик загвараас зохиомжийн согогийг илрүүлэх нь

Баттулгын Батням\*, Цоодолын Лхамролом†, Болдын Наранчимэг‡

Мэдээлэл, компьютерийн ухааны тэнхим

ХШУИС, МУИС

Email: \*batnyam@seas.num.edu.mn, †lhamrolom@seas.num.edu.mn, ‡naranchimeg@seas.num.edu.mn

*Хураангуй*—Програм хангамжийн бүтээгдэхүүн хурдацтай нэмэгдэж буй өнөө үед програм хангамжийн алдаа, согогийг аль болох эрт урьдчилан таамагласнаар төслийн нийт зардлыг бууруулж, төсөл амжилттай хэрэгжихэд чухал нөлөөтэй. Одоо байгаа програм хангамжийн согогийг урьдчилан таамаглах аргууд нь програм хангамжийн хөгжлийн амьдралын мөчлөгийн (SDLC) хэрэгжүүлэлтийн үе шат эсвэл шалгалтын үе шатанд байгаа эх код дээр тулгуурладаг. Энэ судалгааны ажилд SDLC-ийн зохиомжийн үе шатанд сэжигтэй классыг таамаглах зохиомжийн статик хэмжүүрт суурилсан машин сургалтын аргыг санал болгож байна. Тодруулбал, бид эхлээд жава эх код бүхий PROMISE өгөгдлийн багцаас урвуу инженерчлэлийн аргаар UML статик загвар гарган, түүнээс зохиомжийн статик хэмжүүр бүхий өгөгдлийн багц үүсгэж, сэжигтэй классыг машин сургалтын арга ашиглан таамаглах туршилтыг гүйцэтгэнэ. PROMISE өгөгдлийн багц дээрх туршилтын үр дүнгээс харахад бидний арга нь эх кодоос статик хэмжүүрт суурилсан хувилбараас дутахгүй үр дүн харуулж байгааг батлан харуулна.

*Тулхуур үгс*—Програмын согог илрүүлэх, статик хэмжүүр, машин сургалт, урвуу инженерчлэл

## I. Удиртгал

Програм хангамжийн согог ялангуяа томоохон төслийн програм хангамж дахь алдааг илрүүлэх, засварлах нь маш төвөгтэй, өртөг өндөр, хүн хүч, хөдөлмөр шаарддаг. Програм хангамж хөгжүүлэх амьдралын мөчлөгийн (SDLC) эхний үе шатанд гарсан алдаа нь дараагийн үе шатуудад тархаж, алдааны тоог улам нэмэгдүүлдэг тул програм хангамжийн алдаа, согогийг аль болох эрт урьдчилан таамагласнаар төслийн нийт зардлыг бууруулж, төсөл амжилттай хэрэгжих боломжийг нэмэгдүүлэх ач холбогдолтой.

Сүүлийн хорин жилд хийгдсэн програм хангамжийн согогийг илрүүлэх зорилго бүхий судалгааны ажлууд нь програм хангамжийн эх кодоод дүн шинжилгээ хийх замаар согогийг таамаглахад чиглэсэн байна. Эдгээр судалгаанууд нь эх кодын статик хэмжүүрүүд [1] эсвэл эх кодоос автоматаар суралцсан онцлог шинж чанарууд [2], [3] дээр төвлөрч, эдгээрийг машин сургалтын алгоритм ашиглан сургах замаар ангилагчийг бий болгох ажлууд байв.

SDLC-ийн хэрэгжүүлэлтийн үе шатад алдаа, согогийг урьдчилан таамаглах олон судалгааны ажлууд хийгдэж, амжилтанд хүрсэн хэдий ч SDLC-ийн эхний үе шатууд; ялангуяа зохиомжийн шатанд согогийг илрүүлэх нь програм хангамжийн засвар үйлчилгээний үйл явцыг

сайжруулах ирээдүйтэй арга бөгөөд өнөөг хүртэл энэ төрлийн судалгаа маш бага хийгдсэн байна.

Энэхүү ажлаар бид SDLC-ийн зохиомжийн үе шатанд согогийг урьдчилан таамаглах статик зохиомжийн хэмжүүрт суурилсан аргыг санал болгож байна. Зохиомжийн статик загвар, түүнд харгалзах согог бүхий өгөгдлийн багц хангалттай байдаггүй тул бид эхлээд тус санг үүсгэх зорилгоор эх кодын өгөгдлийн багцаас урвуу инженерчлэл [4] хийн, UML класс диаграмыг гарган авч, түүнээс зохиомжийн үзүүлэлтийг хэмждэг хэрэгсэл ашиглан статик зохиомжийн хэмжүүрийн багцыг бий болгоно. Дараа нь машин сургалтын арга ашиглан алдаатай классыг урьдчилан таамаглах ангилагч бүтээхийг зорив. Зураг 1-т бидний аргын ерөнхий бүдүүвчийг үзүүлэв.

Энэ өгүүллийн хоёрдугаар бүлэгт програм хангамжийн алдаа, согог илрүүлэх ижил төстэй зарим ажлын талаар тайлбарласан. Гуравдугаар бүлэгт зохиомжийн статик хэмжүүр, машин сургалтын аргуудын талаар, дөрөвдүгээр бүлэгт хэрэгжүүлэлт болон үр дүнг бичсэн болно. Эцэст нь судалгааны ажлын дүгнэлтийг танилцуулна.

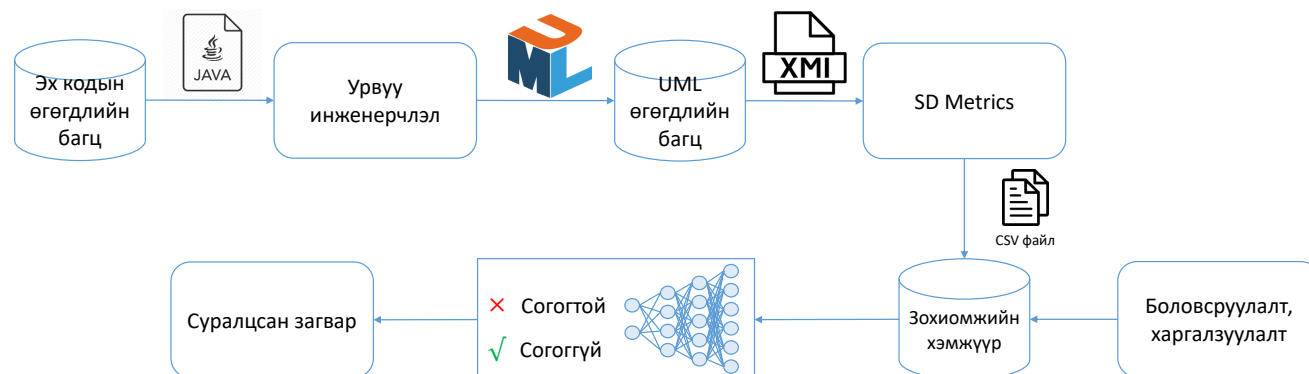
## II. Холбоотой ажил

Програмын согогийг урьдчилан таамаглах олон тооны судалгаа сүүлийн жилүүдэд хийгдсэн байдаг. Энэ хэсэгт бид энэ салбарын чиг хандлага болон бидний аргын ялгааг онцлох болно.

### A. Согог урьдчилан таамаглах онцлог шинж чанар

Өмнөх ажлуудад ашиглагдаж буй онцлог шинж чанарууд нь эх кодын статик хэмжүүрүүд [1] ба эх кодоос автоматаар суралцсан онцлог шинж чанарууд [2], [3] гэсэн хоёр төрөлд хуваагдаж байна. Эх кодын статик хэмжүүрүүдэд уламжлалт хэмжүүр (жишээ нь, хэмжээ, нарийн төвөгтэй байдал), объект хандалтат хэмжүүр (жишээ нь, дэд классын тоо, объектын анги хоорондын холболт гэх мэт хэмжүүр), процесст суурилсан хэмжүүр гэх мэт програм хангамжийн алдааг ялгах шинж чанаруудыг дурьдаж болно. Тухайлбал, Redolf Ferenc нарын [5] судалгаанд 47618 класс бүхий Алдааны нэгдсэн сан [6] өгөгдлийн багцад согогийг илрүүлэхдээ 60 гаруй төрлийн статик хэмжүүрийг ашигласан байна.

Нөгөөтэйгүүр, зарим судалгааны ажлууд эх кодоос гүн мэдрэлийн сүлжээг (Deep neural network буюу DNN)



Зураг 1: Програм хангамж хөгжүүлэлтийн зохиомжийн шатанд согогийг илрүүлэх аргын ерөнхий бүдүүвч

ашиглан суралцсан хийсвэр онцлог шинж чанарууд дээр төвлөрч байсан. Програм хангамжийн инженерчлэлийн салбарт [7], [8] DNN-д суурилсан аргыг эх кодоос согог илрүүлэхэд ашиглан гайхалтай амжилтанд хүрсэн байна. Хэдий тийм боловч DNN-ууд өөр өөр ангилалд хамаарах өгөгдлийн хийсвэр шинж чанарыг сурахын тулд сургалтын их хэмжээний өгөгдөл, үр дүнтэй сургалтын арга, өндөр тооцоолох хүчин чадал шаардагдана.

### В. Согог урьдчилан таамаглах арга

Дээрх онцлог шинж чанаруудыг ашиглан согог таамаглах загвар бүтээхэд олон төрлийн машин сургалтын алгоритмууд туршигдаж буйг сүүлийн үеийн [9], [10] тоймоос харж болно. Ялангуяа Support Vector Machine (SVM) [11], [12], Decision Tree (DT) [13], K Nearest Neighbors (KNN) [11], Linear Regression (LR) [11] аргуудыг ашиглаж байсан байна.

Харин хэрэгжилтийн үе шатаас өмнө UML загвар дээр үндэслэн согогийг урьдчилан таамаглах судалгаанууд цөөхөн хийгдсэн байдаг. Тухайлбал, [13]–[15] судалгаанууд нь UML хэмжүүрт үндэслэн програм хангамжийн алдаанд өртөмтгий байдлыг урьдчилан таамаглах ажил байна. Харин бидний ажил эх кодоос урвуу шинженерчлэл ашиглан UML хэмжүүр гарган авч, уг хэмжүүрт үндэслэн согогтой классыг урьдчилан таамаглана. Туршилтаар эх кодын статик хэмжүүрт суурилсан үр дүн ба UML хэмжүүрт суурилсан үр дүнг харьцуулан судална.

### III. Арга зүй

Бидний санал болгож буй аргын бүдүүвчийг Зураг 1-г үзүүлэв. Уг загвар нь эх кодоос урвуу инженерчлэл ашиглан зохиомжийн загвар гаргах, уг зохиомжийн загвараас хэмжсэн үзүүлэлт (хэмжүүр)-ээс классын согогийг таамаглах загвар боловсруулах үндсэн хоёр хэсгээс бүрдэнэ.

Объект хандлагат зохиомжоос классын согогийг таамаглах загварыг үүсгэхийн тулд бидэнд сургалтын өгөгдөл шаардлагатай болсон. Уг сургалтын өгөгдлийг бэлдэхдээ Rudolf Ferenc нарын [6] боловсруулсан алдааны нэгдсэн өгөгдлийн багц [6]-ыг ашигласан. Уг өгөгдлийн

багц нь нээлттэй эхийн нийт 82 програмын эх кодоос хэмжсэн зохиомжийн үзүүлэлт болон алдааны мэдээллийг агуулсан нэгдсэн сан юм. Бид зохиомжийн загвараас зохиомжийн үзүүлэлтийг хэмжих шаардлагатай болсон тул дээрх нэгдсэн сангаас эхний удаад PROMISE сангийн нийт 46 програмын эх кодоос урвуу инженерчлэлийн аргаар бүтцийн зохиомжийн загвар (класс диаграм, багцын диаграм) гаргаж авсан бөгөөд тус загвараа объект хандлагат загварын META модель хэлбэрээр хадгалсан. Уг моделиос SDMetrics<sup>1</sup> хэрэгслийн тусламжтай классын болон интерфэйсийн үзүүлэлтийг тус тус хэмжиж гарсан үр дүнг PROMISE сангийн алдааны мэдээлэлтэй харгалзуулсан. Үүний үр дүнд уг сангийн бүтцийн зохиомжийн загвар болон бүтцийн зохиомжоос хэмжсэн үзүүлэлт бүхий алдааны мэдээллийн санг бүрдүүлсэн. Тус сангийн дэлгэрэнгүйг Хүснэгт I-д үзүүлэв.

### А. Объект хандлагат зохиомжийн хэмжүүр

Объект хандлагат зохиомжийг үнэлэхэд түгээмэл ашигладаг хэд хэдэн хэмжүүр байдаг. Тухайлбал,

- MOOSE metrics - Объект хандлагат зохиомжийн эхний гурван алхамын үр дүнг хэмжих Weighted Methods per Class (WMC), Depth of Inheritance Tree (DIT), Number of Children (NOC), Coupling Between Object classes (CBO), Response For a Class (RFC) болон Lack of Cohesion in Methods (LCOM) хэмжүүрүүд [16].
- EMOOSE metrics – MOOSE хэмжүүрийг Message Pass Coupling (MPC), Data Abstraction Coupling (DAC), Number of Methods (NOM), Size1 болон Size2 гэсэн хэмжүүрүүдийг өргөтгөн тодорхойлсон [17].
- MOOD Metrics - Бүтцийн загварын объект хандалтад үндсэн шинжүүдийг тодорхойлох битүүмжлэлийн

Хүснэгт I: Өгөгдлийн багцын дэлгэрэнгүй.

	Түүврийн тоо	Соогтой түүврийн тоо	Хэмжүүрийн тоо
Эх код	15521	5589	80
UML статик загвар	15495	5583	26

<sup>1</sup><https://www.sdmetrics.com/>

## Хүснэгт II: Зохиомжийн хэмжүүр.

Бүлэг	Хэмжигдэхүүн	Тайлбар
Хэмжээ	NumAttr NumOps NumPubOps Setters Getters	Классын шинжийн тоо Классын үйлдлийн тоо Классын нийтийн хандалттай үйлдлийн тоо 'set' түлхүүр үгээр эхэлсэн үйлдлийн тоо 'get' түлхүүр үгээр эхэлсэн үйлдлийн тоо
Удамшил	IFImpl NOC NumDesc NumAnc DIT CLD OpsInh AttInh NumDirClients NumIndClients	Классын хэрэгжүүлсэн интерфэйсийн тоо Тухайн классын дэд классын тоо Тухайн классын нийт үр удмын тоо (дэд классууд, тэдгээрээс удамшсан нийт класс) Тухайн классын нийт өвгийн тоо (эцэг, эцэг классын эцэг, тэдгээрийн эцэг классууд) Тухайн классаас түүнийг агуулж буй удамшлын модны үндэс хүртэлх зай (тухайн классын түвшин) Тухайн классаас түүнийг агуулж буй удамшлын модны хамгийн хол навч хүртэлх зай Нийт удамшиж ирсэн үйлдлийн тоо Нийт удамшиж ирсэн шинжийн тоо Тухайн интерфэйсийг шууд хэрэгжүүлсэн элементийн тоо Тухайн интерфэйсийг шууд болон шууд бусаар хэрэгжүүлсэн нийт элементийн тоо
Холболт	Dep_Out Dep_In NumAssEl_ssc NumAssEl_sb NumAssEl_nsb EC_Attr IC_Attr EC_Par IC_Par Assoc Nesting	Тухайн классыг ашиглаж буй нийт классын тоо Тухайн классд ашиглаж буй нийт классын тоо Нэг үйлчлэх хүрээнд орших тухайн класстай холбогдсон классын тоо Нэг үйлчлэх хүрээ болон түүний дэд хүрээнд орших тухайн класстай холбогдсон классын тоо Тухайн классаас ялгаатай үйлчлэх хүрээнд орших тухайн класстай холбогдсон классын тоо Тухайн классыг шинжийн төрөл болгосон нийт тоо Тухайн класс дахь бусад класс төрлийн шинжийн нийт тоо Тухайн класс төрлийн параметр ашигласан нийт тоо Тухайн классд бусад класс төрлийн параметр ашигласан нийт тоо Тухайн интерфэйстэй холбогдсон элементийн тоо Дотоод классын хувьд түүнийг багтааж буй түвшин

Method Hiding Factor (MHF), Attribute Hiding Factor (AHF), удамшлийг илэрхийлэх Method Inheritance Factor (MIF), Attribute Inheritance Factor (AIF), полиморфизмийг илэрхийлэх Polymorphism Factor (POF), болон зурвас дамжуулалтыг илэрхийлэх Coupling Factor (COF) хэмжигдэхүүн [18].

- MOOD2 Metrics – MOOD хэмжигдэгдэхүүнийг Operation Hiding Effectiveness Factor (OHEF), Attribute Hiding Effectiveness Factor (AHEF), Internal inheritance factor (IIF) болон Parametric polymorphism factor (PPF) гэсэн хэмжигдэхүүнээр [18].
- QMOOD metrics - Объект хандлагат зохимжийн дахин ашиглалт, уян хатан байдал, өргөтгөж болохуйц байдал, үр дүнтэй байдал болон ойлгомжтой байдлыг тодорхойлох зорилготой Design Size in classes (DSC), Number of Hierarchies (NOH), Average Number of Ancestors (ANA), Data Access Metric (DAM), Direct Class Coupling (DCC), Class interface Size (CIS), Measure of aggregation (MOA), Cohesion Among Methods of Class (CAM), Measure of Functional Abstraction (MFA), Number of Polymorphic methods (NOP), Number of methods (NOM) хэмжүүр [19].
- Lorenz and Kidd Metrics - Зохиомжийн үндсэн гурван үзүүлэлт болох хэмжээ (Number of Public Methods (NPM), Number of Methods (NM), Number of Public Variables per class (NPV), Number of Variables per class (NV), Number of Class Variables (NCV), Number of Class Methods (NCM)), удамшил (Number of Methods Inherited (NMI), Number of Methods Overridden (NMO), Number of New Methods (NNA)) классын нягтралыг (Average parameters per Method (APM), Specialization Index (SIX)) тодорхойлох хэмжүүр [20].

- Coupling metrics - Объект хандлагат классын хоорондох холболтыг тодорхойлох CA (Class-Attribute), CM (Class-Method) болон MM (Method-Method) хэмжүүр [21].

Эдгээр хэмжүүрүүд нь ихэвчлэн тус тусдаа судалгааны ажлуудад тодорхойлогдсон учир зарим нь хоорондоо ижил төстэй үзүүлэлтийг өөр өөрөөр нэрлэсэн байдаг [22]. Тиймээс бид энэхүү судалгааны ажилдаа дээрх зохиомжийн хэмжүүрүүдээс давхардлыг арилган, классын диаграммаас хэмжих боломжтой хэмжүүрүүдийг сонгон ашигласан. Бидний ашигласан зохиомжийн хэмжүүрүүдийг Хүснэгт II-д үзүүлэв.

## IV. Хэрэгжүүлэлт ба Үр дүн

Энэ хэсэгт эх кодын хэмжүүр болон зохиомжийн хэмжүүрийг машин сургалтын алгоритм ашиглан ангилсан үр дүнг харьцуулан тайлагнах болно.

Туршилтад бид LR, SVM, DT, RF болон KNN алгоритмын загварыг scikit-learn [23] санг ашиглан хэрэгжүүлсэн. Эдгээр алгоритмын параметруудийг сургалтын багц дээр (нийт өгөгдлийн 75%) 10-fold хөндлөн баталгаажуулалтаар тохируулсан. Бүх алгоритмуудын гүйцэтгэлийг үнэлэхдээ туршилтын багц дээр (нийт өгөгдлийн 25%) accuracy, precision, recall болон F1 оноо гэсэн хэмжүүрээр хэмжив.

Хүснэгт III болон IV-г PROMISE өгөгдлийн багцын эх кодоос гаргасан хэмжүүр болон зохиомжийн хэмжүүр дээрх машин сургалтын аргуудын үр дүнг харуулав. Харьцуулсан үр дүнгээс харахад зохиомжийн загвараас суралцсан хамгийн сайн арга RF нь кодоос суралцсан хамгийн сайн арга болох SVM аргаас нарийвчлалаар харьцангуй бага буюу 1.9% байна.

Хүснэгт III: Програмын кодоос гаргасан хэмжүүр дээрх машин сургалтын аргуудын үр дүн.

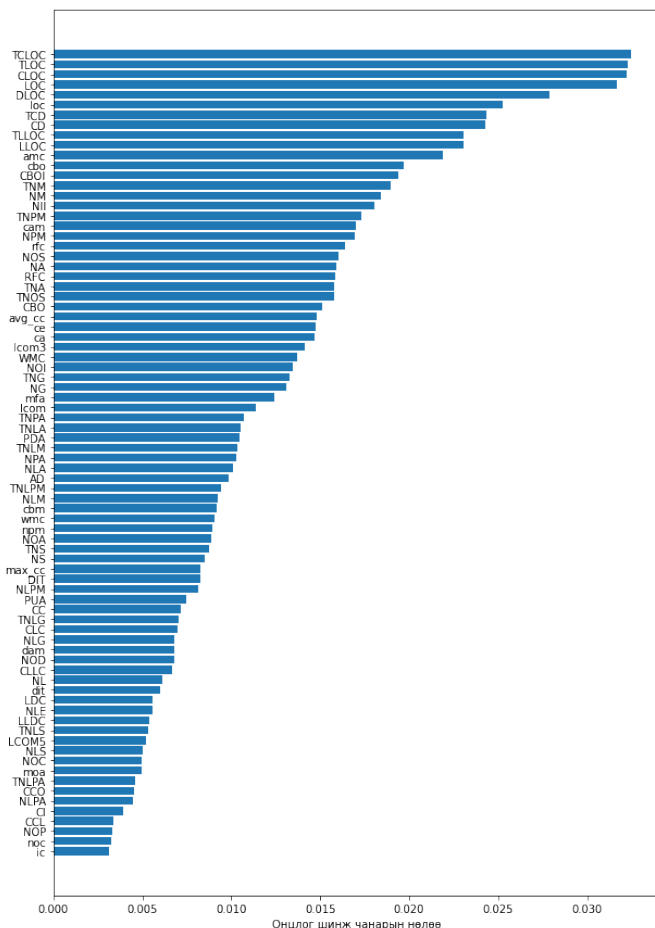
Арга	Хамгийн сайн параметер	Accuracy	Precision	Recall	F1 score
LR	C=10, solver=newton-cg, penalty=l2	0.695	0.681	0.612	0.609
SVM	kernel=RBF, gamma=0.01, C=10	<b>0.724</b>	<b>0.712</b>	0.659	0.666
DT	criterion=gini, max-depth=8	0.713	0.688	<b>0.663</b>	<b>0.670</b>
RF	max-features = sqrt, n-estimators =1000	0.710	0.684	0.664	<b>0.670</b>
KNN	n-neighbors = 11	0.701	0.675	0.643	0.648

Хүснэгт IV: Зохиомжийн статик загвараас гаргасан хэмжүүр дээрх машин сургалтын аргуудын үр дүн.

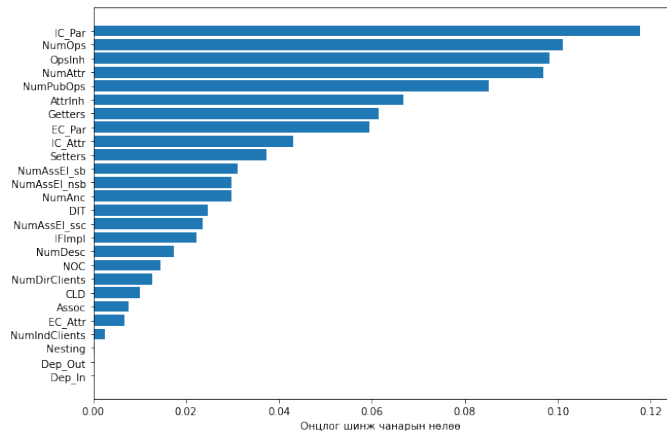
Арга	Best parameters	Accuracy	Precision	Recall	F1 score
LR	C=0.01, solver=liblinear, penalty=l2	0.675	0.666	0.571	0.548
SVM	kernel=RBF, gamma=0.1, C=50	0.700	0.676	0.632	0.66
DT	criterion=gini, max-depth=12	0.696	0.666	0.641	0.646
RF	max-features = log2, n-estimators =1000	<b>0.705</b>	0.676	<b>0.662</b>	<b>0.667</b>
KNN	n-neighbors = 14	0.699	<b>0.677</b>	0.624	0.627

Энэ нь зохиомжийн шатанд алдааг илрүүлж буй бидний арга нь хэрэгжүүлэлтийн шатанд алдааг илрүүлж буй аргаас дутахгүй сайн үзүүлэлт үзүүлж буйг илтгэж байна.

Эх кодоос гаргаж авсан 80 хэмжүүр, зохиомжийн загвараас гаргаж авсан 26 хэмжүүр ойролцоо үр дүн үзүүлж буй учир бид эдгээр онцлог шинж чанарууд нь эцсийн үр дүнд хэрхэн нөлөөлж буй нөлөөллийг тооцоолж



Зураг 2: Эх кодын онцлог шинж чанаруудын нөлөө.



Зураг 3: Зохиомжийн онцлог шинж чанаруудын нөлөө.

үзсэн. Үр дүнг Зураг 2 болон Зураг 3 дээр үзүүлэв. Зургаас харахад эх кодын хэмжүүрээс TCLOC (Total Comment Lines of Code), TLOC (Total Lines of Code) гэх мэт кодын мөрийн тоотой холбоотой онцлог шинж чанарууд өндөр нөлөөтэй байгаа бол зохиомжийн хэмжүүрээс IC\_Par (Тухайн классд бусад класс төрлийн параметр ашигласан нийт тоо), NumOps (Классын үйлдлийн тоо), зэрэг онцлог шинж чанарууд өндөр нөлөөтэй байна.

V. Дүгнэлт

Энэхүү ажлаар програм хангамж хөгжүүлэлтийн зохиомжийн шатанд согогийг урьдчилан таамаглах статик зохиомжийн хэмжүүрт суурилсан аргыг санал болгосон. Ингэхдээ эх кодын өгөгдлийн багцаас статик зохиомжийн хэмжүүрийн өгөгдлийн багц бий болгох үр дүнтэй аргыг ашигласан гэдгээрээ онцлогтой. Туршилтын үр дүнгээс харахад зохиомжийн шатанд алдааг илрүүлж буй бидний арга нь хэрэгжүүлэлтийн шатанд алдааг илрүүлж буй аргаас дутахгүй сайн үзүүлэлт үзүүлсэн.

Цаашид энэ аргыг улам сайжруулахын тулд өгөгдлийн багцыг тэнцвэртэй болгох, сургалтын өгөгдлийн багцыг нэмэгдүүлэх, гүн сургалтын аргуудыг турших боломжтой гэж үзэж байна.

## Талархал

Энэхүү судалгааны ажлыг Монгол улсын их сургуулийн P2020-3971 дугаартай ”Мэдрэлийн гүн сүлжээг ашиглан олон төрлийн өгөгдлийг нэгтгэх нь” төслөөр санхүүжүүлсэн болно.

## Зүүлт

- [1] D. Radjenović, M. Heričko, R. Torkar, and A. Živkovič, “Software fault prediction metrics: A systematic literature review,” *Information and software technology*, vol. 55, no. 8, pp. 1397–1418, 2013.
- [2] S. Wang, T. Liu, and L. Tan, “Automatically learning semantic features for defect prediction,” in *Proceedings of the 38th International Conference on Software Engineering*, 2016, pp. 297–308.
- [3] H. K. Dam, T. Tran, T. Pham, S. W. Ng, J. Grundy, and A. Ghose, “Automatic feature learning for vulnerability prediction,” *arXiv preprint arXiv:1708.02368*, 2017.
- [4] G. Canfora, M. Di Penta, and L. Cerulo, “Achievements and challenges in software reverse engineering,” *Communications of the ACM*, vol. 54, no. 4, pp. 142–151, 2011.
- [5] R. Ferenc, D. Bán, T. Grósz, and T. Gyimóthy, “Deep learning in static, metric-based bug prediction,” *Array*, vol. 6, p. 100021, 2020.
- [6] R. Ferenc, Z. Tóth, G. Ladányi, I. Siket, and T. Gyimóthy, “A public unified bug dataset for java,” in *Proceedings of the 14th international conference on predictive models and data analytics in software engineering*, 2018, pp. 12–21.
- [7] M. Pradel and K. Sen, “Deepbugs: A learning approach to name-based bug detection,” *Proceedings of the ACM on Programming Languages*, vol. 2, no. OOPSLA, pp. 1–25, 2018.
- [8] K. Shi, Y. Lu, J. Chang, and Z. Wei, “Pathpair2vec: An ast path pair-based code representation method for defect prediction,” *Journal of Computer Languages*, vol. 59, p. 100979, 2020.
- [9] S. Karim, H. L. H. S. Warnars, F. L. Gaol, E. Abdurachman, B. Soewito *et al.*, “Software metrics for fault prediction using machine learning approaches: A literature review with promise repository dataset,” in *2017 IEEE international conference on cybernetics and computational intelligence (CyberneticsCom)*. IEEE, 2017, pp. 19–23.
- [10] M. K. Thota, F. H. Shajin, P. Rajesh *et al.*, “Survey on software defect prediction techniques,” *International Journal of Applied Science and Engineering*, vol. 17, no. 4, pp. 331–344, 2020.
- [11] R. S. Wahono, N. S. Herman, and S. Ahmad, “A comparison framework of classification models for software defect prediction,” *Advanced Science Letters*, vol. 20, no. 10-11, pp. 1945–1950, 2014.
- [12] B. Shuai, H. Li, M. Li, Q. Zhang, and C. Tang, “Software defect prediction using dynamic support vector machine,” in *2013 Ninth International Conference on Computational Intelligence and Security*. IEEE, 2013, pp. 260–263.
- [13] M. Maddeh, S. Ayouni, S. Alyahya, and F. Hajje, “Decision tree-based design defects detection,” *IEEE Access*, vol. 9, pp. 71 606–71 614, 2021.
- [14] A. E. C. Cruz and K. Ochimizu, “A uml approximation of three chidamber-kemerer metrics and their ability to predict faulty code across software projects,” *IEICE TRANSACTIONS on Information and Systems*, vol. 93, no. 11, pp. 3038–3050, 2010.
- [15] A.-R. Han, S.-U. Jeon, D.-H. Bae, and J.-E. Hong, “Measuring behavioral dependency for improving change-proneness prediction in uml-based design models,” *Journal of Systems and Software*, vol. 83, no. 2, pp. 222–234, 2010.
- [16] S. Chidamber and C. Kemerer, “A metrics suite for object oriented design,” *IEEE Transactions on Software Engineering*, vol. 20, no. 6, pp. 476–493, 1994.
- [17] K. El Emam, S. Benlarbi, N. Goel, and S. Rai, “The confounding effect of class size on the validity of object-oriented metrics,” *IEEE Transactions on Software Engineering*, vol. 27, no. 7, pp. 630–650, 2001.
- [18] F. B. Abreu and R. Carapuça, “Object-oriented software engineering: Measuring and controlling the development process,” in *Proceedings of the 4th international conference on software quality*, vol. 186, 1994.
- [19] J. Bansiya and C. Davis, “A hierarchical model for object-oriented design quality assessment,” *IEEE Transactions on Software Engineering*, vol. 28, no. 1, pp. 4–17, 2002.
- [20] M. Lorenz and J. Kidd, *Object-oriented software metrics: a practical guide*. Prentice-Hall, Inc., 1994.
- [21] W. M. Lionel Briand, Prem Devanbu, “An investigation into coupling measures for object-oriented designs,” 1997.
- [22] N. Oyun-Erdene, B. Batnyam, N. Erdenetuya, and T. Lkhamrolom, “Predicting class fault proneness using data mining classification techniques,” *Journal of Advanced Research in Dynamical and Control Systems*, vol. 10, no. 2, pp. 58–590, 2018.
- [23] F. Pedregosa, G. Varoquaux, A. Gramfort, V. Michel, B. Thirion, O. Grisel, M. Blondel, P. Prettenhofer, R. Weiss, V. Dubourg, J. Vanderplas, A. Passos, D. Cournapeau, M. Brucher, M. Perrot, and E. Duchesnay, “Scikit-learn: Machine learning in Python,” *Journal of Machine Learning Research*, vol. 12, pp. 2825–2830, 2011.

# ЦАХИМ ХОГ ХАЯГДЛЫН ЦУНАМИ

Гүржав Уртнасан  
ШУТИС, МХТС  
Электроникийн салбар  
Gurjav@must.edu.mn

*Хураангуй—Дэлхийн хүн амын цахим төхөөрөмжүүдийн ханашгүй эрэлт хэрэгцээ нь хамгийн хурдацтай хөгжиж буй хог хаягдлын урсгалыг бий болгож байдаг. НҮБ үүнийг “ЦАХИМ ХАЯГДЛЫН ЦУНАМИ” гэж нэрлэдэг[1].*

*Дэлхийн 67 улс цахим хог хаягдлыг зохицуулах хуулийг баталсан байна.*

*Apple, Гүүгл, Самсунг гэх мэт брэндүүд дахин боловсруулах, дахин боловсруулсан болон нөхөн сэргээгдэх материалыг ашиглах талаар чухал алхмуудыг хийж зорилго, зорилтодоо тусган ажиллаж байна. Электроникийн үйлдвэрлэлийн цахим хаягдлын эх үүсвэр болон электрон тоног төхөөрөмжүүдэд ордог химийн элементүүд нь хүний биед сөргөөр нөлөөлдөг талаар энэ өгүүлэлдээ оруулж өглөө.*

**Keywords—** E-waste, химийн элемент, хогон овоо, хүний бие, эрүүл мэнд

## I УДИРТГАЛ

**Сэдвийн үндэслэл:** Дэлхийн хэмжээнд цахим хог хаягдал маш том асуудлыг дагуулж байгаа бөгөөд электрон төхөөрөмжийн эрэлт хэрэгцээ нь цахим хог хаягдлын урсгалыг бий болгож байна. Электрон тоног төхөөрөмжүүд нь олон төрлийн химийн элементүүдээс бүрдэх ба дахин ашиглагдахгүй хог хаягдал бий болсноор хүн амын эрүүл мэндэд сөргөөр нөлөөлж болзошгүй байгаа талаар судлах шаардлагатай болсны үндсэн дээр энэ сэдвийг хөндлөө.

**Судлагдсан байдал:** Дэлхийн эдийн засгийн форумаас гаргасан тоон мэдээнээс авч үзвэл дэлхий дээрх хүн амын цахим хог хаягдлын 20% нь албан ёсоор дахин боловсруулагддаг хэдий ч үлдсэн 80% нь ихэвчлэн шатаах болон хогийн цэгт хаягддаг байна. Цаашид жил бүр 50 сая тонн цахим хог хаягдал гарах тооцоо судалгаа хийгдсэн байх бөгөөд цахим хог хаягдлыг хяналтгүй орхивол 2050 он гэхэд хоёр дахин нэмэгдэж, 120 сая тонн болох магадлалтай гэсэн тооцоо бүхий судалгаанууд байдаг[7].

2018 онд далайн хуванцарын бохирдол нь байгаль орчны хувьд их хэмжээний хаягдал болж байсан бол 2019 оноос эхлэн олон нийтийн хандлага өөрчлөгдөж цахим хог хаягдал руу шилжиж магадгүй гэсэн таамаг гарч байжээ.

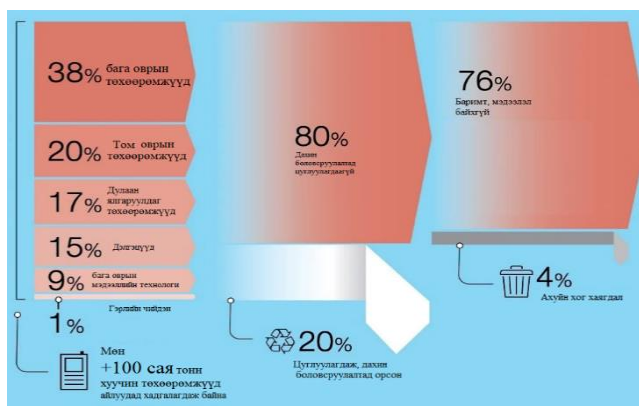
## II. ОРШИЛ

**E-waste юу вэ?** E-waste буюу цахим хаягдалд олон төрлийн хаягдал хамрагдах ба электрон төхөөрөмжүүд, компьютерийн иж бүрдэл, кабель, чип, гэр ахуйн цахилгаан хэрэгслүүд багтаж тэдгээрийн хэрэглээний хугацаа дуусах үед хаягдах юм. Ийм хаягдлуудыг E-Waste хэмээн нэрлэдэг. Дараах хүснэгтээр цахим хаягдлын ангиллыг үзүүлэв.

1-р хүснэгт Цахим хаягдлын ангилал

Электроникийн хэрэгслүүд	Хаягдлууд
Гэр ахуйн цахилгаан хэрэгслүүд	Зурагт, хөргөгч, хөлдөөгч, индүү, угаалгын машин, шарах шүүгээ г.м
Электроникийн хэрэгслүүд	Компьютер, хэвлэгч машин, факсын аппарат, хувилагч машин г.м
МХТехнологийн хэрэгслүүд	Гар утас, батарей, чихэвч, микрофон, дуу хураагуур гэх мэт.

Эх сурвалж: Зохиогчийн боловсруулалт, (2023)



Эх сурвалж: What is E-waste? Source: [Global E-waste Monitor, 2017](#)

1-р зураг. Цахим хог хаягдалд орсон үйлдвэрлэлийн бүтээгдэхүүний тоо хэмжээ

Цахим хаягдлын эдгээр хэрэгслүүдийн хэрэглээний хугацаа нь дуусмагц нэлээдгүй хэсгийг нь дахин ашигладаг ч хог хаягдал бий болсоор байна. Жишээ нь: АНУ-ын хүн амын 70 гаруй хувь нь компьютержсэн байх ба хэрэглээний хугацаа нь богиносч цахим хог хаягдал ихээр бий болгох нөхцөл үүсч байна.

БНХАУ-ын Бээжин хотод 2016 онд 11.52 сая тонн цахим хог хаягдлаас 35.76 телевизор, угаалгын машин, компьютер, 23.45 сая гар утаснаас хаягдал үүснэ гэсэн судалгаа байсан бол “ЦАХИМ ХОГ ХАЯГДАЛ”-ын сүүлийн үеийн судалгаагаар 2027 онд 19.83 сая тонн болтлоо өснө гэсэн таамаглалтай байна[7].

Гадаадын улс орнууд “ЦАХИМ ХОГ ХАЯГДАЛ”-ын талаар томоохон шийдлүүдийг хийсэн байхад Монгол улсад өнөөдрийн байдлаар ил тод хурцаар илрээгүй ч одооноос санаа тавьж улсаас бодлоготой алхам хийхгүй бол байгаль усаа шүтэн нүүдэллэн амьдардаг мал аж

ахуйтай орны хувьд энэ асуудал эмзгээр хөндөгдөх цаг мөдхөн болоод байгааг анхаарах цаг нь болжээ.

**Цахим хог хаягдлын цунами.** АНУ-ын байгаль орчныг хамгаалах агентлагийн тооцоолсноор АНУ-д зарагдсан компьютерүүдийн 4/3-өөс илүү хэсэг нь хувийн машины граш, агуулахад хураалттай байна гэсэн тоо мэдээ байх ба эдгээр нь цахим хог хаягдлын цунамиг үүсгэх нөхцлийг бүрдүүлж байна. Сүүлийн үеийн судалгаанаас үзвэл нийт хаягдал буюу компьютерүүдийн тоо 315 саяд хүрч энэ нь ердөө ганцхан жилийн дотор бий болжээ.

Цахим хаягдлын цунамигийн асуудлыг шийдвэрлэх Олон улсын цахилгаан холбоо (ОУЦХБ), Олон улсын хөдөлмөрийн байгууллага (ОУХБ), НҮБ-ын Байгаль орчны хөтөлбөр (UNEP) болон бусад гишүүн орнууд гэх мэт дэлхийн хэд хэдэн агентлагууд нэгдэж зохицуулалтыг хийж байна[4].

Дараах хүснэгтээр дэлхийн улс орнуудын электрон хог хаягдлын тоон мэдээг харуулав.

2-р хүснэгт Улс орнуудын электрон хог хаягдлаараа тэргүүлж буй болон дахин боловсруулж буй хувь хэмжээ

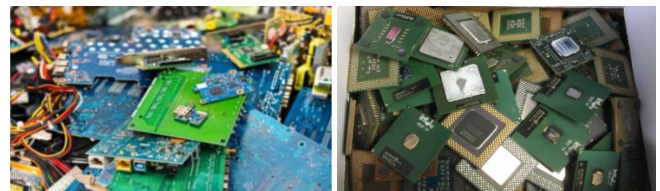
Зэрэглэл	Улс орнууд	Хог хаягдлын хэмжээ/тн/	Дахин боловсруулж буй хувь
1	China	10129	16%
2	USA	6918	15%
3	India	3230	1%
4	Japan	2569	22%
5	Brazil	2143	0%
6	Russia	1631	6%
7	Indonesia	1618	n/a
8	Germany	1607	52%
9	UK	1598	57%
10	France	1362	56%

Эх сурвалж: [17 Shocking E-Waste Statistics In 2023 - The Roundup](#) (Updated April 2023).

3-р хүснэгт Улс орнуудын электрон хог хаягдлын тоо хэмжээ

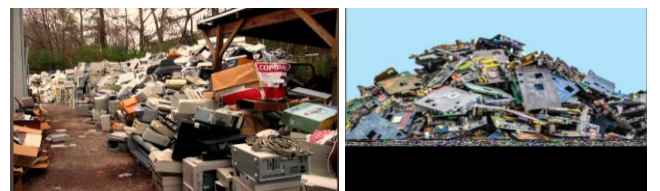
Улс орнууд	Хэмжээ /тн/	Электрон хэрэгслийн байрлал
Швейцар	66042	харилцаа холбоо, хөгжмийн зэмсгүүдэд
Герман	1100000	харилцаа холбоо, хөгжмийн зэмсгүүдэд
Англи	915000	харилцаа холбоо, хөгжмийн зэмсгүүдэд
АНУ	2124400	Дуу дүрсний хэрэгслүүд, компьютерүүд, холбооны хэрэгслүүд
Тайван	14036	Компьютер болон гэрийн цахилгаан хэрэгслүүд
Тайланд	60000	Агааржуулагч, компьютер, угаалгын машин, зурагт, тоос сорогч

Цахим хог хаягдлын байгаль орчинд үзүүлэх нөлөөлөл асар өндөр байгааг НҮБ-аас жил бүр анхааруулж байгаа нь олон сөрөг үр дагавар үүсэж буйг харуулж байна. Мөн түүнчлэн улс орон бүрт электроникийн хог хаягдлын “ХОГОН ОВОО” үүсч байгааг тэр бүр шийдэж чадахгүйд хүрч байна.



2-р зураг. Орчин үеийн электрон хогийн цэг.

Тогтвортой хөгжил 2030-ийн хүрээнд энэхүү хогийн цэг нь дэлхийн дулаарлыг нэмэгдүүлэх, цаашлаад уур амьсгалын өөрчлөлтийг хурдасгаж байна.



3-р зураг. Компьютерийн шинэчлэлт ба засварлалтаас гарсан хог хаягдал

Эндээс үзэхэд гэр ахуйн цахилгаан бараа, харилцаа холбоо, МХТ-ийн хог хаягдал өндөр хувийг эзэлж байгааг харуулж байна. Үүнээс үзэхэд хувь хүмүүс, гэр бүл, албан байгууллага, ард иргэдийн электрон хэрэглээ жил ирэх тусам нэмэгдэж байна. Мөн электроникийн бүрдлүүд багагүй хувиуд эзэлж байгааг харууллаа.



**ХҮНД МЕТАЛЛУУД.** Хүнд металлууд нь ихэнх электрон төхөөрөмжүүдэд зайлшгүй шаардлагатай байдаг ч үйлдвэрлэн гаргаж байгаа компаниуд үргэлж аюулгүй хувилбаруудыг хайж үйлдвэрлэлээ явуулсаар иржээ[6]. Дараах хүснэгтэд химийн элементүүдийн орц электроникийн хэрэгсэлд ордог талаар оруулж өглөө.

4-р хүснэгт Химийн элементүүдийн орц

Ангилал	Электроникийн хэрэгслүүд	НМс орсон орц (%)	Ном зүй
Том оврын цахилгаан хэрэгсэл	Хөргөгч, хөлдөөгч, угаалгын машин, аяга таваг угаагч	Al (1.3–2.0); Sn (1.6–2.0), Cu (2.0–4.1), Ag (0.0042–0.045), Pb (0.021–2.5) Cd (0.036–1.9)	(Li et al., 2019, Tian et al., 2012)
Гэр ахуйн цахилгаан хэрэгсэл	Тоос сорогч, шарах шүүгээ	Cu (18.8), Pb (4.79), Al 0.912) Cr, Cd, Ni (0.0051–0.0179)	(Kantareli s et al., 2011)
МХХТехнологид хамаарах тоног төхөөрөмжүүд	Компьютер, гар утас, хувилагч, хэвлэгч	Cu (7.0–30) Al (1.41–14.17) Pb (1.20–6.29) Sn (1.0–3.15) Ni (0.85–2.5)	(Cui and Zhang, 2008, Tian et al., 2012)
Өргөн хэрэглэний тоног төхөөрөмжүүд	Телевиз, стерео хөгжим, диффузер	Cu (10), Al (10) Pb (1.0) Ni (0.3)	(Hagelüke n and Art, 2006)
Төрөл бүрийн тоглоом болон спортын тоног төхөөрөмжүүд	Видео болон спортын тоглоом, автомашины уралдааны төхөөрөмжүүд	Pb (31–34), Cd (30–38) Hg (4.0–16) Cu (0.014) Sn (0.0039)	(Korfali et al., 2013, Miller and Harris, 2015)

Эх сурвалж: Metals in e-waste: Occurrence, fate, impacts and remediation technologies[6].

5-р хүснэгт Химийн элементүүдийн хэрэглээ

Химийн элементүүд	Хэрэглээ
Кадми	Цэнэглэдэг компьютерийн батарей, контакт, унтраалгад
Мөнгөн ус	Гар утас, компьютерийн хавтгай дэлгэцийн шингэн болор дэлгэц (LCD), унтраалга, батарей, флуоресцент чийдэнд
Хар тугалга	Компьютер, телевизийн дэлгэц дэх катодын туяа хоолойд(CRT)

Химийн элементүүд	Хэрэглээ
Никель	Зарим гар утасны хэлхээний самбар, гагнуурт
Хар тугалга ба кадми	Тоглоомын удирдлага, хөдөлгөөнт тоглоомын цэнэглэдэг батарейд

Эх сурвалж: Зохиогчийн боловсруулалт, (2023)

Эдгээр химийн элементүүдээс Жишээ нь: кадмий нь Ni-CD батарей, хайлш, тохируулагчид, бүрхэвчүүд, пигментүүд, цахилгаан нийлмэл элемент, өнгөт биш металлуудын(цинк, тугалга, зэс) зэрэг өнгөт биш металлуудын хольц, төмөр, чулуу зэсэн түлш(нүүрс, хүлэр, газрын тос, мод) эдгээр бодисууд цемент, фосфорын бордоонуудад их хэмжээгээр ордог.

Найрлагынх нь хэсгүүдэд буюу батарейны үндсэн электродод устөрөгч оролцсон байдаг. Мөн утасгүй цахилгаан дамжуулах багаж, гар утас, зөөврийн компьютер, гэр ахуйн цахилгаан хэрэгсэл, тоглоомонд өргөнөөр хэрэглэдэг байна.

Цахим хог хаягдалд ордог химийн элементүүдийн хэрэглээг бид мэдсэний үндсэн дээр амьдралдаа зөв зохистой хэрэглэж занших хэрэгтэй.

Европын холбоо кадмийг хязгаарлалттай, болгоомжтой хэрэглэх нь зүйтэй хэмээн үздэг бол энэ элемент нь хүрээлэн буй орчинд ихээхэн хортойгоор нөлөөлдөг байх нь ээ.

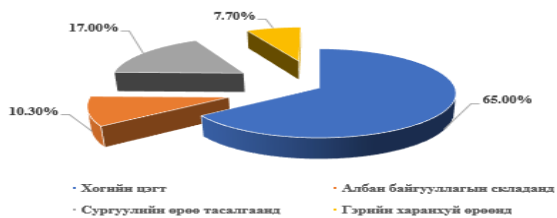
**ЭРҮҮЛ МЭНД.** Газрыг уул овоогоор дүүргэж буй цахим хаягдалд агуулагдаж буй металлын 70 хувь нь мөнгөн ус, кадмий байдаг. Улмаар техник хэрэгсэлд ялангуяа принтерийн хор, бэхжүүлэгч зэрэгт хэрэглэгддэг ба кадмий мөнгөн ус, мышяк зэрэг бодис орсон цахилгаан хэрэгслийг хог дээр хаяснаас хөрсний усыг бохирдуулдаг байгальд ил шатааснаас хор нь агаарт шингэдэг байна. Эдгээр хүнд металл агаар мандлыг давхар хордуулан тархаж зарим өвчнийг үүсгэх эх үүсвэр болж байна. *Жишээлбэл: Бөөр(Cadmium)-нд, тархи мэдрэлийн систем(Mercury)-д, зүрх, уушиг(Barrium)-нд, арьсны өвчин, уушигны хорт хавдар (Beryllum) зэрэг өвчнүүдийг дурдаж болно. Байгаль орчныг хамгаалах газар (EPA) буюу хорт бодис, өвчин судлалын агентлагаас газрын хөрсөнд шингэсэн кадми нь навчит хүнсний ногоо, үр тарианд шингэдэг гэж үздэг[6].*

Манай орон мал аж ахуй эрхэлж бэлчээрээр нүүдэллэдэг учир цахим хог хаягдал маш их гарч байгаа үед ард иргэдийн өдөр тутамдаа хэрэглэдэг мах, сүү цагаан идээ хүнсний аюулгүй байдлыг хангаж чадахгүй байх аюул нүүрлэж байна. Зарим жишээг дурдвал: Газарт булсан нийт тугалгын 40% нь электрон тоног төхөөрөмжөөс гардаг нь судалгаанаас харагдаж байна.

**Цахим хог хаягдлыг судалсан судалгааны үр дүн.**

Судалгаанд ШУТИС-ийн багш, оюутан, ард иргэдийн төлөөллөөс GoogleForm ашиглан судалгаа авч дүн шинжилгээ хийснийг харуулъя.

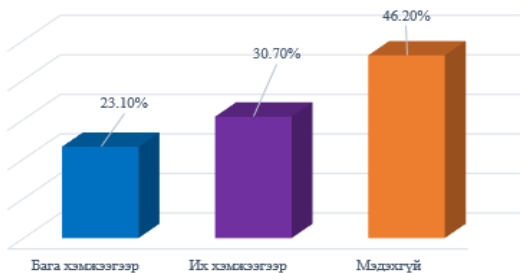
1.Цахим хог хаягдлыг хаана хаядаг вэ? гэсэн асуултад



2-р зураг. Цахим хог хаягдал

2-р зурагт 65.0% нь хогийн цэгт, 17.0% сургуулийн өрөө тасалгаанд, 10.3% нь гэрийн харанхуй өрөөнд гэж хариулжээ. Эндээс үзэхэд цахим хог хаягдал нь дахин ашиглагдах боломжгүйгээр хогийн цэгт очдог нь харагдаж байна.

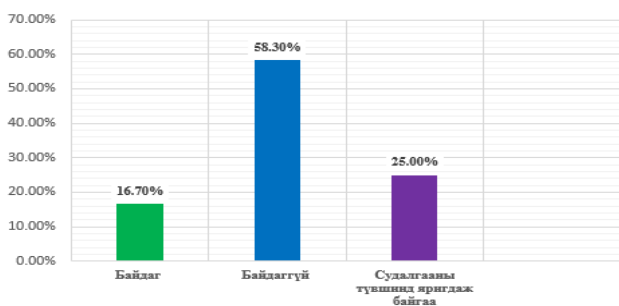
2. Цахим хог хаягдал хэр зэрэг гардаг вэ? гэсэн асуултад



3-р зураг. Цахим хог хаягдлын хэмжээ

3-р зурагт 46.2% мэдэхгүй, 23.1% нь их хэмжээгээр, 30.7% нь бага хэмжээгээр гардаг гэж хариулсан байна. Эндээс үзэхэд цахим хог хаягдлын талаарх мэдлэг ард иргэдийн дунд дутмаг байгаа нь харагдаж байна.

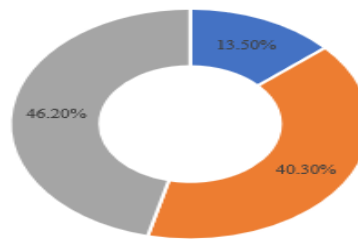
3. Манай оронд цахим хог хаягдлыг боловсруулах үйлдвэр байдаг уу? гэсэн асуултад



4-р зураг. Цахим хог хаягдлыг боловсруулах үйлдвэр

4-р зурагт 58.3% нь үйлдвэр байдаггүй, 16.7% нь үйлдвэр байдаг, 25% нь судалгааны түвшинд яригдаж байна гэж тус тус хариулсан байна. Эндээс үзэхэд цахим хаягдлыг боловсруулах үйлдвэр байхгүй байгаа нь харагдаж байна.

4. Цахим хог хаягдлаас ялгарсан хортой элементүүд нь ямар нөлөө үзүүлдэг вэ? гэсэн асуултад



5-р зураг. Цахим хог хаягдалд нөлөөлөх нөлөөлөл

5-р зурагт 13.50% нь дэлхийн агаар мандалд, 40.3% нь эрүүл мэндэд, 46.2% нь байгаль орчинд гэж хариулсан байна. Эндээс үзэхэд цахим хог хаягдлаас ялгарах хортой элементүүд нь хүний эрүүл мэнд болон байгаль орчинд илүү сөрөг нөлөө үзүүлдэг нь харагдаж байна

**СУДАЛГААНЫ ДҮГНЭЛТ.** Судалгааны үр дүнгээс үзэхэд ЦХ боловсруулах үйлдвэр байхгүйгээс шалтгаалан дараах химийн элемент буюу (кадмий мөнгөн ус, мышьяк) зэрэг бодис орсон цахилгаан хэрэгслийг хог дээр хаяснаас хөрсний усыг ихээр бохирдуулдаг байна. Иймд энэ аюултай хог хаягдлын асуудлыг тодорхой хэмжээнд шийдэж өгөхгүй бол байгальд ил шатааснаас хор нь агаарт дэгдэх, газарт шингэх, газрыг уул овоогоор дүүргэх гэх мэт цахим хаягдлын агуулагдаж буй металлын хор уршиг хүний эрүүл мэндэд сөргөөр нөлөөлж байна гэж үзэж байна.

**ДҮГНЭЛТ.** Дэлхийн улс орнуудад “ЦАХИМ ХОГ ХАЯДЛЫН ЦУНАМИ” бий болсноор НҮБ дээр яригдах томоохон шийдвэрлэвэл зохилтой том асуудал болж байгааг дурдлаа.

Харин МУ-ын 2017 оны 5 сарын 12-ны өдрийн “Хог хаягдлын тухай” хуулийн 7-р бүлгийн Хог хаягдлын тухай боловсрол олгох хэсэгт: Хог хаягдлын талаарх боловсрол нь иргэн, аж ахуйн нэгж, байгууллагад байгальд ээлтэй хэрэглээний соёл хэвшүүлэх, хог хаягдлыг зүй зохистой хаях, ангилах, дахин ашиглах дадал зуршлыг төлөвшүүлэх, хог хаягдлаас хүний эрүүл мэнд, байгаль орчинд үзүүлэх сөрөг нөлөөлөлд чиглэсэн мэдлэг олно гэж заасан байдаг[5]. Энэ хуулийн заалтын дагуу цахим хог хаягдлын талаарх мэдлэгийг хүн амд төлөвшүүлэх ажлын нэг хэсэг болгохыг аймаг, дүүргийн сум, хороодод санал болгож байна. Энэ нь хямд үнэтэй цөөн жилийн эдэлгээтэй хоёрдогч түүхий эд болгон эргүүлж ашиглаж болох боломжийг хайх, цахим хаягдал бага байхаар тооцож байх гэх мэт асуудлуудыг дэвшүүлэн тавих нь зүйтэй юм гэж үзэж байна.

Цахим хэрэглээгээ багасгах, хэрэглээний хугацаа нь дуусвал байгаль нийгэмд хор учруулахааргүй байдлаар устгалд оруулах, дахин ашиглагдах хог хаягдал боловсруулах үйлдвэрт тушаадаг байвал зохилтой.

Цахим хаягдлын асуудлыг Монгол орны төрийн бодлогын хэмжээнд дэвшүүлэн тавих шаардлага зүй ёсоор урган гарч байна. Үүнд:

1. Цахим хаягдлыг манай орны хүрээлэн буй орчныг хамгаалах үндэсний хөтөлбөрийн нэг бүрэлдэхүүн хэсэг болгон авч үзэх нь зайлшгүй болохыг харуулж байна.

2.Цахим хог хаягдлыг боловсруулах, шатах тослох материалын үйлдвэрийг олноор бий болгох. Үйлдвэрийг даган хүн амд ажил эрхлэлтийг дэмжих бодлого хэрэгжүүлэх хэрэгтэй.

3.Цахим техник хэрэгслийн хаягдлын асуудлаар ард иргэд, хүн амд ухаалаг хэрэглээг бий болгох мэдлэг мэдээллийг түгээх шаардлагатай. Мөн энэ талын судалгааг нягтлан судалж ЦХХ хаана хаягдаж байна, хаягдсан түүхий эдийг хэрхэн боловсруулж байна, яаж устгах вэ? гэдэг дээр улсын хэмжээнд судалгаа хийх шаардлагатай.

4.Малын бэлчээрт хог хаягдлын энэхүү хэрэгслүүдийг газарт булахгүйгээр хаясан байвал эзэд нь холдуулах, тэр зүгрүү малаа бэлчээрлүүлэхгүй байх, газарт булагдсан биш байлаа ч принтерийн хор зэрэг шатах тослох материалууд нь хүн, малын ойролцоо байх ёсгүй гэдгийг ард нийтээрээ анхаарах.

5.Цахим хог хаягдлыг эрүүл мэнддээ анхааралтайгаар ханддаг хүн бол энэ уршигийг мэдэж авсанаар эрүүл мэндээ хамгаалах улмаар хавдар, арьсны өвчин гэх мэт идээт буглаа өвчнүүдийг авахгүй байх бүрэн бололцоотой юм.

## НОМ ЗҮЙ

- [1] [The world's e-waste is a huge problem. It's also a golden opportunity | World Economic Forum \(weforum.org\)](#)
- [2] [ANGELA CRISTINA KASPER, ADJANARA PREIS GABRIEL, ERICH LOPES BRAITBACK DE OLIVEIRA, ELECTRONIC WASTE RECUCLING,](#)
- [3] Source: Microelectronics and Computer Technology Corporation (MCC). 1996.
- [4] Electronics Industry Environmental Roadmap. Austin, TX: MCC.
- [5] [Хог хаягдлын тухай \(legalinfo.mn\)](#)
- [6] [Metals in e-waste: Occurrence, fate, impacts and remediation technologies - ScienceDirect](#)
- [7] <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0957582022003160>
- [8] <http://www.computerecycleforeduc.com/ewaste.htm>
- [9] <http://www.abc.net.au/science/features/recyclingreality/default.htm>
- [10] <http://www.greenpeace.org/international/campaigns/toxics/electronics/where-does-e-waste-end-up>
- [11] <http://www.e-waste.com>
- [12] [2B Pounds of Electronics Recovered—And We're Just Getting Started! | Dell USA](#)
- [13] [Elements of E Waste Table/Uses and effects of select hazardous chemicals found in common electronic devices \(Source: Wikipedia: Greenpeace\)](#)

**Талархал:** Энэхүү судалгааг явуулахад дэмжлэг үзүүлсэн, судалгаанд идэвхтэй хамрагдсан ШУТИС-ийн ЭХС, БАС, ГУУС, ХШУС, ГХС-ийн оюутан, багш, ажилтан, ард иргэдийн төлөөлөлд гүнээ талархал илэрхийлье. Мөн судалгааг авч боловсруулалтыг хийсэн ШУТИС-ийн Барилга, архитектурын сургуулийн Сантехникийн инженерийн байгууламжийн 1-р курсийн оюутан Дагьмэдын Есүйдээ талархлаа.

**Зохиогчийн тухай:** Гүржавын Уртнасан - ШУТИС, МХТС-д дэд проф, доктор(Ph.D). Мэдээллийн технологи, Эрчим хүч, Боловсрол судлалын салбар чиглэлүүдээр

судалгааны ажил хийж олон арван өгүүлэл бичиж нийтийн хүртгээл болгосон.



## **Салбар хуралдаан 6**

**Дүрс боловсруулалт**

# Чулуун Зэвсгийн Онцлог Цэгийг Ковариаци Шинжилгээгээр Оновчтой Илрүүлэх нь

Алтангэрэлийн Халиунаа  
ХШУИС  
Монгол Улсын Их Сургууль  
Улаанбаатар, Монгол  
Haku.mng@gmail.com

Эрдэнэбаярын Шүрэнцэцэг  
ХШУИС  
Монгол Улсын Их Сургууль  
Улаанбаатар, Монгол  
shurentsetseg.e@num.edu.mn

Удиртгал—Цэгэн үүлний (Point cloud) ашиг тусыг хүртэж байгаа судалгааны нэг бол чулуун зэвсгийн судалгаа юм. Жишээлбэл археологийн салбарт чулуун зэвсгийг судлахдаа гадаргуугаас онцлог шинжийг ялгах, гадаргууг хэсэгчлэн таних ба тааруулах зэрэгт цэгэн үүлийг ашигладаг. Чулуун зэвсгийн судалгаанд нурууны шугамыг (Ridge line) гаргах нь чухал ач холбогдолтой. Чулуун зэвсгийн хэлбэр нь нарийн төвөгтэй бөгөөд нурууны шугамын хэлбэр нь хоёрдмол утгатай байдаг. Мөн түүнчлэн сканердсан технологиос үүссэн шуугиан (noise) зэрэг нь онцлог цэгийг (feature point) нарийн ялгахад бэрхшээл учруулдаг. Энэ судалгааны ажлаар чулуун зэвсгийн нэг төрөл болох ялтсан зэвсгийн (Flake stone tool) ирмэгийн цэгүүдэд (Ridge points) ковариаци шинжилгээ хийж ялтасны онцлог цэгүүдийг (feature points of Flake surface) оновчтой илрүүлэв. Тулгуур Компонентад суурилсан атрибут-сонголтын (ТКСАС) аргыг анх удаа ялтсан зэвсгийн ирмэгийг илрүүлэхэд ашиглав. Туршилтын үр дүнд ялтсан зэвсгийн ирмэгийг үнэлэх чухал атрибутуудыг тодорхойлов.

Index Terms—цэгэн үүл, чулуун зэвсэг, ялтсан зэвсэг, ялтасны ирмэг, ковариаци шинж чанар, ковариаци шинжилгээ, онцлог цэг, тулгуур компонентын шинжилгээ, ТКСАС арга

## I. Оршил

Чулуун зэвсгүүд нь археологийн төдийгүй хүн төрөлхтний түүхэн чухал олдворууд юм. Чулуун зэвсгийг судалснаар хомо сапиенсуудын хувьсал өөрчлөлт, тэдний амьдралын хэв маяг, өвөрмөц онцлог, оюуны чадавх тухайлбал технологийн чадвар, шилжилт зэргийг тодорхойлж болдог.

Археологичийн хувьд чулуун зэвсгийг нарийвчлан судлах шаардлагатай. Ингэж судлахдаа ялтаснуудыг дахин эвлүүлэх литийн шинжилгээ хийдэг. Дахин эвлүүлэх процесс нь нурууны шугамаар хүрээлэгдсэн гадаргуунууд дээр хийгддэг тул энэ төрлийн судалгаануудын үндэс нь чулуун зэвсгийн нурууны шугамыг нарийн гаргах билээ. Ялангуяа нурууны шугамаар хүрээлэгдсэн хаалттай талбайг ялгах нь илүү чухал. Гэвч нурууны шугамыг нарийвчлалтай гаргах нь ихээхэн бэрхшээлтэй. Учир нь нурууны шугамыг байгуулах онцлог цэгүүдийг оновчтой илрүүлэх нь төвөгтэй асуудал. Яагаад гэвэл чулуун зэвсгийн хэлбэр нь нарийн төвөгтэйн дээр нурууны шугамын хэлбэр нь хоёрдмол утгатай байж болно.

Энэ судалгааны ажлаар ялтсан зэвсгийн ирмэгийн цэгүүдэд ковариаци шинжилгээ хийж ялтсан зэвсгийн онцлог цэгүүдийг оновчтой үнэлэх ПСА атрибут аргыг танилцуулж байна. Ялтсан зэвсэг нь чулуун зэвсгийн нэг төрөл юм.

## II. Судлагдсан байдал

Ян ба бусад [1] санал болгосон арга нь Муж-тэлэх-сегментчилэлийн арга (Region growing segmentation method) ашигласан ба харьцангуй хавтгай ирмэгтэй цэгэн өгөгдөлд тохиромжтой. Гэвч Муж-тэлэх-сегментчилэлийн арга [2], [3] нь цэгэн үүл дээр шууд ажилладаг давуу талтай ч энэ аргын нарийвчлал нь өгөгдлийн геометрийн шинж чанараас ихээхэн хамаардаг. Харин литик шинжилгээнд чулуун зэвсгийн байгалийн гадаргуугийн бүтэц нь нийтлэг байдаг. Тиймээс ялтсан зэвсгийн ирмэгийг нарийвчлалтай илрүүлэхэд мөн түүнийг онцлог цэгүүдийг ангилснаар сегментчилэлийн аргыг илүү үр дүнтэй болгох боломжтой юм.

Бидний өмнөх судалгаанд [4], [5], ялтасны гадаргууг танихын тулд онцлог шугамд суурилсан сегментчлэлийн аргыг санал болгосон. Онцлог шугамд суурилсан сегментчилэлийн арга нь литик шинжилгээнд ялтасны гадаргууг тааруулах үйл явцад үр дүнтэй байдаг. Учир нь онцлог шугамууд нь ялтасны ирмэгийг дагасан онцлог цэгүүд дээр байгуулагдсан байдаг [6]. [4] судалгаа нь ялтасны гадаргууг Муж-тэлэх-сегментчилэлийн аргаас илүү сегментлэх боловч энэ арга нь нарийн төвөгтэй гадаргууг сегментчилж чадахгүй. Учир нь гадаргууг танихын тулд нурууны шугамаар хүрээлэгдсэн хаалттай гадаргууг ялгана. Гэтэл бидний өмнөх ажилд ялтасны ирмэгийн онцлог цэгийг үнэлсэн аргын нарийвчлал муу байсан учраас нурууны шугамыг таних нарийвчлал нь буурсан юм.

Энэхүү судалгааны ажлаар бид ялтсан зэвсгийн онцлог цэгийг үнэлэхэд чухал нөлөө үзүүлэх ковариаци шинж чанаруудыг шинжлэх зорилготой юм.

## III. Ялтсан зэвсгийн ирмэгийг үнэлэх судалгаа

### A. Ковариацийн шинж чанар

Судалгаануудад [7]–[9] гурван хэмжээст өгөгдлийг ангилах, хайх, задлан шинжлэх зэрэгт Тулгуур Ком-

понентын Шинжилгээ (ТКШ) /Principal Component Analysis/-ээс гаргаж авсан геометрийн шинж чанаруудыг өргөн ашигладаг.

Цэгэн үүлийг боловсруулахад тооцоолол хийж буй цэгийн тооноос хамаарч боловсруулах аргыг ерөнхийд нь хоёр ангилдаг. Нийт талбайн олон цэгээс тооцоолон гаргасан шинж чанарыг ерөнхий гэх ба бага талбайн цөөхөн цэгээс тооцоолон гаргасан шинж чанарыг мужийн шинж чанар гэнэ. Ерөнхий шинж чанарын тооцооллоос илүү мужийн шинж чанарын тооцоолол нь ялтсан зэвсгийн хэлбэрийг нарийвчлан тодорхойлдог.

Мужийн ковариацийн матриц нь хөрш зэргэлдээ цэгүүдийн геометрийн шинж чанарыг илэрхийлдэг. Хэмжсэн цэг  $\mathbf{p}_i$  бүрийн, ковариацийн матриц  $C_i$  нь (1)-ээр тодорхойлно. Энд  $i$  нь  $\mathbf{p}_i$  цэгийн индекс,  $n + 1$  нь оролтын цэгүүдийн тоо юм.

$$C_i = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k (\mathbf{p}_i - \bar{\mathbf{p}})^T (\mathbf{p}_i - \bar{\mathbf{p}}) \quad (1)$$

$k$  нь  $\mathbf{p}_i$  цэгийн хөрш цэгүүдийн тоо ба  $\bar{\mathbf{p}}$  нь  $\mathbf{V}_i (i = 1, \dots, k)$  хөрш цэгийн олонлогийн дундаж цэг (2):

$$\bar{\mathbf{p}} = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k (\mathbf{V}_i) \quad (2)$$

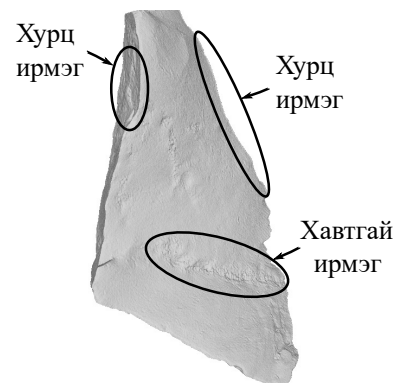
Ковариацийн матрицаас ТКШ-ээр сонгосон цэгийн эргэн тойрон дахь хөрш цэгүүдийн вариацийн чиглэл болон хэмжээг тодорхойлдог. ТКШ нь хэмжээсийг бууруулах төдийгүй тулгуур компонентыг тодорхойлно. Эхний тулгуур компонент нь хамгийн их вариацийг ба тулгуур компонентууд нь харилцан ортогональ байна.  $\lambda_1, \lambda_2$  ба  $\lambda_3$  нь хувийн утга бөгөөд хоорондоо  $\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \lambda_3$  харьцаатай байна. Хоорондоо ортогональ хувийн векторууд нь геометр шинж чанарыг тодорхойлдог. Хувийн утга нь бүлэг цэгийн геометрийн бүтцийг илэрхийлэх боломжтой [10] эллипсоид юм. Ковариацийн шинж чанаруудыг [7]–[9] дараах байдлаар томъёолдог:

Шугаман байдал /Linearity/:	$L_\lambda = \frac{\lambda_1 - \lambda_2}{\lambda_1}$	(3)
Хавтгай байдал /Planarity/:	$P_\lambda = \frac{\lambda_2 - \lambda_3}{\lambda_1}$	
Бөмбөрцөг /Sphericity/:	$S_\lambda = \frac{\lambda_3}{\lambda_1}$	
Омнивариация /Omnivariance/:	$O_\lambda = \sqrt[3]{\lambda_1 \lambda_2 \lambda_3}$	
Анизотропи /Anisotropy/:	$A_\lambda = \frac{\lambda_1 - \lambda_3}{\lambda_1}$	
Эигентропи /Eigenentropy/:	$E_\lambda = -\sum_{i=1}^3 \lambda_i \ln(\lambda_i)$	
$\lambda$ нийлбэр /Sum of $\lambda$ s/:	$\sum_\lambda = \lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3$	
Гадаргуугийн өөрчлөлт:	$\sigma_\lambda = \frac{\lambda_3}{\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3}$	
/Surface variation/:		

Эдгээр ковариацийн шинж чанаруудаас гадаргуугийн өөрчлөлтөөс бусад шинж чанаруудыг гурван хэмжээт дүрсийг ангилах ба хэсэгчлэх зэрэгт өргөн ашигладаг. Гадаргуугийн өөрчлөлт нь ирмэгийн хурц байдлыг илтгэх ба ирмэгийг ялгахад ашигладаг. Ирмэг дээрх цэгийн хувьд гадаргуугийн өөрчлөлт их ба хавтгай байдал нь эсрэгээрээ бага байдаг. Хавтгай байдал нь гадаргын хавтгай бүтцийг илэрхийлдэг бөгөөд энэ нь

гадаргуугийн өөрчлөлттэй урвуу корреляцитай байдаг. Шугаман байдал нь шулуун ирмэг хүрээг илэрхийлэх ба энэ нь шулуун ирмэг дээрх цэгүүд дээр өндөр байна. Дээрх ковариацийн шинж чанарууд нь өөр хоорондоо ихээхэн хамааралтай байдаг бөгөөд ялтсан зэвсгийн хэлбэрээс хамаарч хамаарлын хэмжээ нь харилцан адилгүй байна.

Ялтсан зэвсгийн гадаргуу дээр хэд хэдэн төрлийн ирмэг байна. Энэхүү судалгаанд ялтсан зэвсгийн гадаргуугийн ирмэг цаашид ялтасны ирмэгийг ерөнхийд нь хурц ба хавтгайн ирмэг гэж хоёр хэсэгт ангилав. Зураг 1-т ирмэгүүдийг үзүүлэв. Энэ судалгаанд хурц ирмэг нь тасалдсан гадаргуу (discontinuous surface) дээрх ирмэг юм. Харин хавтгай ирмэг нь үргэлжилсэн гадаргуу (continuous surface) дээрх ирмэг юм.



Зураг 1: Хурц болон хавтгай ирмэгийн жишээ.

Ялтсан зэвсгийн судалгаанд ирмэгийг нарийн ялгах шаардлага гардаг. [6] гадаргуугийн өөрчлөлт ашиглан ялтасны ирмэгийг үнэлсэн байна. Энэ аргын дутагдалтай тал нь хурц ирмэгийг хавтгайн ирмэгээс ялгах боломжгүй юм. Иймд зөвхөн гадаргуугийн өөрчлөлтөөр ирмэгийг үнэлэх нь хангалтгүй юм. Бидний өмнөх судалгаанд ковариацийн шинж чанаруудыг ашиглан хурц ирмэгийг хавтгайн ирмэгээс ялгах оролдлого хийсэн боловч тооцоолол хийж буй хөрш цэгийн тооноос хамаарч ковариацийн шинж чанаруудын хамаарал хэрхэн өөрчлөгдсөн талаар судалгаа хийгээгүй байна. Энэхүү судалгаа нь ирмэгийн ковариацийн шинж чанарууд нь тооцоолол хийж буй хөрш цэгийн тооноос хэрхэн хамаарахыг судална.

**В. Онцлог цэгийг ялгах нь**

Цаашид ялтсан зэвсгийн бүх цэгүүд дээр тооцоолол хийх нь цаг их зарцуулах тул ялтасны ирмэгийг үнэлэх оновчтой ковариацийн шинж чанарыг тодорхойлох үүднээс мөн туршилтыг илүү хурдан байлгах зорилгоор ялгаж авсан онцлог цэгүүд дээр ковариацийн шинжилгээ хийв. Хөрш цэгүүдийг хэд хэдэн ялгаатай радиуст тооцоолж онцлог цэгийг ялгав.

Онцлог цэгийг ялгахдаа Паули ба бусад [11] санал болгосон техник дээр суурилсан. Хэмжсэн цэгүүдийн

Хүснэгт I: Ялтсан зэвсгээс ялгасан онцлог цэгийн тоо. Нийт цэгийн тоо 1101390

Бөмбөрцгийн радиус	$a = 5$	$a = 10$	$a = 15$	$a = 20$
Босго утга $\varepsilon$	0.00639902	0.005574	0.00514577	0.00480883
Онцлог цэгийн тоо	87838	135409	175464	216182

$p_i (i = 0, \dots, n)$  гадаргуугийн өөрчлөлт  $\sigma_i^r$ -ийг  $p_i$  цэг бүр дээр тооцоолно.

$$\sigma_i^r = \frac{\lambda_3}{\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3} \quad (4)$$

энд  $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$  нь ковариаци матриц  $C$ -ийн хувийн утга ба  $\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \lambda_3$  харьцаатай байна.  $r$  нь  $p_i$  цэгийн хөрш цэгийг хайж байгаа бөмбөрцгийн радиус.

Туршилтад цэг бүрийн хөршүүдийн хэмжээг бөмбөрцгийн радиусаар сонгоно. Хөршүүдийн тоо нь бөмбөрцгийн радиусаас хамаарч цэг бүрд өөр өөр байдаг. Бөмбөрцгийн радиус  $r$  нь (5) тэгшитгэлээр тодорхойлогддог.

$$r = a \cdot \bar{d} \quad (5)$$

Энд  $a$  нь давталтын хэмжээ ба  $\bar{d}$  нь (6)-д үзүүлсэн бүх цэгүүдийн хоорондох дундаж зай [12].

$$\bar{d} = \frac{1}{n+1} \sum_{i=0}^n |p_i - q| \quad (6)$$

Энд  $q$  нь  $p_i$ -ний хамгийн ойрын цэг, бөгөөд  $|p_i - q|$  нь  $p_i$  ба  $q$  цэгүүдийн хоорондын зай юм.  $p_i$  бүрийн хувьд тодорхойлсон радиуст гадаргуугийн өөрчлөлт  $\sigma_i^r$ -ийг тооцоолсны дараа онцлог цэгийг ялгана. Хэрвээ гадаргуугийн өөрчлөлт  $\sigma_i^r$  нь босго утга  $\varepsilon$ -аас их бол  $p_i$  нь онцлог цэг  $p_i^c, (i = 0, \dots, m)$ , болно. Томьёо (7)-т үзүүлэв. Энд  $m + 1$  онцлог цэгийн тоо.

$$\begin{cases} p_i^c & \text{if all } \sigma_i^r \text{ are satisfied } \varepsilon < \sigma_i^r \\ O & \text{otherwise} \end{cases} \quad (7)$$

Энэ судалгаанд  $\varepsilon$ -ийг эмпирик байдлаар тодорхойлсон. Хөрш цэгүүдийг тооцоолох радиусын хэмжээг хөрш цэгийн тоо хангалттай бага байхаас хангалттай их байх хэд хэдэн радиусыг сонгож авав. Хүснэгт I-д ялгаатай радиуст тооцоолсон хөрш цэгүүдийн тоо болон ялгаж авахад ашигласан босго утгыг үзүүлэв.

### C. Ялтсан зэвсгийн ковариацийн үнэлгээ

Энэ судалгааны ажлаар ялтасны ирмэгийг үнэлэх ковариаци шинжилгээний аргыг дэвшүүлж байна. III-A-д өгүүлсэн найман ковариаци шинж чанарыг цаашид атрибиут гэе. Ковариаци шинжилгээний арга нь хэд хэдэн төрлийн атрибиут ашиглан ялтасны ирмэгийг үнэлснээрээ бусад аргуудаас ялгаатай юм. Мөн түүнчлэн ашигтай атрибиутыг сонгохдоо Тулгуур Компонентын арга (ТКА) ашиглаж атрибиут-сонголт хийснээрээ шинэлэг юм. Энэ судалгааны ажилд Тулгуур Компонентад суурилсан атрибиут-сонголтын аргыг ТКСАС арга гэе.

ТКСАС арга нь товчоор ТКШ ашиглах ба өгөгдлийг хувиргах замаар ашигтай атрибиут-векторыг гаргах юм. ТКШ ашигласнаар хэмжээс багасгана. Эхлээд ялгаж авсан онцлог цэгүүдийн ковариаци шинж чанаруудын корреляцийг бодно. Зураг 2-т III-B хэсэгт дурдсан ялгаж авсан онцлог цэгүүдийн ковариаци шинж чанаруудын корреляцийг үзүүлэв. Атрибиут-вектор гэдэг нь анхны өгөгдлийн вариацийн тодорхой хувийг эзлэх хамгийн өндөр хувийн векторуудыг сонгох юм. Энэ судалгааны ажилд анхны өгөгдөл гэдэг нь ковариаци шинж чанаруудын корреляци матриц байна.  $a = 15$  байх үед хамгийн өндөр гурван хувийн векторуудыг Хүснэгт II-д үзүүлэв.

### Хүснэгт II: Хувийн векторууд

Атрибиут	$V_1$	$V_2$	$V_3$
Linearity $L$	0.2742	0.4379	-0.6311
Planarity $P$	-0.3983	-0.2595	0.3342
Sphercity $S$	0.4309	-0.1363	0.2834
Omnivariance $O$	0.4055	-0.2068	-0.076
Anisotropy $A$	-0.4309	0.1363	-0.2834
Eigenentropy $E$	0.1286	-0.5809	-0.3026
SumofEigens $\sum_{\lambda}$	-0.1266	-0.5671	-0.4516
SurfaceVariation $\sigma$	0.4448	-0.0433	0.1674

Хамгийн өндөр гурван хувийн векторыг гаргаж авсны дараа векторуудыг ихээс нь бага руу нь эрэмбэлж ялтасны ирмэгийг үнэлэх хамгийн сайн атрибиут-векторыг гаргаж авна. Хүснэгт II-д эрэмбэлсэн байдлыг үзүүлэв. Энэ судалгааны ажилд 1 дугаартай атрибиут-векторыг сонгон авсан ба ялтсан зэвсгийн онцлог цэгийг (8)-ээр үнэлсэн. Учир нь хурц ирмэгийн цэгийг ялгах зорилгоор өндөр жинтэй таван атрибиутыг сонгож авав.

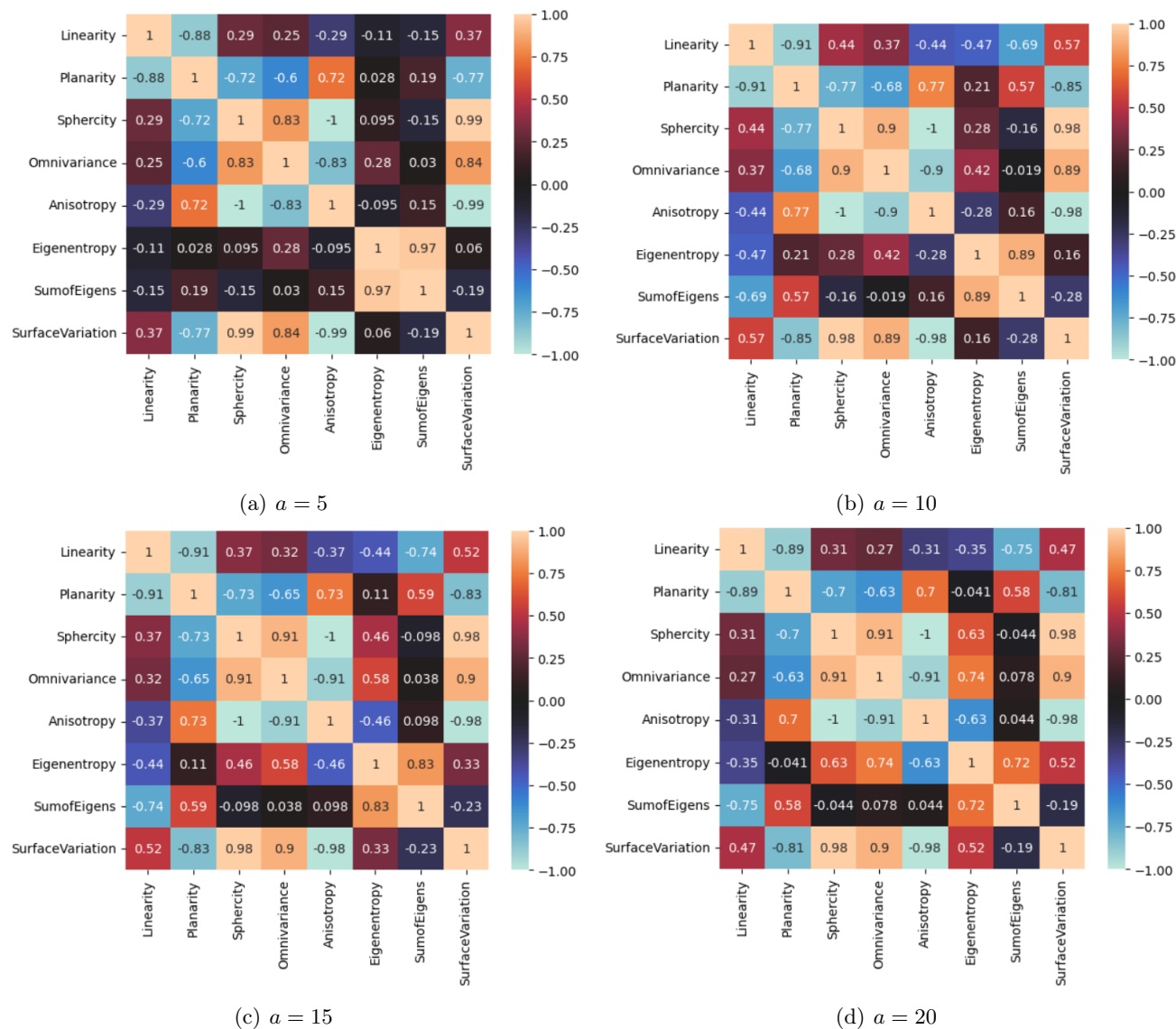
$$f = |0.445\sigma - 0.431A + 0.431S + 0.405O - 0.398P| \quad (8)$$

### IV. Туршилтын үр дүн

Ялгаатай радиуст тооцоолон гаргасан онцлог цэгүүд дээр ТКСАС аргыг туршиж үзэв. Хамгийн өндөр атрибиут-вектор нь тогтвортой байсан ба Хүснэгт IV, V ба VI-д ялгаатай радиуст тооцоолсон атрибиут-векторуудыг үзүүлэв. Туршилтаас харахад гадаргын өөрчлөлт, анизотропи, бөмбөрцөг, хавтгай байдал ба омнивариаци зэрэг коварианц шинж чанарууд нь ялтсан зэвсгийн онцлог цэгүүдийг үнэлэхэд чухал атрибиут болж байна.

Томьёо (8)-оор үнэлж, ялгаж гаргасан онцлог цэгүүдийг Зураг 3-д үзүүлэв. Ялгасан онцлог цэгийг цэнхэр, шар ба ягаан өнгөөр үзүүлэв.





Зураг 2: Ялтасны ирмэгийн цэгүүдийн ковариаци шинж чанаруудын корреляци

Хүснэгт III: Атрибиут-векторууд  $a = 15$

Эрэмбэ	Дугаар	Атрибиут-вектор
0.3811	1	$0.445SurfaceVariation - 0.431Anisotropy + 0.431Sphercity + 0.405Omnivariance - 0.398Planarity + 0.274Linearity + 0.129Eigenentropy - 0.127SumofEigens$
0.0521	2	$-0.581Eigenentropy - 0.567SumofEigens + 0.438Linearity - 0.26Planarity - 0.207Omnivariance + 0.136Anisotropy - 0.136Sphercity - 0.043SurfaceVariation$
0.0136	3	$-0.631Linearity - 0.452SumofEigens + 0.334Planarity - 0.303Eigenentropy + 0.283Sphercity - 0.283Anisotropy + 0.167SurfaceVariation - 0.076Omnivariance$

Хүснэгт IV: Атрибиут-векторууд  $a = 5$

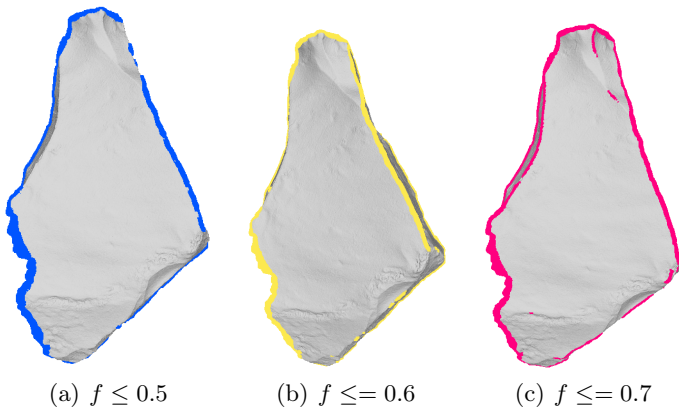
Эрэмбэ	Дугаар	Атрибиут-вектор
0.4245	1	$0.456SurfaceVariation + 0.447Sphercity - 0.447Anisotropy - 0.406Planarity + 0.398Omnivariance + 0.456SumofEigens + 0.248Linearity + 0.03Eigenentropy$
0.1677	2	$-0.689Eigenentropy - 0.665SumofEigens - 0.184Omnivariance + 0.181Linearity - 0.108Planarity + 0.047Anisotropy - 0.047Sphercity - 0.015SurfaceVariation$
0.0274	3	$-0.759Linearity + 0.437Planarity - 0.226Anisotropy + 0.226Sphercity - 0.222SumofEigens + 0.187Omnivariance + 0.166SurfaceVariation - 0.138Eigenentropy$

Хүснэгт V: Атрибиут-векторууд  $a = 10$ 

Эрэмбэ	Дугаар	Атрибиут-вектор
0.3727	1	$0.438SurfaceVariation - 0.422Anisotropy + 0.422Sphercity - 0.415Planarity + 0.389Omnivariance + 0.438SumofEigens + 0.313Linearity + 0.019Eigenentropy$
0.0612	2	$-0.622Eigenentropy - 0.558SumofEigens + 0.372Linearity - 0.249Omnivariance - 0.187Planarity + 0.171Anisotropy - 0.171Sphercity - 0.088SurfaceVariation$
0.0153	3	$-0.669Linearity - 0.419SumofEigens + 0.358Planarity - 0.301Eigenentropy + 0.26Sphercity - 0.36Anisotropy + 0.154SurfaceVariation + 0.01Omnivariance$

Хүснэгт VI: Атрибиут-векторууд  $a = 20$ 

Эрэмбэ	Дугаар	Атрибиут-вектор
0.3751	1	$0.444SurfaceVariation - 0.434Anisotropy + 0.434Sphercity + 0.416Omnivariance - 0.372Planarity + 0.243Eigenentropy + 0.223Linearity - 0.075SumofEigens$
0.0491	2	$-0.582SumofEigens - 0.51Eigenentropy + 0.499Linearity - 0.326Planarity - 0.161Omnivariance + 0.099Anisotropy - 0.099Sphercity + 0.002SurfaceVariation$
0.0136	3	$-0.598Linearity - 0.502SumofEigens + 0.309Planarity - 0.291Anisotropy + 0.291Sphercity - 0.281Eigenentropy + 0.178SurfaceVariation - 0.127Omnivariance$



(a)  $f \leq 0.5$       (b)  $f \leq 0.6$       (c)  $f \leq 0.7$

Зураг 3: Онцлог цэгийг илрүүлсэн үр дүн

## V. Дүгнэлт ба цаашид хийх ажил

Энэхүү судалгаанд коварианс шинжилгээ хийж ялтсан зэвсгийн онцлог цэгийг үнэлэв. Мөн ТКСАС аргаар атрибиут-векторыг тооцоолов. Түүнчлэн ялтсан зэвсгийн онцлог цэгүүдийг үнэлэх чухал атрибиутуудыг тодорхойлсон.

Литик шинжилгээнд чулуун зэвсгийн байгалийн гадаргуугийн бүтэц нь нийтлэг байдаг. Уламжлалт сегментчлэлийн арга нь чулуун зэвсгийн барзгар гадаргууг үр дүнтэй сегментчилж чадахгүй байна. Чулуун зэвсгийн барзгар гадаргууг хялбар, үр дүнтэй сегментчилэх шаардлага байна. Энэхүү судалгаанд санал болгож буй аргаар тодорхойлсон чухал атрибиутуудыг ашиглан цаашид чулуун зэвсгийн барзгар гадаргууг үр дүнтэй сегментчилнэ.

## Ашигласан ном

- [1] DM. Yan, W. Wang, Y. Liu, and Z. Yang. Variational mesh segmentation via quadric surface fitting. *Computer-Aided Design*, 44(11):1072–1082, 2012.
- [2] X. Ning, X. Zhang, Y. Wang, and M. Jaeger. Segmentation of architecture shape information from 3d point cloud. In *Proceedings of the 8th International Conference on Virtual Reality Continuum and its Applications in Industry*, pages 127–132, 2009.

- [3] T. Rabbani, F. Van Den Heuvel, and G. Vosselman. Segmentation of point clouds using smoothness constraint. *International archives of photogrammetry, remote sensing and spatial information sciences*, 36(5):248–253, 2006.
- [4] S. Erdenebayar and K. Konno. A study of recognizing flake surfaces based on feature lines of stone tool. In *International Workshop on Advanced Image Technology (IWAIT) 2019*, volume 11049, page 9110491A. International Society for Optics and Photonics, 2019.
- [5] K. Murakami, S. Erdenebayar, and K. Konno. An examination of flake surface segmentation based on ridge line extraction method from measured point clouds. In *International Workshop on Advanced Image Technology (IWAIT) 2019*, volume 11049, page 110491T. International Society for Optics and Photonics, 2019.
- [6] S. Erdenebayar and K. Konno. Feature line extraction of stone tools based on mahalanobis distance metric. *The Journal of the Society for Art and Science*, 18(1):51–62, 2019.
- [7] R. Blomley, M. Weinmann, J. Leitloff, and B. Jutzi. Shape distribution features for point cloud analysis -a geometric histogram approach on multiple scales. *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, II-3:9–16, 2014.
- [8] Chao-Hung Lin, Jyun-Yuan Chen, Po-Lin Su, and Chung-Hao Chen. Eigen-feature analysis of weighted covariance matrices for lidar point cloud classification. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 94:70–79, 2014.
- [9] E. M. Farella, A. Torresani, and F. Remondino. Sparse point cloud filtering based on covariance features. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XLII-2/W15:465–472, 2019.
- [10] Stefan Gumhold, Xinlong Wang, and Rob Macleod. Feature extraction from point clouds. In *In Proceedings of the 10 th International Meshing Roundtable*, pages 293–305, 2001.
- [11] M. Pauly, R. Keiser, and M. Gross. Multi-scale feature extraction on point-sampled surfaces. In *Computer graphics forum*, volume 22, pages 281–289. Wiley Online Library, 2003.
- [12] E. Altantsetseg, Y. Muraki, K. Matsuyama, and K. Konno. Feature line extraction from unorganized noisy point clouds using truncated fourier series. *The Visual Computer*, 29(6-8):617–626, 2013.

# Том Хэмжээний Зураг Үүсгэлт болон Хэрэгжүүлэлт

Сэнгээ Нямлхагва\*, Жаргалсайхан Ариунболд\*

\* Монгол улсын их сургууль, мэдээлэл компьютерийн ухааны тэнхим  
Цахим шуудан: nyamlkhagva@seas.num.edu.mn, ariuka.jagaa@gmail.com

**Хураангуй:** Том хэмжээний зураг үүсгэх буюу мозайк аргын хэрэгжүүлэлт болон үр дүнг энэхүү судалгааны ажлаас харж болно. Судалгааны эхний хэсэгт бид мозайк хийх аргын чухал хэсэг болох онцлог шинж илрүүлэлт болон задлалтад өргөн ашиглагдаг алгоритмуудыг туршиж харьцуулсан. Туршилтыг SenseFly компаниас гаргасан тариан талбайн 150 зурган дээр гүйцэтгэсэн ба туршилтын үр дүнгээс харахад мозайк хийх аргын үед онцлог шинж илрүүлэх болон задлахад SURF алгоритмын хэрэглэхэд оргил утгын адлаа 30.6381 ба ажиллах хугацаа 120.2 сек буюу бусад алгоритмтай харьцуулахад хамгийн өндөр үр дүнг үзүүлсэн. Гэвч бүтэн зургийн хувьд SURF алгоритмыг хэрэглэх нь онцлог шинж ихсэх тусам тооцоолол, ажиллах хугацаа болон ашиглах санах ойн хэмжээ ихэсдэг сул талтай тул бид онцлог шинж сонгохдоо зургийг мужуудад хуваан тухайн мужаас босго утгыг хангасан онцлог шинжүүдийг сонгож авах байдлаар бүтэн зураг ашиглахаас зайлсхийсэн ба өмнөхтэй адил өгөгдлийн хувьд туршилтыг гүйцэтгэсэн ба туршилтын үр дүнгээс харахад оргил утгын адлаа 30.1347 ба ажиллах хугацаа 48 сек буюу бүтэн зургийн хувьд SURF алгоритмыг ашигласнаас илүү өндөр үр дүн гарсан.

**Түлхүүр үг:** Мозайк хийх, SURF, MSER, FREAK

## I. ОРШИЛ

Компьютерийн шинжлэх ухаан, тэр дундаа тоон зураг боловсруулалтын аргууд нь өнөө цагт маш олон салбарт үр дүнтэйгээр хэрэглэгдэж байгаа билээ. Маш өргөн хүрээтэй том зургийг үүсгэхийн тулд тус тусад нь хэсэгчилж авсан олон зургуудыг нэгтгэн, нэг том зураг үүсгэх хэрэгцээ олон салбарт элбэг тохиолддог.

Бидний энэхүү судалгааны ажлаар “Хөрсний нөхөн төлжилтийг ургамлынх нь өсөлт хөгжилд хяналт хийх замаар үнэлэх” судалгааны ажлын эхний үе шат болох олон зурагнаас том хэмжээний зураг үүсгэх буюу мозайк хийх ажилд ашиглагдах аргуудыг туршиж харьцуулан улмаар өөрсдийн аргыг дэвшүүлсэн.

Хоёр болон хэд хэдэн зургаас хоорондоо давхардсан хэсгүүдийг олж тогтоох нь том хэмжээний зураг үүсгэх

буюу мозайк хийх аргын гол санаа юм. Мөн мозайк хийх аргуудын хувьд мозайк хийх гэж буй зургуудад буй онцлог шинжүүд нь их байх тусам тооцоолол ихсэж улмаар ажиллах хугацаа ихэсдэг тул тухайн зургуудаас эргэлт болон зургийн хэмжээ зэргээс үл хамаарахаас гадна, хангалттай үр дүнг үзүүлж чадах онцлог шинжүүдийг сонгон авах нь чухал юм. Иймээс бид өнөө үед зургаас онцлог шинж илрүүлэх болон задлахад хамгийн түгээмэл ашиглагдаж буй аргуудыг сонгон харьцуулсан туршилт хийж өөрсдийн хэрэгжүүлэлтийг боловсруулсан. Энэхүү судалгааны ажилтай холбоотой гадаадын судлаачдын судалгаанууд цөөнгүй байдаг. Жишээ нь: Агаараас авсан зургуудыг онцлог шинж тохируулалт дээр суурилан мозайк хийх [1]-[3], Онцлог шинжид суурилан зургийг мозайк хийх алгоритмын судалгаа [4]-[6], FAST болон FREAK алгоритмыг ашиглан бодит хугацаанд зургийг мозайк хийх [7]-[8].

Энэхүү өгүүллийн 2-д бүлэгт бид том хэмжээний зураг үүсгэх буюу мозайк хийх үе шат, онцлог шинж илрүүлэх болон задлахад түгээмэл ашиглагдаг алгоритмууд болон өөрсдийн дэвшүүлж хэрэгжүүлэлтийн хувилбар, 3-р бүлэгт тэдгээрийн харьцуулсан үр дүнгийн талаар тайлбарлан бичиж дүгнэсэн болно.

## II. СУДАЛГААНЫ АРГА ЗҮЙ

Энэхүү бүлэгт бид том хэмжээний зураг үүсгэх буюу мозайк хийх үе шат болон мозайк хийх үе шатны онцлог шинж илрүүлэлт ба задлалтад хэрэглэгддэг алгоритмууд болон өөрсдийн дэвшүүлж буй хэрэгжүүлэлтийн санааг дэлгэрэнгүй тайлбарлах болно.



Зураг 1. Мозайк хийх үе шат [9]

Дээр дурдсанчлан мозайк хийх аргуудын үр дүн нь онцлог шинж илрүүлэлт болон задлалтын аргуудын үр дүнгээс шууд хамааралтай байдаг тул онцлог шинж илрүүлэлт болон задлалтын түгээмэл алгоритмуудын тухай авч үзсэн болно.

A. MSER (maximally stable extremal regions)

MSER нь зураг дахь төвийлтийг илрүүлдэг алгоритм юм. Хоёр өөр өнцгөөс авсан нэг ижил дүрсний адил төстэй, харгалзах цэгүүдийг олох зорилготой. MSER алгоритмын гол үйлдэл нь дүрснээс хамгийн том үргэлж хэсгүүдийг олох явдал юм. Дүрсийг олон жижиг хэсэг болгон хуваасны дараагаар нэг нэгээр нь 0 ээс максимум хүртэл босгоор шалган үзэж жижиг хэсгүүдийг нийлүүлэн том хэсэг болгоод хэрэв тогтвортой байвал хадгалдаг. Талбайн өсөх хурд нь 0 рүү тэмүүлж зогсонги байдалд орох үед тэнд талбайн ирмэг байна гэж тогтооно [10].

B. SURF (Speeded Up Robust Features)

SURF нь зургаас онцлог шинж илрүүлэх болон ялган авахад өргөн ашиглагддаг алгоритм бөгөөд онцлог шинж болох блоб (blob)-уудын илрүүлэлт нь Гессийн (Hessian) матриц дээр тулгуурладаг. Гессийн матрицын тодорхойлогчийг тухайн цэгийн эргэн тойрон дах локал өөрчлөлтийг хэмжих хэмжүүр болгон ашигладаг ба тодорхойлогч нь максимал байх цэгүүдийг онцлог цэг болгон сонгон авдаг [11]. Гессийн матрицыг мөн зургийн масштаб сонголтод ашигладаг бөгөөд өгөгдсөн  $x = (x, y)$  цэгийн хувьд Гессийн матриц  $H(x, \sigma)$  нь  $\sigma$  масштабын үед дараах байдлаар илэрхийлэгдэнэ.

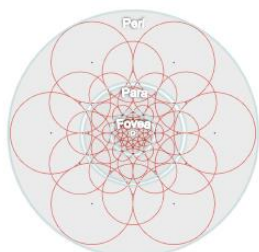
$$H(x, \sigma) = \begin{bmatrix} L_{xx}(x, \sigma) & L_{xy}(x, \sigma) \\ L_{xy}(x, \sigma) & L_{yy}(x, \sigma) \end{bmatrix}$$

Зураг 2. Гессийн матриц [6]

Энд  $L_{xx}(x, \sigma)$  нь  $x$  цэгийн хувьд авсан Гауссийн 2-р эрэмбийн уламжлалын эргэлт (convolution) байна.

C. FREAK (Fast Retina Keypoint)

FREAK алгоритм нь онцлог шинжийг ялган авахад ашиглагддаг бөгөөд хүний нүд шиг шинжих загварыг ашигладаг. Энэхүү загварт төврүүгээ ойртох тусам цэгүүдийг нягт ихэсдэг ба онцлог цэгүүдийн сонгохдоо эхлээд гадна тойрогтоо анхан шатны шилжилт хийж тодорхой босгыг давбал доторх тойргуудаар нарийн шинжилгээ хийдэг нь хүний нүдний ажиллагаатай төстэй (Зураг 2) [10].



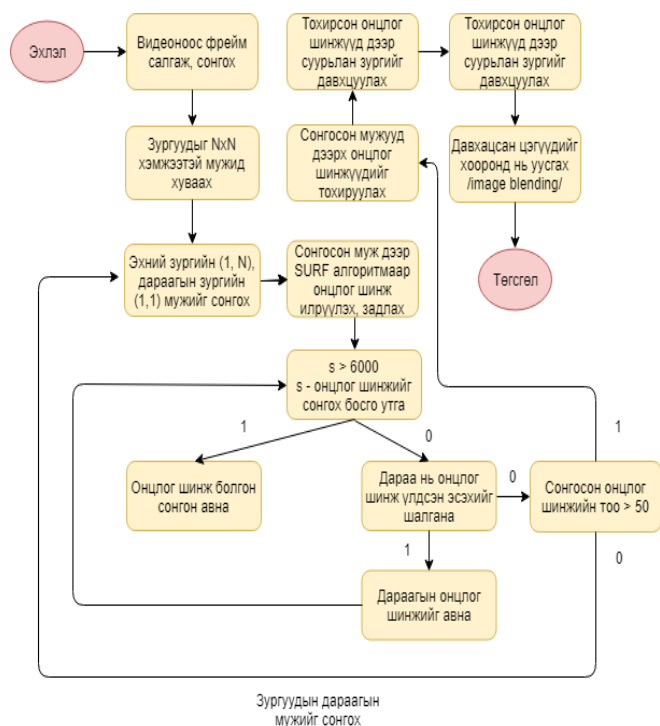
Зураг 3. FREAK алгоритмын загвар

Давуу тал: зургийн хэмжээ болон эргэлтээс үл хамааран онцлон шинжүүдийг ялгадаг.

D. Санал болгож буй арга зүй

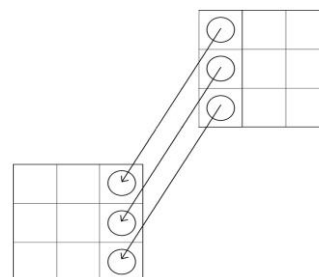
Мозайк хийхэд зургаас онцлог шинж илрүүлэх үе шат чухал байр суурийг эзэлдэг тул бид энэхүү дэвшүүлж буй арга зүйгээр аль болох сайн үр дүн үзүүлэх тодорхой тооны онцлог шинжүүдийг ялгаж авахыг зорьсон болно.

Өөрөөр хэлбэл зургаас онцлог шинжийг илрүүлэхдээ бүтэн зургийн хувьд бус харин тухайн мозайк хийх гэж буй зургуудыг мужуудад хувааж тухайн мужид байгаа онцлог шинжүүдийг босго утгаар (6000-с дээш) сонгож авч дараагийн мозайк хийх гэж буй зургийг харгалзах мужтай тааруулах замаар онцлог шинжийг сонгон авах бөгөөд хэрвээ мозайк хийж буй зургуудын харгалзан мужуудад буй онцлог шинжийн тоо 50-с бага байвал дараагийн муж руу шилжих замаар үргэлжлүүлнэ.



Зураг 4. Санал болгож буй аргын блок диаграмм

Жишээ нь доорх зурагт мозайк хийх гэж буй 2 зургийн хувьд хэрхэн мужуудад хувааж, онцлог шинж тааруулалц хийх мужийг шулуунаар холбон үзүүлсэн байна.



Зураг 5. Мозайк хийх зургуудыг мужид хуваан, харгалзах мужуудын онцлог цэгүүдийн харьцуулах загвар

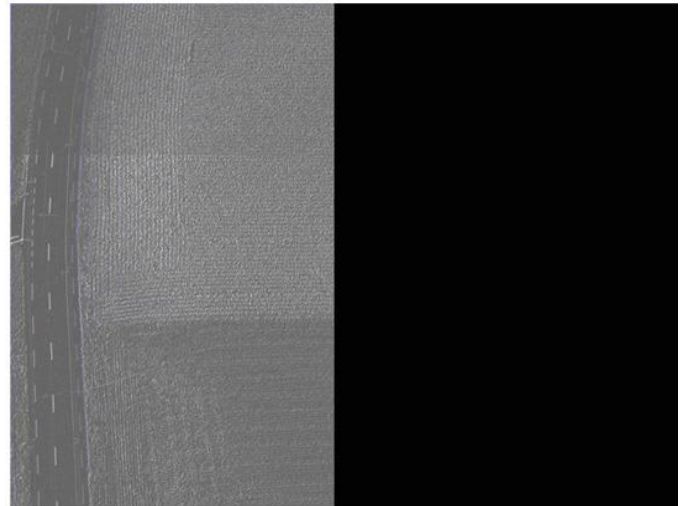


(a)



(b)

Зураг 6. Туршилтын үр дүн



(a)



(b)

Зураг 7. Лавлагаа буюу эх зураг болон мозайк хийсэн зургын ялгаа

### III. ТУРШИЛТЫН ҮР ДҮН

Туршилтыг Sensefly компаниас гаргасан тариан талбайн 150 зураг бүхий өгөгдлийн цуглуулга ба өөрийн гар утсаар авсан зургийг 10x10 буюу 100 хэсэгт хуваасан өгөгдөл дээр гүйцэтгэсэн бөгөөд үр дүнгийн эхний буюу ‘A’ хэсэгт зургаас онцлог шинж илрүүлэх болон ялгах алгоритмуудын үр дүнгийн харьцуулалт, дараагийн буюу ‘B’ хэсэгт өөрсдийн дэвшүүлсэн санааг өмнөх бүтэн зураг дээр онцлог шинж илрүүлсэн аргатай харьцуулсан.

*A. Онцлог шинж илрүүлэлт болон задлалтын MSER, FREAK, SURF алгоритмуудын үр дүнгийн харьцуулалт*

Зургаас онцлог шинж илрүүлэх болон ялгахад MSER, SURF, FREAK алгоритмуудыг дараах хүснэгтэд буй байдлаар хослуулсан бөгөөд туршилтын үр дүнд гарсан зургийг лавлагаа буюу эх зурагтай нь харьцуулан үнэлэхийн тулд дараах 2 аргыг ашигласан болно.

- MSE (Mean Square Error) – дундаж квадрат алдаа
- PSNR (Peak To Noise Ratio) – оргил утгын алдаа

Мөн кодын бүрэн ажиллаж дуусахад зарцуулах хугацааг авч үзсэн.

Хүснэгт 1. Зураг ба буюу 150 зурагны дундаж

Алгоритм	MSE	PSNR
MSER + FREAK	53.4852	30.8485
MSER + SURF	56.1403	30.9560
SURF + SURF	52.1775	30.6381

Дээр дурдсанчлан тухайн зурган дахь онцлог шинж ихсэхэд тооцоолол нэмэгдэж улмаар ажиллах хугацаа удааширж байсан бөгөөд доорх графд Зураг ба-н хувьд мозайк хийж буй зургууд хоорондоо 10%, 25%, 50% давхцалтай байх үед илэрсэн онцлог шинжийг тоо болон ажиллах хугацааны хамаарлыг Зураг 8 болон 9-д харуулсан.

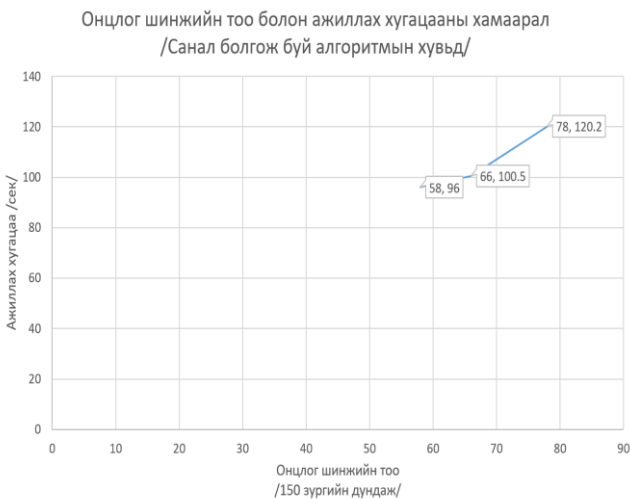
Хүснэгт 2. Зураг 6b буюу 100 зурагны дундаж

Алгоритм	MSE	PSNR
MSER + FREAK	115.9947	27.4864
MSER + SURF	115.2506	27.6332
SURF + SURF	112.1387	27.5144



**Зураг 8.** Онцлог шинжийн тоо болон ажиллах хугацааны хамаарал

**B. Санал болгож буй арга болон бүтэн зургийн хувьд SURF алгоритмийг хэрэглэсэн аргын үр дүнгийн харьцуулалт**



**Зураг 9.** Онцлог шинжийн тоо болон ажиллах хугацааны хамаарал /Санал болгосон аргын хувьд/

**Хүснэгт 3.** Санал болгосон аргын хувьд 100 зурагны дундаж

Алгоритм	MSE	PSNR
SURF + SURF	89.3586	30.1347

Үнэлгээний аргуудын хувьд MSE-н бага утга нь сайн үр дүнг илэрхийлэх бол эсрэгээрээ PSNR-н хувьд их утга нь илүү сайн үзүүлэлт болдог. Хүснэгт 2- с харахад SURF+SURF ашигласан хувилбар илүү сайн үр дүн үзүүлж байгааг бид харж байна. Тиймээс туршилтаар илүү үзүүлэлт үзүүлсэн хувилбарыг бид өөрсдийн алгоритмдаа ашиглан үр дүнг Хүснэгт 3-т харууллаа.

**ДҮГНЭЛТ**

Энэхүү судалгааны ажлын хүрээнд "тоон зураг боловсруулалтыг ашиглан ургамлын өсөлтөд хяналт хийх" судалгааны ажилд ашиглах зорилгоор мозайк хийх аргачлалуудыг туршиж харьцуулан улмаар өөрсдийн аргыг дэвшүүлсэн бөгөөд судалгааны үр дүнгээс харахад зургаас онцлог шинж илрүүлэлт болон задлалтад SURF алгоритм хамгийн өндөр үр дүнг үзүүлж байсан. Гэвч SURF алгоритмыг бүтэн зургийн хувьд ашиглахад хэрэгцээгүй тооцоолол их хийж байсан. Иймээс бид өөрсдийн аргыг хөгжүүлсэн бөгөөд зургийг мужид хувааж тухайн муж дээр SURF алгоритмыг хэрэглэснээр тооцоолол багасаж улмаар ажиллах хугацааг эцсийн мозайк хийгдсэн зургийн үр дүнд нөлөөлөхгүйгээр дунджаар 3 дахин буруулсан бөгөөд "ургамлын өсөлтөд хяналт хийх" судалгааны ажилд өөрсдийн дэвшүүлсэн аргыг ашиглахаар сонгосон. Цаашид бид онцлог шинжүүдийг скейл болон гажуудал засахад хэрэгтэй шинжээр нь цөөлж нэгтгэх хугацаа болон үр дүнг сайжруулахаар ажиллах болно.

**НОМ ЗҮЙ**

- [1] Emina Hadrović, Dinko Osmanković, Jasmin Velagić, 59th International Symposium ELMAR, 2017, pp. 177-180
- [2] Yuping Feng, Shuguang Li, "Research on an Image Mosaic Algorithm Based on Improved ORB Feature Combined with SURF" 2018 Chinese Control And Decision Conference (CCDC)
- [3] Jiayi Wang, Junzo Watada, "Panoramic image mosaic based on SURF algorithm using OpenCV", 2015 IEEE 9th International Symposium on Intelligent Signal Processing (WISP) Proceedings
- [4] Lei Yang, Xiaoyu Wu, Jun Zhai, Hui Li, 4th International Congress on Image and Signal Processing, 2011, pp. 846-849
- [5] Yang Z, Shen D, Yap P-T, "Image mosaicking using SURF features of line segments," PLoS ONE 12(3): e0173627 (2017).
- [6] Long, Xu Lin, Qiang Chen, and Jun Wei Bao. "Improvement of Image Mosaic Algorithm Based on SURF." Applied Mechanics and Materials. Trans Tech Publications, Ltd., September 2013.
- [7] KSV Prathap, SAK Jilani, PR Reddy "A real-time image mosaicing using FAST detector and FREAK descriptor" Wireless Communications, Signal Processing and Networking (WiSPNET), 2017
- [8] S.Khachikian, M.Emadi, "Applying FAST & FREAK Algorithms in Selected Object Tracking", International Journal of Advanced Research in Electrical, Electronics and Instrumentation Engineering, Vol. 5, Issue 7, July 2016
- [9] POOJA GHOSH, Image mosaicing using feature detection algorithms, <http://ethesis.nitrkl.ac.in/7923/1/631.pdf>
- [10] Г.Ганчимэг, ДҮРСНИЙ ИЖИЛ ТӨСТЭЙ ХЭМЖИГ ДЭХҮҮНИЙГ ТОДОРХОЙЛОХ АРГАЧЛАЛ, 2017
- [11] Herbert Bay, Andreas Ess, Tinne Tuytelaars, Luc Van Gool, Speeded-Up Robust Features (SURF), Computer Vision and Image Understanding, Volume 110, Issue 3, 2008,

ЗУРГАН ФАЙЛ БҮХИЙ ГАР БИЧВЭРИЙН ТӨСӨӨГИЙН КОФИЦЕЙНТИЙН БОСГО УТГА ШИНЖЛЭХ НЬ

Жаарай Пүрэвсүрэн  
 Мэдээлэл компьютерийн ухааны тэнхим  
 Монгол улсын их сургууль  
 Улаанбаатар, Монгол улс  
 jruje913@gmail.com

Чагнаагийн Алтангэрэл  
 Мэдээлэл компьютерийн ухааны тэнхим  
 Монгол улсын их сургууль  
 Улаанбаатар, Монгол улс  
[altangerel@num.edu.mn](mailto:altangerel@num.edu.mn)

Хураангуй— Бичиг баримтыг өөрийн гараараа үйлдэх нь тухайн бичвэр, бичиг баримтыг давхар баталгаажуулж байгаа нэг хэлбэрт тооцогдоно. Бичгийн хэвийн шинжилгээг шүүн таслах ажиллагааны явцад бичиг баримтын үнэн зөвийг тогтооход өргөнөөр ашигладаг бөгөөд энэ шинжилгээг хийх үйл ажиллагаа ур чадвар, хүч хөдөлмөр, цаг хугацаа шаарддагаараа онцлог юм. Одоогоор монгол улсад гар бичвэрийн цахим сан байхгүй бөгөөд бид жишээ болгон гар бичвэрт кодын бүртгэлийн аргаар шинжилгээ хийж байна. Үүний үр дүнд гар бичвэрээс онцлог цэгүүдэд тулгуурлан patch үүсгэн, тэдгээрийг аймаглан шинжилж үзэхэд бүлэгт онцлог шинж тогтвортой хадгалагдаж байх бөгөөд цаашид бичгийн хэвийн адилтгалд ашиглах боломжтой гэж үзэж байна.

Түлхүүр үг: Төсөөгийн кофидейнтийн босго утга шинжлэх, гар бичвэрийн адилтгалын шинжилгээ, codebook,

I. Удиртгал

Хүмүүс бие биетэйгээ харилцах албан ёсны үйлдэл нь бичгийн хэл юм. Бичиг баримтыг өөрийн гараараа үйлдэх нь тухайн бичвэр, бичиг баримтыг давхар баталгаажуулж байгаа нэг хэлбэрт тооцогдоно. Томас нар 10 жилийн хугацаанд гар бичмэлийн өөрчлөлтийн туршилтын судалгаа хийсэн бөгөөд үр дүн нь насанд хүрсэн хүн гар бичмэлийн тодорхой хэв маягийг эзэмшсэний дараа үсэг бүрийн үндсэн хэв маяг, түүнчлэн ангийн болон хувь хүний шинж чанарууд өөрчлөгдөөгүй хэвээр байгаа хэдий ч үсгийн хэмжээ нь наснаас хамааран өөрчлөгдөж болно [1]. Иймд гар бичвэрээс үйлдэгчийн тухай мэдээллийг хангалттай гаргаж авах боломжтой боловч энэ үйл ажиллагаа нь харьцангуй төвөгтэй бөгөөд ур чадвар, мэдлэг болон хүч хөдөлмөр, цаг хугацаа шаарддаг ажил юм.

Шүүх шинжилгээний байгууллагын үйл ажиллагааны үндсэн чиглэл нь эрүү, иргэн, захиргаа болон зөрчлийн хэрэг маргааны явцад эрх бүхий

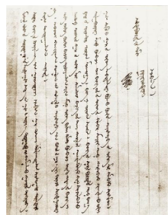
этгээдийн шийдвэрийг үндэслэн шинжилгээ хийж дүгнэлт гаргах бөгөөд гол үйл ажиллагааны нэг нь криминалистикийн шинжилгээ юм. Үүнд бичиг баримтын шинжилгээ, гарын мөрийн шинжилгээ, галт зэвсгийн шинжилгээ, мөр судлалын шинжилгээ зэрэг багтана.

Монгол улсад бичгийн хэвийн адилтгалын уламжлалт арга барилыг ашиглан 1930 оноос эхлэн хийж ирсэн. Өөрчлөлт шинэчлэлийн давалгаа өдөр бүр, цаг тутам явагдаж байгаа өнөө үед бид суурин болон зөөврийн микроскоп, өсгөгч шил, гэрлийн олон төрлийн тусгалууд зэрэг техник хэгслийг шинжилгээндээ ашиглаж байгаатай мөн адил цахим техник технологийг нэвтрүүлэн бичгийн үйлдэгчийг тодорхойлох боломжийг судлах хэрэгцээ шаардлага байна.

Шинжилгээнд ирүүлж буй гар бичвэр, баримтууд нь тооны хувьд их, олон хавтаст материал ирдэг бөгөөд нэг бүрчлэн үсэг элемент бүрээр нь боловсруулалт хийж, орон зайн баримжааг илэрхийлэх, бичих дадлын түвшинг илэрхийлэх, хөдөлгөөний бүтэц илэрхийлэх шинж тэмдэг, зохилох хэлбэр, зонхилох чиглэл, бичгийн налалт, бичгийн хэмжээ, бичгийн суналт, бичгийн даралт зэрэг ерөнхий шинж тэмдгүүд, мөн хөдөлгөөний хэлбэр, хөдөлгөөний чиглэл, хөдөлгөөний хэмжээ, хөдөлгөөний холболт, хөдөлгөөний тоо, хөдөлгөөний дараалал, хөдөлгөөний харилцан байрлал, хөдөлгөөний үйлдэц [2] зэрэг бичигчийн бичих дадлын онцлог илэрдэг хувийн онцлог шинж тэмдгүүдийг нарийвчлалтай гаргахад их хүч хөдөлмөр, цаг хугацаа шаарддаг бөгөөд энэ өндөр ачааллыг дааж ажиллахын тулд шинжээч нь тогтмол илүү цагаар ажиллах шаардлага тулгарч байна.

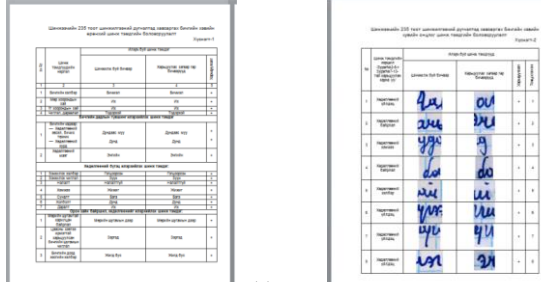
Иймээс дээрх хэрэгцээ, шаардлага болон “Алсын хараа-2050” Монгол Улсын урт хугацааны хөгжлийн бодлогод “Салбарын үйл ажиллагаанд шинжлэх ухааны өндөр түвшний технологийг нэвтрүүлэх бүтэц зохион байгуулалтыг боловсронгуй болгож, судалгаа, шинжилгээний баазыг бэхжүүлсэн байна”, Шүүх

“Авзага хайрхан уулын хошууны Аюушжаваас бусдын нэрийг барьж хүнд ноцтой үг, үсэг бүхий бичиг зохиосноо миний үсэг биш хэмээх боловч тэрхүү хэргийн бичгийг түүний өөрийн гарын үсэг мөн хэмээсэн бичгүүдтэй харилцан нийлүүлж хянан шинжилбээс бийрийн үзүүр хурц, мохоо, бэх нь өтгөн, шингэн, бичгийн нарийн бүдүүн ину бага ялгавартай мэт боловч уг бичгүүдийн үсгийн хэлбэр маяг нь хэрхэвч зайлахгүй нэгэн хүний үсэг лавтайгаа болох бөгөөд Аюушжавын үсэг мөн хэмээвээс зохистой.



Экспертийн комисс 1. Донров  
 2. Д.Нашаг  
 3. Я.Цэвэл”

Зураг №1. Монгол улсад хийсэн бичгийн хэвийн адилтгалын шинжилгээний дүгнэлт [2].



(a) (b)

Зураг №2. Уламжлалт аргаар хийсэн бичгийн хэвийн ерөнхий (a) болон хувийн онцлог (b) шинж тэмдгийн боловсруулалтыг харуулав.

шинжилгээний байгууллагын техник, тоног төхөөрөмж болон хүний нөөцийн чадамж дээшилсэн байна” гэж заасныг тус тус үндэслэн энэхүү судалгаа, шинжилгээг хийсэн.

## II. СУДЛАГДСАН БАЙДАЛ.

Гар бичвэрээс үйлдэгч тодорхойлох төрөл бүрийн арга техникүүдээс кодын бүртгэлд суурилсан арга судлаачдын түгээмэл сонголт байсаар ирсэн. Бичигчийг таних аргуудыг уламжлал ёсоор текстээс хамааралтай болон текстээс хамааралгүй гэж ангилдаг [1]. Бид текстээс хамааралгүй буюу гар бичвэрийн агуулгаас үл хамааран бичигчийн бичих хэв шинжийг илрүүлэхийг зорьж байна. Бидний судалснаар одоогийн байдлаар монгол хүний бичигт компьютерийн технологи ашиглан адилтгал хийх боломжийг судлаагүй байна.

Шрихари нар 1500 хүнийг хамарсан судалгаагаар гар бичмэлийг биометрийн арга хэрэгсэл болгон харуулсан [5]. Энэ бол текстээс хамааралтай судалгаа байсан бөгөөд бүх оролцогчид ижил текстийг оруулсан. Бенсефия нар [6] гар бичмэлийг графем болгон хувааж, зохиолчийн шинж чанарыг тодорхойлохын тулд морфологийн хувьд ижил төстэй графемуудын илүүдлийг ашигласан. Дараа нь Сиддики, Винсент [7] зохиолчийн өвөрмөц хэв шинжийг гаргаж авахын тулд жижиг бичил хэсгүүдийг ашигласан. Эдгээр хэв шинж тархалтыг контур бичихээс гаргаж авсан чиг баримжаа, мурийлттай ослуулсан. Өөр нэг судалгаанд бичгийн хэв шинжийг олж авахын тулд локал хоёртын хэв (LBP) болон локал фазын тоо (LPQ) зэрэг текстийн хэмжүүрүүдийг гар бичмэлийн хэвийн блокуудаас [8] гарган авсан. Akram Bennouga нар [9] гар бичмэлийн дижитал дүрсээс зохиолчийг таних далд хэлбэрийн кодын бүртгэлийн аргын үр нөлөөг үнэлэх судалгаа хийсэн. Дээрх судалгаа, туршилтууд англи, франц, португал, араб зэрэг хэл дээрх гар бичвэрт хийгдэж тодорхой үр дүнгээ өгсөн байна. Монгол улсын албан ёсны бичиг нь крилл бичиг бөгөөд монгол хүний крилл бичвэрийн сан одоогоор байхгүй бөгөөд энэ талын судалгаа хийгдээгүй байна. болон текстээс хамааралгүй горимд явуулдаг байна.

## III. АРГА ЗҮЙ

Бид судалгаандаа Akram Bennouga [1] нарын гар бичмэлийн дижитал дүрсээс зохиолчийг таних далд хэлбэрийн кодын бүртгэлийн аргаас санаа авч монгол хүний 20 ширхэг бичвэрт шинжилгээ хийж байна. Туршилтад гар бичмэл текстээс хамааралгүй буюу бичвэрийн агуулгаас хамааралгүй “Хоол хүнс” гэсэн нийтлэг сэдвийн дагуу чөлөөт зохион бичлэг хийлгэн авч санг бүрдүүлсэн. Судалгаанд ашиглах гар бичвэрүүдийг Canon LIDE110 маркийн скайнер ашиглан

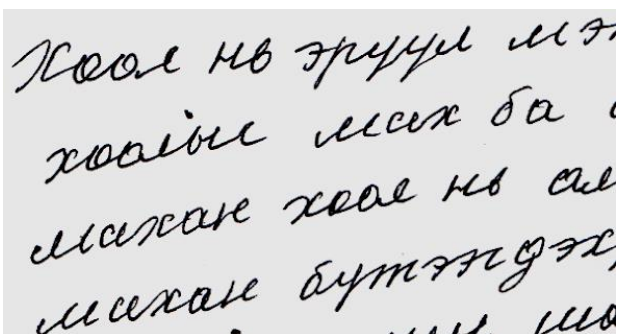
DPI-ийг 400 дээр тохируулан А4 хэмжээтэй зурган файл гарган авч BMP форматаар хадгалсан болно.

Судалгаанд ашигласан аргын дагуу гар бичмэлийн онцлог чухал цэгүүдийг тодорхойлж, энэ цэг төвтэй жижиг хэсгүүдийг багцлан далд хэлбэрийн кодын бүртгэл үүсгэнэ. Бичигч нь кодын хэв маягийг гаргах магадлалын хуваарилалтаар тодорхойлогддог. Ижил төстэй шинж чанаруудыг бүлэглэх алхамд нэгтгэнэ.

Онцлог цэгийг илрүүлэх нь зураг дээрх объектын гол хэсгүүдийг олоход зориулагдсан түгээмэл компьютерийн харааны арга юм. Энэ нь бидний нүүрний гол хэсэг (хамрын үзүүр, хөмсөг, уруул) эсвэл бидний биеийн гол цэгүүд (үе мөч, хонго, тохой) гэх мэт зураг дээрх орон зайн байршил эсвэл цэгүүдийг тодорхойлдог. Компьютерийн хараа нь зураг эсвэл видеоны агуулгыг илрүүлэх, тодорхойлох зорилготой хиймэл оюун ухааны олон талт салбар юм [11]. Энэ төрлийн онцлог цэг илрүүлдэг олон алгоритм байдгаас бид нийтлэг ашиглагддаг Харрис онцлог цэг илрүүлэгч (Harris key point detector)-ийг [10] ашиглан гар бичвэрийн зурган файлаас онцлог цэгийг олж авсан. Энэ арга нь зургийг саарал болгож вектор болгон, векторуудын хоорондох хамаарлыг (correlation) боддог арга юм. Уг онцлог цэгт тулгуурлан  $n \times n$  хэмжээтэй квадрат хэсгүүдийг (цаашид дөрвөлж буюу patch гэнэ) гарган авсан. Зураг №3,4-т гар бичмэлийн жишээ зураг болон илрүүлсэн онцлог цэгүүдийг харуулав. Шинжилж буй бүх зургийн хувьд давтаж, задласан дөрвөлжүүдийг дараа нь аймаглана. Аймаглахад төсөөг боддог NGC-ийг (Normalised Greyscale Correlation) ашигласан.

NGC алгоритмыг энгийнээр хэлбэл хоёр дөрвөлж хоорондын төсөөг бодоход ашиглана. Саарал өнгийн утгыг харьцуулахад хялбар байдаг тул NGC-д монохром/саарал өнгийн зургийг ашиглах ёстой. Өнгөт зургуудад өөр харилцан хамаарлын алгоритм шаардлагатай бөгөөд энэ нь саарал өнгийн зурагтай харьцуулахад шаардлагагүй байна [12].

Ижил төстэй шинж чанаруудыг кластерлахын тулд нэгтгэлийг ашигладаг бөгөөд энэ нь кластерын (цаашид аймаг гэнэ) нягтрал дахь хязгаарын тоо  $thv$ (threshold value) хүрэх хүртэл шинж чанаруудыг дараалан нэгтгэх замаар кластерын тоог автоматаар тодорхойлно. Элемент бүрийг тусдаа аймаг болгон авч үзэх бөгөөд дараа нь алхам бүрт хамгийн төстэй хоёр аймаг C1 ба C2-ыг нэгтгэдэг бөгөөд тэдгээрийн бүрдүүлэгч дөрвөлжүүдийн хоорондох дундаж ижил төстэй байдал нь (кластер нягтрал) тодорхой босго утгаас ( $thv$ ) өндөр хэвээр байх болно.



Зураг №3. Код бүртгэл үүсгэх явцад ашигласан жишээ зураг.



Зураг №4. Гар бичвэрээс онцгой цэгүүдийг гаргаж авсан зураг.





Зураг №5. Гар бичвэр(а)ийг зурган файл(б) болгож, кодын бүртгэлийн аргаар patch-ууд гарган авч(в), нэг кластерт байх patch-уудыг(г) тус тус харуулав.

Өгөгдлийн шинжилгээнд аймаглах алгоритмыг ашиглан өгөгдөл нь аль аймагт хамаарахыг тодорхойлсноор өгөгдлүүдээс зарим чухал утгыг олж авах боломжтой. Аймаглах (Clustering) гэдэг нь ижил төстэй байдлаар нь бүлэглэхийг хэлэх бөгөөд аймаглах олон аргуудаас шаталсан агломератив аймаглах аргыг сонгон ашигласан болно. Энэ арга нь өгөгдлийг төстэй шинжээр нь доороос нь дээш эсвэл дээрээс доош бүлэгдэх зарчмаар шаталж аймагладаг алгоритм юм. Зураг №6-д шаталсан аймаглах аргыг харуулав. Зураг №6-ын (в)-д загвар гар бичвэрээс гаргаж авсан кодын бүртгэлийн нийт элементүүдийг дүрсэлсэн бол (г)-д нэг аймаг доторх элементүүдийг дүрсэлсэн байна. Нэгтгэх замаар бүх аймгуудыг нэг том аймаг болгох хүртэл хийж гүйцэтгэнэ. Үр дүнд мод хэлбэрийн бүтэц (dendrogram) үүсгэнэ. [10]. Бид agglomerative буюу доороос дээш нэгтгэн, аймгуудыг хоёр хоёроор нь төсөөтэй байдлыг нормалчилсан грэйскел корлэйшин кофицентоор (NGC) бодож зайг тооцоолон Дунджаар хамгийн ялгаа багатай төсөөтэй хос кластеруудыг нэгтгэж шинэ аймаг үүсгэнэ. Нэгтгэх аймаг дээр элемент хоорондох зайг тухайлсан хэмжээсээр хэмждэг, бөгөөд энэхүү хэмжээс нь коррелиац буюу хамаарлын эсрэг хамааралтай зай= $(1 - thv)$  байна. Дундаж утгын хувьд ижил дүрсүүдийг 1 оноотой гэж үзвэл ойролцоо утга бүхий дөрвөлж бүрийг ойролцоо утгаар нь хамгийн их оноотойгоос эхлүүлэн нэг бүрчлэн гар аргаар харьцуулан шалгахад 0.969 оноо хүртэл дүрсүүд хоорондоо ижил төстэй байсан бөгөөд үүнээс

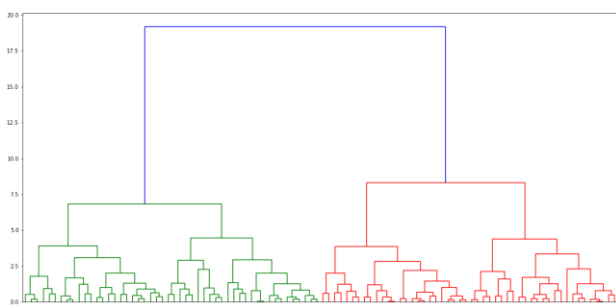
оноо багасах тусам харьцуулж буй дүрсүүд харилцан өөр шинж чанартай (шуугиантай) болж байв. Иймд хамгийн тохиромжтой оноог 0,969 гэж үзэж босго утга  $thv=1-0.969=0.031$  байна гэж тодорхойлон цаашид дөрвөлжүүдийг аймаглаж байна. Зарим үед хоорондоо огт хамааралгүй элемент нийлэх тохиолдол байх бөгөөд энэ асуудлыг ( $thv=1-NGC$ )-ийг тодорхойлсноор зөв хэсгээр нь таслан бүлэг болгож шийдэж байна. Иймээс босго утга ( $thv$ )-ыг оновчтой нарийн тооцоолж гаргах нь чухал байна. Дээрх байдлаар бүлэглэхэд дараах үр дүн гарч байна.

#### IV. ҮР ДҮН БА ХЭЛЭЛЦҮҮЛЭГ

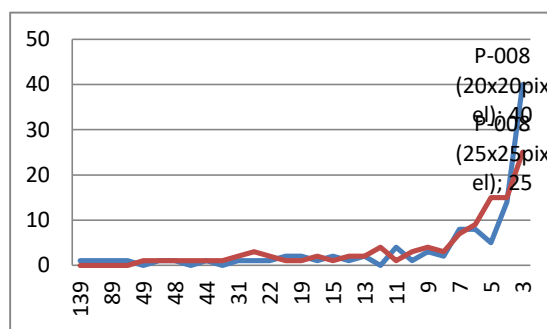
Бид 20 хүний гар бичвэрээс нэгийг сонгон авч зурган файл болгож, зургаас онцлог цэгийг гарган авч,  $thv=0.031$  үед  $20 \times 20$  pixel-ийн хэмжээтэй 2,955 ширхэг patch-д хуваасан бөгөөд дундаж утга 0.031 байх үед хамгийн багадаа 2, ихдээ 143 нийт 1,434 ширхэг дөрвөлж агуулсан нийт 223 аймаг үүссэн бөгөөд ямар нэг бүлэгт ороогүй 2,731 ширхэг patch байна.

Бид босго утгыг олохын тулд гар аргаар нийт дөрвөлжүүдийг хамгийн ойролцоо утгаар нь ихээс нь бага руу нь эрэмбэлж, утга ойрхон дөрвөлжүүдэд анализ хийхэд  $thv$  нь 0.031-ээс бага үед дөрвөлжүүд хамгийн ойролцоо байна. Харин 0.031-ээс их байх үед дүрсүүд илт зөрүүтэй болж байв. Дундаж утгыг зөв тодорхойлох нь чухал байна.

Харин дөрвөлжүүд хэмжээнээс хамаарч дөрвөлжид хамаарах цэгийн хэмжээ болон онцлог дүрсийн чанар маш чухал бөгөөд үүнээс хамаарч



Зураг №6. Patch-уудыг шаталсан аргаар кластерласныг харуулав [4].



Зураг №7. Patch-ийн хэмжээг томруулсанаар жигд тархалттай кластерын тоо нэмэгдсэнийг харьцуулж харуулав.

бүлэгт орох дөрвөлжүүдийн тоо шууд хамаарна.

Дөрвөлжийн хэмжээг томруулж үр дүн сайжрах эсэхийг тогтоох зорилгоор хэмжээг 24x24 pixel хэмжээтэй өгч дахин аймаглахад 2,944 ширхэг дөрвөлжид хуваагдсан бөгөөд нийт 1,300 дөрвөлж бүхий 276 кластер үүссэн байна. Харин аймагт ороогүй 1,644 ширхэг дан дөрвөлж байна.

#### V. ДҮГНЭЛТ

Монгол хүний гар бичвэрт хийж байгаа туршилтын ажлын нэг хэсэг болох гар бичвэрт кодын бүртгэлийн тусламжтай онцлог цэг бүхий дөрвөлжүүдийг гарган авч, аймаглахад 1,434 patch агуулсан 223 бүлэг үүсэн нь цаашид адилтгал хийх тогтвортой дүрс агуулагдаж байна гэж үзлээ. Гэхдээ аймагт багтаагүй 1,521 patch үлдсэн байгаа нь дундаж утгыг (thv) зөв тодорхойлох нь чухал ач холбогдолтойг харуулж байна.

Дөрвөлжийн хэмжээг томруулснаар бидний таамаглаж байсанчлан аймагт багтах нийт элементийн тоо бага зэрэг буурсан хэдий ч хэт олон элементтэй аймаг байхгүй харин дундаж болон цөөн тооны элемент агуулсан олон аймаг үүссэн нь элемент жигд тархалттай болж бөөгнөрөл үүсч байгаа сайн тал ажиглагдаж байна.

#### VI. НОМ ЗҮЙ.

- [1] О. Т., “Шинжлэн магадлахуй,” %1-д *Шинжлэн магадлахуй*, УБ хот, 2014, p. 48.
- [2] C. D. A. G. I. S. T. M. Akram Bennour, "Handwriting based writer recognition using implicit shape codebook," *Forensic Science International*, vol. 301, pp. 91-100, 2019.
- [3] "stack overflow," 12 11 2017. [Online]. Available: <https://stackoverflow.com/questions/26851553/sklearn-agglomerative-clustering-linkage-matrix>.
- [4] Л. Б.Очирбат, “Өгөгдлийн шинжлэх ухаан,” %1-д *Хиймэл оюун ба машин сургалт*, УБ, 2022, pp. 148-171.
- [5] cbncgh, "ghgh," in *hgh*, ub, 2022, p. 10.
- [6] M. W. T. a. S. K. Rajan, "Genuine handwriting variations in 10 years," *Egyptian Journal of Forensic Sciences*, 2019.
- [7] C.-h. H. L. S.N Srihari, "Individuality of handwriting," *J.Forensic Science*, pp. 856-872, 2002.
- [8] "Clearveaw," 2021. [Online]. Available: <https://www.clearview-imaging.com/en/blog/pattern-matching-with-normalised-greyscale-correlation>.