

Нийтийн тээврийн үйлчилгээг сайжруулахад нээлттэй их өгөгдлийг ашиглах нь

Ганболдын Амарсанаа, Зундуйн Цолмон, Жаймайн Пүрэв

Мэдээлэл, компьютерийн ухааны тэнхим

Хэрэглээний Шинжлэх Ухаан, Инженерчлэлийн Сургууль

Монгол Улсын Их Сургууль

Улаанбаатар хот, Монгол улс

amarsanaag@num.edu.mn, tsolmonz@num.edu.mn, purev@num.edu.mn

Хураангуй— Авто замын хөдөлгөөний урсгалд өгөгдлийн шинжилгээ хийх нь тээврийн үйлчилгээг сайжруулах үр дүнтэй арга юм. Энэ ажлын зорилго нийтийн тээврийн зорчигчдын хөдөлгөөний урсгалыг их өгөгдлийн шинжилгээний аргаар смарт картын гүйцэд биш өгөгдлөөс гаргаж авахад чиглэсэн. Энэ ажлаар зорчигчдын картын суух уншилтын 35 сая мөр бичлэг бүхий нээлттэй их өгөгдлөөс 38.4 мянган зорчигчдын хөдөлгөөний урсгалыг тодорхойлсон болно.

Түлхүүр үгс — хөдөлгөөний урсгал; нээлттэй их өгөгдөл; өгөгдлийн шинжилгээ;

I. УДИРТГАЛ

Монгол улсад бүртгэлтэй нийт тээврийн хэрэгслийн 67.9% нь Улаанбаатар хотод бүртгэгдсэн байдаг [1]. Энэ нь нийслэлийн замын хөдөлгөөний ачааллыг бий болгож байгаа гол шалтгаан юм. Харин иргэд автомашинаар зорчихын оронд нийтийн тээврийг сонгуулах нь замын хөдөлгөөний ачааллын бууруулах үр дүнтэй арга юм. Улаанбаатар хотын нийтийн тээврийн шийдвэр гаргах түвшний байгууллагад нийтийн тээврийн үйлчилгээг сайжруулах, иргэдийг илүү нийтийн тээвэрээр зорчих сонирхолтой болгоход зорчигчдын хөдөлгөөний урсгалын мэдээлэл [2] чухал байдаг. Зорчигчдын хөдөлгөөний урсгалыг олох уламжлалт арга нь зорчигчдын сэтгэл ханамжийн болон зорчигчийн хөдөлгөөний түүвэр судалгаа бөгөөд цаг хугацаа, зардал их шаарддаг. Ийм судалгаануудын нарийвчлал, судалгаанд хамрагдах хүрээ нь хангалттай үр дүнтэй байдаггүй [3]. Нөгөө талаас нийтийн тээврийн зарим тулгамдсан асуудлууд өөр бусад тээврийн асуудлуудыг үүсгэж байдаг. Тухайлбал, зорчигчдын жилжин суултыг багасгаж зорчих зардлыг хэмнэх зориулалтаар төлөвлөгдсөн чиглэлийн давхцал нь эргээд нийслэлийн замын хөдөлгөөний ачааллыг нэмэгдүүлж байна. Өнөөдөр Улаанбаатар хотын нийтийн тээврийн үйлчилгээ дараах байдалтай байна [4].

- Аяллын хурд жил ирэх тусам бууралттай
- Үр дүнтэй удирдлага, мэргэжилтэн дутмаг, нийтийн тээврийн үйлчилгээ тохиромжтой хэлбэрээр үзүүлдэггүй

- Нийтийн тээврийн хэрэгсэл, засвар үйлчилгээ сайн биш

Нийтийн тээвэрт тулгардаг олон асуудлыг шийдвэрлэхэд смарт картын автомат төлбөрийн системийг олон орон ашигладаг [5], [6] бөгөөд Улаанбаатар хотод өнгөрсөн оноос хэрэгжүүлж эхэлсэн билээ. Ийм төрлийн системүүд үйлчилгээний төлбөр хураах уяан хатан систем болохоос гадна нэмэлт олон төрлийн хэрэгцээтэй өгөгдлүүдийг цуглуулдаг. Тухайлбал, зорчигч бүрийн суух, буух буудал, зорчсон чиглэл, автобусны замын өгөгдлийг бүртгэн авч байдаг. Урт хугацаанд цуглуулсан эдгээр их өгөгдөл зорчилтын ерөнхий урсгалыг уламжлалт аргаас илүү нарийвчлалтай, бага зардлаар [2] гаргахад чухал материал болдог байна. Одоог хүртэл их өгөгдлийн шинжилгээний аргаар зорчигчдын хөдөлгөөний урсгалыг тодорхойлох ажлууд нийслэлийн хэмжээнд хийгдээгүй байна.

Бидний судалгааны зорилго бол зорчигчийн төрлөрийн смарт картын өгөгдлийг шинжлэн зорчигчдын хөдөлгөөний урсгалыг тодорхойлох юм. Улаанбаатар хотын нийтийн тээвэрт иргэд зай, чиглэлээс үл хамааран тогтмол үнээр зорчдог тул буух уншилтыг хийдэггүй. Буултын өгөгдөл бүртгэгдэхгүй байгаа учир зорчигчдыг яг хаана буусныг шууд мэдэх боломжгүй болгож байна. Тиймээс гүйцэт биш өгөгдлөөс хөдөлгөөний урсгалыг тооцох загвар боловсруулж дээрх асуудлыг шийдлээ. Энэ судалгааны ажлын үр дүн нь нийтийн тээвэртэй холбоотой шийдвэр гаргадаг байгууллага, судлаачдад чухал ач холбогдолтой мэдээлэл болж чадна гэж үзэв.

Энэ баримтын 2-р бүлэгт нийтийн тээврийн үйлчилгээнд ашиглаж буй смарт картын системүүд болон Улаанбаатар хотын смарт картын системийн тухай, түүнээс цугларч байгаа их бөгөөд нээлттэй өгөгдлийг нийтийн тээврийн үйлчилгээг сайжруулахад хэрхэн ашиглаж болох талаар өгүүлнэ. 3-р бүлэгт нээлттэй их өгөгдөл дээр зорчигчдын хөдөлгөөний урсгалын хэв маягийг олох загвар, түүнийг их өгөгдлийн платформ дээр хэрхэн хэрэгжүүлсэн тухай үзүүлэх бол судалгааны үр дүнд гарсан санал, зөвлөмжийг 4-р бүлэгт, ерөнхий дүгнэлтийг төгсгөлд нь танилцуулна.

II. Нийтийн тээврийн өгөгдөл

A. Нийтийн тээврийн үйлчилгээ

Нийтийн тээврийн үйлчилгээнд ашиглаж байгаа төлбөрийн смарт картууд нь ерөнхий өгөгдөл хадгалах ба ихэнх тохиолдолд өгөгдөл боловсруулалт өөр дээрээ хийх зориулалттай байдаг. Ийм төрлийн систем хаалттай систем буюу зөвхөн системд зөвшөөрсөн смарт картыг уншдаг. Европын холбооны улсууд, Франц, Их британи болон Итали улсуудад энэ төрлийн системийг хамгийн боловсронгуй хэлбэрээр ашиглахаас гадна Азид хамгийн өргөн ашиглагддаг. Улаанбаатар хотын нийтийн тээврийн үйлчилгээнд ашиглаж байгаа смарт картын систем нь Bus Management System (BMS) болон Automat Fare Collection (AFC) [7] гэсэн тусдаа бие даасан 2 системээс тогтоно.

BMS систем хөдөлгөөний мэдээлэл, автобусны мэдээлэл, чиглэлийн мэдээлэл, автобусны буудлын нэр, байрлал, тээврийн үйлчилгээ үзүүлэгч аж ахуйн мэдээлэл, жолоочийн мэдээлэл, автобусны гэнэтийн мэдээлэл, автобусны мэдээ дамжуулалтын мэдээлэл, буудал дээр ирсэн мэдээлэл, автобус цикл цаг мэдээлэл, баазаас хөдлөх/ирсэн мэдээлэл, хөдөлгөөний зөрчилийн мэдээлэл зэрэг мэдээллүүдийг бүртгэж, хадгалж байдаг.

AFC систем нь гүйлгээний дүн, төхөөрөмжийн алдааны мэдээлэл, GPS, тооцоо орлогын мэдээлэл, төлбөрийн дүнгийн мэдээлэл, төлбөр буцаах мэдээлэл, тээврийн хэрэгсэл бүрийн орлогын мэдээлэл зэрэг орлоготой холбоотой мэдээллүүдийг бүртгэж, хадгалдаг.

Улаанбаатарын нийтийн тээврийн үйлчилгээний үндсэн 75 чиглэлд 1015 тээврийн хэрэгсэл, үүнээс 18 угсраа, 40 троллейбус, 918 их, 39 дунд багтаамжийн автобусанд смарт картын төхөөрөмжийг суурилуулан ашиглаж байна [8]. Зорчигчид автобусанд суух болон буухдаа картыг уншуулах ёстой бөгөөд 30 минутын дотор дамжин суусан тохиолдолд дамжин суулт үнэгүй байхаар систем ажилладаг.

Нийслэлийн том оврын автобус чиглэлийн оновчлол нь одоогоор зорчигчдын тоон судалгаа дээр бус байршилд үндэслэн гаргасан байдаг. Байршлаар гаргах нь нэг талаар иргэдэд хүртээмжтэй байдлыг хангаж байгаа боловч үйлчилгээний дараах чанаруудыг:

- Чиглэлийн ачаалал
- Замын түгжрэл

тооцсон оновчтой байдлаар чиглэлийг тогтоох шаардлага гарч ирж байна. Зорчигчдын хөдөлгөөний урсгалын мэдээлэл нь нийтийн тээврийн бодлого, төлөвлөлтөнд шаардлагатай үндсэн мэдээлэл юм. BMS болон AFC системийн өгөгдлүүдээс нэгж зорчигчдын хөдөлгөөний урсгалын мэдээллийг гаргаж авах боломжтой боловч бизнес процессын хувьд иргэд буухдаа картаа уншуулах хөшүүргийг хангалттай тавьж өгөөгүй тул буух уншилтын мэдээлэл нэгж зорчигч бүрийн хувьд харилцан адилгүй. Мөн ихэнх тохиолдолд буух уншилтыг хийхгүй байх зэрэг тохиолдол байсаар байна. Дээрх тохиолдолд бидэнд буух уншилтын мэдээлэл үнэн гэж үзэх, тооцоололд ашиглах боломжгүй тул буух уншилтын мэдээллийг ашиглахгүйгээр зорчигчийн хөдөлгөөний урсгалыг тооцох хэрэгтэй болсон.

B. Нээлттэй их өгөгдөл

Улаанбаатар хот нээлттэй өгөгдлийн портал <http://data.ulaanbaatar.mn> хуудсыг 2015 оны 8 сараас хөгжүүлж эхэлсэн бөгөөд “Төрийн нээлттэй өгөгдлийг нийслэлд үүсгэх (Open Data)” төслийн хүрээнд нээлттэй өгөгдлийг үүсгэх ажлыг хэрэгжүүлсэн. Нийслэлийн нээлттэй өгөгдлийн порталд одоогоор нийслэлийн харьяа 31 байгууллагын 48 өгөгдлийн бүрдэл, түүнд харьяалах 100 гаруй өгөгдлүүд Creative Commons (CC) лицензтэйгээр нийтлэгдсэн байна. Энэ судалгаанд Нийслэлийн Тээврийн Газрын (НТГ) нийтийн тээвэр газраас нийтэлсэн:

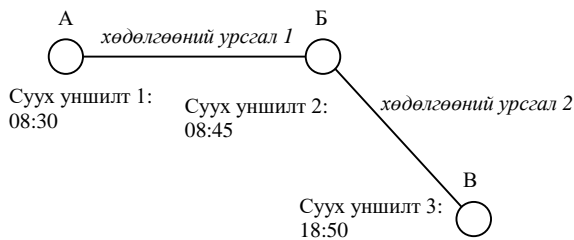
- Үйлчилгээнд явсан автобусны хөдөлгөөний мэдээлэл (ZIP файл)
- Автобусны зорчигчид (CSV, TSV файл)
- Автобусны буудал (TSV, GeoJSON файл)
- Нийтийн тээврийн автобусны чиглэл чиглэл (HTML, TSV, KML, CSV файл)

зэрэг өгөгдлүүдийг ашиглав. Үүнд үйлчилгээнд явсан автобусны хөдөлгөөний мэдээлэл, автобусны зорчигчдын мэдээлэл нь секунд, минутаар нэмэгдэж байгаа бөгөөд смарт картын систем нэвтэрч эхэлснээс хойш их хэмжээний өгөгдөл цуглараад байна. Тухайлбал смарт карт систем нэвтэрсэн эхний 2 сарын автобусны зорчигчийн өгөгдөл нь 35 сая бичлэг буюу тухайн үеийн карт эзэмшигчийн тоо 1,70,000 орчим байв. Одоогийн байдлаар карт эзэмшигчийн тоо 550,000 илүү бөгөөд автобусны хөдөлгөөний мэдээлэл, зорчигчийн мэдээлэл өдөрт хэдэн сая бичлэгээр нэмэгдэж байна.

III. Өгөгдлийн шинжилгээ

A. Зорчигчийн хөдөлгөөний урсгалын загвар

Зорчигчийн хөдөлгөөний урсгалыг тооцоолохын тулд бид зорчигчийн нэгж хөдөлгөөний урсгалыг тодорхойлсон. Нэгж хөдөлгөөн гэдэг нь зорчигчийн нэг цэгээс нөгөөд зорчих үйл явцыг хэлнэ. Харин нэгж хөдөлгөөний урсгалыг цаг хугацааны хувьд дараалсан хоёр суух уншилт бүртгэгдсэн автобусны буудлуудын байршлыг холбосон шулуун гэж тодорхойлов. Зур.1-д хөдөлгөөний урсгалыг орон зайн хувьд илэрхийлсэн болно. Энэ зурагт нэг зорчигчийн суух уншилтууд жишээгээр харуулсан бөгөөд тухайн зорчигч өглөө 08:30 цагт А буудлаас суугаад 08:45-ын өмнө Б буудлын ойролцоо эсвэл зэргэлдээ буугаад Б буудлаас хөдөлгөөнд дахин оролцжээ. Орой нь В буудлаас автобусанд суусан байна. Магадгүй энэ зорчигч Б-ээс В-рүү явсан байж болно. Энэ бүртгэл зорчигчийн хөдөлгөөнийг яг үнэн илэрхийлэхгүй боловч маш олон тооны ижил хөдөлгөөнүүд хөдөлгөөний урсгалыг илэрхийлж чадна.



Зур. 1. Нэг зорчигчийн хөдөлгөөний жишээ

Эндээс хөдөлгөөний урсгалыг тооцох алгоритм боловсруулсан (Зур 2).

- Оролт:** Автобусны Буудлын Жагсаалт (АБЖ), Зорчигчийн Суух Уншилтууд (ЗСУ)
Гаралт: Хөдөлгөөний Урсгалын Жагсаалт (ХУЖ)
1. Хослолын жагсаалт (ХЖ) = 0
 2. ЗСУ дахь зорчигч бүрийн хувьд
 3. АБЖ-аас хоёр буудлын хувьд дарааллан суух уншилт хийсэн хослолыг үүсгэх
 4. Хослолыг ХЖ-д нэмэх
 5. төгсгөл
 6. ХЖ-ээс ижил хослолыг гаргах
 7. Ижил хослолын давтамжийг тоолох
 8. Ижил хослол, түүний давтамжийг ХУЖ-д нэмэх
 9. ХУЖ-ийг буцаах

Зур. 2. Зорчигчийн хөдөлгөөний урсгалыг тооцох алгоритмын хуурмаг код

Энэ загвараар зөвхөн зорчигчийн смарт картын суух уншилтуудаас хөдөлгөөний урсгалыг гаргаж чадна.

Зорчигчийн хөдөлгөөний урсгалыг машин сургалтын алгоритмаар бүлэглэж нийтлэг хөдөлгөөний урсгалыг тооцож болно. Эндээс гаргаж авсан мэдээллийг нийтийн тээврийн байгууллагууд чиглэлийн оновчлол, ээлжийн төлөвлөлт хийхдээ ашиглах боломжтой.

Бид K-Means алгоритмыг ашиглан хамгийн их ачаалалтай автобусны буудлаас зорчигчид хаашаа хаашаа зорчдогийг гаргаж авсан. Үүний тулд хөдөлгөөний урсгалын төгсгөлийн цэгүүдээс бүлгийн төв цэгүүдийг тооцсон юм. Эдгээр төв цэгүүд нийтлэг хөдөлгөөний төгсгөл (K-Means алгоритмын хувьд бүлгийн төвүүд - centroids) буюу ижилдүү хөдөлгөөний урсгалын дагуу зорчдог зорчигчийн очих цэгүүд болно. Эдгээр цэгүүдийг нөгөө их ачаалалтай автобусны буудлын координаттай холбож орон зайн хувьд графикаар дүрсэлж болно.

Ачаалалтай буудлаас эхтэй хөдөлгөөний урсгалын өгөгдлийн бүрдэл (d_1, d_2, \dots, d_n) -д байгаа нэг өгөгдлийн бүрдэл d_i болон түүний эхлэх цэг (автобусны буудлын координат) p_{d_i} бүрийн хувьд, K-Means аргаар бүлэглэх k_j вектор функцийг ажиллуулж гаргасан авсан нийтлэг хөдөлгөөний төгсгөл цэгүүд болон эхлэх цэгийн вектор үржвэрээр нийтлэг хөдөлгөөнийг илэрхийлнэ.

$$C = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^{M_{d_i}} p_{d_i} \times k_j(d_i) \quad (1)$$

(1) томъёогоор нийтлэг хөдөлгөөний урсгал C -г тооцов. Энд M_{d_i} нь d_i өгөгдлийн бүрдэл дэх төсгөл цэгүүдийн тоо, N бол нийт өгөгдлийн бүрдлийн тоо юм.

В. Өгөгдлийн шинжилгээний хэрэгжүүлэлт

Хөдөлгөөний урсгалыг тооцох загварыг хэрэгжүүлэхдээ өгөгдлийн шинжилгээ хийх орчныг бүрдүүлэх шаардлагатай. Бид тархмал файлын системийн 3 зангилаа Hadoop платформыг байгуулж өгөгдлийг хоёр өгөгдлийн зангилаа физик сервер дээр, түүний мета-өгөгдлийг нэг нэрийн зангилаа физик сервер дээр тус тус хадгалсан.

Энэ платформ дээрээ нийтийн тээврийн зорчигчийн картын 35 сая уншилтын өгөгдлийг байршуулж их өгөгдлийн шинжилгээ хийсэн юм. Үүнд Hive өгөгдлийн агуулах програм хангамжийг ашиглан өгөгдлийн зохион байгуулж мөн түүгээр өгөгдлийг гаргаж авах асуулгыг хэрэгжүүлсэн. Энэ програм хангамж маш их хэмжээний өгөгдлийг тархмал файлын систем дээр хадгалах, хувааж-нийлүүлэх (map-reduce) ажилд бэлтгэх, түүнийг гүйцэтгэж чаддаг. Бид HiveQL хэлээр зорчигчийн хөдөлгөөний урсгал болон бусад үр дүнгүүдийг гаргаж авах асуулга командуудыг боловсруулж хэрэгжүүлсэн. Хүснэгт 1-д энэ шинжилгээний үр дүнд гаргаж авсан нийт 38,387 хөдөлгөөний урсгалаас хамгийн их зорчигчтой 5 хөдөлгөөний урсгалыг харуулав.

Хүснэгт 1. Хамгийн их зорчигчтой хөдөлгөөний урсгал

Урсгалын дугаар	Эхлэх буудал	Зорчигчийн тоо	Төгсөх буудал
38343	Төв цэнгэлдэх	14244	Баянгол зочид буудал
38344	Ионсей эмнэлэг	14915	Офицеруудын ордон
38345	120 мянгат	15340	Зайсан
38346	Баянгол зочид буудал	17299	Төв цэнгэлдэх
38347	Офицеруудын ордон	17454	Ионсей эмнэлэг

Хүснэгт 1-д эхлэх буудал нь хөдөлгөөний урсгал эхлэх, төгсөх буудал нь төгсөх автобусны буудлын нэр бол зорчигчийн тоо нь энэ хоёр буудлын хооронд зорчсон зорчигчдын нийт тоо юм.

Энэ мэтчилэн HiveQL асуулгын үр дүнд гарсан өгөгдлийг өгөгдлийн шинжилгээ хийдэг интерактив орчин IPython Notebook багажаар боловсруулж нийтлэг хөдөлгөөний урсгал, шаардлагатай өгөгдлийн дүрслэлийг гарган авсан. Мөн энэ багажийг Python хэлний машин сургалтын, орон зайн өгөгдлийн дүрслэлийн, математикийн болон өгөгдлийн шинжилгээний зэрэг олон дэд програмуудаар өргөтгөж ашигласан [9].

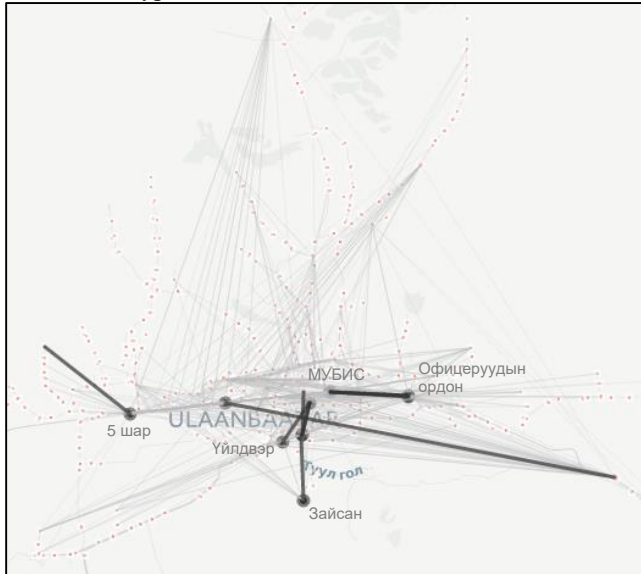
IV. Үр дүн

Зорчигчийн хөдөлгөөний урсгалаас 26 төрлийн интерактив ЖаваСкрипт графикийг өгөгдөл дүрслэлийн Highcharts, Vokeh, Folium болон Tableau зэрэг багажуудаар гаргасан. Тухайлбал, Улаанбаатар хотын газрын зураг дээр хөдөлгөөний урсгал, нийтлэг хөдөлгөөний урсгал болон

хамгийн их зорчигчтой чиглэлийн маршрутыг, чиглэлийн ачаалал, өдрийн цагууд дахь зорчигчийн давтамж зэргийг харуулсан график бий.

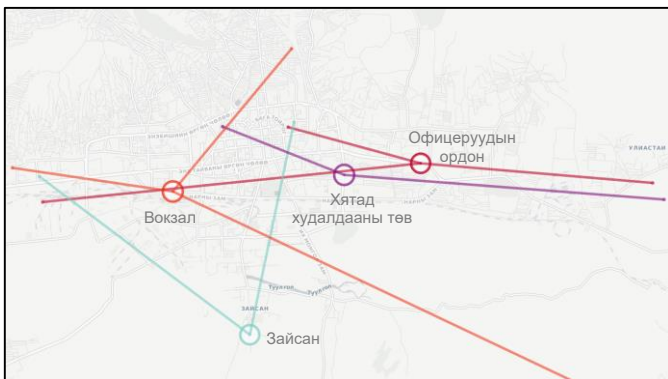
Зур.3-г тод хар шулуунаар хамгийн их зорчигчтой 6 хөдөлгөөний урсгалыг, саарал шулуунаар 2400-18000 хооронд зорчигчидтой хөдөлгөөний урсгалыг үзүүлсэн.

Энэ ажлын үр дүнд Улаанбаатар хотын нийтийн тээврийн смарт картын уншилтаас 38.3 мянган хөдөлгөөний урсгалыг олсон.



Зур. 3. Зорчигчийн хөдөлгөөний урсгал

Зур. 4-г хамгийн их хөдөлгөөний урсгалтай 4 цэгээс эхэлдэг нийтлэг хөдөлгөөний урсгалыг үзүүлэв. Энд нэг шулуун нь 263-302 хөдөлгөөний урсгалтай нийтлэг хөдөлгөөнийг илэрхийлж буй.



Зур. 4. Нийтлэг хөдөлгөөний урсгалын зарим нь

Үр дүнд нь хамгийн их хөдөлгөөний урсгал эхэлдэг 50 автобусны буудлаас 181 нийтлэг хөдөлгөөний урсгалыг гаргаж авсан.

V. ДҮГНЭЛТ

Энэ ажлаар бид нийтийн тээврийн зорчигчийн хөдөлгөөний урсгалыг зорчигчийн смарт картын уншилтын өгөгдлөөс амжилттай гаргаж авлаа. Энэ

урсгалыг тооцоолох их өгөгдлийн загвар боловсруулж Улаанбаатар хотын нийтийн тээврийн зорчигчийн өгөгдөл дээр хэрэгжүүлж чадсан юм. Түүнчлэн зорчигчийн хөдөлгөөний урсгалыг K-Means алгоритмаар бүлэглэн гаргаж авсан нийтлэг хөдөлгөөн болон бусад мэдээлэл нь нийтийн тээврийн үйлчилгээ эрхлэх төрийн болон хувийн хэвшлийн байгууллагуудын тулгамдаж буй автобусны чиглэлийг оновчлох, ээлжийн төлөвлөлт хийх зэрэг асуудалд оновчтой шийдвэр гаргахад чухал мэдээлэл болж чадсан гэж үзэж байна. Энэ нь бас өөр чиглэлээр бизнес эрхлэх аж ахуйн нэгж, иргэд ч тун хэрэгтэй мэдээлэл болж чадна. Эцэст нь, энэ ажил их ба нээлттэй өгөгдлийн ач холбогдлыг таниулсан сайн жишээ болж чадсан гэдэгт итгэлтэй байна.

Цаашид энэ загвараар тодорхойлсон хөдөлгөөний урсгалыг хэр зөв болсныг үнэлэх аргачлал тодорхойлж хэрэгжүүлэх, мөн нийтийн тээврийн нээлттэй өгөгдлийг улам баяжуулах, смарт картын өгөгдлийг замын түгжрэл, хүн амын статистик, авто замын сүлжээ зэрэг өгөгдлүүдтэй нэгтгэж илүү үнэ цэнэтэй мэдээллийг гаргах ашиглах нь зүйтэй. Бас нийтийн тээврийн үйлчилгээний хүртээмжийг [7] ч үнэлж болох юм.

ТАЛАРХАЛ

Монгол улсад төрийн нээлттэй өгөгдлийг хөгжүүлэхэд санаачлагатай ажилласан Б.Бат-Өлзий даргатай Нийслэлийн мэдээллийн технологийн газрын хамт олон, хамтран ажилласан Ай Ти Зон ХХК-ны хамт олонд талархал илэрхийлье.

ЗААЛТ

- [1] “Number of vehicles, by region, aimags and the Capital,” *Mongolian Statistical Information System*, 2016. [Online]. Available: http://www.1212.mn/en/contents/stats/contents_stat_fld_tree_html.jsp.
- [2] X. Ma, Y. J. Wu, Y. Wang, F. Chen, and J. Liu, “Mining smart card data for transit riders’ travel patterns,” *Transp. Res. Part C Emerg. Technol.*, vol. 36, pp. 1–12, 2013.
- [3] K. K. A. Chu and R. Chapleau, “Augmenting Transit Trip Characterization and Travel Behavior Comprehension,” *Transp. Res. Rec. J. Transp. Res. Board*, vol. 2183, no. -1, pp. 29–40, 2011.
- [4] N. Tsevegjav, “Urban Transport System in Ulaanbaatar city,” Ahmedabad, India, 2014.
- [5] B. Agard, C. Morency, and M. Trépanier, “Mining public transport user behaviour from smart card data,” in *In: The 12th IFAC Symposium on Information Control Problems in Manufacturing (INCOM)*, 2006.
- [6] M.-P. Pelletier, M. Trépanier, and C. Morency, “Smart card data use in public transit: A literature review,” *Transp. Res. Part C Emerg. Technol.*, vol. 19, no. 4, pp. 557–568, 2011.
- [7] J. K. Eom, J. Y. Song, and D.-S. Moon, “Analysis of public transit service performance using transit smart card data in Seoul,” *KSCIE J. Civ. Eng.*, vol. 19, no. 5, pp. 1530–1537, 2015.
- [8] Улаанбаатар Смарт Карт ХХК, “Автобусанд 30 минутын дотор дамжин суувал үнэгүй,” 2015. [Online]. Available: <http://www.uscc.mn/content/13724.shtml>.
- [9] Donne Martin, “Data Science IPython Notebooks,” 2015. [Online]. Available: <https://github.com/donnemartin/data-science-ipython-notebooks>.