

Classification of Morphogenetic Landform Types in the Western Region of Mongolia

Bayanjargal Bumtsend^{1,*}, Nyamkhuu Myanganbuu², Odbaatar Enkhjargal¹,
Narangarel Serd-Yanjiv³

¹*Division of Physical Geography, Institute of Geography and Geoecology, Mongolian Academy of Sciences, Ulaanbaatar, Mongolia*

²*Division of Cartography and Geographic Information System, Institute of Geography and Geoecology, Mongolian Academy of Sciences, Ulaanbaatar, Mongolia*

³*Division of Environmental and Natural Resource Management, Institute of Geography and Geoecology, Mongolian Academy of Sciences, Ulaanbaatar, Mongolia*

*Corresponding author email and ORCID: bayanjargalb@mas.ac.mn, <https://orcid.org/0000-0001-5683-8070>

Received: 09 Jul 2025 / Accepted: 16 Oct 2025 / Published online: 19 December 2025

ABSTRACT

The primary objective of this study is to develop a geomorphological map of the western region of Mongolia. To achieve this, a methodological framework was established that integrates morphometric classification derived from digital elevation models (DEMs), high-resolution satellite imagery, large-scale topographic maps, and field-based measurements and descriptions. Based on this combined approach, morphogenetic landform types were systematically identified, classified, and mapped. Morphometric parameters such as dissection density, dissection depth, absolute and relative elevation, Topographic Position Index (TPI), and geomorphon classification were derived from the digital elevation model (DEM) to develop the primary morphometric classification serving as the fundamental basis for the geomorphological mapping. Subsequently, based on high-resolution satellite imagery, topographic maps, and field survey measurements and descriptions, the spatial distribution and boundaries of ongoing surface processes were precisely delineated. Based on the results of the geomorphological mapping, four main groups with distinct morphological structures and morphogenetic origins have been identified across the western region of Mongolia: tectonic-denudation, denudation-accumulation, volcanic, and accumulation. In total, 18 types and 66 subtypes were distinguished. In terms of areal extent, surfaces characterized by tectonic-denudational features cover 42.7% of the total territory, denudation-accumulation cover 22.9%, volcanic represent 0.1%, and accumulation occupy 34.3%. The novelty of this study lies in the detailed classification of morphometric types integrated with satellite imagery, large-scale topographic maps, and field measurements and descriptions, resulting in the development of an optimized mapping methodology for morphogenetic landforms at the regional scale.

Keywords: *Geomorphological mapping, Morphogenetic landform types, Morphometric classification, Mongolia, Western region.*

Монгол орны баруун бүсийн морфогенетик хэв шинжийн ангилал

Баянжаргал Бумцэнд^{1,*}, Нямхүү Мянганбуу², Одбаатар Энхжаргал¹,
Нарангэрэл Сэрд-Янжив³

¹Физик газарзүйн салбар, Газарзүй, геоэкологийн хүрээлэн, Шинжлэх Ухааны Академи, Улаанбаатар, Монгол

²Газарзүйн мэдээллийн систем, зурагзүйн салбар, Газарзүй, геоэкологийн хүрээлэн, Шинжлэх Ухааны Академи, Улаанбаатар, Монгол

³Хүрээлэн буй орчин, байгалийн нөөцийн менежментийн салбар, Газарзүй, геоэкологийн хүрээлэн, Шинжлэх Ухааны Академи, Улаанбаатар, Монгол

*Холбоо барих зохиогчийн цахим хаяг, ORCID: bayanjarqalb@mas.ac.mn, <https://orcid.org/0000-0001-5683-8070>

Хүлээн авсан: 2025 оны 07 сарын 09 өдөр / Зөвшөөрөгдсөн: 2025 оны 10 сарын 16 өдөр / Нийтлэгдсэн: 2025 оны 12 сарын 19 өдөр

ХУРААНГУЙ

Энэхүү судалгааны ажлын зорилго нь Монгол орны баруун бүсийн геоморфологийн зураглалыг боловсруулахад оршино. Үүний хүрээнд гадаргын тоон загварт тулгуурласан морфометрийн ангилал, өндөр нарийвчлалтай сансрын зураг, том масштабын байр зүйн зураг болон хээрийн судалгааны хэмжилт, бичиглэлд үндэслэн морфогенетик хэв шинжийг ангилж, зураглах аргачлалыг боловсруулсан болно. Гадаргын тоон загвараас гадаргын хэрчигдлийн шигүү, хэрчигдлийн гүн, үнэмлэхүй болон харьцангуй өндөр, Гадаргын байршлын индекс (TPI), геоморфон ангилал зэрэг үндсэн морфометрийн үзүүлэлтүүдийг боловсруулж, геоморфологийн зургийн анхдагч суурь болох морфометрийн ангиллыг гаргасан. Үүний дараа өндөр нарийвчлалтай сансрын зураг, байр зүйн зураг болон хээрийн судалгааны хэмжилт, бичиглэлд тулгуурлан газрын гадарга дээрх үйл явцын тархалт, хил хязгаарыг нарийвчлан зурагласан. Геоморфологийн зураглалын үр дүнгээс харахад Монгол орны баруун бүсийн хэмжээнд морфологийн бүтэц болон гарал үүслийн хувьд ялгаатай тектоник-элэгдлийн, элэгдэл-хуримтлалын, галт уулын, хуримтлалын гэсэн дөрвөн бүлэг, нийт 18 хэв шинж, 66 дэд хэв шинжийг ялган тогтоосон. Эдгээрийн эзлэх талбайн хувьд тектоник-элэгдлийн хэв шинж бүхий гадарга нь нийт нутаг дэвсгэрийн 42.7%-ийг, элэгдэл-хуримтлалын хэв шинж бүхий гадарга 22.9%-ийг, галт уулын хэв шинж бүхий гадарга 0.1%-ийг, хуримтлалын хэв шинж бүхий гадарга 34.3%-ийг тус тус эзэлж байна. Энэхүү судалгааны шинэлэг тал нь морфометрийн ангиллыг сансрын зураг, том масштабын байр зүйн зураг, хээрийн судалгааны хэмжилт, бичиглэлтэй хослуулж морфогенетик хэв шинжийг нарийвчлан ангилж, бүс нутгийн хэмжээнд оновчтой зураглал хийх аргачлалыг боловсруулснаараа онцлог юм.

Түлхүүр үгс: Геоморфологийн зураглал, Морфогенетик хэв шинж, Морфометрийн ангилал, Монгол орон, Баруун бүс.

1. ОРШИЛ

Геоморфологийн судалгаа нь газрын гадаргын гарал үүсэл болон гадарга дээр явагдаж буй үйл

явцуудыг судалдаг бөгөөд эдгээр үйл явцыг ангилан зураглах нь тухайн газрын онцлогийг ойлгох, танин мэдэхэд чухал үүрэгтэй юм [1], [2]. Монгол орны хэмжээнд төдийгүй бүс нутгийн

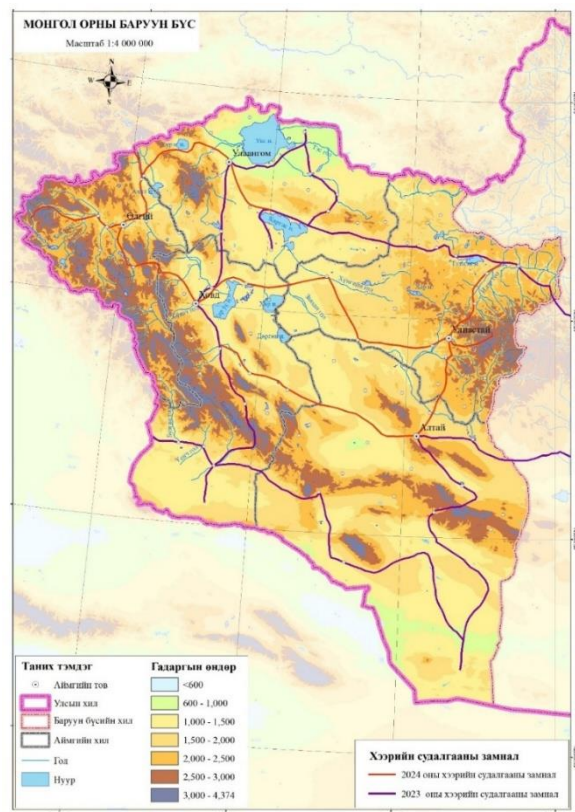
түвшинд дунд болон том масштабын геоморфологийн зураглал, судалгааны ажил харьцангуй хомс байгаа нь анхаарал хандуулах шаардлагатай асуудлын нэг болж байна. Иймээс бид Монгол орны баруун бүсийн хэмжээнд морфометрийн ангилалд тулгуурлан, өндөр нарийвчлалтай сансрын зураг, том масштабын байр зүйн зураг болон хээрийн судалгааны хэмжилт, бичиглэлд үндэслэн морфогенетик хэв шинжийн ангилал бүхий 1:500000 масштабын геоморфологийн зураг боловсруулахыг зорьсон болно.

Монгол орныг бүхэлд нь хамарсан геоморфологийн зураг анх НИЛ "Зарубежгеология" нэгтгэлээс 1:2500000 масштабын зурагтайгаар зохиогдож байв [3]. Үүний дараа 1987 онд 1:1500000 масштабын геоморфологийн зураг [4] (эрдэм шинжилгээний редактор: Н.А. Флоренсов, С.С. Коржув), 1990 онд 1:3000000 масштабын геоморфологийн зураг [5] (зохиогчид: С.С. Коржув, Ж. Нацаг), 2009 онд 1:5000000 масштабын геоморфологийн зураг [6] (зохиогч: Д. Доржготов) тус тус боловсруулагдан хэвлэгдсэн байна. Мөн дээрх хэвлэгдсэн бүтээлүүдээс гадна дотоодын төсөл, хөтөлбөрүүдийн хүрээнд 1:500000 болон 1:1000000 масштаб бүхий Монгол орны геоморфологийн зургууд зохиогдсон байдаг. Эдгээрээс 1987 онд хэвлэгдсэн 1:1500000 масштабын геоморфологийн зураг нь Монгол орныг хамарсан хамгийн нарийвчлал сайтай бөгөөд өнөөг хүртэл судалгааны өндөр ач холбогдол бүхий бүтээлд тооцогддог.

Энэхүү зураг нь 1966 - 1992 оны хооронд ЗХУ-ын ШУА болон БНМАУ-ын ШУА-ийн (тухайн үеийн нэршлээр) хооронд байгуулсан Зөвлөлт Монголын хамтарсан геологийн эрдэм шинжилгээ, судалгааны экспедицийн хүрээнд боловсруулагдаж, 1987 онд нэгтгэгдэн хэвлэгдсэн юм. Тус зурагт Монгол Алтайн нуруу орчмын нутгийг С.Д. Хилько, Р.А. Курушин; Говь-Алтайн нуруу болон Алтайн өвөр говийн хэсгийг Д.А. Тимофеев; Их нууруудын хотгорыг В.Э. Мурзаев; Нууруудын хөндийн дагуу орших газар нутгийг Ю.М. Клейнер, М.Е. Левинто; Баруун хуурайн хотгорын бүс нутгийг С.С. Коржув нар тус тус зурагласан байдаг.

Монгол орны баруун бүс нь засаг захиргааны нэгжийн хувьд Говь-Алтай, Ховд, Баян-Өлгий, Увс, Завхан гэсэн 5 аймгийн нийт 41 575 946.0 га талбай хамрах бөгөөд энэ нь Монгол улсын нийт нутаг дэвсгэрийн 26.38%-ийг эзэлнэ [7]. Тус бүс нутагт Монгол орны баруун бүсийн төдийгүй Монгол орны томоохон уулзүйн системийн нэг

болох Алтайн нуруу, Хангайн нурууны баруун хойд хэсэг, Их нууруудын хотгор, Нууруудын хөндий, Алтайн өвөр говь зэрэг гадаргын тогтоцын хувьд өөр хоорондоо ихээхэн ялгаатай онцлог бүс нутаг юм. Тус судалгаанд газрын гадрагын морфогенетик хэв шинжийг ангилахдаа морфометрийн ангиллыг уламжлалт судалгааны аргуудтай уялдуулан дунд масштабын геоморфологийн зургийг боловсруулсан нь морфогенетик хэв шинжийг илүү нарийвчлалтай, системтэйгээр ангилах боломжийг бүрдүүлсэн. Судалгааны үр дүн нь газар зохион байгуулалт, газрын менежмент, хүний үйл ажиллагааны нөлөөллийн үнэлгээ, уул уурхай, дэд бүтэц болон инженерийн чиглэлийн бүс нутгийн төлөвлөлтөд суурь мэдээлэл болохын сацуу байгалийн болон соёлын өвийн үнэ цэнийг үнэлэх, газрын гадаргын тогтвортой байдал болон байгалийн эрсдэлийг үнэлэх зэрэг чухал ач холбогдолтой юм.



Зураг 1. Судалгааны талбай

2. СУДАЛГААНЫ АРГАЗҮЙ

Судалгааны ажлыг суурин судалгаа, хээрийн судалгаа, өгөгдөл боловсруулах гэсэн дараах гурван үндсэн үе шаттайгаар хийж гүйцэтгэлээ.

Энэхүү шатанд судалгааны бүс нутгийн морфометрийн үндсэн индексүүд болох гадаргын өндөршил, хэвгий, хэрчигдлийн шигүү, хэрчигдлийн гүн, байршлын индекс, геоморфоны ангиллыг тооцож, тухайн бүс нутгийн морфометрийн ангиллыг нэгтгэн боловсруулсан. Дараа нь геоморфологийн бичиглэл, хөрс, ургамал, усзүй, уур амьсгалын холбогдолтой өмнөх судалгааны бүтээлүүд, байр зүйн зураг, агаар ба сансрын зураг, төрөл бүрийн сэдэвчилсэн зураг болон хиймэл дагуулын мэдээлэлд боловсруулалт хийсэн. Эдгээр эх сурвалжийг ашиглан, тодорхой цэгүүдийг сонгож сансрын зураг дээр урьдчилсан тайлал хийж, хотгор гүдгэрийн хэлбэр, хэв шинж, орчин үеийн геоморфологийн үйл явцыг харуулсан урьдчилсан зураглалыг боловсруулсан.

Хээрийн судалгааны үе шат: Хээрийн судалгааг 2023-2024 онд бүс нутгийн хэмжээнд явуулсан бөгөөд анхдагч байдлаар зохиогдсон зургийн хэв шинж, хил заагийн таарцыг шалгах зорилгоор 150 цэгт хээрийн бичиглэл болон маршрутын судалгааг явуулсан.

Боловсруулалтын үе шат: Суурин болон хээрийн судалгааны үе шатуудад бүрдүүлсэн мэдээ материалуудад дүн шинжилгээ хийж, геоморфологийн хэв шинжүүдийг нарийвчлан ангилж, 1:500 000 масштабын геоморфологийн зургийг боловсруулсан. Зургийн масштабын боломжит нарийвчлалаас хамаарч дүрслэгдэх боломжгүй ч геоморфологийн хувьд ач холбогдол бүхий үйл явц, гадаргын хэлбэрүүдийг цэг, зураасан тэмдэгтээр оруулсан.

Хүснэгт 1. Геоморфологийн зургийн арга зүй, боловсруулалт

Арга, аргачлал	Ашигласан мэдээ, материалууд	ГМС-д суурилсан суурин боловсруулалт	Бүтээгдэхүүн
Зурагзүйн дүн шинжилгээ Геоморфологийн зургийн суурь	Растер мэдээ - Байр зүйн зураг - Геоморфологийн суурь - Геологийн суурь - Гадаргын тоон загвар	Растер мэдээ болон SRTM-ийн зургийг UTM-WGS84, zone 47N тусгагт хөрвүүлж орон зайн шийд нь 90х90 метрт шилжүүлэх	Геоморфологи -ийн зурагт шаардагдах ерөнхий суурь мэдээ бүрдүүлэх <i>Геоморфологийн зургийн анги, гарал үүслийн бүлэг тодорхойлох</i>
	Вектор мэдээ - Өндрийн тоот - Булаг шанд - Гол, нуур гэх мэт	Геоморфологийн зурагт орох шаардлагатай зурагзүйн ерөнхий элементүүдийг оруулах	
Морфометрийн дүн шинжилгээ	Гадаргын өндөр Гадаргын хэвгий Хэрчигдлийн шигүү Хэрчигдлийн гүн Гадаргын байршлын индекс Геоморфон ангилал	Гадаргын хэлбэрүүдийг ангилан ГМС-д суурилсан олон шалгуурт шийдвэр гаргалтын (MCDA) аргыг шаталсан дүн шинжилгээний (АНР) аргатай хослуулан ангилах	Морфометр-ийн ангилал <i>Хэв шинжийн ангилал хийх</i>
Морфограф-ийн дүн шинжилгээ	Landsat imagery Google map, Bing map г.м агаар сансрын мэдээ	ГМС-д [Geodatabase] мэдээллийн сан үүсгэн тоон мэдээлэлд хөрвүүлэн	Морфографийн мэдээг зөв дүрслэх <i>Дэд хэв шинжийн ангилал хийх</i>
Газрын гадаргын бусад үйл явцуудын дүн шинжилгээ	<i>Ус зүйн мэдээлэл</i>	Литологи, градиент, насыг тодорхойлоход ихэвчлэн зурааст тэмдэг ашигладаг бол дүрст тэмдгээр үйл явцын хэлбэр болон материалын зөөгдөл, чиглэл зэрэг бусад геоморфологийн шинж чанаруудыг тэмдэглэнэ. Мөн стрүктүр болон морфологийн тасалдалыг тоймлон харуулахад ашиглана	Масштабын хувьд орох боломжгүй боловч үйл явцын хувьд зайлшгүй илэрхийлэгдэх шаардлагатай жалга, нарийн хөндий, галт уулын өрх тогоо, хунх, чулуун асгарага зэрэг
	<i>Литологийн мэдээлэл</i>		
	<i>Структурын мэдээлэл</i>		
	<i>Нас (морфохронологи)-ийн мэдээлэл</i>		
	<i>Гарал үүсэл, гадарга дээрх үйл явцын мэдээлэл</i>		

Эцсийн үр дүн	Геоморфологийн судалгаанд шаардлагатай ерөнхий суурь мэдээлэл	Морфогенетик шинжийг бүрэн илтгэхүйц мэдээллийн сан (GeoDataBase) үүснэ	Дунд масштабын геоморфологийн зураг, 1:500 000
---------------	---	---	--

3. СУДАЛГААНЫ ҮР ДҮН, ХЭЛЭЛЦҮҮЛЭГ

Газрын гадаргын морфогенетик хэв шинж гэдэг нь гарал үүслээрээ ижил төстэй тодорхой орон зайд давтагдах зүй тогтолтой гадаргын хэлбэрүүдийн хослолыг хэлнэ. Өөрөөр хэлбэл газрын гадаргын морфогенетик хэв шинжийг тогтооно гэдэг нь тухайн газрын гадарга бүрэлдэн тогтоход дэлхийн царцдасын гадаад, дотоод хүчний аль нь гол нөлөөтэй, эсвэл хавсарсан үйлдлээр үйлчилснийг тогтоохын дээр морфологи шинж байдлаараа ямар ямар онцлогтойг илрүүлнэ гэсэн үг юм. Аливаа зураглалын ажил нь аль болох субъектив байдлыг бууруулахын тулд зохиогдсон байдаг бөгөөд тухайн зургийг хэрэглэгч болон уншигчид нь өөрийн дүгнэлтэд үндэслэн зургийн өгөгдлийг харах боломжийг олгодог байх нь чухал [8], [9].

Геоморфологийн зурагт дараах мэдээллүүд агуулагдах бөгөөд үүнд: геоморфологийн зургийн суурь мэдээлэл, морфометр ба морфографийн мэдээлэл, ус зүйн мэдээлэл, литологийн мэдээлэл, газрын гадаргын бүтэц (морфоструктур)-ийн мэдээлэл, гадаргын нас (морфохронологи)-ны мэдээлэл, гарал үүсэл (морфогенетик)-ийн мэдээлэл, гадарга дээрх үйл явц (морфо-эволюци)-ийн зэрэг мэдээллүүдийг агуулна [10].

Геоморфологийн зургийн суурь: Нэг талбарт бүх мэдээг багтаахын тулд өнгө, цэг, зураас, үсэг, тоог дангаар нь болон хольж хэрэглэдэг. Зураасаар ихэвчлэн литологи, градиент, насыг тодорхойлох, стрүктүр болон морфологийн тасалдлыг тоймлон харуулдаг бол цэгээр үйл явцын хэлбэр болон материалын зөөгдөл, чиглэл зэргийг дүрсэлнэ.

Морфометр ба морфографийн мэдээлэл: Морфометр нь гадаргын хэлбэр төрхийг бодитоор дүрслэх бол морфограф нь түүн дээр явагдах үйл явцыг тодорхойлно. Ус зүйн мэдээлэл: Ус бол ландшафтын хөгжил, өөрчлөлтөд чухал үүрэг гүйцэтгэдэг бөгөөд ихэнх зурагт ус зүйн мэдээг тусгадаг.

Структурын мэдээлэл: Геологийн структур гадаргын хөгжилд хамааралтай учраас геоморфологийн зурагт оруулж ирсэн. Зарим улс оронд /хагарал, агираа, унал сунал/ шугаман

хэлбэрээр хар өнгөөр илэрхийлдэг бол хагарлыг ихэвчлэн улаан өнгөөр дүрсэлж иржээ [10].

Нас (морфохронологи)-ийн мэдээлэл: Гадаргын хэлбэрийн хөгжил болон тухайн гадаргын түүхийн үечлэлийг зураглахад нас бол чухал ач холбогдолтой юм. Тогтвортой хөгжиж буй гадаргын хэлбэр, өндөр идэвхжил бүхий гадаргын хэлбэр хоёрын хувьд тэдгээрийн ялгаа, үйл явцын давтамж, давамгайлж буй үйл явцуудын идэвхжилт зэргийг тогтооход морфохронологийн мэдээлэл маш чухал юм.

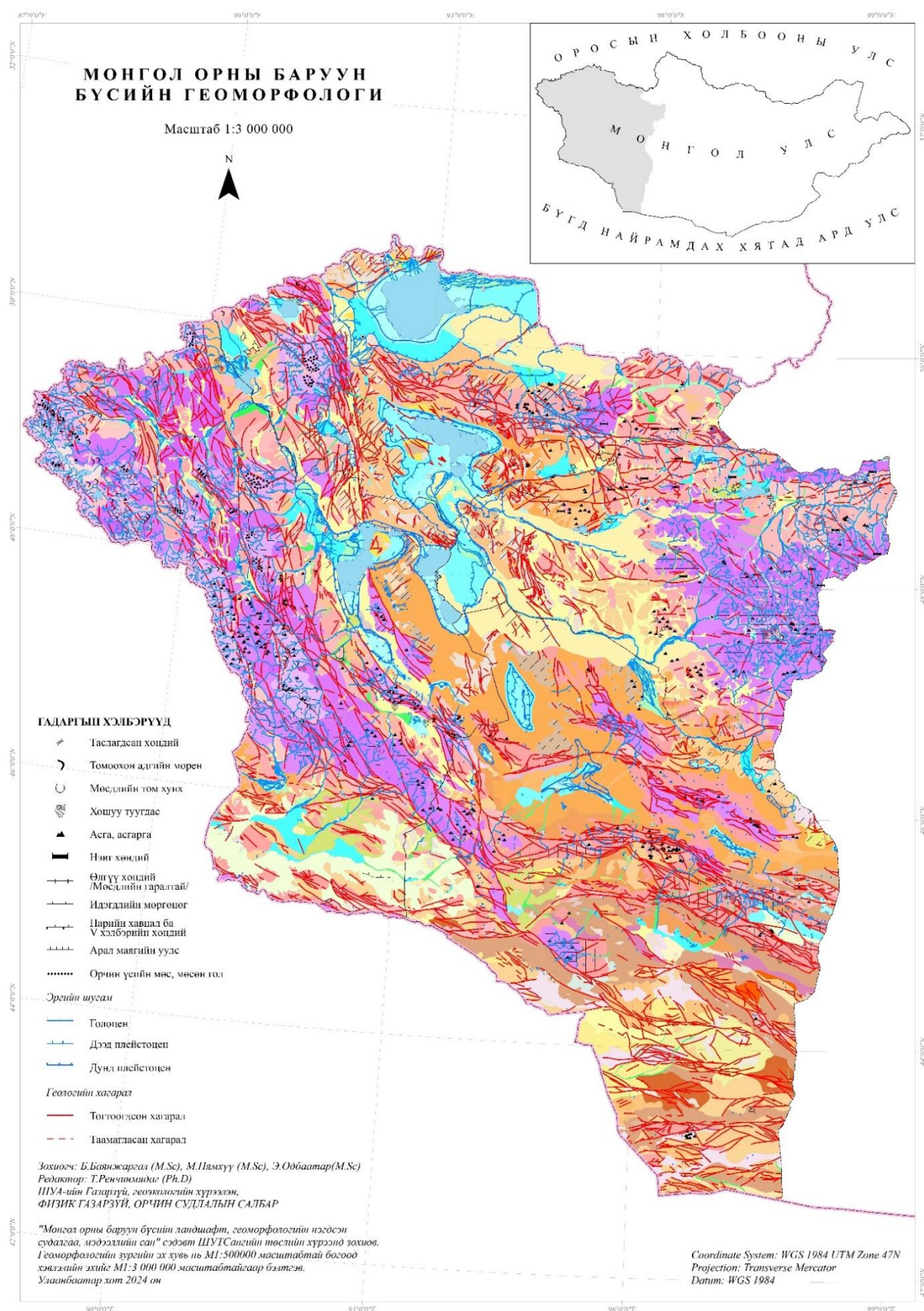
Гарал үүсэл, гадарга дээрх үйл явцын мэдээлэл: Ихэнх гадаргын хэлбэрүүд тодорхой үйл явцын үр дүнд үүсэх бөгөөд тухайн үйл явцыг ялган харуулах, үйл явцыг харуулах өнгөний шатлалыг ашигладаг. Эндоген процесс (тектоник ба галт уулын үйл явц)-ыг улаан, хүндийн хүчний үйл явцыг бор, өгөршлийн үйл явцыг улбар шар, урсгал усны үйл явцыг ногоон, мөстлөгийн үйл явцыг ягаан, салхины үйл явцыг шар, антропоген гаралтай гадаргын хэлбэрийг хар өнгөөр ялгахар тогтсон байдаг [10].

Монгол орны баруун бүсэд явуулсан геоморфологийн зураглалын судалгааны үр дүнд газрын гадаргын гарал үүсэл, морфологи бүтцээр нь тектоник-элэгдлийн, элэгдэл-хуримтлалын, галт уулын, хуримтлалын гэсэн 4 бүлэг, 18 хэв шинж, 66 дэд хэв шинж бүхий морфогенетик хэв шинжид тулгаарласан 1:500 000 масштаб бүхий геоморфологийн зургийг боловсрууллаа. Судалгааны үр дүнг эзлэх талбайгаар нь авч үзвэл тектоник-элэгдлийн хэв шинжит гадарга нийт нутаг дэвсгэрийн 42.7%-ийг, элэгдэл-хуримтлалын хэв шинжит гадарга 22.9%-ийг, галт уулын хэв шинжит гадарга 0.1%-ийг, хуримтлалын хэв шинжит гадарга 34.3%-ийг тус тус эзэлж байна. Дээр дурдсанчлан 66 өнгөний шатлал бүхий таних тэмдэгийг суурь болгон ашигласнаас гадна масштабын хувьд зурагдах боломжгүй хэдий ч үйл явцын хувьд зайлшгүй илэрхийлэгдэх шаардлагатай гадаргын хэлбэрүүдийг 22 тусгай тэмдэгт ашигласан. Өнгөний шатлал болон тусгай тэмдэгтүүдийн сонголтыг олон улсад нийтлэг баримталдаг эндоген процессыг улаанаар, флювиал процессыг ногоон, салхин гарлын хэлбэрийг шар, антропоген хүчин зүйлийн дүнд үүссэн гадаргын хэлбэрийг хар өнгөөр [8]-[10] тэмдэглэдэг уламжлалын дагуу гарал үүслийн хэв

шинж, дэд хэв шинжүүдийг өнгөний шатлалаар зурагт үзүүллээ.

Бид судалгааны үнэмшлээ нэмэгдүүлэхийн тулд 150 цэгт хээрийн судалгааны бичиглэл хийж

зургийн таарц, хил заагийг засварласнаас гадна Монгол орны хэмжээнд хийгдсэн хамгийн нарийвчлал сайтай, шинжлэх ухааны ач холбогдол өндтөйд тооцогддог 1987 онд зохиогдсон 1:1500 000 масштаб бүхий БНМАУ-



I. ТЕКТОНИК-ЭЛЭГДЛИЙН ХЭВ ШИНЖИТ ХОТГОР ГҮДГЭР

Эртний мөсдлийн үйлчлэлээр хэлбэржин тогтсон гадаргатай, орчин үеийн үйл явц эрчимтэй илэрсэн, их хэрчигдэлтэй ондор уул

- 1 Их хэрчигдэлтэй альпийн хэв шинжит өндөр уул
- 2 Их хэрчигдэлтэй, шовхдуу оройтой өндөр уул
- 3 Эртний мөсдлийн үйлчлэлээр хэлбэржин тогтсон нуур, намаг бүхий хавтгай оройтой их хэрчигдэлтэй ондор уул
- Тэгшрэлийн гадарга бүхий орчин үеийн үйл явц сулавтар илэрсэн хэрчигдэлтэй дундаж ондор уул
- 7 Эртний мөсдлийн үйлчлэлээр хэлбэржин тогтсон гадарга бүхий эгц хажуутай их хэрчигдэлтэй дундаж өндөр уул
- 8 Ихээхэн хэрчигдсэн, хавтгай, бөмбөгөрдүү оройтой, эгц хажуутай дундаж өндөр уул
- 9 Дунд зэрэг хэрчигдсэн, эгцдүү хажуутай дундаж өндөр уул
- 10 Дунд зэрэг хэрчигдсэн, эгцдүү хажуутай форберг бүхий дундаж ондор уул
- Тэгшрэлийн гадарга бүхий орчин үеийн оргогдол сулавтар илэрсэн хэрчигдэлтэй нам уул
- 11 Их хэрчигдсэн, эгц хажуутай нам уул

Эртний тэгшрэлийн гадаргатай уулын дэнжүүд бүхий орчин үеийн оргогдол эрчимтэй илэрсэн хэрчигдэлтэй ондор уул

- 4 Эртний мөсдлийн үйлчлэлээр үүссэн тэгшивтэр гадарга бүхий эгц хажуутай, их хэрчигдэлтэй өндөр уул
- 5 Эртний мөсдлийн үйлчлэлээр үүссэн гадарга бүхий эгцдүү хажуутай, дунд зэрэг хэрчигдэлтэй ондор уул
- 6 Эгцдүү хажуутай, форберг бүхий дунд зэрэг хэрчигдэлтэй өндөр уул
- 12 Хурц ирмэлзсэн орой хяртай, эгц хажуутай, их хэрчигдэлтэй нам уул
- 13 Дунд зэрэг хэрчигдсэн эгцдүү хажуутай нам уул
- 14 Сулавтар болон сул хэрчигдсэн эгцдүү хажуутай, форберг бүхий мөнгөрдүү орой хяртай хуурайшмал нам уул
- 15 Үнз бүрийн налуу хажуутай, форберг бүхий зоолсон (бэсрэг уул), хэт хуурайшмал нам уул
- Форберг (бэлийн хяр ба нуруу)
- 16 Дундаж өндөр
- 17 Нам

II. ЭЛЭГДЭЛ-ХУРИМТЛАЛЫН ХЭВ ШИНЖИТ ХОТГОР ГҮДГЭР

- | | | | | |
|---|--|---|---|--|
| Ул чулуулаг дээрх элэгдлийн суурь тал | 26 | Сул хэрчигдэлтэй, тэгшивтэр элэгдлийн тал | 35 | Сул хэрчигдсэн үлдмэл дундаж өндөр уул |
| 18 Ухаа-гүвээт элэгдлийн суурь тал | 27 | Хэрчигдэлтэй, ухаа-гүвээт элэгдлийн хэвгий тал | 36 | Ихээхэн хэрчигдсэн үлдмэл нам уул |
| 19 Зоолсон гүвээт | 28 | Сул хэрчигдэлтэй, пролювийн нимгэн хучааст долгиот элэгдлийн хэвгий тал | 37 | Дунд зэргийн хэрчигдэлтэй хяриасан үлдмэл нам уул |
| 20 Пулгачаа - гүвээт элэгдлийн суурь тал | 29 | Аллови-пролювийн нимгэн хучааст гүвээт | 38 | Сул хэрчигдэлтэй хяриасан үлдмэл нам уул |
| 21 Гүвээ-толгодот элэгдлийн суурь тал | 30 | Их хэрчигдэлтэй дэл, толгодот | 39 | Үлдмэл уулс (цул, шулуун-зоолог) |
| 22 Ухаат элэгдлийн суурь тал | Эгцдүү хажуутай элэгдэлээр тэгшвэсэн бэл | 40 | Жижиг толгод | |
| 23 Элэгдлийн суурь тэгш тал | 31 | Пролювийн зузаан хучааст эртний бэл | 41 | Жижиг зоолсон толгодлог |
| 24 Долгиот элэгдлийн суурь тал | 32 | Пролювийн нимгэн хучааст бэл | 42 | Бэлийн жижиг толгод |
| Дунд ба шингэ тормолийн эртний сүл барьцалдсан чулуулаг дээрх элэгдлийн давхаргат тал | 33 | Ихээхэн хэрчигдсэн бэл | Цав толгод | |
| 25 Ухаат бүхий элэгдлийн давхаргат тал | Ялимгүй сэрвэж хэлбэрсэн, нэн хуурайшмал, тэгшрэлийн гадарга бүхий үлдмэл уул (хяр, зоо) | 43 | Уулсын хаяа болон хотгоруудын захав орших сэрвэг ба сул барьцалдсан чулуулаг бүхий цав толгод | |
| Элэгдлийн хэвгий тал | 34 | Ихээхэн хэрчигдсэн үлдмэл дундаж ондор уулс | 44 | Сэрвэг болон сул барьцалдсан чулуулаг бүхий цав толгод |

III. ГАЛТ УУЛЫН ХЭВ ШИНЖИТ ХОТГОР ГҮДГЭР

- | | | | | |
|---|----------------------|---------------------------|--|---|
| Баяхмал бээлцэг | Хосолмол хурдаст тал | 62 | Деллови-пролювийн тал | |
| 45 Хярын | 56 | Пролювийн тал | Мөсөн голын үйлдэлээр үүссэн тал | |
| 46 Хөндийн | 57 | Хожуу үеийн пролювийн тал | 63 | Морены ангилагаагүй бүрдлүүдтэй мөсдлийн ба ус-мөсдлийн |
| IV. ХУРИМТЛАЛЫН ХЭВ ШИНЖИТ ХОТГОР ГҮДГЭР | 58 | Эртний пролювийн тал | 64 | Мөсдөл, ус-мөсдлийн бүрдлүүдтэй хөндий |
| Алловийн хурдаст тал | 59 | Нуур-алловийн тал | Салхины үйлдэлээр үүссэн элсэн хуримтлал бүхий тал | |
| 47 Голын татам бүхий алловийн тал | 60 | Пуур-пролювийн тал | 65 | Салхины үйлдэлээр үүссэн элсэн хуримтлал бүхий тал |
| 48 Голын татам ба ангилагаагүй татмын нам дэнж бүхий алловийн тал | 61 | Аллови-пролювийн тал | 66 | Жижиг толгод, сэрвэг бүхий сулавтар хэрчигдэлтэй илэгдлээр үүссэн тал |
| 49 Дунд зэргийн ондорлог дэнж бүхий алловийн тал | | | | |
| 50 Орчин үеийн татам, сайрын хөндий ба ёроол (Гүр зуурын урсгалтай голын хөндий) | | | | |
| 51 Татмын дээрх дэнжтэй хосолсон алловийн тал | | | | |
| Пуурын хурдаст тал | | | | |
| 52 Тод илэрсэн эргийн далан, эвдрэлийн хөмөг хошуу бүхий пуурын хаялга ба нам дэнж бүхий пуурын хурдаст тал | | | | |
| 53 Нуурын хэв төрх нь сайн хадгалагдаж үлдсэн хэрчигдэлгүй дэнж бүхий нуурын хурдаст тал | | | | |
| 54 Сул ба сулавтар хэрчигдэлтэй хэвгий пуурын хурдаст тал | | | | |
| 55 Ширгээг нуурын ёроолын ба хужир марзат нуурын хурдаст тал | | | | |

ТЭГШРЭЛИЙН ГАДАРГА

- Тэгш гадаргуу (уулын тагийн)
- Налуу хажуутай, сул хэрчигдсэн
- Налуувар хажуутай, хүчтэй ба дунд зэрэг хэрчигдсэн
- Палуу, сул хэрчигдэлтэй (недмент)
- Сулавтар хэрчигдэлтэй, бага зэрэг оргогдсон
- Жижиг толгодлог гадаргуу

Зураг 2. Монгол орны баруун бүсийн геоморфологи

-ын геоморфологийн зургийг суурь болгон ашигласан. Тус зураг нь мөн адил морфогенетик зурчим дээр суурилж зохиогдсон бөгөөд нийт гарал үүслийн дөрвөн бүлэг, 14 хэв шинж, 70 дэд хэв шинжийг ялган өнгөний шатлалт таних тэмдэгийг суурь болгон ашигласан байна. Мөн үйл явцын хувьд зайлшгүй дүрслэгдэх шаардлагатай гадаргын хэлбэрүүдийг 41 тусгай тэмдэгт оруулан зурагласан байна.

Дээрх зурагтай харьцуулан үзвэл бидний судалгааны үр дүнд зохиогдсон баруун бүсийн геоморфологийн зураг нь масштабын хувьд нарийвчлагдахын хэрээр газрын гадаргын хэв шинжийн ангилалын хил заагийг илүү нарийн гаргаж, хэв шинж, дэд хэв шинжийн ангилал илүү нарийвчлал сайтай болсон гэж дүгнэж байна. Суурь болгон ашигласан 1987 онд зохиогдсон 1:1500000 масштабтай геоморфологийн зураг нь Монгол орны хэмжээнд нийт дөрвөн бүлэг, 14 хэв шинж, 70 дэд хэв шинж, 41 тусгай тэмдэгтийг ялгасан байхад бидний судалгааны үр дүнд зохиогдсон 1:500000 масштабтай геоморфологийн зураг нь зөвхөн баруун бүсийн хэмжээнд 18 хэв шинж, 66 дэд хэв шинж, 22 тусгай тэмдэгтийг ялган зурагласан байна.

4. ДҮГНЭЛТ

Монгол орны баруун бүсэд тархсан гадаргыг гарал үүсэл, морфологи бүтцээр нь тектоник-элэгдлийн, элэгдэл-хуримтлалын, галт уулын, хуримтлалын гэсэн 4 бүлэг, 18 хэв шинж, 66 дэд хэв шинжид ангилан хэв шинж тус бүрийг хотгор гүдгэрийн төрлөөр нь ялган тодорхойллоо. Геоморфологийн зургаас харахад тектоник-элэгдлийн хэв шинжит гадарга 18033498.5 га, элэгдэл-хуримтлалын хэв шинж бүхий гадарга 9688044.1 га галт уулын хэв шинжит гадарга 33044.6 га, хуримтлалын хэв шинжит гадарга 14493392.1 га талбайд тус тус тархжээ.

Геоморфологийн зургийг боловсруулахдаа боломжит морфометрийн индексүүдийг тооцож нэгдсэн морфометрийн ангилалыг гаргаж түүн дээрээ үндэслэн дэд хэв шинжүүдийн ангилалыг боловсруулсан нь уламжлалт зураглалын ажлыг хөнгөвчилж өгсөн нь манай судалгааны давуу тал болно.

Бид судалгаандаа морфометрийн ангиллыг боловсруулахдаа олон шалгуурт шийдвэр гаргалтын (MCDA) аргыг шаталсан дүн шинжилгээний (АНР) аргатай хослуулан хэрэглэсэн. Энэ арга нь шийдвэр гаргах, шалгуурын жинг тодорхойлох үйл явцад

судлаачийн мэдлэг, туршлага, хувийн үнэлгээ ихээхэн нөлөөлдөг тул субъектив үнэлгээ давамгайлах эрсдэлтэй. Иймээс цаашид морфометрийн ангиллын үнэн зөв, найдвартай байдлыг нэмэгдүүлэх зорилгоор өгөгдөлд суурилсан статистик болон машин сургалтын аргууд (жишээлбэл Random Forest, PCA, Entropy гэх мэт) ашиглах, шалгуурын жинг автоматжуулах, мэдрэг байдлын шинжилгээ хийх зэрэг судалгааны чиглэлийг хөгжүүлэх шаардлагатай байна. Энэ нь ангиллын үр дүнг илүү объектив, давтагдах боломжтой, хэрэглээнд нийцсэн болгоход чухал ач холбогдолтой юм.

ТАЛАРХАЛ

Тус судалгааны ажлыг 2022-2024 оны хооронд Газарзүй, геоэкологийн хүрээлэнгийн Физик газарзүйн салбарт ШУТСангийн сахнуулжилтээр ШУТБИХХЗГ-2022/149 тоот гэрээний дагуу хэрэгжсэн “Монгол орны баруун бүсийн ландшафт, геоморфологийн нэгдсэн судалгаа, мэдээллийн сан” шинжлэх ухаан технологийн төслийн хүрээнд хийж гүйцэтгэлээ. Тус судалгааны ажлыг гүйцэтгэхэд туслалцаа үзүүлсэн Физик газарзүйн салбарын хамт олонд талархал илэрхийлье.

АШИГЛАСАН МАТЕРИАЛ

- [1] ФГОСС, *Физик газарзүй орчин судлалын салбарын 60 жил, түүхэн товчоон*, Улаанбаатар: Соёмбо Принтинг ХХК, pp. 50–70, 2022.
- [2] О. Мөнхдулам, “Ландшафтын орон зайн загварыг ГМС-д суурилсан олон шалгуурт шийдвэр гаргалтын аргатай хослуулж ландшафтын зураглалд ашиглах асуудалд (Монгол орны зүүн бүсийн жишээн дээр),” *МОГЗА*, no. 11(27), pp. 143–149, Улаанбаатар, 2015. ISBN 978-99973-0-951-8.
- [3] C. Zhang, W. Li, and D. Travis, “Gaining insights from high-resolution satellite imagery and artificial intelligence in environmental research: A review,” *Remote Sensing of Environment*, vol. 216, pp. 98–115, 2018, <https://doi.org/10.1016/j.rse.2018.06.012>.
- [4] M. A. Summerfield, *Global Geomorphology: An Introduction to the Study of Landforms*, Longman Scientific & Technical, 1991.
- [5] M. P. Bishop, J. F. Shroder, and J. D. Colby, “Remote sensing and geomorphometry for studying relief production in tectonically active mountain landscapes,” *Geomorphology*, vol.

- 55, nos. 1–4, pp. 345–361, 2003, [https://doi.org/10.1016/S0169-555X\(03\)00149-7](https://doi.org/10.1016/S0169-555X(03)00149-7).
- [6] Үндэсний статистикийн хороо (ҮСХ), *Хүн ам, малын тоо толгойн статистик мэдээ*, 2023 он.
- [7] Alaska Satellite Facility (ASF), *JAXA/METI ALOS PALSAR L1.0 2007*, Accessed through ASF DAAC, Aug. 8, 2024.
- [8] J. P. Wilson and J. C. Gallant, *Terrain Analysis: Principles and Applications*, John Wiley & Sons, 2000.
- [9] C. H. Grohmann, “Morphometric analysis in geographic information systems: Applications of free software GRASS and R,” *Computers & Geosciences*, vol. 30, nos. 9–10, pp. 1055–1067, 2004, <https://doi.org/10.1016/j.cageo.2004.08.002>.
- [10] P. A. Burrough and R. A. McDonnell, *Principles of Geographical Information Systems* (2nd ed.), Oxford University Press, 1998.
- [11] I. D. Moore, R. B. Grayson, and A. R. Ladson, “Digital terrain modeling: A review of hydrological, geomorphological, and biological applications,” *Hydrological Processes*, vol. 5, no. 1, pp. 3–30, 1991, <https://doi.org/10.1002/hyp.3360050103>.
- [12] H. T. Verstappen, *Applied Geomorphology: Geomorphological Surveys for Environmental Development*, Elsevier Scientific Publishing, 1983.
- [13] R. J. Pike, I. S. Evans, and T. Hengl, “Geomorphometry: A brief guide,” in *T. Hengl and H. I. Reuter (eds.), Geomorphometry: Concepts, Software, Applications*, pp. 3–30, Elsevier, 2009, [https://doi.org/10.1016/S0166-2481\(08\)00001-9](https://doi.org/10.1016/S0166-2481(08)00001-9).
- [14] A. Weiss, “Topographic position and landforms analysis,” Poster presentation, ESRI User Conference, San Diego, CA, 2001.
- [15] J. Jenness, *Topographic Position Index (TPI) Extension for ArcView 3.x*, Jenness Enterprises, 2006, <http://www.jennessent.com/arcview/tpi.htm>.
- [16] D. Doljin and B. Yembuu, “Division of the physiographic and natural regions in Mongolia,” in B. Yembuu (ed.), *The Physical Geography of Mongolia*, Geography of the Physical Environment, Springer, Cham, 2021, https://doi.org/10.1007/978-3-030-61434-8_10.
- [17] Г. Нямдаваа, *Төрийн тахилгат Алтан Хөхий уул*, Улаанбаатар: SPEEDWAY Ltd. Co., pp. 1–378, 2006.
- [18] Б. Жамбаажамц, *Монгол орны уур амьсгал*, ШУАХ, Улаанбаатар, 1989.
- [19] О. Мөнхдулам and С. Эрдэнэсүх, “Уур амьсгалын хүчин зүйл,” in Э. Авирмэд (ред.), *Монгол орны ландшафтын экологийн чадавхын үнэлгээ*, Улаанбаатар: Намнан Дизайн ХХК, pp. 38–59, 2020.
- [20] *Монгол улсын үндэсний атлас*, Ред. Д. Доржготов, ШУА-ийн Газарзүйн хүрээлэн, 1 : 10 000 000 масштабтай зураг, 2009.
- [21] Үндэсний статистикийн хороо (ҮСХ), Ховд аймгийн Мянгад сумын уур амьсгалын статистик мэдээ 2020–2023 он, 2023.
- [22] Ж. Ундармаа, “Монгол орны ургамалжил,” in *Монгол орны бэлчээрийн экосистем*, pp. 109–136, Мөнхийн үсэг ХХК, 2018.
- [23] Д. Даш, “Монгол орны геоморфологи,” in *Монгол орны бэлчээрийн экосистем*, pp. 19–39, 2018.
- [24] Д. Даш, *Монгол орны ландшафт экологийн асуудлууд*, Улаанбаатар, 2010.