



NATIONAL UNIVERSITY OF MONGOLIA
SCHOOL OF ARTS AND SCIENCES
DEPARTMENT OF GEOGRAPHY

Geographical Issues
Газарзүйн асуудлууд

Volume 26 (02)

ISSN: 2312-8534

2026

Ulaanbaatar

Geospatial Analysis-Based Fire Risk Zonation in Ulaanbaatar City

Batsuren Batchuluun ^{1,3*}, Buyandelger Myagmarsuren ¹, Amarbal Avirmed ¹,
Enkhzaya Enkhtaivan ¹, Bolormaa Batsuuri ²

¹ *The Centre for Policy Research and Analysis, Ulaanbaatar 17080, Mongolia*

² *Department of Geography, School of Arts and Sciences, National University of Mongolia,
Ulaanbaatar 210646, Mongolia*

³ *Department of Land Management, School of Agroecology, Mongolian University of Life Sciences,
Ulaanbaatar 17029, Mongolia*

* Corresponding author: b.batsuren1023@gmail.com

Received: 2026.03.01

Revised: 2026.04.27

Accepted: 2026.04.28

Abstract

The objective of this study is to identify the key factors influencing fire risk in Ulaanbaatar and to develop an integrated spatial fire risk zonation map using the Analytic Hierarchy Process (AHP) and Multi-Criteria Decision Analysis (MCDA). This study integrates multiple datasets, including population distribution, fire incident records, the locations and storage capacities of fuel stations and depots, electrical substations, and a soil moisture index. All datasets were standardized, aggregated into hexagonal tessellation units, and converted into raster format. The weights of each criterion were determined using the AHP method, and a composite fire risk index was calculated. The results indicate that 37 hexagonal cells are classified as high-risk, 186 as medium-risk, and 604 as low-risk zones across the city. Furthermore, the distribution of children within these zones shows that 34% of the total child population resides in high-risk areas, while 46.3% lives in medium-risk areas. This spatial clustering pattern indicates that fire risk is closely linked to the urban structure and planning characteristics of Ulaanbaatar. These findings provide a scientific basis for urban safety assessment, disaster risk management, and effective resource allocation.

Keywords: Fire risk; spatial modeling; AHP; MCDA; urban population; hexagonal grid

Гео-орон зайн шинжилгээнд тулгуурласан Улаанбаатар хотын галын эрсдэлийн бүсчлэл

© Батчулуун Батсүрэн^{1,3*}, Мягмарсүрэн Буяндэлгэр¹, Авирмэд Амарбал¹, Энхтайван Энхзаяа¹, Батсуурь Болормаа²

¹ Нийслэлийн Бодлогын судалгаа шинжилгээний төв, Улаанбаатар 17080, Монгол Улс

² Газарзүйн тэнхим, Шинжлэх Ухааны Сургууль, Монгол Улсын Их Сургууль, Улаанбаатар 210646, Монгол Улс

³ Газрын менежментийн тэнхим, Агроэкологийн сургууль, Хөдөө Аж Ахуйн Их Сургууль, Улаанбаатар 17029, Монгол улс

*Харилцагч зохиогч: b.batsuren1023@gmail.com

Хүлээн авсан: 2026.03.01

Засварласан: 2026.04.27

Зөвшөөрөгдсөн: 2026.04.28

Хураангуй

Энэхүү судалгааны зорилго нь Улаанбаатар хотын галын эрсдэлд нөлөөлөх хүчин зүйлсийг тодорхойлж, АНП-д суурилсан олон шалгуурт шийдвэр гаргалтын (MCDA) аргаар нэгдсэн орон зайн бүсчлэлийн зураглал боловсруулахад оришино. Судалгаанд хүн амын тархалт, галын дуудлагын мэдээлэл, шатахуун түгээх станц болон агуулахын байршил ба багтаамж, цахилгааны дэд өртөө, хөрсний чийгийн индекс зэрэг олон эх үүсвэрийн өгөгдлийг нэгтгэн шинжилсэн. Өгөгдлийг гексагон тесселяци нэгжид нэгтгэж, растер хэлбэрт шилжүүлсний дараа АНП аргаар жинг тодорхойлон галын эрсдэлийн нэгдсэн индексийг тооцоолсон. Үр дүнд нь нийслэлийн хэмжээнд галын эрсдэлийн бүсчлэлийг тодорхойлж, 37 гексагон нэгж өндөр, 186 дунд, 604 бага эрсдэлтэй бүсэд хамаарах нь тогтоогдов. Мөн эрсдэлийн бүсүүдэд хүүхдийн тархалтыг үнэлэхэд нийт хүүхдийн 34% нь өндөр, 46.3% нь дунд эрсдэлтэй бүсэд амьдарч байгаа нь тогтоогдсон. Энэхүү орон зайн төвлөрлийн хэв шинж нь галын эрсдэл хотын бүтэц, төлөвлөлтийн онцлогтой шууд уялдаатай болохыг харуулж байна. Судалгааны үр дүн нь хотын аюулгүй байдлын үнэлгээ, гамшигийн эрсдэлийн менежмент, нөөцийн оновчтой хуваарилалтад ашиглах боломжтой шинжлэх ухааны үндэслэл болно.

Түлхүүр үг: Галын эрсдэл; орон зайн загварчлал; АНП; MCDA; хотын хүн ам; гексагон тор

© Зохиогчийн оруулсан хувь нэмэр: **Б.Батсүрэн, А.Амарбал, Э.Энхзаяа:** Онолын үндэслэл, үндсэн бичвэр, өгүүллийн эх бэлтгэл, арга зүй боловсруулалт **М.Буяндэлгэр, Б.Болормаа:** өгөгдөл боловсруулалт, өгөгдөл цуглуулалт, Үр дүнгийн хяналт.

Оршил

Сүүлийн жилүүдэд хот суурин газарт хүн амын суурьшил ихэссэнээр дэд бүтцийн хэт төвлөрөл, төлөвлөлтгүй барилгажилттай холбоотойгоор шатахуун түгээх станцууд нь орон сууцны бүсэд байрлах болсон. Энэ нь хүний амь нас, эрүүл мэнд, орчны аюулгүй байдал, нийтийн өмчид ноцтой эрсдэл учруулах хүчин зүйлсийн нэг болж байна.

Дэлхийн Эрүүл Мэндийн Байгууллага болон НҮБ-ын Байгаль орчны хөтөлбөрийн мэдээллээр, нефть, шатахуун зэрэг дэгдэмхий бодисын агуулах болон түгээх байгууламж оршин суугчдын бүсэд ойр байрлах нь гал түймэр, дэлбэрэлт, хорт утаа болон хөрс, усны бохирдлын эрсдэлийг нэмэгдүүлдэг (WHO, 2021; UNEP, 2021).

Монгол Улсад хотжилт эрчимтэй явагдаж, Үндэсний статистикийн хорооны 2024 оны мэдээллээр нийслэл Улаанбаатар хотод нийт хүн амын 1,677,872 нь амьдарч байна. (Үндэсний статистикийн хороо, 2024). Түүнчлэн 2024 оны байдлаар бүртгэлтэй 796,989 тээврийн хэрэгсэл байгаа нь шатахууны эрэлт болон ШТС-уудын нягтралыг нэмэгдүүлэх үндсэн хүчин зүйл болж, одоогийн байдлаар нийслэлд ойролцоогоор 280 орчим ШТС үйл ажиллагаа явуулж байгаа нь хот төлөвлөлтийн баримт бичиг болон ерөнхий төлөвлөгөөнд тусгагдсан хэрэгцээт түвшинтэй харьцуулахад (70–80 ШТС) харьцуулахад гурав дахин их үзүүлэлт юм (Улаанбаатар хотын ерөнхий төлөвлөгөө, 2020).

2024 оны нэгдүгээр сард Улаанбаатар хотын Баянзүрх дүүрэгт шингэрүүлсэн хийн тээвэрлэлттэй холбоотой гарсан томоохон дэлбэрэлтийн тохиолдол нь суурьшлын бүсэд дэгдэмхий бодис хадгалах, тээвэрлэх, түгээх нь физик, химийн, нийгэм эдийн засгийн гурван түвшний эрсдэл үүсгэж, хүний амь нас, эрүүл мэнд, нийтийн өмчид ноцтой хохирол авчирч болохыг тодорхой харуулсан (Онцгой байдлын байгууллагын мэдээлэл, 2024).

Иймээс энэхүү судалгааны ажил нь НҮБ-ын суурь бодлогын баримт бичиг болох дэлхий даяар гамшгийн эрсдэлийг урьдчилан сэргийлэх бууруулах, тэсвэртэй байдлыг нэмэгдүүлэх зорилготой Сендайн үйл ажиллагааны хүрээнд заасан “эрсдэлийг урьдчилан сэргийлэх, бууруулах тогтолцоог бэхжүүлэх” зорилттой уялдаж байна (United Nations Office for Disaster Risk Reduction, 2015).

Гамшгийн эрсдэлийг ойлгохын тулд юуны өмнө статистик өгөгдөл дээр тулгуурлан орон зайн төрөл бүрийн анализыг зураглан гаргахад оршдог тул энэхүү судалгааны ажлын зорилго нь нийслэл хотын галын аюултай бүсийг тогтоож эрсдэлтэй бүсийн хүүхдийн тоог тооцохын тулд галын эрсдэлд нөлөөлөх үндсэн хүчин зүйлийг АНР загварчлалаар жинлэн индексжүүлж, орон зайн нэгтгэсэн галын эрсдэлийн бүсийн зураглалыг бий болгоход оршино.

Судалгааны талбай

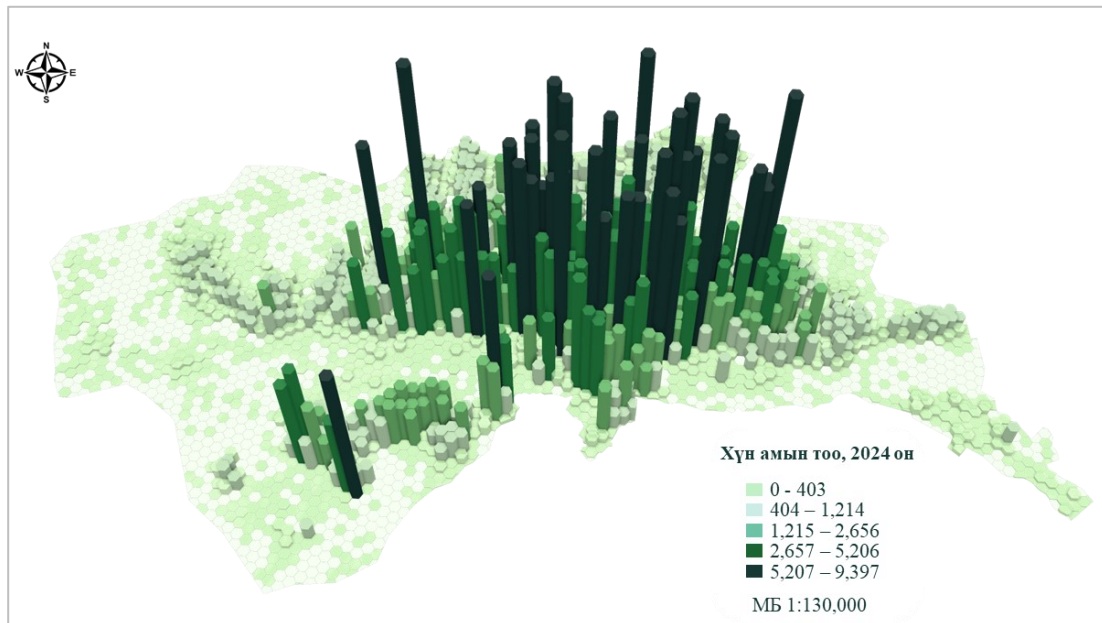
Улаанбаатар хот нь Хэнтийн нурууны баруун урд бэлд, уулс хоорондын хотгор хөндийд байрлах бөгөөд Туул голын сав газрыг даган хөгжсөн суурьшлын төв юм. (World Bank, 2020; Asian Development Bank, 2019; Dorjsuren et al., 2022).

Хотын орон зайн тэлэлт нь газарзүйн нөхцөл, голын сав газрын дагуух суурьшлын хэв шинжтэй уялдан зүүнээс баруун чиглэлд давамгайл сунаж хөгжсөн бөгөөд сүүлийн жилүүдэд хүн амын төвлөрөл эрчимжихийн хэрээр хотын захын бүсүүдэд суурьшил нэмэгдэж, хот төлөвлөлтийн тэнцвэргүй байдал үүсэх хандлага ажиглагдаж байна (United Nations, 2018; World Bank, 2020; Nyam-Osor et al., 2024).

Улаанбаатар хот нь Монгол Улсын нийгэм, эдийн засгийн төвлөрлийн гол бүс бөгөөд нийт хүн амын талаас илүү хувь нь тус хотод амьдарч, улс орны эдийн засгийн идэвхжил, үйлчилгээ, дэд бүтцийн хөгжлийн үндсэн зангилаа болж байна. Хотын хүн амын хурдацтай өсөлт, шилжилт хөдөлгөөний нөлөөгөөр суурьшлын бүтэц эрчимтэй өөрчлөгдөж, ялангуяа гэр хорооллын бүсүүд өргөжин тэлж, төвлөрөл нэмэгдэх хандлагатай байна. Энэ нь хотын дэд бүтэц, нийгмийн

үйлчилгээний хүртээмжид ачаалал үүсгэж, орон зайн тэгш бус байдлыг бий болгож байна (Asian Development Bank, 2019).

Эдийн засгийн хувьд Улаанбаатар хот нь үйлчилгээний салбар давамгайлсан бүтэцтэй бөгөөд худалдаа, санхүү, боловсрол, эрүүл мэнд, төрийн үйлчилгээ зэрэг салбарууд төвлөрсөн байдаг. Аж үйлдвэрийн салбар харьцангуй бага хувийг эзэлж байгаа боловч барилга, дэд бүтцийн салбар сүүлийн жилүүдэд эрчимтэй хөгжиж, хотын тэлэлттэй уялдан өсөлт ажиглагдаж байна. Гэвч эдийн засгийн өсөлт нь орлогын тэгш бус байдал, ажилгүйдэл, ядуурлын асуудалтай зэрэгцэн оршиж, нийгмийн эмзэг бүлгийн хүн амын төвлөрөл тодорхой бүсүүдэд илүү өндөр байна.



Зураг 1. Улаанбаатар хотын хүн амын тархалт, нягтшил (2024 оны байдлаар)

Зураг 1-г хүн амын нягтшил, тархалтыг “Hexagonal Tessellation” аргаар дүрсэлсэн (Ben-Joseph, Gordon, 2000) бөгөөд нягтрал хотын төвийн хэсгүүдэд маш өндөр байна. Ялангуяа Баянгол, Сүхбаатар дүүрэгт хамаарах төвд 5,000–9,397 хүртэлх хүн ам төвлөрсөн нь хотын нягтралын цөм хэсэг болохыг харуулж байна. Энэхүү орон зайн нягтралын мэдээлэл нь аюултай байгууламжийн байршлын эрсдэлийг үнэлэх суурь мэдээлэл болж, өндөр нягтралтай бүсэд ослын үр дагавар илүү өндөр байх боломжтойг харуулж байна.

Иймд Улаанбаатар хотын нийгэм, эдийн засгийн онцлог нь хүн амын төвлөрөл, дэд бүтцийн ачаалал, үйлчилгээний салбарын давамгайлал, орон зайн тэгш бус байдал, байгаль орчны доройтол зэрэг олон хүчин зүйлийн харилцан үйлчлэлээр тодорхойлогдож байгаа бөгөөд эдгээр нь хотын эмзэг байдал, эрсдэлийн тархалтад шууд нөлөөлөх суурь нөхцөл болж байна.

Судалгааны өгөгдөл, арга зүй

Энэхүү судалгаа нь “Sendai Framework for Disaster Risk Reduction /2015–2030/” гамшгийн эрсдэлийг ойлгох болон урьдчилан сэргийлэхэд хөрөнгө оруулах тэргүүлэх чиглэлд нийцсэн, GIS орчинд суурилсан олон шалгуурт эрсдэлийн үнэлгээнд тулгуурласан болно.

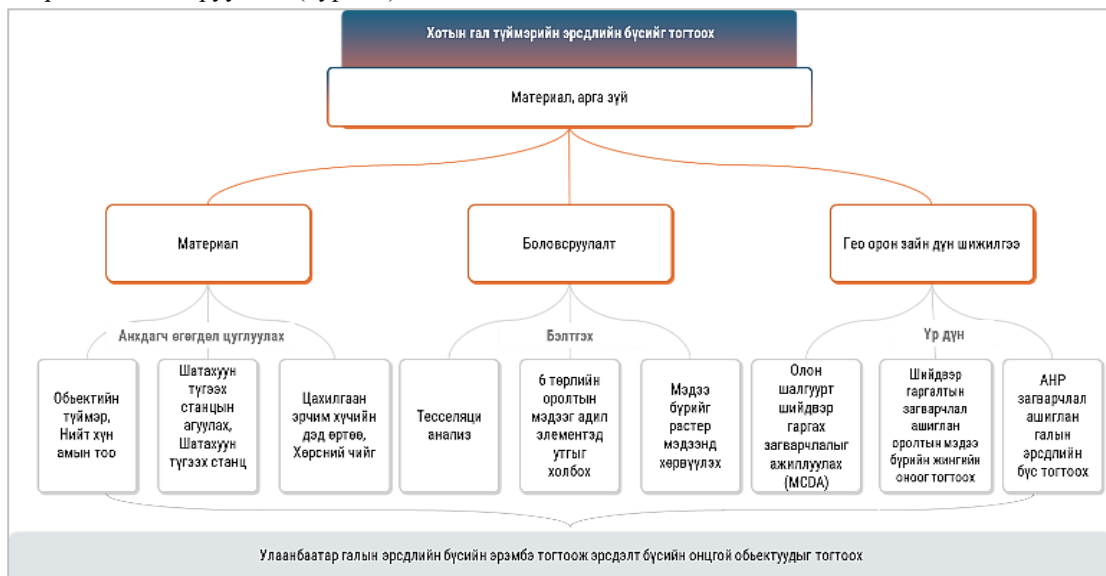
Судалгаанд 2024 онд бүртгэгдсэн объектийн түймрийн тоон мэдээ, шатахуун түгээх станцын байршил болон нөөцийн савны багтаамж, цахилгааны дэд өртөөний байршил, мөн Улаанбаатар хотын хөрсний чийгийн нөхцөлийг тодорхойлох зорилгоор 2024 оны 8 дугаар сарын Sentinel-2 хиймэл дагуулын мэдээг ашигласан. Хөрсний чийгийн төлөвийг үнэлэхдээ Normalized Difference Moisture Index (NDMI)-ийг дараах томъёогоор тооцсон:

$$NDMI = (NIR - SWIR) / (NIR + SWIR) \quad (1)$$

Энд: NIR - ойрын хэт улаан туяаны муж (Sentinel-2 B8 сувар), SWIR - богино долгионы хэт улаан туяаны муж (Sentinel-2 B11 сувар)-ийг илэрхийлнэ (European Space Agency, 2021). Судалгаанд NDMI-ийн растер утгыг стандартчлах (normalization) замаар 0–1 хооронд хувирган, галын эрсдэлийн үнэлгээнд оролцох орчны нэг шалгуур үзүүлэлт болгон ашигласан. Чийг багатай бүсүүд нь шатамхай материалын хуурайшилт ихтэй тул галын эрсдэл нэмэгдэх нөхцөл бүрдүүлдэг гэж үзсэн. NDMI-ийн утга нь (-1-ээс +1)-ийн хооронд хэлбэлзэх ба өндөр утга нь чийг ихтэй, нам утга нь хуурайшилт ихтэй орчныг илэрхийлдэг.

Оролтын бүх өгөгдлийг ижил орон зайн нэгжид шилжүүлэх зорилгоор гексагон тесселяцийн аргыг ашигласан. Тус судалгаанд нэгж гексагон нь ойролцоогоор 64 га талбайтай, 493–500 м радиустай байхаар тооцоолсон бөгөөд энэ нь хот төлөвлөлтийн нормативтай нийцэж байна. Дараа нь “Spatial Join” болон “Zonal Statistics” зэрэг “ArcGIS Pro” програмын орон зайн анализын үйлдлүүдийг ашиглан бүх шалгуур үзүүлэлтийг гексагон нэгжид нэгтгэн, давхрага хэлбэрт бэлтгэсэн.

Үүний дараа шалгуур үзүүлэлтүүдийг растер хэлбэрт шилжүүлж, стандартчилсны дараа “Analytic Hierarchy Process (AHP)”-ийн аргаар жингийн коэффициентийг тодорхойлсон. AHP-ийн хүрээнд шалгуур үзүүлэлтүүдийн харьцангуй ач холбогдлыг үнэлэхийн тулд хос харьцуулалтын матрицыг боловсруулсан (Зураг 2).



Зураг 2. Судалгааны арга зүйн бүдүүвч

Хос харьцуулалтын матрицын дагуу жингийн вектор (w_i)-ийг тооцоолж, улмаар нийцлийн харьцаа (Consistency Ratio, CR)-ыг дараах байдлаар шалгасан. $CR < 0.1$ байх тохиолдолд матрицын логик нийцэл хангагдсан гэж үздэг (Thomas L. Saaty, 1980). Судалгаанд гарсан CR утга нь зөвшөөрөгдөх түвшинд байсан тул шалгуур үзүүлэлтүүдийн жинг найдвартай гэж үзсэн.

Ингэснээр стандартчилсан шалгуур үзүүлэлтүүдийг жингийн коэффициенттэй үржүүлэн дараах нийлмэл индексийн томъёогоор галын эрсдэлийг тооцсон:

$$S = \sum(w_i * x_i) \quad (2)$$

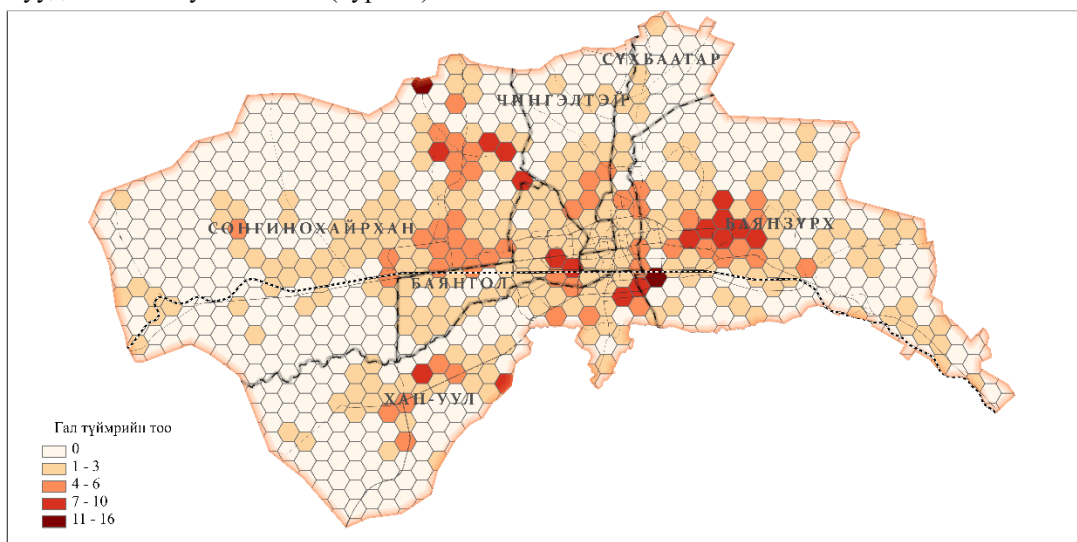
Энд: w_i - шалгуур бүрийн жин, x_i - стандартчилсан утга юм. Энэхүү нийлмэл индексийг үндэслэн Улаанбаатар хотын галын эрсдэлийн орон зайн тархалтыг тодорхойлж, өндөр, дунд, бага эрсдэлтэй бүсүүдэд ангилсан. Мөн эрсдэлийн бүс тус бүрт амьдарч буй хүүхдийн тоог гексагон нэгжид суурилан тооцоолж, эмзэг бүлгийн өртөлтийн үнэлгээг гаргасан.

Судалгааны үр дүн

Галын өндөр эрсдэлтэй бүсүүдийн орон зайн тархалтыг авч үзвэл эдгээр нь санамсаргүй бус, харин хотын сууршлын бүтэц, дэд бүтцийн төлөвлөлтийн хэв шинжтэй нягт уялдсан байгааг харуулж байна. Тухайлбал, өндөр эрсдэлтэй бүсүүд нь хотын төвийн коридор болон баруунаас зүүн чиглэлийн гол тэнхлэг дагуу төвлөрөх хандлагатай байгаа нь хүн амын нягтрал, авто замын сүлжээ, үйлчилгээний төвлөрөлтэй давхцаж байна.

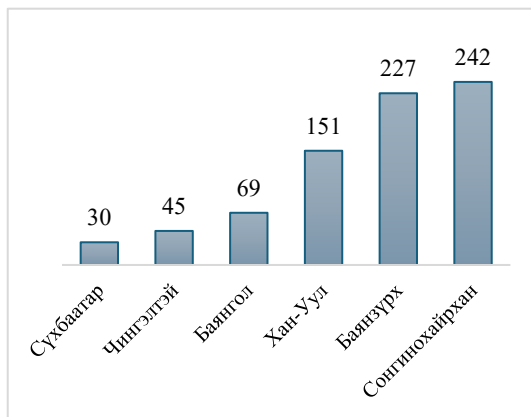
Онцгой байдлын 2024 оны тоон мэдээгээр орон зайн зураглалыг гаргахад объектийн түймрийн тоог ангиллаар (0, 1-3, 4-6, 7-10, 11-16) гэсэн 4 шатлалаар харуулсан. (Онцгой байдлын ерөнхий газар, 2024).

Объектод гарсан гал түймрийн үзүүлэлт: Хүн амын тоо өндөртэй бүсүүдэд гал түймрийн үед өртөх хүн амын хэмжээ нэмэгдэхээс гадна аврах ажиллагааны ачаалал өсч, эрсдэлийн индекс өндөр гарах нөхцөлийг бүрдүүлдэг. Үүнтэй харьцуулахад хотын захын сийрэг суурьшилтай бүсүүдэд галын эрсдэл харьцангуй бага үнэлэгдсэн нь суурьшлын бүтэц эрсдэлийн тархалтад шууд нөлөөлж буйг илтгэнэ (Зураг 3).



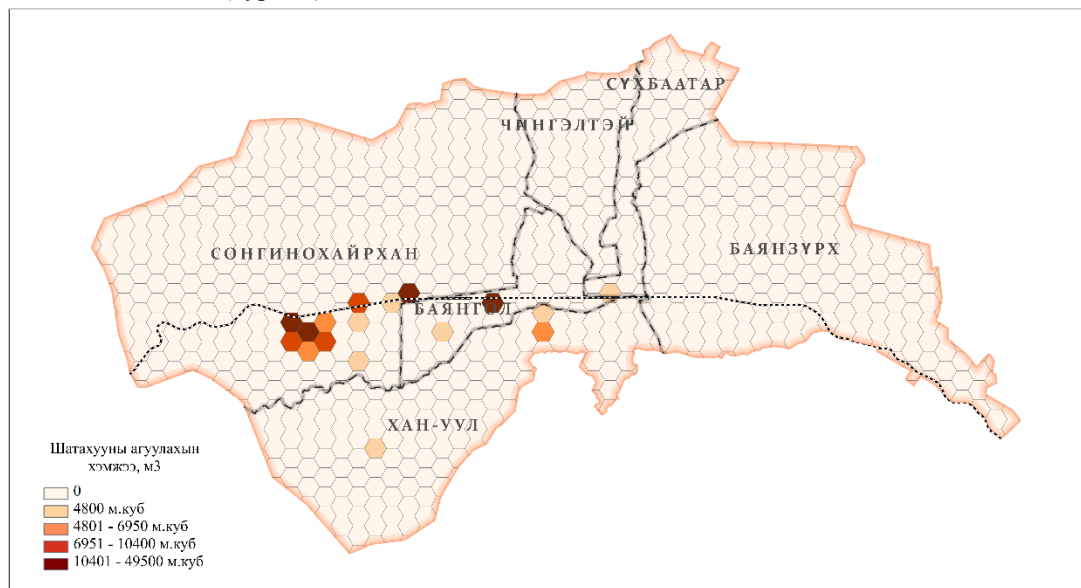
Зураг 3. 2024 онд объектод гарсан гал түймрийн тархалт /МБ 1:150,000/

2024 оны байдлаар нийтдээ 1,895 объектийн гал түймрийн тохиолдол бүртгэгдсэн бөгөөд ерөнхий хандлагаар үзэхэд гэр хороолол, холимог ашиглалтын бүсүүдэд объектийн түймрийн тоо харьцангуй өндөр төвлөрсөн байдалтай байна. Дүүргийн зөвхөн суурьшлын бүсэд гарсан түймрийн тоогоор Сонгинхайрхан, Баянзүрх, Хан-Уул дүүргүүд жил 150-иас дээш удаа түймэр гарсан байна (Зураг 4).



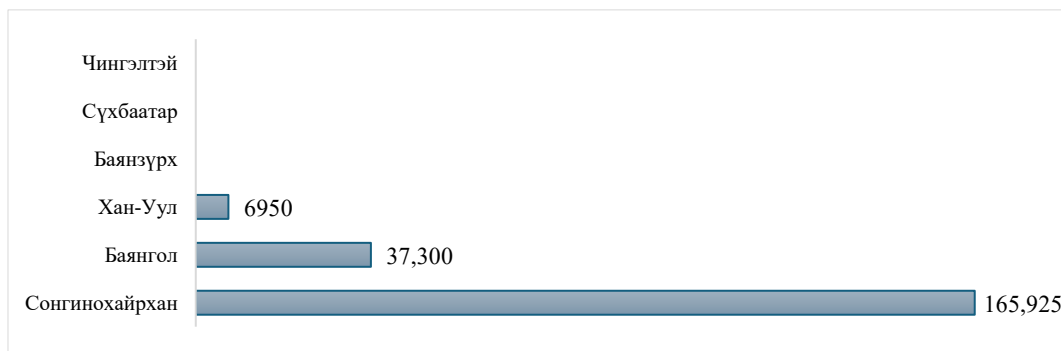
Зураг 4. 2024 онд объектод гарсан гал түймрийн тоо (суурьшлын бүсээр)

Шатахууны агуулахын байршил: Шатахууны агуулахууд хотын гол авто замын дагуу “шугаман кластер” хэлбэрээр байрласан нь тээвэр логистикийн урсгал, үйлчилгээний төвлөрөлтэй холбоотой. Энэ нь галын эрсдэлийн орон зайн тархалтыг тодорхойлох чухал хүчин зүйл болж, ялангуяа Баянгол, Сүхбаатар, Баянзүрх чиглэлийн дагуу эрсдэлийн “ачаалал өндөр коридор” үүсгэж байна. Өөрөөр хэлбэл, эдийн засгийн идэвх өндөр бүсүүдэд шатамхай материалын эргэлт нэмэгдэж, гал үүсэх магадлал өсөх нөхцөл бүрдэж байна. Нийслэлийн хэмжээнд шатахууны 32 агуулах байрлаж байгаагаас нийт багтаамж нь 402,815 м³ (Ашигт малтмал, газрын тосны газар, 2024) бөгөөд үүнийг гексагон торон нэгжээр нэгтгэн ангилж үзүүлсэн бөгөөд өнгөний шатлалаар 5 хуваан тухайн торонд ногдох түлш хадгалах багтаамжаар илэрхийллээ. Тархалтын хувьд өндөр багтаамжтай агуулахууд хотын хөдөлгөөн, үйлчилгээ төвлөрсөн тэнхлэг дагуу илүү ажиглагдаж, ялангуяа хотын баруун хэсгийн Сонгинохайрхан, Баянгол чиглэл болон төвийн бүсийн дагуу харьцангуй их кластер үүссэн нь түлшний хангамжийн томоохон цэгүүд тухайн чиглэлд байрших хандлагатай байна (Зураг 5).



Зураг 5. Шатахууны агуулахын байршил ба хүчин чадал, м³/МБ 1:150,000/

Тухайлбал Сонгинохайрхан дүүргийн суурьшлын хэсэгт нийт шатахууны нөөцлүүрийн 41 хувь нь байрлаж байна (Зураг 6).

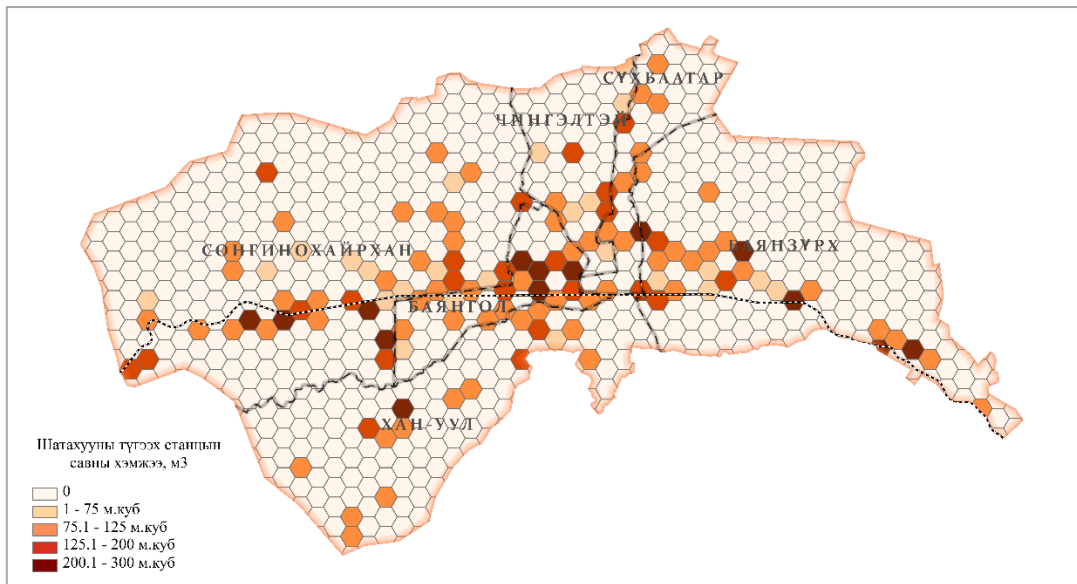


Зураг 6. Суурьшлын бүс дэх шатахууны агуулахын хүчин чадлын хэмжээ, м³

Шатахуун түгээх станцын орон зайн байршил: Шатахуун түгээх станцууд нь хотын дэд бүтцийн зайлшгүй элемент боловч тэдгээрийн байршил, багтаамж, хүн амын төвлөрөлтэй давхцал нь Улаанбаатар хотын галын эрсдэлийг тодорхойлох стратегийн гол хүчин зүйл болж байна.

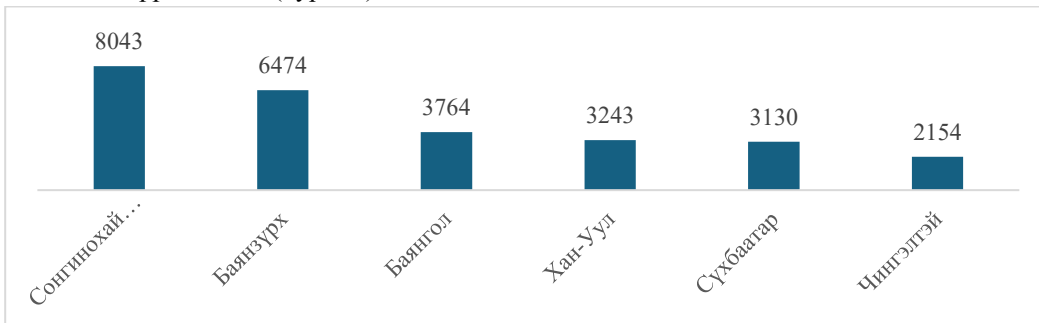
Шатахуун түгээх станцын ерөнхий тархалтаас харахад өндөр болон дунд багтаамжтай цэгүүд хотын төвийн бүсийг дайран өнгөрөх гол тэнхлэг дагуу илүү нягтран байрлаж, Баянгол Сүхбаатар Баянзүрх чиглэлд тасралтгүй “цуваа” хэлбэрийн бөөгнөрөл үүссэн нь түлшний хангамжийн үндсэн зангилаа хотын төвийн хөдөлгөөний коридорт төвлөрч байна.

Энэ нь зөвхөн гал үүсэх магадлал бус, харин гал гарсан тохиолдолд хор уршгийн цар хүрээг нэмэгдүүлэх хүчин зүйл болдог (Зураг 7).



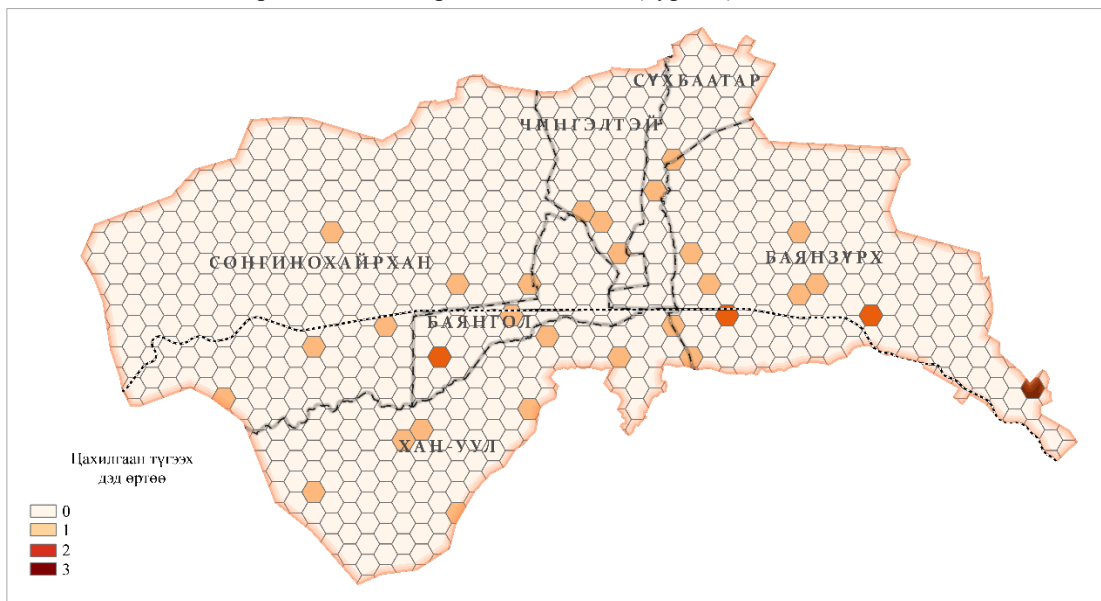
Зураг 7. Суурьшлын бүс дэх шатахуун түгээх станцын тархалт /МБ 1:150,000/

Улаанбаатар хотын суурьшлын бүсэд нийтдээ 278 шатахуун түгээх станц 33,658 м³ нөөц савтайгаар үйл ажиллагаа явуулж байна (Ашигт малтмал, газрын тосны газар, 2024). Хамгийн өндөр шатахууны төвлөрөлтэй дүүргээр хотын баруун захын нийт шатахууны нөөцийн 24 хувь Сонгинохайрхан дүүрэгт, Баянзүрх дүүрэгт 19 хувь, Баянгол дүүрэгт 11 хувийн нөөц сав тус тус байна. Нийслэлийн хэвтээ болон босоо тэнхлэгийн авто замуудыг даган шатахуун түгээх станц байрлах бөгөөд стратегийн ач холбогдлын хувьд тээвэр логистикийн найдвартай ажиллагааг дэмжих чухал ач холбогдолтой боловч орон сууцны бүсэд ойр байрших нь болзошгүй аюулын хэмжээг нэмэгдүүлж байна (Зураг 8).



Зураг 8. Суурьшлын бүс дэх шатахуун түгээх станц түүний нөөцийн савны хэмжээ, м³

Цахилгаан түгээх дэд өртөөний орон зайн байршил: Цахилгаан дэд өртөөнүүд мөн адил төвийн суурьшлын болон үйлдвэрлэл, үйлчилгээний бүсүүдэд төвлөрсөн байгаа нь эдгээр бүсэд эрчим хүчний ачаалал өндөр байгааг илтгэнэ. Эрчим хүчний өндөр ачаалал нь техникийн гэмтэл, богино холболт зэрэг гал үүсэх эрсдэлийг нэмэгдүүлэх боломжтой бөгөөд энэ нь галын эрсдэлийн орон зайн хэв шинжид тодорхой хэмжээгээр нөлөөлж байна (Зураг 9).



Зураг 9. Цахилгаан түгээх дэд өртөөний тархалт /МБ 1:150,000/

Улаанбаатар хотод цахилгаан түгээх 42 дэд өртөө байрлаж байна. (Цахилгаан дамжуулах үндэсний сүлжээ ТӨХК, 2024). Эдгээр нь 110-500 кв хүртэл хүчин чадалтай 6 дүүрэгт 33 станц байна (Хүснэгт 1).

Хүснэгт 1. Цахилгаан түгээх дэд өртөөний тоо, хүчин чадлын хэмжээ

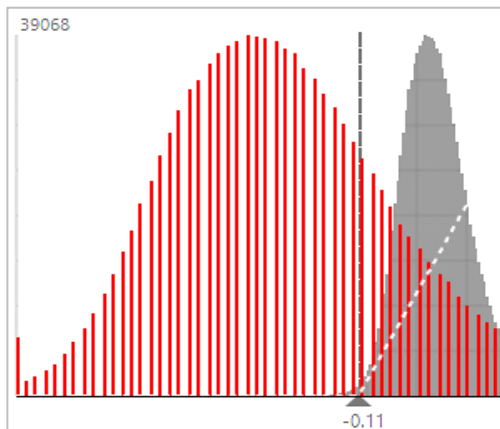
№	Дүүрэг	110 кв	220кв	500кв
1	Баянгол	2	2	
2	Баянзүрх	8	1	1
3	Сонгинохайрхан	6		
4	Сүхбаатар	2		
5	Хан-Уул	8		
6	Чингэлтэй	3		
Нийт		29	3	1

Хөрсний чийгийн ялгаврын нормчлогдсон индекс: Судалгаагаар хотын нийт нутаг дэвсгэрийн 46% нь хуурайшлын нөхцөл давамгайл бүсэд хамаарч байгаа нь галын тархах суурь орчныг бүрдүүлж байна. Ялангуяа NDMI бага утгатай “хуурай кластер”-ууд нь хүний үйл ажиллагааны эрчим өндөр бүсүүдтэй давхцах үед галын эрсдэл улам нэмэгдэх хандлагатай байна (Зураг 10).

Энэхүү судалгаанд Улаанбаатар хотын нутаг дэвсгэрийн хөрсний чийгийн орон зайн тархалтыг 2024 оны “Sentinel” хиймэл дагуулын олон спектрийн мэдээнд тулгуурлан тооцоолов. Хөрсний чийгийн индексийг газрын гадаргын чийгшлийн ялгааг илэрхийлэх спектрийн харьцаанд суурилсан индексийн аргаар гарган авч, хотын хэмжээнд гексагон тесселяци нэгжид нэгтгэн дүн

шинжилгээ хийв. Ингэснээр хөрсний чийгийн төлөвийг нарийвчлалтай, жигд орон зайн нэгжид үнэлэх боломж бүрдсэн.

Нийслэл хотын нийт талбайн 15% нь хэт хуурай, 31% нь хуурай, 29% нь бага зэрэг хуурай, 20% нь бага зэрэг чийгтэй, харин 5% нь чийгтэй ангилалд хамаарч байгаа нь хотын нийт газар нутгийн дийлэнх нь буюу 46% нь хуурайшлын эрсдэл давамгай орчинд байгааг тоон байдлаар баталж байна. Зураг 10-аас үзэхэд Улаанбаатар хотын чийгийн индекс нь -0.09 – 0.17-н хооронд дийлэнх утгыг зааж байгаа нь нийслэл хотын хуурайшил өндөр байгааг илтгэнэ. Энэ үзүүлэлтийг гал түймрийн дуудлагын тоо болон хүн ам, шатахуун дэд бүтцийн төвлөрөлтэй давхардуулан шинжлэхэд хөрсний чийг багатай “хуурай кластер”-ууд түймрийн тархалт, галын эрчимжилтэд нөлөөлөх суурь хүчин зүйл болж байгаа эсэхийг тодорхойлон жинг тодорхойлох юм.



Зураг 10. хөрсний чийгийн индекс (NDMI)-ийн утгын тархалтын гистограм

Улаан өнгө нь сөрөг утгатай (хуурайшил давамгай) пикселүүдийн тархалтыг, саарал өнгө нь эерэг утгатай (чийгшилтэй) пикселүүдийн тархалтыг илэрхийлнэ. Тасархай босоо шугам нь $NDMI = -0.11$ утгыг зааж байгаа бөгөөд энэ нь хуурай болон чийгтэй орчныг ялгах босго утга юм.

Галын аюултай бүсийн зэрэглэлийн үнэлгээ: Энэхүү судалгааны үр дүнд галын өндөр эрсдэлтэй бүсүүд нь хүн амын нягтрал, шатахуун хадгалалт, дэд бүтцийн төвлөрөл зэрэг хүчин зүйлстэй статистик болон орон зайн хувьд давхцаж байгаа боловч эдгээр нь галын шалтгаан гэж шууд дүгнэхээс илүүтэйгээр эрсдэлийг нэмэгдүүлэх нөхцөл, орчны хүчин зүйлс юм. Эдгээр хүчин зүйлийг шалгуур үзүүлэлтээр авч тус бүрийг 4 ангилалд хувааж хүчин зүйлсийн жингийн утгыг ArcGIS pro программын АНР загварчлах хэрэгслийг ашиглан орон зайн зургаар үр дүнг тодорхойллоо (Saaty et al., 1980; Malczewski et al., 1999).

Олон хүчин зүйлүүдийг хооронд нь харьцуулахад нэг нь нөгөөгөөсөө илүү ач холбогдолтой ба эзлэх жингийн хувьд өндөр жин дарна. Сонгон авсан хүчин зүйлүүдийн жингийн утгыг тодорхойлохын тулд судалгаанд ашиглагдаж буй хүчин зүйлийг галын аюултай бүсийн 3 түвшинд нөлөөлөх ач холбогдлоор нь эрэмбэлсэн.

$$S = Wi * Fi + Wi * Pi + Wi * Ni + Wi * Di + Wi * Ci + Wi * Ri + Wi \quad (3)$$

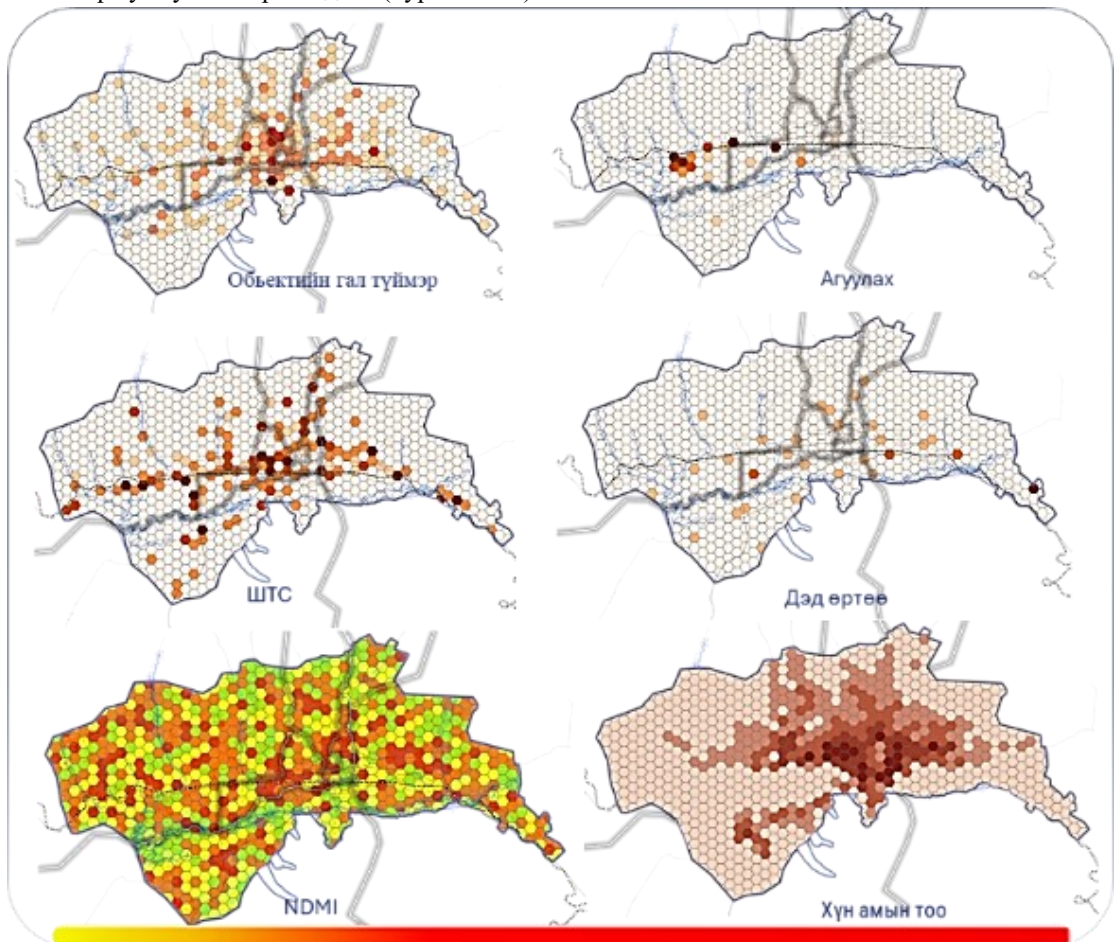
Энд: S= тохиромжтой байдал, Wi= Хүчин зүйлийн жинлэсэн дундаж, Fi= 2024 объектийн түймрийн мэдээ, Pi= Шатахуун түгээх станцын агуулах, Ni=Шатахуун түгээх станц, Di=Цахилгааны дэд өртөө, Ci= Хөрсний чийгийн индексийн оноо, Ri= Нийт хүн амын тоо юм.

Хүснэгт 2. Сонгон авсан хүчин зүйлүүдийн эрэмбэ

№	Шалгуур	Хувь (%)	Тайлбар
1	Галын дуудлага	34.0	Галын эрсдэлийг тодорхойлох хамгийн чухал шалгуур бөгөөд бодит галын тохиолдол, давтамжид суурилсан өгөгдөл юм. Өмнөх галын дуудлагын өндөр давтамж нь тухайн бүсэд гал дахин гарах магадлал өндөр байгааг илэрхийлдэг тул хамгийн өндөр жинтэй үнэлэгдсэн.
2	Хүн ам	19.0	Хүн амын нягтрал нь галын үед өртөх хүн амын хэмжээ, нийгмийн эрсдэлийг илэрхийлнэ. Ялангуяа өндөр хүн амтай бүсэд галын хор уршиг, аврах ажиллагааны хүндрэл нэмэгдэх тул хоёрдугаар эрэмбийн ач холбогдолтой шалгуур гэж үзэв.
3	ШТС агуулах	14.0	Шатахуун хадгалах агуулах нь их хэмжээний шатамхай бодис төвлөрсөн өндөр аюултай объект бөгөөд гал гарсан тохиолдолд тархалт, хор уршиг эрс нэмэгдэх эрсдэлтэй. Иймд галын эрсдэлийг нэмэгдүүлэх чухал хүчин зүйлээр үнэлэгдсэн.

4	ШТС	8.0	Шатахуун түгээх станцууд нь шатамхай материалын байнгын эргэлттэй объект тул гал үүсэх эх үүсвэрийн нэг болдог. Гэвч агуулахтай харьцуулахад багтаамж харьцангуй бага тул жин нь доогуур үнэлэгдсэн.
5	Цахилгааны дэд өртөө	5.0	Цахилгаан дэд өртөөнүүд нь техникийн гэмтэл, богино холболтоос шалтгаалан гал үүсэх боломжтой ч орон зайн тархалт хязгаарлагдмал тул дунд ба бага түвшний нөлөөтэй шалгуур гэж үзэв.
6	Хөрсний чийгийн индекс (NDMI)	4.0	Хөрсний чийг нь галын асах, тархах нөхцөлийг тодорхойлох байгалийн хүчин зүйл юм. Хуурай хөрстэй бүсэд галын эрсдэл нэмэгдэх боловч хүний үйл ажиллагаатай харьцуулахад шууд нөлөө бага тул хамгийн доод жинтэй үнэлэгдсэн.
	Нийт	100	АНР аргаар тооцоолсон жингийн нийлбэр 1.00 бөгөөд галын эрсдэлийн нэгдсэн индексийг бүрдүүлнэ.

Эрэмбэлэлтийн үр дүнгээс харахад, өнгөрсөн оны галын дуудлага хамгийн өндөр ач холбогдолтойд тооцогдсон. Үүний эсрэгээр цахилгааны дэд өртөө, хөрсний чийгийн индекс хамгийн бага жинтэй буюу ач холбогдол багатай гэж эрэмбэлэгдсэн байна. Эдгээр оролтын мэдээллийг тесселяци нэгжид адил элементээр уялдуулан нэгтгэж, мэдээ бүрийг растер өгөгдөл болгон хөрвүүлсний дараа нийлмэл индексийг тооцохдоо $FIRE\ RISK = 0.4255 \cdot F + 0.2269 \cdot p + 0.1804 \cdot n + 0.0933 \cdot D + 0.0476 \cdot C + 0.0264 \cdot R$ илэрхийллийг ашиглаж галын эрсдэлийн бүсчлэлийг тогтооход баталгаажуулалт $CR < 0.1$ буюу хүлээн зөвшөөрөгдөх нийцэлтэй гарсан бөгөөд нийслэл хотын суурьшлын бүс нь Эрсдэлтэй бүсэд 9%, Дунд эрсдэлтэй бүсэд 22%, Эрсдэл багатай бүсэд 69% -иар тус тус загварчлагдлаа (Зураг 11-12).

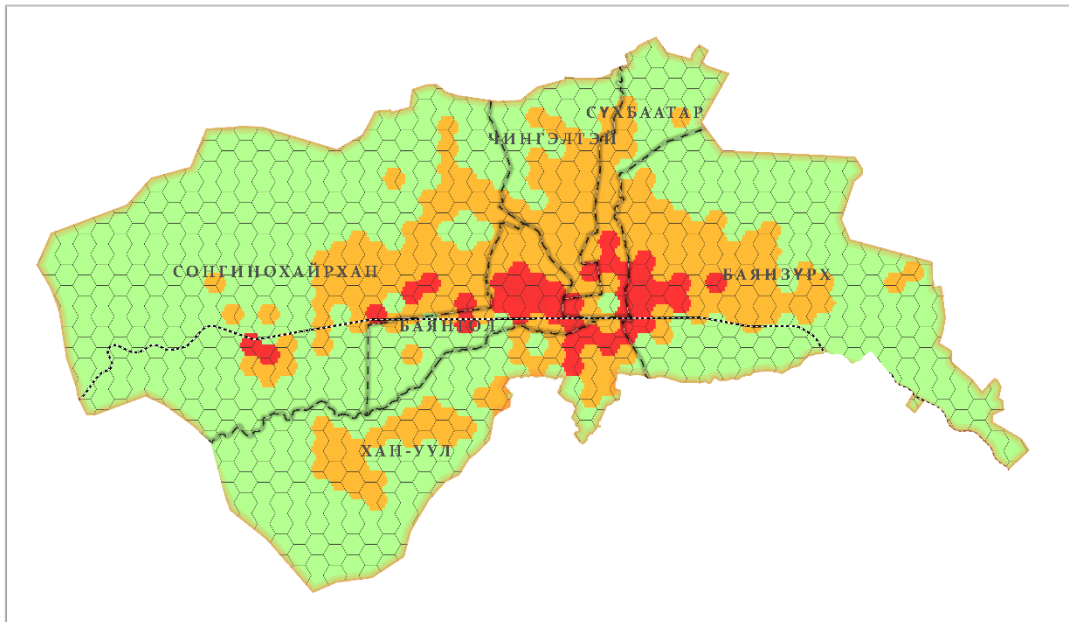


Зураг 11. Галын эрсдэлийг тодорхойлох хүчин зүйлсийн орон зайн тархалт

Галын эрсдэлийн үнэлгээнд ашигласан үндсэн шалгуур үзүүлэлтүүдийг гексагон тесселяци нэгжээр харуулав. Өнгөний шатлал нь тухайн хүчин зүйлийн эрчим, нягтралыг илэрхийлэх бөгөөд

шар өнгө бага, улаан өнгө өндөр утгыг заана. Эдгээр хүчин зүйлсийн орон зайн давхцал нь галын өндөр эрсдэлтэй бүсүүдийг тодорхойлох суурь нөхцөлийг бүрдүүлнэ. Үүнд: Объектийн гал түймрийн тархалт, шатахууны агуулахын байршил ба багтаамж, шатахуун түгээх станцын тархалт, цахилгааны дэд өртөөний байршил, хөрсний чийгийн индекс (NDMI), хүн амын нягтрал тус тус үнэлгээ хийсэн. Өнгөний шатлалын ялгарал нь галын эрсдэлийн хүчин зүйлсийн орон зайн төвлөрлийг тодорхой илэрхийлж байна. Улаан өнгийн өндөр утгатай кластерууд нь хотын төвийн коридор болон гол зам дагуу байрлаж, хүн амын нягтрал, шатахуун дэд бүтэц, галын дуудлагын давтамж өндөр бүсүүдтэй давхцаж байна. Харин шар өнгийн бага утгатай бүсүүд нь хотын захын сийрэг суурьшилтай хэсгүүдэд давамгайлж, галын эрсдэл харьцангуй бага байгааг илтгэнэ.

Энэ судалгаанд АНР-д суурилсан олон шалгуурт үнэлгээний үр дүнд Улаанбаатар хотын галын эрсдэлийн нэгдсэн индексийг тооцоолж, орон зайн тархалтыг тодорхойлов (Зураг 12).



Зураг 12. Улаанбаатар хотын галын эрсдэлийн бүсийн орон зайн тархалт (МБ 1:150,000).

Өнгөний шатлал нь галын эрсдэлийн индексийн хэмжээг илэрхийлэх бөгөөд ногоон өнгө бага, шар өнгө дунд, улаан өнгө өндөр эрсдэлийг заана. Үр дүнг гексагон тесселяци нэгжид нэгтгэн дүрсэлсэн. Зураг 12-оос харахад галын өндөр эрсдэлтэй бүсүүд (улаан өнгө) нь хотын төвийн коридор болон баруунаас зүүн чиглэлийн гол тэнхлэг дагуу төвлөрсөн байна. Эдгээр бүсүүд нь хүн амын нягтрал өндөр, шатахуун түгээх станц болон дэд бүтцийн төвлөрөл ихтэй бүсүүдтэй давхцаж байгаа нь галын эрсдэлийн орон зайн төвлөрлийг тодорхой илэрхийлж байна.

Дунд эрсдэлтэй бүсүүд (шар өнгө) нь төвийн бүсийг хүрээлсэн шилжилтийн бүсэд тархсан бөгөөд суурьшлын нягтрал болон дэд бүтцийн нөлөөлөл харьцангуй дунд түвшинд байгааг илтгэнэ. Харин бага эрсдэлтэй бүсүүд (ногоон өнгө) нь хотын захын сийрэг суурьшилтай хэсгүүдэд давамгайлж, галын эрсдэл харьцангуй бага байгааг харуулж байна. Ийнхүү галын эрсдэлийн орон зайн тархалт нь санамсаргүй бус, харин хотын хүн амын төвлөрөл, дэд бүтцийн байршил, шатамхай объектын нягтрал зэрэг хүчин зүйлсийн нийлмэл нөлөөллөөр тодорхойлогдож байв. Тоон өгөгдлөөр нарийвчлан тооцоолбол дараах байдалтай байна. Үүнд:

Галын аюултай бүс: Энэ нь АНР загварчлалын жингийн утга хамгийн өндөр байгаа буюу галын эрсдэлийн индекс хамгийн өндөр утгатай гексагон нэгжүүдээс бүрдэх бөгөөд гол төлөв хотын төвийн коридор, хүн амын нягтрал өндөртэй, дэд бүтэц төвлөрсөн бүсүүдэд тархсан байна. Нийсэл хотын 0.04 хувийг галын аюултай бүс эзэлж байгаа бөгөөд 161,006 өрх буюу нийт өрхийн

32 хувь нь амьдарч байна. Энэ бүсэд 0-1 настай 16,497 цэцэрлэгийн насны 4,039 хүүхэд, сургуулийн насны 150,809 хүүхэд байгаа нь нийт хүүхдийн 28 хувийг эзэлж байна.

Галын аюулын зэрэг дунд бүс: Аюулын зэрэг дунд бүс нь галын эрсдэлийн индекс дунд түвшинд үнэлэгдсэн хексагон нэгжүүдийг хамарна. Нийслэл хотын газар нутгийн 22 хувийг галын аюулын зэрэг дунд бүс эзэлж байгаа бөгөөд 231,088 өрх буюу нийт өрхийн 47 хувь нь байна. Энэ бүсэд 0-1 настай 25,174 хүүхэд, цэцэрлэгийн насны 19,600 хүүхэд, сургуулийн насны 193,210 хүүхэд тус тус амьдарч байгаа нь нийт 0-17 настай хүүхдийн 38.6 хувийг эзэлж байна. Энэ бүсэд хүн амын нягтрал болон бусад хүчин зүйлсийн эзлэх хувь нь улаан бүсийнхээс бага зэрэг доогуур байна.

Галын аюул багатай бүс: Аюул багатай бүс нь галын эрсдэлийн индекс хамгийн бага утгатай, эрсдэл харьцангуй бага хексагон нэгжүүдийг хамарна. Энэ бүсэд Галын дуудлагын давтамж бага, Хүн амын нягтрал сийрэг, Шатамхай объектын төвлөрөл бага, Байгалийн чийгшил харьцангуй өндөр байгаа нь галын үүсэл, тархалтын магадлалыг бууруулж байна. Нийслэл хотын суурьшлын бүсийн 69 хувийг галын аюул багатай бүс эзэлж байна. Гэвч энэ бүсийг бүрэн аюулгүй гэж үзэх боломжгүй бөгөөд тогтвортой хяналт, урьдчилан сэргийлэх арга хэмжээг үргэлжлүүлэх шаардлагатай. Нийслэл хотын суурьшлын бүсийн 69 хувийг галын аюул багатай бүс эзлэх бөгөөд энд 78,694 өрх буюу нийт өрхийн 20 хувь, 0-1 настай 10,630 хүүхэд, цэцэрлэгийн насны 117,136 хүүхэд, сургуулийн насны 78,964 хүүхэд тус тус амьдарч байгаа нь нийт 0-17 настай хүүхдийн 33.5 хувийг эзэлж байна.

Хэлэлцүүлэг

Хот суурин газрын галын эрсдэлийг гео-орон зайн болон олон шалгуурт аргаар үнэлсэн олон улсын судалгаануудтай харьцуулахад энэхүү судалгааны үр дүн нь ижил төстэй хэв шинжийг харуулж байна. Тухайлбал, Liu et al. (2021) судалгаанд GIS-д суурилсан орон зайн анализ болон халалтын зураглал (heatmap)-ын аргаар хотын галын эрсдэлийг үнэлэхэд хүн амын нягтрал, дэд бүтцийн төвлөрөл, шатамхай материалын байршил нь эрсдэлийн тархалтыг тодорхойлох гол хүчин зүйлс болохыг тогтоосон. Мөн Malczewski (1999)-ийн GIS-д суурилсан олон шалгуурт шийдвэр гаргалтын (MCDA) онолын хүрээнд орон зайн шийдвэр гаргалтад олон төрлийн хүчин зүйлсийг жинлэн нэгтгэх нь эрсдэлийн үнэлгээг илүү бодитой болгодог болохыг онцолсон байдаг. Үүнээс гадна National Fire Protection Association (2021)-ийн судалгаа болон стандартууд нь шатамхай бодис хадгалах байгууламжууд хүн амын нягтрал өндөр бүсэд ойр байрлах нь гал түймрийн эрсдэлийг эрс нэмэгдүүлдэг болохыг тодорхойлсон. Эдгээр судалгаанууд нь манай судалгаанд тогтоогдсон хүн амын төвлөрөл, шатахууны агуулах, дэд бүтцийн кластерууд галын өндөр эрсдэлтэй бүсүүдтэй давхцаж буй үр дүнтэй нийцэж байна. Иймээс Улаанбаатар хотын хувьд галын эрсдэл нь зөвхөн физик орчны хүчин зүйлсээс гадна хотын орон зайн бүтэц, нийгэм-эдийн засгийн төвлөрөлтэй шууд уялдаатай болох нь олон улсын судалгааны чиг хандлагатай нийцэж байгааг харуулж байна.

Энэ судалгаанд Улаанбаатар хотын галын эрсдэлийг гео-орон зайн өгөгдөлд суурилсан олон шалгуурт шийдвэр гаргалтын (MCDA) аргаар үнэлж, эрсдэлийн тархалт, төвлөрлийн хэв шинжийг тодорхойлсон. Үр дүнг улсын хэмжээнд гал түймрийн эрсдэлийг үнэлсэн судалгаатай харьцуулан авч үзэхэд, галын эрсдэл нь зөвхөн орон зайн тархалтаас бус, хотын бүтэц, төлөвлөлтийн онцлогтой шууд уялдаатай болохыг харуулж байна.

Монгол Улсын хэмжээнд гал түймрийн эрсдэлийг нийгэм эдийн засгийн нэгдсэн индексээр үнэлсэн судалгаагаар Улаанбаатар хот нь өндөр эрсдэлтэй бүсэд хамаарч байгаа бөгөөд нийт гал түймрийн дуудлагын 80 орчим хувь, амь насны хохирлын 70-аас дээш хувь нь тус хотод төвлөрдөг болохыг тогтоосон (Батбаяр, 2019). Энэ нь манай судалгааны үр дүнтэй нийцэж байгаа бөгөөд галын эрсдэл хотын төвлөрөл, хүн амын нягтрал, эдийн засгийн идэвхжил өндөр бүсэд давамгайлж байгааг баталж байна.

“Улсын хэмжээнд гал түймрийн эрсдэлийн дүн шинжилгээг харьцуулах, урьдчилан сэргийлэх арга зам” улсын хэмжээний судалгаанд гал түймрийн эрсдэлийг нас баралт (Rr), гэмтэл (Rt), эдийн засгийн хохирол (Ru) гэсэн гурван үндсэн үзүүлэлтээр тооцож, стандартчилан нэгтгэсэн индекс гаргасан нь эрсдэлийг макро түвшинд үнэлэх боломжийг бүрдүүлсэн. Харин энэхүү судалгаанд галын эрсдэлийг илүү нарийвчилсан орон зайн (микро) түвшинд, хүн амын тархалт, шатахуун түгээх станц, агуулахын багтаамж, дэд бүтцийн төвлөрөл, хөрсний чийг зэрэг олон хүчин зүйлсийг нэгтгэн үнэлсэн нь арга зүйн хувьд давуу талтай юм. Өөрөөр хэлбэл, өмнөх судалгаа нь эрсдэлийн ерөнхий түвшинг тодорхойлсон бол бидний судалгаа нь эрсдэлийн орон зайн ялгааг илрүүлж, “халуун цэгүүд”-ийг тодорхойлсноороо ялгаатай юм.

Нөгөө талаас, судалгаанд хүүхдийн насны бүлгээр эрсдэлд өртөлтийг үнэлсэн нь нийгмийн эмзэг байдлыг тодорхойлоход чухал ач холбогдолтой болсон. Өндөр болон дунд эрсдэлтэй бүсэд хүүхдийн тодорхой хувь амьдарч байгаа нь галын эрсдэл нь зөвхөн физик орчны асуудал биш, харин нийгмийн хамгаалал, аюулгүй байдлын бодлоготой уялдах шаардлагатайг харуулж байна.

Энэхүү судалгаа нь Улаанбаатар хотын галын эрсдэлийн орон зайн тархалтыг шинжлэх ухааны үндэслэлтэй тодорхойлж, эрсдэлийн менежмент, хот төлөвлөлтийн бодлогод ашиглах боломжтой практик ач холбогдол бүхий үр дүн гаргасан гэж үзэж байна.

Дүгнэлт

Энэхүү судалгаагаар Улаанбаатар хотын галын эрсдэлийг олон эх үүсвэрийн статистик болон гео-орон зайн өгөгдлийг нэгтгэн, АНР-д суурилсан MCDA загварчлалын аргаар үнэлж, хотын хэмжээнд нэгдсэн галын эрсдэлийн бүсчлэлийн зураглалыг боловсрууллаа. Судалгаанд 2024 оны объектийн түймрийн мэдээлэл, хүн амын нягтрал, шатахуун түгээх станц болон агуулахын байршил ба багтаамж, цахилгааны дэд өртөө, хөрсний чийгийн индекс (NDMI) зэрэг зургаан үндсэн шалгуурыг ашиглаж, гексагон тесселяци нэгжид шилжүүлэн орон зайн нэгтгэсэн үнэлгээ хийсэн.

АНР эрэмбэлэлтийн үр дүнгээс харахад галын дуудлага (34%) болон хүн амын нягтрал (19%) нь галын эрсдэлийг тодорхойлох хамгийн өндөр ач холбогдолтой хүчин зүйлс болох нь тогтоогдсон. Харин шатахуун хадгалах агуулах (14%), шатахуун түгээх станц (8%), цахилгааны дэд өртөө (5%), хөрсний чийгийн индекс (4%) нь зайлшгүй харгалзан үзэх шаардлагатай нөлөөлөгч хүчин зүйлс гэж үнэлэгдсэн. Эрэмбэлэлтийн нийцлийн харьцаа $CR = 0.1\%$ гарсан нь жингийн тооцоолол найдвартай, дотоод зохицол өндөр байгааг илтгэж байна.

Нэгдсэн индексийн үр дүнд нийслэл хотын нутаг дэвсгэрийг галын аюултай, аюулын зэрэг дунд, аюул багатай гэсэн гурван бүсэд ангилж тогтоов. Галын аюултай бүс нь хотын төвийн нягтрал ихтэй коридорт төвлөрсөн бөгөөд нийт нутаг дэвсгэрийн 0.04%-ийг эзэлж байгаа ч нийт хүүхдийн 34% нь тус бүсэд амьдарч байгаа нь онцгой анхаарал шаардсан эмзэг нөхцөл байдлыг харуулж байна. Харин аюулын зэрэг дунд бүсэд нийт хүүхдийн 46.3% нь амьдарч байгаа нь эрсдэлийн менежментийг зөвхөн өндөр бүсэд бус, дунд эрсдэлтэй бүсэд ч стратегийн түвшинд авч үзэх шаардлагатайг илтгэнэ.

Хотын галын эрсдэлийг нотолгоонд суурилан орон зайн аргаар үнэлж, хүүхдийн аюулгүй байдал, хот төлөвлөлт, гамшгийн эрсдэлийн удирдлагад чиглэсэн шийдвэр гаргалтыг дэмжих шинжлэх ухааны суурь мэдээллийг бүрдүүлсэн ач холбогдолтой судалгаа боллоо.

Ном зүй

1. Азийн хөгжлийн банк (АХБ). (2019). *Улаанбаатар хотын хотын үйлчилгээ болон гэр хорооллын хөгжлийн хөрөнгө оруулалтын хөтөлбөр*. <https://www.adb.org>
2. Ашигт малтмал, газрын тосны газар. (2024). *Шатахууны хангамж, агуулахын статистик мэдээлэл*.

3. Баасантогтох, О. (2013). Улаанбаатар хот: төвлөрөл ба асуудал. *Proceedings of the Mongolian Academy of Sciences*, 51-60.
4. Батбаяр, Б. (2019). Улсын хэмжээнд гал түймрийн эрсдэлийн дүн шинжилгээг харьцуулах, урьдчилан сэргийлэх арга зам. *Дотоод хэргийн их сургууль*.
5. Доноров, Д., Ганпүрэв, Д., Алтанболд, Э., Төгс-Эрдэнэ, Э., Энх-Амгалан, Д., Даваадорж, Д., Жаргалсайхан, Б. (2021). Барилгын сүүдэрлэлт, нарны шууд тусгал, эрчим хүчний хэрэглээний харилцан хамаарал. *Geographical Issues*, 21(1), 59-75.
6. Объектод гарсан гал түймрийн бүртгэл, (2023). *Онцгой байдлын газар*
7. Үндэсний статистикийн хороо. (2023). *Хүн амын тоо* <https://www.1212.mn>
8. Цахилгаан дамжуулах үндэсний сүлжээ ТӨХК. (2024). *Цахилгаан дэд өртөөний байршил, тархалтын мэдээ*.
9. Ben-Joseph, E., & Gordon, D. (2000). Hexagonal planning in theory and practice. *Journal of Urban Design*, 5(3), 237-265.
10. Dorjsuren, B., Batsaikhan, N., Yan, D., Yadamjav, O., Chonokhuu, S., Enkhbold, A., Abiyu, A. (2021). Study on relationship of land cover changes and ecohydrological processes of the Tuul River Basin. *Sustainability*, 13(3), 1153.
11. ESRI. (2023). *ArcGIS Pro documentation*. <https://pro.arcgis.com>
12. European Parliament, & Council of the European Union. (2012). *Directive 2012/18/EU on the control of major-accident hazards involving dangerous substances (Seveso III Directive)*. <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2012/18/oj>
13. European Space Agency (ESA). (2021). *Sentinel-2 user handbook*. <https://sentinel.esa.int>
14. IPCC. (2021). *Climate change 2021: The physical science basis*. Cambridge University Press. <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/>
15. Krishnan, S. V., & Firoz, M. C. (2020). Regional urban environmental quality assessment and spatial analysis.
16. Liu, S. (2026). *Integrated assessment of environmental, infrastructural, and social risks for urban public safety*.
17. Liu, X., Zhang, Y., & Li, W. (2021). Urban fire risk assessment using GIS-based spatial analysis and heatmap techniques. *Sustainability*, 13(4), 1–15. <https://doi.org/10.3390/su13042000>
18. Malczewski, J. (1999). *GIS and multicriteria decision analysis*. John Wiley & Sons.
19. National Fire Protection Association (NFPA). (2021). *NFPA 30: Flammable and combustible liquids code*. <https://www.nfpa.org>
20. Nyam-Osor, N., Doriljav, S., Magsar, A., Sumiya, E., Bumtsend, T., Shaariibuu, G., Matsumoto, T. (2024). Estimation of Greenhouse Gas Emissions from Wastewater Treatment in Ulaanbaatar and a Potential Approach for Emission Reductions. In *EcoDesign for Sustainable Products, Services and Social Systems II* (pp. 127-141). Singapore: Springer Nature Singapore.
21. Saaty, T. L. (1980). *The analytic hierarchy process*. McGraw-Hill.
22. U.S. Geological Survey (USGS). (2020). *Landsat 8 data user handbook*. <https://www.usgs.gov/landsat>
23. United Nations Office for Disaster Risk Reduction (UNDRR). (2015). *Sendai framework for disaster risk reduction 2015–2030*. <https://www.undrr.org/publication/sendai-framework-disaster-risk-reduction-2015-2030>