



ШИНЖЛЭХ УХААН ТЕХНОЛОГИЙН ИХ СУРГУУЛИЙН МЕНЕЖМЕНТИЙН СУРГУУЛЬ

АЧИЛТЫН ӨРТӨӨНӨӨС ГАЛТ ТЭРЭГ НАЙРУУЛАХ АЖИЛЛАГААГ ОНОВЧТОЙ ЗОХИОН БАЙГУУЛАХ АРГА ЗАМ

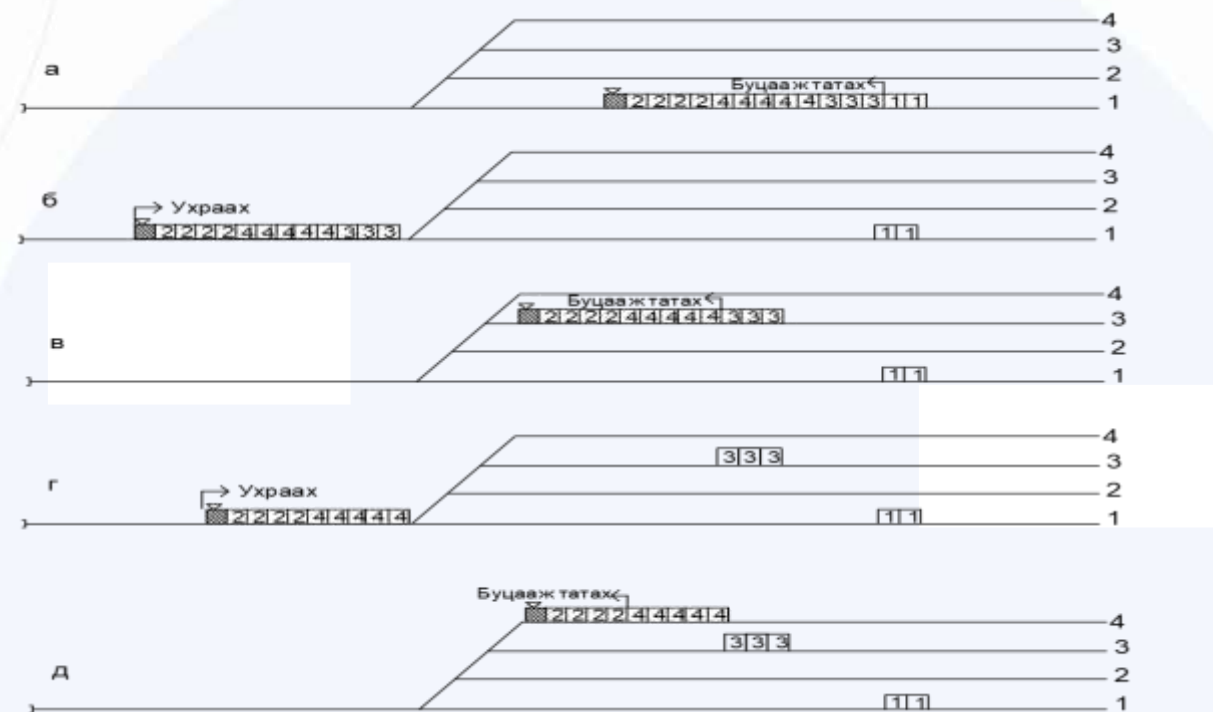
Ю.Сарантуяа ТУ Магистр, Ж.Ганчимэг PhD, профессор
sarantuyatds@gmail.com, ganchimeg@must.edu.mn

Сэдвийг судлах үндэслэл

Монгол улсын хэмжээнд Улаанбаатар өртөөнөөс бусад өртөөд ялгах довгүй, ялгах паркгүй. Буулгалтад ирсэн вагоныг салбар замд тавих зорилгоор татах замыг ашиглан сэлгээний ажил хийдэг учир хугацаа их зарцуулдаг.



Ялгалтын дов барихад маш их хөрөнгө зарцуулагдах учир дотоод нөөц бололцоогоо ашиглан ачилтын өртөөнөөс галт тэргийг зөв найруулах боломж, сэлгээний зардал буурч үр ашиг нэмэгдэх эсэхийг судалсан.



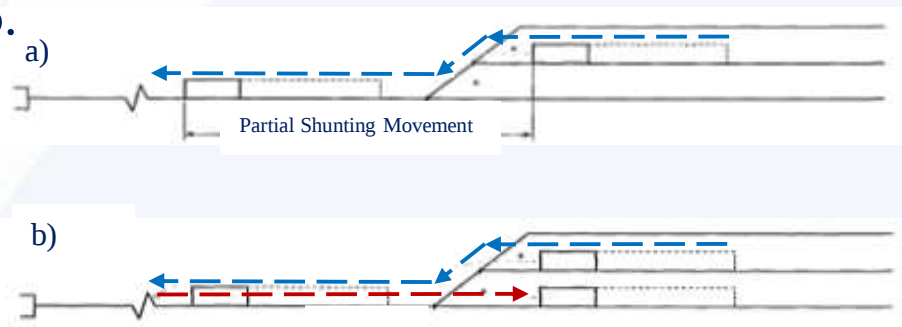
Ухрах сэлгээ. а-сэлгээний зүтгүүр холбох; б, г-буцааж татах хагас явалт; в, д-ухраах хагас явалт

I. НӨХЦӨЛ БАЙДАЛ

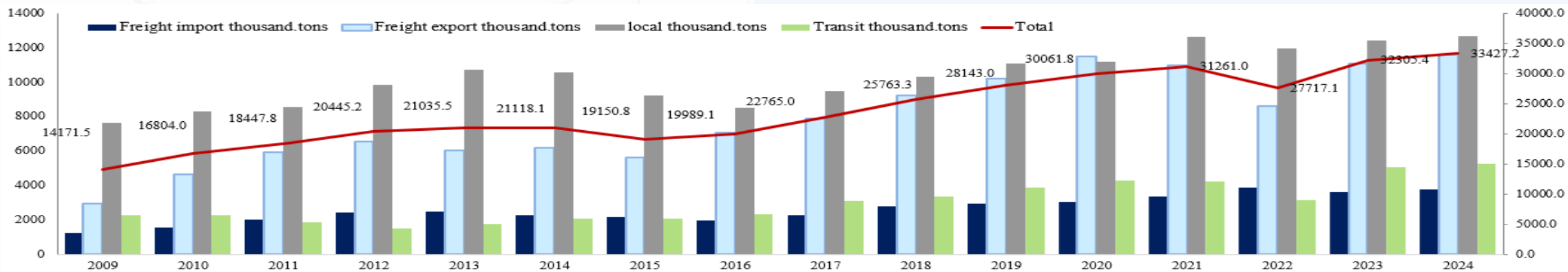
Монгол улсын нийгэм эдийн засагт голлох байр суурь эзэлдэг Улаанбаатар төмөр зам хувь нийлүүлсэн нийгэмлэгийн (УБТЗ ХНН) Төмөр замын тээврийн эрэлт хэрэгцээ сүүлийн жилүүдэд өсөж 2014-2017 онуудад жилд 21-22 орчим сая тонн ачаа тээвэрлэж байсан бол 2024 оны байдлаар 33.4 сая тонн ачаа тээвэрлэсэн байна.

II. ОНОЛ, АРГА ЗҮЙ

Сэлгээний ажлыг зориулалтаар нь бүрэлдэхүүн задлах, найруулах, шилжүүлж тавих, татах, холбох, салгах, бусад гэж хуваадаг. Вагон зүтгүүртэй эсвэл дан зүтгүүр хөдөлгөөний чиглэлээ өөрчлөхгүй зогсох хүртэл явахыг хагас явалт гэнэ. Вагон зүтгүүртэй эсвэл дан зүтгүүр хөдөлгөөний чиглэлээ өөрчлөн явахыг сэлгээний бүтэн явалт гэнэ. Сэлгээний бүтэн явалт хоёр хагас явалтаас бүрдэнэ.



Сэлгээний хагас (а), бүтэн (б) явалтын схем



ГАДААДЫН ЭРДЭМТЭН СУДЛААЧДЫН ОНОЛ, АРГА ЗҮЙ

Эрдэмтэн,
судлаачид

Сэлгээний ажиллагааг
оновчтой зохион байгуулах

Д.Мэй, Адольф Хайзер,
Ж., Рендер, Б.Барни
Г.Глейзер, Ансельм
Л.Страусс

Ю, Тао Пэйбо Вэн,
Хаодун Ли Нильс Бойсен,
Симон Эмде, Мальте
Флиднер, Чуйжян Гуо,
Динёу Лэй, Нильс
Бойсен, Симон Эмде,
Мальте Флиднер,
Чуйжян Гуо, Динёу Лэй,
Руйфань Тан, Лоренцо Де
Донато, Эвертян Пеер,
Владо Менковский...

Хөдөлгөөний менежментийн
онол,
Процессийн зохион байгуулалтын
хандлага,
Өгөгдөлд суурилсан онолын
зарчмууд

- Галт тэргийг найруулан
бүрдүүлэлт,
- Их өгөгдөлд суурилсан
удирдлагын систем,
- Ухаалаг биет загвар
- Чанарын шинжилгээний
алгоритм,
- Орчин үеийн технологиудтай
интеграцлал,
- Нэгдсэн оновчлолын загвар...

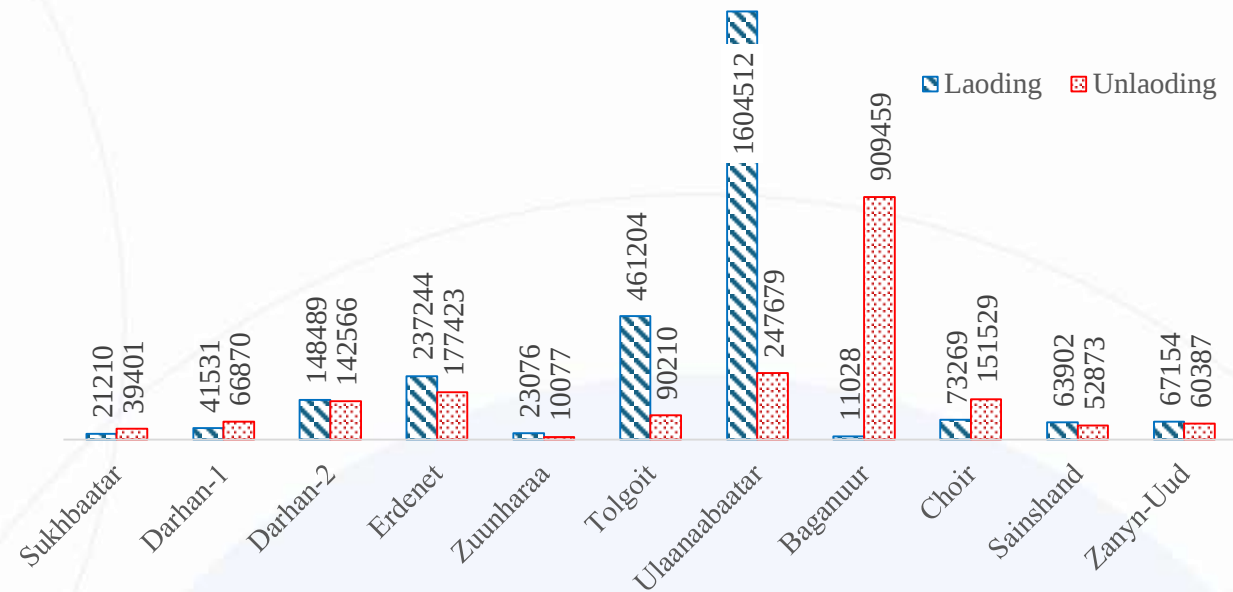
Эдгээр онолын хандлагыг
нэгтгэснээр өөрийн орны
нөхцөлд тохирсон загварыг
боловсруулсан. Энэхүү нэгдсэн
загварт Хөдөлгөөний
менежментийн онолын
хөдөлгөөн болон нөөцийн
төлөвлөлтийн зарчим,
Процессын зохион
байгуулалтын онолын ажлын
урсгал болон шийдвэр гаргах
зохион байгуулалт, Өгөгдөлд
суурилсан онолын туршлагад
суурилсан болон эмпирик
өгөгдлийн шинжилгээний
 аргуудыг нэгтгэсэн бөгөөд
сэлгээний ажиллагааг оновчтой
болгох үндэс болно.

Сэлгээний ажлыг оновчтой зохион байгуулахад чиглэсэн онолуудын нэгдсэн загвар

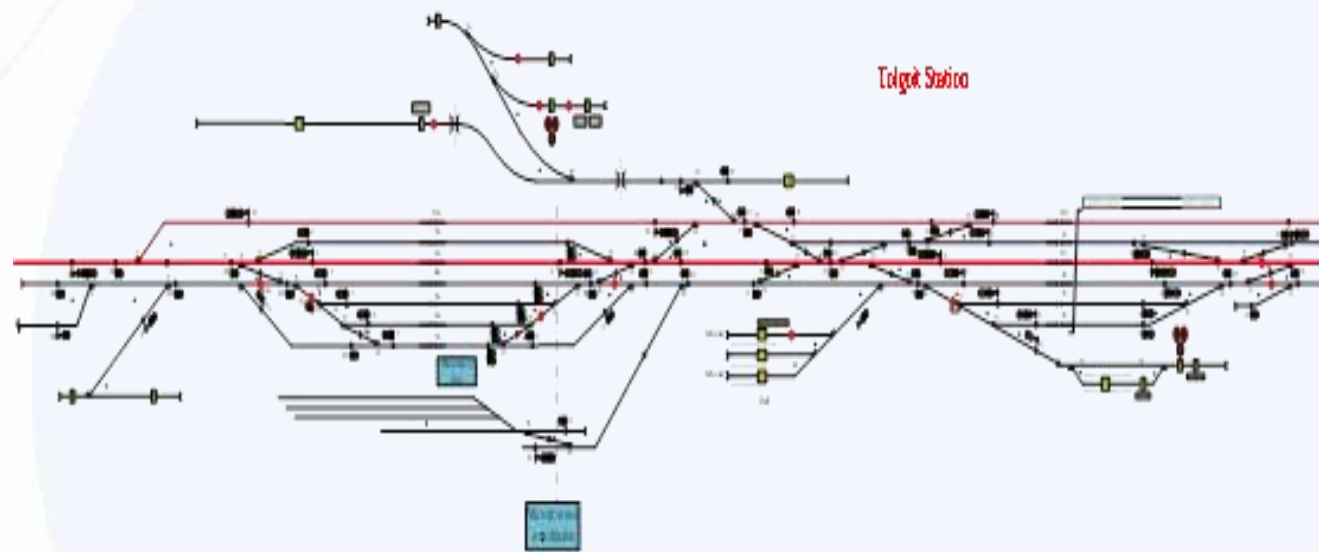


III. НӨХЦӨЛ БАЙДЛЫН СУДАЛГАА

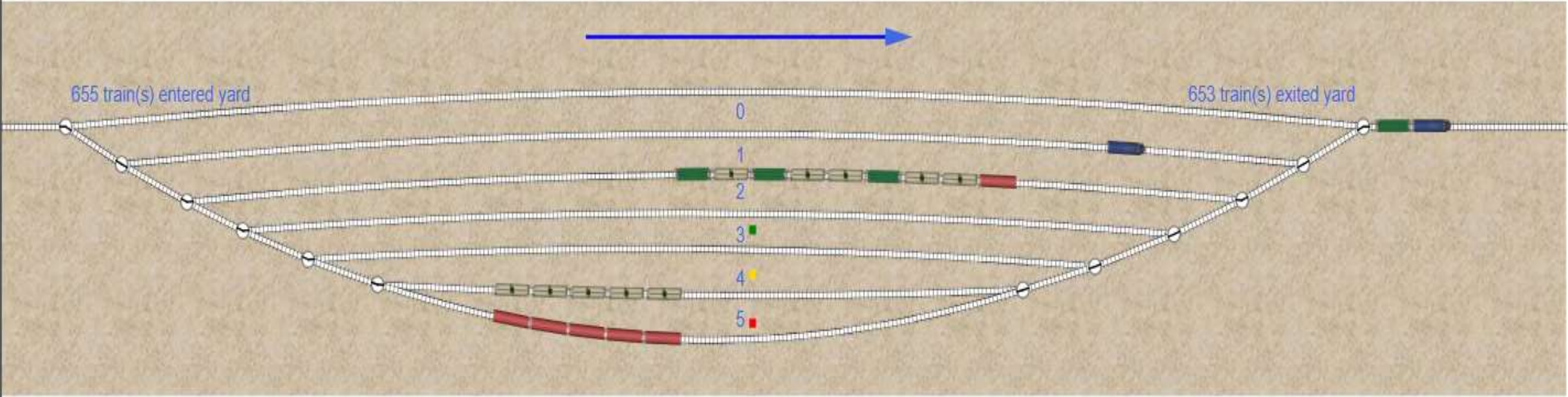
- Ачилт, буулгалтад ирсэн вагоны судалгааг 2010-2024 оны өссөн дүнгээр судалсан. Хамгийн их буулгалтын ажлыг УБ өртөө 1604512 вагон, Толгойт өртөө 461204 вагон, Эрдэнэт өртөө 237244 вагон тулгуур өртөөдөд хийдэг.
- Толгойт өртөөний А, Б парк нь цувраа байрласан, орон нутгийн буулгалтад ирсэн вагонуудыг ихэвчлэн паркуудын галт тэрэг хүлээн авах явуулах замуудыг ашиглан гүйцэтгэдэг. Сэлгээний үндсэн 3 илчит тэрэг ажилладаг, нийт 56 салбар замтай. Салбар замд хүлээн авагчаар нь буулгалтын замд ялган тавьж өгөхийн тулд сэлгээний ажиллагааг хэрхэн гүйцэтгэж байгааг судалсан.



Ачилт, буулгалтын судалгаа



Толгойт өртөөний А, Б паркуудыг холбосон зам



3551-р галт тэргээр орон нутгийн буулгалтад ирсэн 49 вагонтой бүрэлдэхүүнийг задлахад сэлгээний ажилд хэдэн минут зарцуулахыг зураг авалтын аргаар тогтоосон.

Галт тэрэг ялган найруулах зурмаг

№	Operation name	Duration (min)				
		10	20	30	40	50
1	Placing-in wagons into the consist	2				
2	Pull out the consist	5				
3	Placing-in on Yard A tracks		14			
4	Taking-out wagons from the tracks and assembling the consist			18		
Total time		39 minutes				

[illegible]

Legend:

- Хэдэн удаа ялалт хийхээр найруулсан (Number of times vaccinated)
- ДУ-1-ийн нийт тоо (Total number of DUE-1)

Year	Хэдэн удаа ялалт хийхээр найруулсан	ДУ-1-ийн нийт тоо
2015	558	119
2016	746	166
2017	4051	734
2018	4042	709
2019	4235	756
2020	3232	678
2021	6040	1254
2022	4272	849
2023	8530	1423
2024(1,3)	1264	244

- 2015-2024 онд Толгойт өртөөнд ирсэн 6932 ширхэг галт тэрэгний биечилсэн хуудсанд (ДУ-1) судалгаа хийсэн.
- Судалгаагаар 36970 удаа буюу нэг галт тэргэнд 5-6 удаа буух ачаатай вагонуудыг сэлгэн найруулж ялгалт хийдэг нь ТОГТООГДСОН.

Салбар замуудад буулгалтад вагон тавихын тулд буулгах салбар зам, хүлээн авагчаар, ачааны төрлөөр нь нэгтгэн найруулах сэлгээний ажил хийхэд цаг хугацаа, сэлгээний бригадын зардал их гардаг.

Хүснэгт 1. Нэг цагийн сэлгээний ажилд зарцуулах зардал

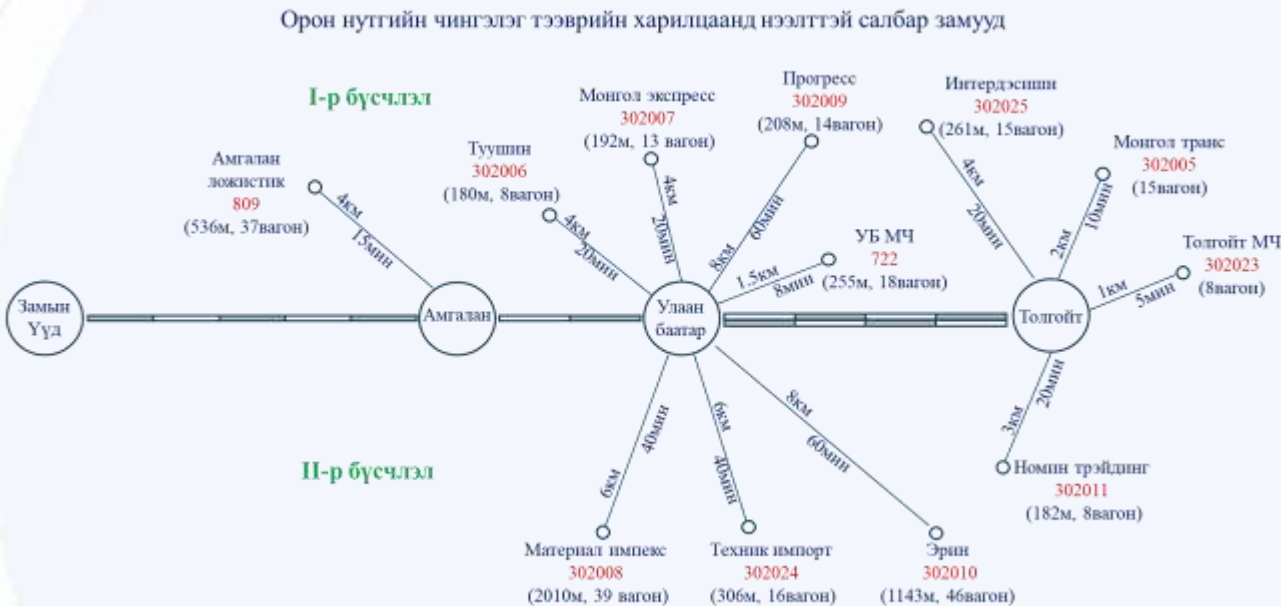
Сэлгээ хийх 1 цагийн зарцуулалт		Үнэ /төг/
Сэлгээний бригад	Машинч	15248
	Туслах машинч	11402
	Найруулагч YI-р зэрэгтэй	13188
	Туслах найруулагч IY-р зэрэгтэй	11127
	Ачаа вагон хүлээлцэгч	10167
Сэлгээний зүтгүүрийн нийт зардал		149236
Нийт		210368



Өртөөнд хийгдэж байгаа сэлгээний ажлыг багасгах, сэлгээний зүтгүүр, сэлгээний бригадын зардлыг бууруулах, түүнийг үр бүтээлтэй ашиглах, вагон эргэлтийг түргэсгэх, вагоны сул зогсолтыг хорогдуулах, эдийн засгийн үр ашгийг нэмэгдүүлэх, өртөөний боловсруулах чадварыг сайжруулахын тулд тэдгээрийг бүлэглэн найруулж байгаа ачилтын өртөөнөөс галт тэргийг зөв бүлэглэн найруулах нь зүйтэй юм.

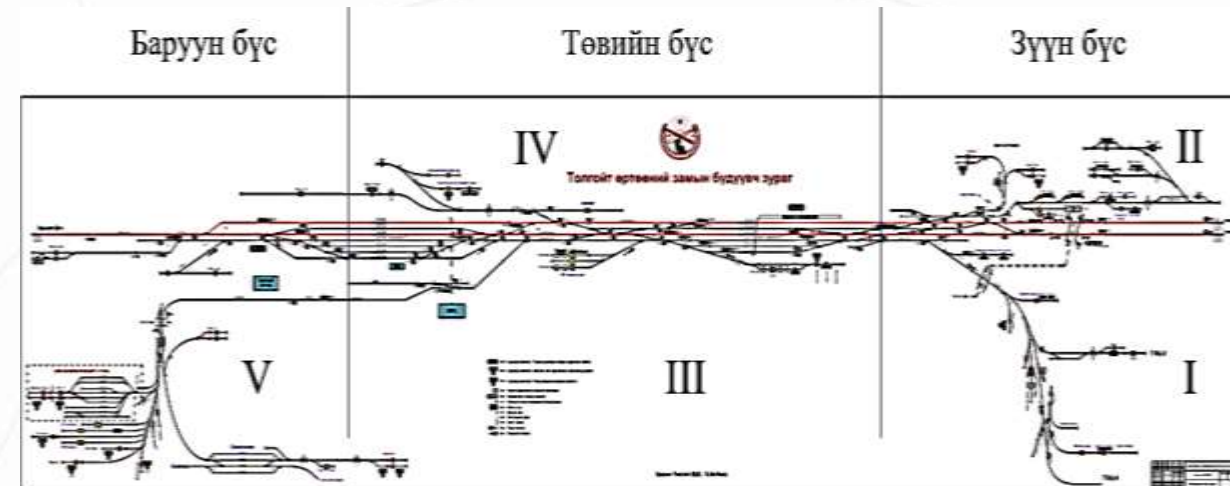
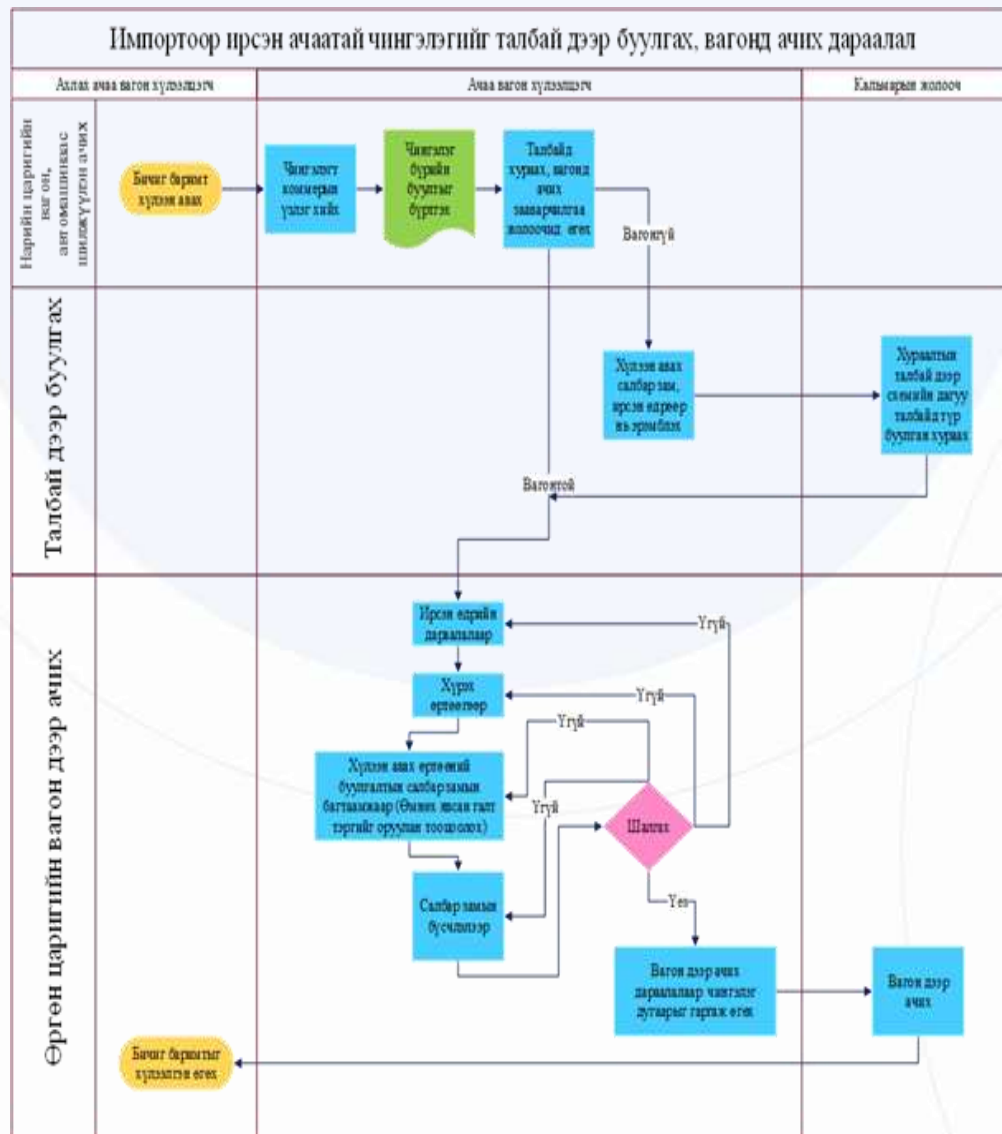
Хэрэгжүүлэх арга хэмжээ

1. Ачилтын өртөөнөөс галт тэрэг зөв найруулах



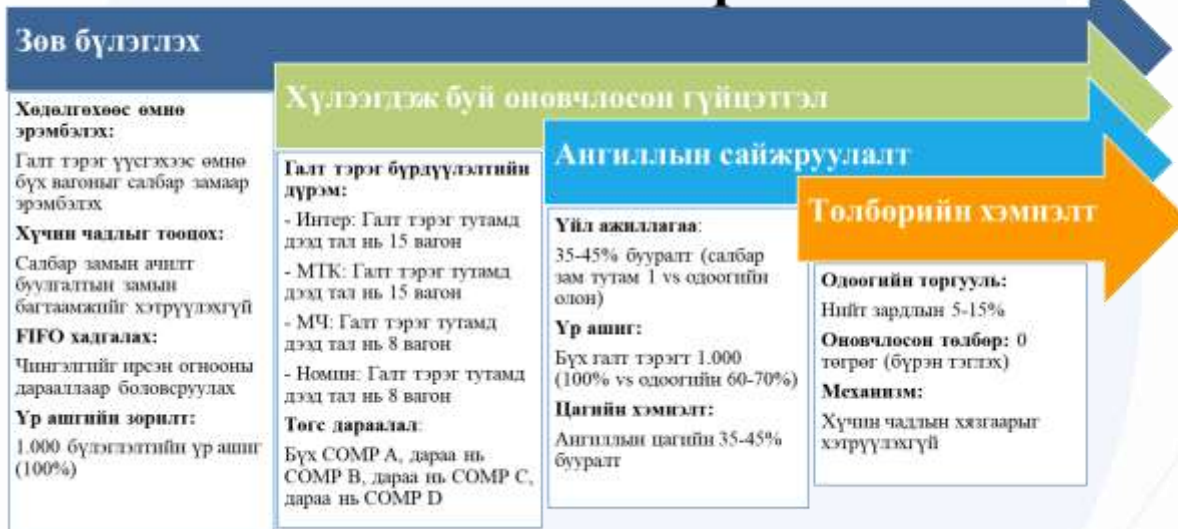
2. Замын Үүд өртөөний шилжүүлэн ачих ангийн 2-р цехийн ачилт, буулгалтын технологийг боловсронгуй болгох

3. Өртөөний салбар замуудын бүсчлэлийг шинэчлэн бүлэглэн хувааж, кодчилох гэх мэт.



Иймээс бүлэглэн найруулах сэлгээний тоог бууруулах алгоритм, хүргэлтийн маршрутыг оновчлох Train Switch Optimizer програм ашиглан загварчлах, зүтгүүрийн ашиглалтыг үр дүнтэй болгох симуляци, замын багтаамжийг оновчтой хуваарилах хосолсон хандлагыг төлөвлөх нь чухал байна.

Оновчлолын стратеги



Оновчлолын стратегийг

- Вагонуудыг тавих салбар зам болон хүлээн авагчаар зөв бүлэглэн найруулах нарийвчлалыг сайжруулах,
- Сэлгээний ажлын тоо болон хугацааг бууруулах замаар бүлэглэн найруулах бүтээмжийг дээшлүүлэх,
- Замын багтаамжийн хэтрэлтээс үүдэх хүлээлгэнд зогсох төлбөрийн зардлыг хэмнэх шийдлүүдийг тусгасан боловсруулсан.

Мөн судалгааны хүрээнд галт тэрэг бүрдүүлэх үйл явцыг оновчтой зохион байгуулах зорилгоор бодит өгөгдөлд суурилсан математик загвар боловсруулсан.

Оновчлолын алгоритмд шаардлагатай оролтын өгөгдөлд

- вагон бүрийн ирэх болон ачих огноо,
- хүлээн авах салбар замын нэр (компани),
- хүлээн авах салбар замд хүргэх хугацаа (минутаар),
- хүлээн авах салбар замын багтаамж (вагоны тоогоор),
- зүтгүүрийн ашиглалттай холбоотой зардал зэрэг үзүүлэлтүүдийг оруулан Python програмчлалын орчинд боловсруулан үр дүнг тооцсон.

Зардлын оновчлолыг хийхдээ 2025 оны 3 дугаар сарын сэлгээний ажиллагаанд нийт 20 галт тэрэгт 474 чингэлгийг шинжилсэн. Шинжилгээгээр тухайн сарын бодит сэлгээний ажиллагааны өгөгдлийг ашиглан галт тэрэг бүрдүүлэн найруулах системийн зардлын оновчлолын боломжийг үнэлсэн.

1. Моделчилсон загвар

Судалгааны хүрээнд өртөөний сэлгээний ажиллагааг дараах үндсэн процессуудаар загварчилсан:

- Галт тэрэг зөв найруулах загвар – хүлээн авах салбар зам тус бүрийн вагонуудыг бүлэг болгон ангилахад шаардагдах сэлгээний тоог багасгах;
- Хүргэлтийн загвар – хүлээн авах салбар зам тус бүр рүү вагонуудыг хүргэх аяллын тоо, зүтгүүрийн ашиглалтын хугацаа болон хүлээлгэнд зогсох зардал тооцох нөхцөлөөр оновчлох.

2. Математик илэрхийлэл

2.1. Сэлгээний ажиллагаа:

$$M = \sum_{i=2}^n \delta(c_i \neq c_{i-1}) \quad (1)$$

Энд: M — шаардлагатай сэлгээний ажлын тоо,
 c_i — i -р вагоны хүлээн авах салбар замын код.

2.2. Зардлын функцүүд:

Ялгалтын зардал:

$$C_{class} = M * t_{op} * c_{loco} \quad (2)$$

Энд: t_{op} -нэг сэлгээний дундаж хугацаа (минут)
 c_{loco} - зүтгүүрийн минут тутмын зардал (төг)

Салбар замд тавих зардал:

$$C_{delivery} = \sum_{j=1}^n B_j * C_{trip_j} \quad (3)$$

Энд: B_j -бодит хүргэлтийн зардал
 C_{trip_j} -хүргэлт бүрийн зардал

Хүлээлгэнд зогсох зардал:

$$P = \sum_j W_j * T_j * r \quad (4)$$

Энд W_j - хүлээлгэнд орсон вагонуудын тоо; T_j - нэг вагон хүлээлгэнд зарцуулсан хугацаа (цаг); r - цаг тутмын торгуулийн хувь хэмжээ 900 төг (төг/вагон/цаг)

3. Тооцооллын алгоритм

3.1. Ялгалтын алгоритм:

- Вагоныг ирсэн дарааллаар шалгах;
- Хүлээн авах салбар замын өөрчлөлт бүрийг сэлгээ гэж тооцох;
- Үр дүнд нь: Нийт сэлгээний тоо болон Үр ашгийн оноо = Идеал тоо / Бодит тоо (салбар зам тус бүрт хамгийн багадаа нэг сэлгээ шаардагдах онолын хамгийн бага тоо (ideal) ба бодит гүйцэтгэлийн тоо (actual)-ын харьцаа)

3.2. Салбар замд вагон тавих алгоритм:

- Хүлээн авах салбар зам тус бүрийн вагоныг буулгалтын фронтын багтаамжаар багцалж хүргэх;
- Зүтгүүрийн аяллын хугацаа + буулгах хугацаа тооцох;
- Хүлээлгэнд зогсох зардал = өмнөх тавьсан вагон дуусаагүй бол хүлээсэн цаг * хүлээлгэнд зогсох тариф.

4. Үр ашгийн хэмжүүрүүд

Ялгалтын үр ашиг:

$$\text{Efficiency} = \frac{\text{салбар замуудын тоо}}{\text{Сэлгээний тоо}} \quad (4)$$

Нэг вагоны зардал:

$$\text{Cost per Wagon} = \frac{C_{total}}{N_{wagon}} \quad (5)$$

ROI ба Payback:

$$ROI = \frac{S-I}{I} * 100\%, \quad \text{Payback} = \frac{I}{S} \quad (6)$$

Энд: S-жилд хэмнэх мөнгөн дүн,

I-хөрөнгө оруулалт

Нийт системийн хэмнэлт

Зардлын төрөл	Анхны (төгрөг)	Оновчилсон (төгрөг)	Хэмнэлт (төгрөг)	Хэмнэлт %
Ангилал	5,460,000	3,325,000	2,135,000	39.1%
Зүтгүүр	45,678,900	32,456,789	13,222,111	29.0%
Төлбөр	2,340,000	0	2,340,000	100.0%
НИЙТ	53,478,900	35,781,789	17,697,111	33.1%

Хүлээлгийн зардлыг 2340000 төгрөгөөр бууруулж чадсанаар вагоны сул зогсолт 2600 цагаар багасгаж, ингэснээр вагон эргэлтийн хугацаа богиносж, хөдлөх бүрэлдэхүүний парк ашиглалтын үр ашиг дээшилж тээврийн тасралтгүй үйл ажиллагааны нөхцөлийг бүрдүүлэх юм.

Хөшигийн хөндийд баригдах тээвэр логистикийн төвийн төлөвлөлт



Өгөгдөлд тулгуурласан математик загвар болон түүнийг шийдвэрлэх оновчлолын алгоритм дээр суурилсан Train Switch Optimizer (TSO) программыг боловсруулж, ачилтын өртөөнөөс вагонуудыг оновчтой ачих боломжтой юм.

Ачилтын ажиллагаанд шинэ технологи нэвтрүүлэх нь төмөр замын үр ашиг, аюулгүй байдал, бүтээмжийг нэмэгдүүлэх чухал алхам хэдий ч үүнийг даган гарч болзошгүй эрсдэлүүдийг урьдчилан тооцоолж, зохих арга хэмжээг төлөвлөх шаардлагатай.

Эрсдэлийн дүн шинжилгээ ба бууруулалт

Хэрэгжүүлэлтийн эрсдэлүүд		Сэлгээний ажиллагааны эрсдэлүүд	
Кальмарын ажиллагааны тасалдал	Шилжилтийн үеийн түр зуурын үр ашгийн алдагдал	Эрэлтийн хэлбэлзэл	Салбар замын чингэлтийн жигд бус урсгал
• Хариу арга хэмжээ: Туршилттай үе шалтай нэвтрүүлэлт		• Ноловчлолыг зоогруулах арга хэмжээ: Уял хатагч хуваарь, хүчин чадлын нөөц	
Ажилчдын эсэргүүцэл	Оорчлолтийн удирдлагын сорилтууд	Тонот тохооромжийн эвэрхэл	Зүтгүүр эсвэл байгууламжийн зогсолт
• Эрсдэлийг бууруулах шийдэл: Сургалтын хотолбор, урамшууллын эсэргүүцэлт		• Хариу арга хэмжээ: Засвар үйлчилгээний хуваарь, поноц эх үүсвэр	
Түүхэн асуудлууд	Системийн нэгтгэлийн бэрхшээлүүд	Гадны хүчин зүйлүүд	Цаг агаар, ослын байдал, зохицуулалтын өөрчлөлт
• Сэрэмжлүүлэх төлөвлөлт: Нарийвчилсан туршилт, нөөц гурим		• Эрсдэлийн удирдлагын хариу: Гэнэтийн нөхцөл байдлын төлөвлөгөө, эрсдэлийн хяналт	

Эрсдэлийн дүн шинжилгээ нь шилжилтийн үйл явц болон өдөр тутмын ажиллагаанд нөлөөлж болох дотоод болон гадаад хүчин зүйлсийг илрүүлж, тэдгээрийн нөлөөллийг бууруулах, хариу арга хэмжээг тодорхойлох зорилготой.

IV. ДҮГНЭЛТ

Ачилтын үйл ажиллагааг хүрэх өртөө, хүлээн авах салбар замын бүсчлэл, буулгалтын замын багтаамжийн дагуу оновчтой төлөвлөж, салбар замуудыг кодчилон зохион байгуулах, шилжүүлэн ачих технологийг сайжруулах, зэрэг арга хэмжээг хэрэгжүүлснээр өртөөн дээр ажиллах сэлгээний зүтгүүрийн ашиглалтыг сайжруулж, орон нутгийн вагоны сул зогсолт, сэлгэн найруулах хугацааг багасгах боломж бүрдэнэ.

Галт тэргийг ачилтын өртөөнөөс оновчтой зөв найруулвал нийт зардлыг багасгаж (≈ 127 сая.төг) болгож, Random хувилбартай харьцуулахад ~ 97 сая.төгрөг, бодит хувилбартай харьцуулахад ~ 38 сая төгрөгөөр багасган, нийт зардлын 23%-ийн хэмнэлт гаргасан. Иймээс галт тэрэг бүрдүүлэн найруулах үйл ажиллагааг оновчилсноор төмөр замын сэлгээний үр ашгийг нэмэгдүүлэх, үйл ажиллагааны зардлыг бууруулах бодит боломжтой юм.

Судалгааны дүн шинжилгээнд үндэслэн оновчлолыг хэрэгжүүлэх нь санхүү, үйл ажиллагаа, эрсдэлийн менежмент, өрсөлдөх чадварын хувьд өндөр үр ашигтай, удирдахад хялбар, хэрэгжүүлэх боломжтой болох нь харагдсан. Иймд уг оновчлолын шийдлийг цаашид өргөжүүлэн хэрэгжүүлэх нь салбарын хөгжилд бодит хувь нэмэр оруулна.

Сэлгээний ажиллагаанд шинэ технологи нэвтрүүлэлт нь төмөр замын үр ашиг, аюулгүй байдал, бүтээмжийг нэмэгдүүлэх чухал алхам хэдий ч үүнийг даган гарч болзошгүй эрсдэлүүдийг урьдчилан тооцоолж, зохих арга хэмжээг төлөвлөсөн. Эрсдэлийн дүн шинжилгээ нь шилжилтийн үйл явц болон өдөр тутмын ажиллагаанд нөлөөлж болох дотоод болон гадаад хүчин зүйлсийг илрүүлж, тэдгээрийн нөлөөллийг бууруулах, хариу арга хэмжээг тодорхойлоход чухал ач холбогдолтой.

АШИГЛАСАН МАТЕРИАЛЫН ЖАГСААЛТ

- [1] Bianca Pascariu., " Formulation and solution framework for real-time railway traffic," IET Intelligent Transport Systems, p. e12610, 2025.
- [2] Ч.Лхагвасүрэн, Төмөр замын тээвэр дэх галт тэрэгний хөдөлгөөн зохион байгуулалт, Улаанбаатар: Тоонотпринт ХХК, 2015.
- [3] A.Pepevnik, B.Bogovic, "The Railway Traffic Shunting System," Promet-Traffic&Transportation, pp. 177-184, 2003.
- [4] В. Апатцева, Железнодорожные станции и узлы, Москва: ФГБОУ «Учебно-методический центр», 2014.
- [5] T. Yu, "Quality Analysis of Railroad Train Shunting Operation Plan Using the Intelligent Body Model," Advances in Multimedia, p. 11 pages, 07 July 2022.
- [6] Nils Boysen, Simon Emde, Malte Fliedner, "The basic train makeup problem in shunting yards," Transportation Science, p. 144–158, 2008.
- [7] A. D.May, "Traffic Management from Theory to Practice: Past, Present, Future," Transportation Research Record No. 1457, pp. 5-14, 1994.
- [8] Heizer, J., & Render, B. , Operations Management: Sustainability and Supply Chain Management, Upper Saddle River, New Jersey, USA: Prentice Hall, 2011.
- [9] Barney G. Glaser, Anselm L. Strauss, THE DISCOVERY OF GROUNDED THEORY, 2 Park Square, Milton Park, Abingdon, Oxon OX14 4RN 711 Third Avenue, New York, NY 10017, USA: Routledge , 2017.
- [10] Б.Тамир, А.Балдандорж., "Багахангай-Хөшигийн хөндий салбар төмөр замын Техник, эдийн засгийн үндэслэл," Монголын төмөр зам, УБ, 2025.
- [11] Б.Дэлгэрсайхан, "Багахангай-Хөшигийн хөндий чиглэлд баригдах салбар төмөр зам нь үндэсний томоохон бүтээн байгуулалтын нэг байх болно," 25 04 2025. [Online].

Анхаарал хандуулсанд баярлалаа

