

ISSN 2617-5118

GEOFORUM

JOURNAL

GEOGRAPHICAL SCIENCE | GEOGRAPHICAL EDUCATION | SUSTAINABLE DEVELOPMENT EDUCATION



Vol.18, №01 May, 2026

www.geoforum.mn

GEOFORUM

JOURNAL

GEOGRAPHICAL SCIENCE | GEOGRAPHICAL EDUCATION | SUSTAINABLE DEVELOPMENT EDUCATION



Vol.18, №01 May, 2026

MONGOLIAN ASSOCIATION FOR GEOGRAPHIC EDUCATION

ДАА 910.3
 ННА 26.8
 Г-27

ISSN: 2617-5118
 ISBN: 978-99978-4-080-3

Geoforum-Mongolia is a peer-reviewed inter-disciplinary journal of Mongolian Association for Geographic Education (MAGE) which broad focuses on geography education related fields and environmental, physical and human geography researches. Geoforum-Mongolia publishes research articles and best practices of geography teaching-learning methodology for school teachers as well as in higher education. We also author benefits, such as free printed issues and a liberal copyright policy.

ЕРӨНХИЙ ЭРХЛЭГЧ
 проф. Е.Батчулуун МУБИС

EDITOR-IN-CHIEF
 Prof BATCHULUUN Yembuu

ХАРИУЦЛАГАТАЙ РЕДАКТОР
 проф С.Хадбаатар МУБИС

ASSOCIATE EDITOR
 Prof. KHADBAATAR Sandag

РЕДАКЦИН ЗӨВЛӨЛ

проф. Д.Даш МУБИС
 проф. В.Батцэнгэл МУИС
 проф. Г.Нямдаваа БОАЖЯ
 проф. С.Эрдэнэсүх МУИС
 проф. Ч.Лхагвасүрэн Ховд ИС
 проф. Т.Навчаа ХУИС
 дэд проф. Г.Бямбахүү МУИС
 дэд проф. Ц.Бат-Эрдэнэ МУБИС
 док. Д.Баттогтох БШУЯ
 док. А.Дашцэрэн ШУА-ГТХ
 док. Х.Цогбадрал МУБИС
 док Ц.Сэр-Од МУБИС
 док. П.Энхжаргал МУБИС
 док. Г.Уранчимэг МУБИС
 маг. А.Амгалан МУБИС
 проф. Маргарет Робертсон
 Ла Тробе Их сургууль, Австрали
 проф. Хлебосолова Ольга Анатольевна
 Серго Орджоникидзе-ийн нэрэмжит
 Геологи хайгуулын их сургууль, ОХУ
 док. С.Н.Бажа
 Орос Монголын хамтарсан биологийн
 иж бүрэн экспедиц, ОХУ
 док. Б.Бүрэнжаргал
 Өвөрмонголын өөртөө засах орны Улаанхад
 дээд сургууль, БНХАУ

EDITORIAL BOARD

Prof. DASH Doljin
 Prof. BATTSENGEL Vandansambuu
 Prof. NYAMDAAVAA Gendenjav
 Prof. ERDENESUKH Sumiya
 Prof. LKHAGVASUREN Choijinjav
 Prof. NAVCHAA Tugjamba
 Ass. Prof. Byambahuu Gantumur
 Ass. Prof. BAT-ERDENE Tsedev
 Dr. BATTOGTOKH Dorjgotov
 Dr. DASHTSEREN Avirmed
 Dr TSOGBADRAL Khurelbaatar
 Dr. SER-OD Tsedevdorj
 Dr. ENKHJARGAL Purevsuren
 Dr. URANCHIMEG Getsel
 Mag. AMGALAN Avkhinsukh
 Prof. Margaret ROBERTSON La Trobe
 University, Australia
 Prof. KHLEBOSOLOVA Olga Anatolievna Sergo
 Ordzhonikidze Russian State for Geological
 Prospecting, Russia, Moscow
 Dr. BAZHA Sergey Nikolaevich Joint Russian-
 Mongolian Biological Complex Expedition
 Dr. BURENJARGAL Baldanjants Ulaankhad
 Institute, Inner Mongolia, China

Дугаарыг эрхэлсэн: Ц.СЭР-ОД, А.АМГАЛАН

Prepared by: SER-OD Tsedevdorj,
 AMGALAN Avkhinsukh

Дизайнер:

Designer:

Сэтгүүлийг Монголын Газарзүйн Боловсролын Нийгэмлэгээс эрхлэн гаргав
 Published by Mongolian Association for Geographic Education (MAGE)

© Энэхүү сэтгүүлийн зохиогчийн эрх нь Монгол улсын хуулийн дагуу Монголын газарзүйн боловсролын нийгэмлэгт хадгалагдана. Сэтгүүлд хэвлэгдсэн материалыг зөвшөөрөлгүйгээр хэсэгчлэн болон бүрэн эхээр хуулбарлах, олшруулах, цахим хэлбэрээр нийтэд түгээхийг хориглоно.

Хэвлэлийн компани “Мөнхийн Үсэг” ХХК
 Printing company “Munkhiin Useg” LLC
 Ulaanbaatar Mongolia 2026

ГАРЧИГ

Сэдэвчилсэн зургийн газарзүйн суурь бүтээхэд Зайнаас тандах судлал ба Газарзүйн мэдээллийн систем ашиглах нь	5
Б.Оюунханд ¹ , П.Энхжаргал ²	
Алтай сумын гадаргын чийгшил ба хуурайшлын орон зай-цаг хугацааны өөрчлөлт: TVDI индексэд суурилсан шинжилгээ (1995-2025).....	15
Ц.Бат-Эрдэнэ	
Гео-оронзайн технологи ашигласан интерактив сургалтын арга зүй ба түүний үр нөлөө	41
Ц.Бат-Эрдэнэ ¹ · Н.Гантуяа ²	
Хотгор гүдгэрийн тархалт, онцлог, морфогенетик хэв шинж (Ховд аймгийн Мянгад сумын жишээн дээр).....	51
О.Мөнхдулам, Г.Нямдаваа, Т.Рэнчинмядаг, Т.Даваагатан	
Methodological issues in calculating pasture carrying capacity (case of Bayankhongor province)	68
I. Myagmarjav, P. Bayartseren, J. Altangadas, L. Gankhuyag, He Yongshun, P. Myagmartseren	
Геоэкологийн оронзайн мэдээллийн сангийн бүтэц, агуулга, хэрэглээ	78
Б.Ариунзаяа, Л.Очирхуяг, Д.Сайнбаяр, Ж.Өнөрням, Ө.Мөнгөнтуул, Н.Болдбаатар, Б.Баяртунгалаг	



Сэдэвчилсэн зургийн газарзүйн суурь бүтээхэд Зайнаас тандах судлал ба Газарзүйн мэдээллийн систем ашиглах нь

Б.Оюунханд¹, П.Энхжаргал²

¹Department of Geography, School of Arts and Sciences, National University of Mongolia, Ulaanbaatar 14200, Mongolia

²Department of Geography, National University of Mongolia, Ulaanbaatar 14191, Mongolia

Article info

Abstract:

Article history:

Received: 03.12.2026

Revised: 04.07.2026

Accepted: 05.12.2026

Keywords

*thematic map, remote sensing,
digital terrain model, three-
dimensional image*

Corresponding author

Enkhjargal Purevsuren,

Department of Geography,
MNUE

E-mail:

enkhjargal@msue.edu.mn

The emergence and rapid advancement of modern computer technologies, particularly Geographic Information Systems (GIS) and Remote Sensing (RS), have profoundly transformed cartographic science, driving its development to a new level. These technologies represent an integrated and powerful framework that is widely applied across numerous industrial and socio-economic sectors. While GIS and RS have been extensively developed in advanced countries since the mid-20th century, their adoption in Mongolia began in the early 21st century and has since expanded across a broad range of fields, including national defense, telecommunications, construction and engineering infrastructure, geology, mining, education, healthcare, geography, land management and administration, cadastre, geodesy, cartography, environmental protection, ecology, and public services.

Furthermore, GIS and RS provide governmental, academic, and professional institutions with robust capabilities to efficiently collect, store, process, analyze, manage, and maintain large volumes of both spatial and non-spatial data derived from map-based sources. These technologies enable high-precision data handling tailored to the specific needs and operational requirements of various organizations.

Currently, GIS and RS play a pivotal role in the production of thematic maps and atlases at various scales and for diverse purposes. In particular, they significantly enhance the efficiency of generating general geographic base maps, improve the accuracy and visual quality of cartographic products, and increase their overall usability and practical value.

Оршил

Сэдэвчилсэн газарзүйн зураг бол байгаль, нийгэм-эдийн засгийн юмс үзэгдлийн олон янз байдлыг нарийн харуулсан, тэдгээрийн цаг хугацааны явц дахь хөгжил, динамик, уялдаа холбоог тоон болон шинж чанарын онцлогоор тодорхойлон дүрсэлсэн зураг байна. Сэдэвчилсэн зураг бүтээхийн тулд зураглаж буй юмс үзэгдлийг газрын гадарга дээр буулгаж, улмаар зурагзүйн тор, рельеф, ус зүй, суурин газар, зам харилцаа, хил болон ерөнхий газарзүйн бусад элементтэй холбодог. Аливаа сэдэвчилсэн зурагт **газарзүйн суурь** гэж нэрлэдэг ерөнхий газарзүйн зургийн үндсэн элементүүд зайлшгүй багтдаг (Радченко & Николаева, 2018; Берлянт, 2014). Газарзүйн суурийг зургийн сэдэв, масштаб, агуулга, зориулалтаас хамааран байгалийн (физик газарзүйн), нийгэм-эдийн засгийн гэсэн 2 төрлөөр бэлтгэх ба байгалийн газарзүйн суурийн үндсэн элементэд рельеф, ус зүй, томоохон хүн амын суурин, улсын чанартай авто зам, төмөр зам, хилийг дүрсэлнэ. Харин нийгэм-эдийн засгийн газарзүйн суурьт дээрх үндсэн элементээс гадна хот суурин газар, зам харилцаа, хил хязгаарыг дэлгэрэнгүй үзүүлдэг онцлогтой (Оюунханд ба бус., 2026).

Сэдэвчилсэн зураглал нь байгалийн, хүн амын, эдийн засгийн, улс төрийн, түүхийн, амьтны гэхчлэн бусад олон төрлийн газарзүйн зураг бүтээх явдлыг бүрэлдэхүүндээ багтаасан өргөн хүрээтэй ойлголт юм. Уламжлал ёсоор зурагзүй болон газрын зургийн үйлдвэрлэлд газарзүйн суурийн бүх элементийг гараар гүйцэтгэж байв. Компьютерийн технологи, мэргэжлийн программ хангамж бий болсноор газрын зургийн үйлдвэрлэлийн зохиолт, чимэглэн зуралтын үйл явцад тэдгээрийн үүрэг оролцоо нэмэгдэх болжээ. Сэдэвчилсэн зураг зохиох, чимэглэн зурах явдал асар их цаг хугацаа, хүч хөдөлмөр, хөрөнгө шаардсан үйлдвэрлэлийн ажлын нэг бөгөөд энэ асуудал Монгол орны нутаг

дэвсгэрийг зураглах салбарт чухлаар тавигдаж ирсэн.

Сэдэвчилсэн зурагзүйд дэлгэц дээр харуулах, хэвлэх боломжтой орчин үеийн, шинэлэг **гадаргын тоон загвар** (ГТЗ)-ыг өргөнөөр хэрэглэх болжээ. Зурагзүйн онол ёсоор гадаргыг дүрслэхэд

- тодорхой газар орны гадаад өвөрмөц төрх байдал болон бүс нутгийн онцлогийг хадгалах,
- өргөн хүрээний хэрэглэгчдийн сонирхлыг татах, ойлгомжтой харагдахуйц байх (Елшина & Сысоев, 2017) шаардлага тавигддаг.

Өнөө үед хүний үйл ажиллагааны олон салбарт тавигдаж буй зорилтыг амжилттай, шуурхай шийдвэрлэх боломж олгодог ГТЗ нь газрын гадаргыг дүрслэн харуулах хамгийн үр дүнтэй аргын нэг (Хромых., & Хромых, 2007) юм. ГТЗ нь Газарзүйн мэдээллийн систем (ГМС)-ийн загварчлалын нэг чухал функц бөгөөд триангуляцийн сүлжээний зангилаа цэг, эсвэл өндрийн бичиглэлийн багц (изогипс, изобат) дээрх өндрийн тоот болон бусад нэмэлт утга (Z солбицол)-ын олонлогоос үүссэн 3 хэмжээст орон зайн юмсын тоон дүрслэлийн хэрэгсэл (Капралов и др., 2004) гэж ойлгож болно.

Зайнаас тандах судлал (ЗТС)-ын хиймэл дагуулын систем бий болсноор зурагзүйн материал бүтээх үйл явц илүү хялбар, шуурхай болж байна. Өнөөдөр ашиглаж буй хиймэл дагуулын зургууд нь орон зайн нягтрал, хамрах хүрээ, спектрийн муж, хүлээн авах технологи болон бусад шинжээр өөр хоорондоо харилцан адилгүй. Агаар, сансрын зургийг зурагзүйн төрөл бүрийн бүтээгдэхүүнд ашиглах бөгөөд газрын зургийн вектор давхаргуудыг давхцуулан, нэгтгэн хэрэглэснээр дараах шаардлагыг хангах боломж бүрдэнэ. Үүнд: нарийвчлал, уншигдах байдал, мэдээллийн шинэчлэл,

тухайн газрын бодит байдлыг үнэн зөв илэрхийлэх.

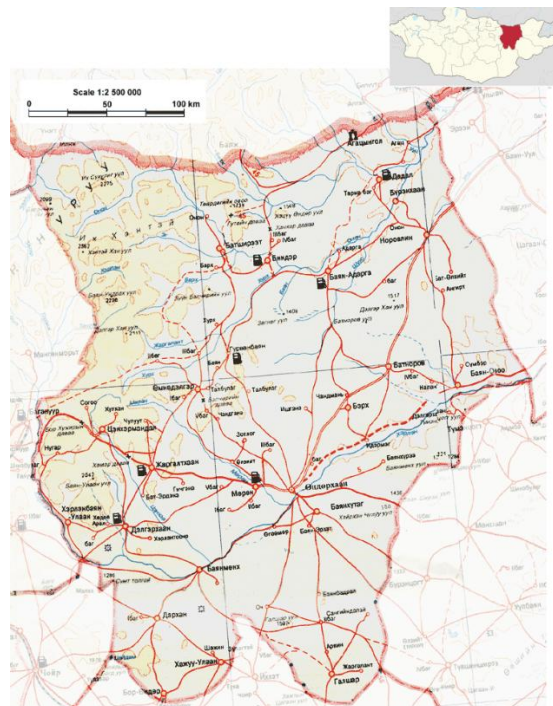
Зурагзүйд ЗТС-ын мэдээ ашиглах явдал хиймэл дагуулын зураг тухайн газар нутгийн бодит загвар, өөрөөр хэлбэл тодорхой цаг хугацаанд гадаргын бодит дүр төрх, хэлбэрийг тусган харуулдагтай холбоотой. Орчин үеийн компьютерийн технологи ашигласнаар зурагзүйд чанарын хувьд шинэ төрлийн бүтээгдэхүүн, тухайлбал янз бүрийн цаг хугацааны өгөгдөлд суурилсан нутаг дэвсгэрийн 3 хэмжээст загвар бий болгоход ихээхэн түлхэц болно. ЗТС-ын мэдээ, ялангуяа хиймэл дагуулын зураг авалтын материал нь байрзүйн болон сэдэвчилсэн зураг эмхэтгэх, шинэчлэхэд газарзүйн суурь бүтээх эх сурвалж байдаг (Берлянт и др., 2003).

Энэхүү өгүүллийн зорилго тоон загварын үндсэн дээр гадаргыг дүрслэх явдал юм. Дүрслэлийг сэдэвчилсэн зургийн суурь болгохоос гадна бусад бүх төрлийн сэдэвчилсэн газрын зурагт өгөгдлийн сан хэлбэрээр ашиглах боломжтой.

Арга зүй ба хэрэглэгдэхүүн

1. Судалгааны талбай

Судалгааны талбайгаар Хэнтий аймгийн нутаг дэвсгэрийг сонгосон бөгөөд газарзүйн солбицол нь хойд өргөргийн $46^{\circ}15'00''$ - $49^{\circ}20'00''$, зүүн уртрагийн $108^{\circ}30'00''$ - $112^{\circ}40'00''$ хооронд байна. Хэнтий аймаг Монгол орны зүүн хойд хэсэгт хойд талаараа ОХУ (Өвөр Байгалын хязгаар)-тай, улс дотроо Дорнод, Сүхбаатар, Дорноговь, Говьсүмбэр, Төв, Сэлэнгэ аймагтай хиллэн оршино. Хэнтий аймгийн газрын гадарга нь уул нуруу, тал хөндий хосолсон, зүүн хойноос баруун урагш чиглэлд намсан хэв шинжтэй. Хэнтийн уулархаг нутгийн ихэнхийг эзэлж, Хэрлэн Онон голуудын сав нутагт оршдог (Зураг 1).



Зураг 1. Судалгааны талбай

Дулаан хүйтний хэлбэлзэл ихтэй бүс нутаг бөгөөд Чингис хааны төрсөн нутаг, Монголын нууц товчоог бичиж дуусгасан газар гэдгээрээ аялал жуулчлалын гол бүсээр хөгжүүлэхэд тохиромжтой (Монгол Улсын бүсчилсэн хөгжлийн үзэл баримтлал, 2024).

2. Судалгаанд ашигласан материал

а. АНУ-ын Геологийн Албанаас гаргасан 2003 оны дэлхийн радиолокацийн хиймэл дагуулын зураглалын (Shuttle Radar Topography Mission, SRTM) материалыг нээлттэй эх сурвалж (<http://earthexplorer.usgs.gov>)-аас авсан. Ингэхдээ дэлхийн нийт гадаргыг бүрхсэн 30×30 м орон зайн нарийвчлалтай, 16 бит растер файлуудыг GeoTIFF форматаар, нийт 18 ширхэг (нэрлэвэр N49_e108-N49_e112; N48_e108-N48_e112, N47_e108-N47_e112 и N46_e109-N49_e111) татав.

б. ГТЗ-ыг бүтээхэд ГМС-ийн программ хангамж ArcGIS 10.8 (ESRI) ашигласан.

в. ArcScene программын тусламжтай 3 хэмжээст орчныг үүсгэж, газрын гадаргын

хэлбэр дүрсийг бодитой харагдуулах орчин бүрдүүлсэн

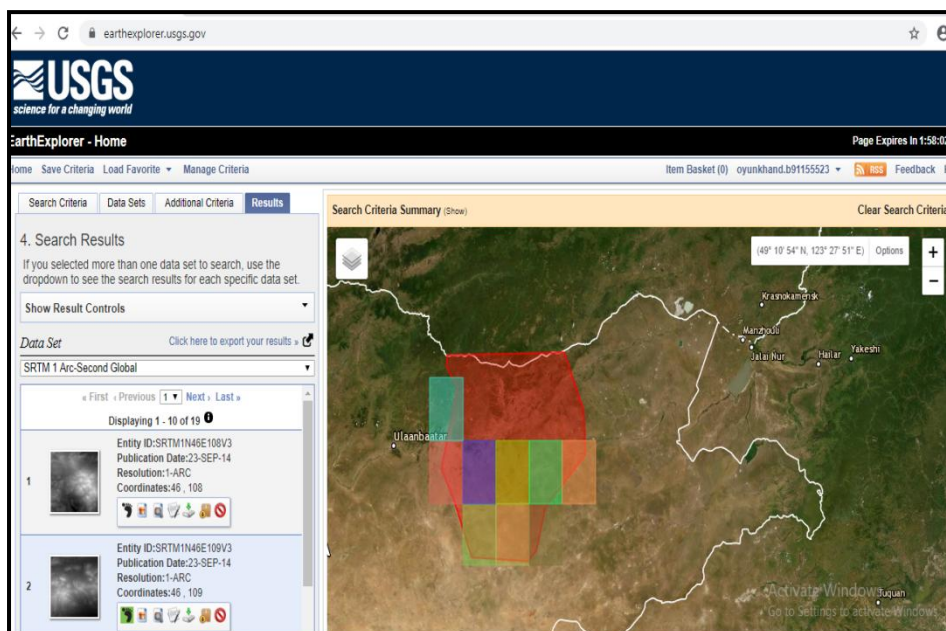
3. Судалгааны арга зүй

Сэдэвчилсэн газрын зурагт зориулсан ГТЗ-ыг ЗТС-ын мэдээнд үндэслэн ГМС-ийн орчинд боловсруулахад дараах алхмуудаар гүйцэтгэв.

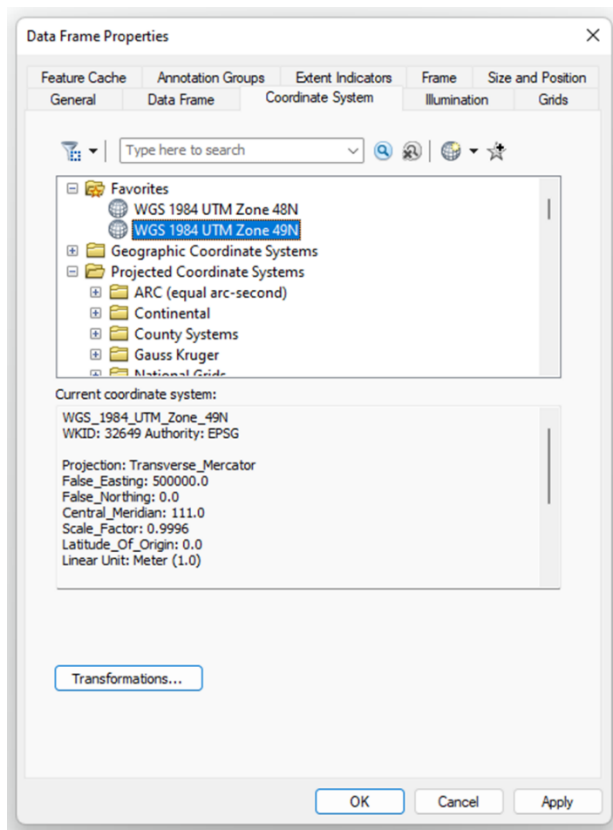
Алхам 1. <http://earthexplorer.usgs.gov> цахим эх сурвалж ашиглан дэлхийн нийт гадаргыг хамарсан 30x30 м орон зайн нарийвчлалтай, 16 бит, растер файлуудыг GeoTIFF форматаар SRTM өгөгдлийг татаж авч (Зураг 2), батлагдсан солбицлын системд хөрвүүлсэн (Зураг 3).

Алхам 2. SRTM хиймэл дагуулын мэдээ ашиглахын өмнө тэдгээрийн чанар болон орон зайн нарийвчлалыг шалгах хэрэгтэй. Орон зайн нарийвчлал нь боловсруулах гэж буй зургийн масштабтай тохирч байх ёстой. Хамгийн өндөр шаардлага байрзүйн зураг зохиоход тавигдах бөгөөд тухайн газар дээрх пикселийн хэмжээ зургийн график нарийвчлал (0.1 мм)-тай харгалзаж байх ёстой. Жишээлбэл, 1 пиксел нь 30 м-тэй тэнцэх орон зайн нарийвчлалтай хиймэл дагуулын мэдээ ашигласан тохиолдолд харгалзах зургийн масштаб 1:300,000 байна.

Сэдэвчилсэн газрын зураг зохиоход орон зайн нарийвчлал харьцангуй бага (Пономарчук и др, 2013) тул 30x30 м орон зайн нарийвчлалтай SRTM мэдээ цаашдын судалгаанд хангалттай гэж үзсэн болно.

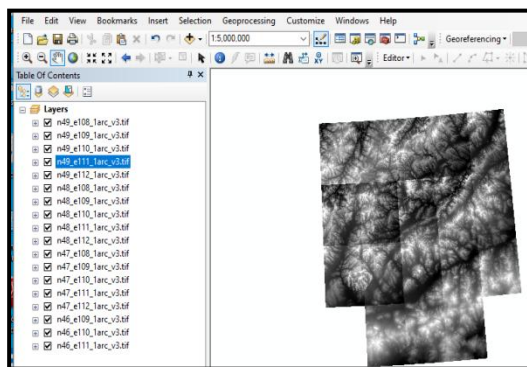


Зураг 2. Судалгааны талбайн хиймэл дагуулын зураг

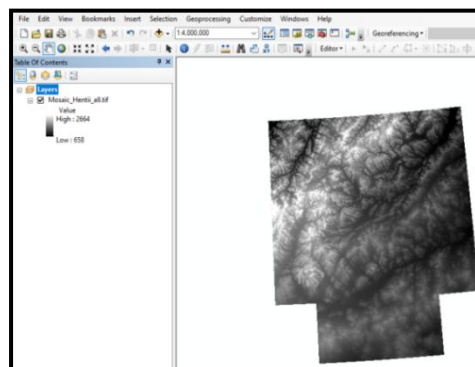


Зураг 3. Солбицлын системийн хөрвүүлэлтийн параметрууд

Алхам 3. Зураглаж буй талбайн хиймэл дагуулын мэдээний зургуудыг хооронд нь эвлүүлэн зүйх байдлаар фотомозаик хийсэн (Зураг 4 а, б).



а.

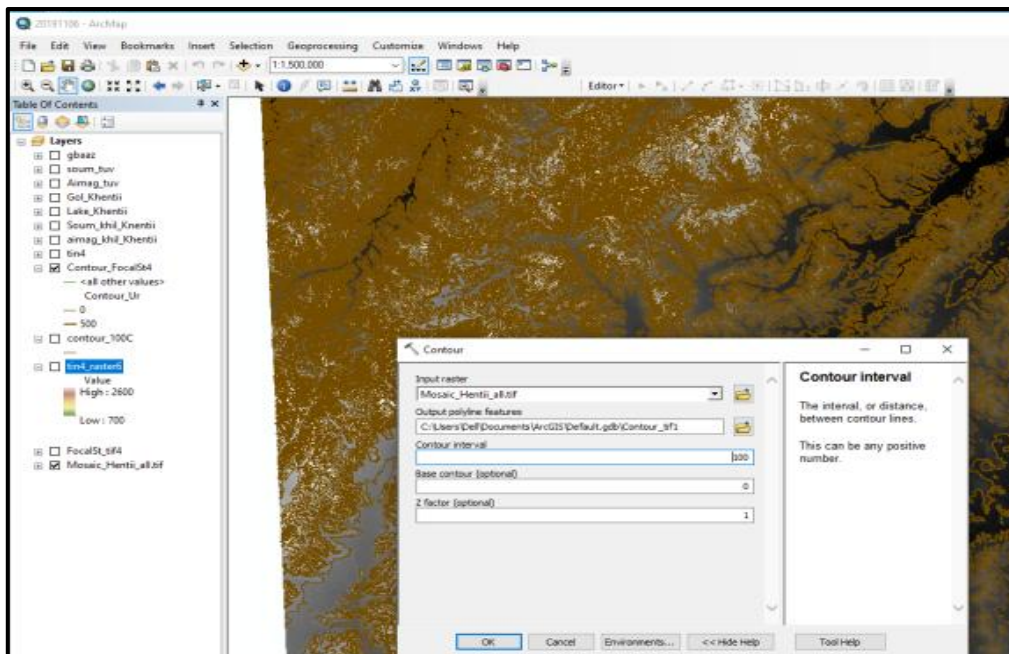


б.

Зураг 4. 30x30 м орон зайн нарийвчлалтай SRTM хиймэл дагуулын зураг: а) фотомозаик хийхийн өмнө; б) фотомозаик хийсний дараа

Алхам 4. Фотомозаик хийсний дараа *.tiff форматтай файлаас 100 м-ийн дундаж интервалтай (create contour line) хаяалбар шугамыг дараах хэрэгслийн тусламжтай Зураг 5-д үзүүлсэн дарааллаар байгуулна. ArcToolsBox-н муруйтай ажиллах үйлдлүүдийг гүйцэтгэсний дараа 3D Analyst Tools ашиглан растер гадаргуу үүсгэх бөгөөд дараа нь хаяалбар шугамуудыг татна.

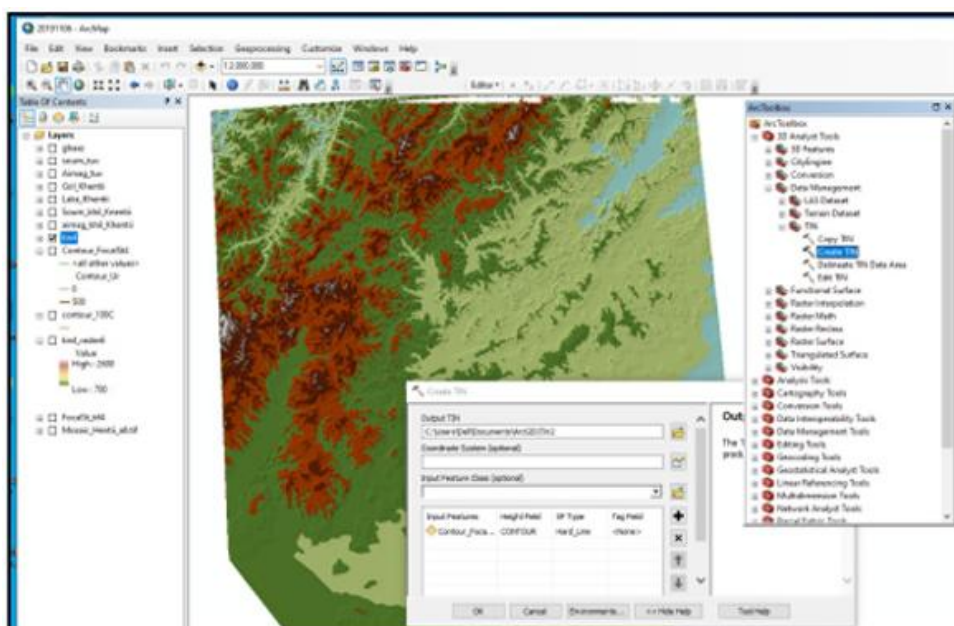




Зураг 5. ЗТС мэдээ (SRTM)-ээр гадаргын хаяалбар татсан байдал

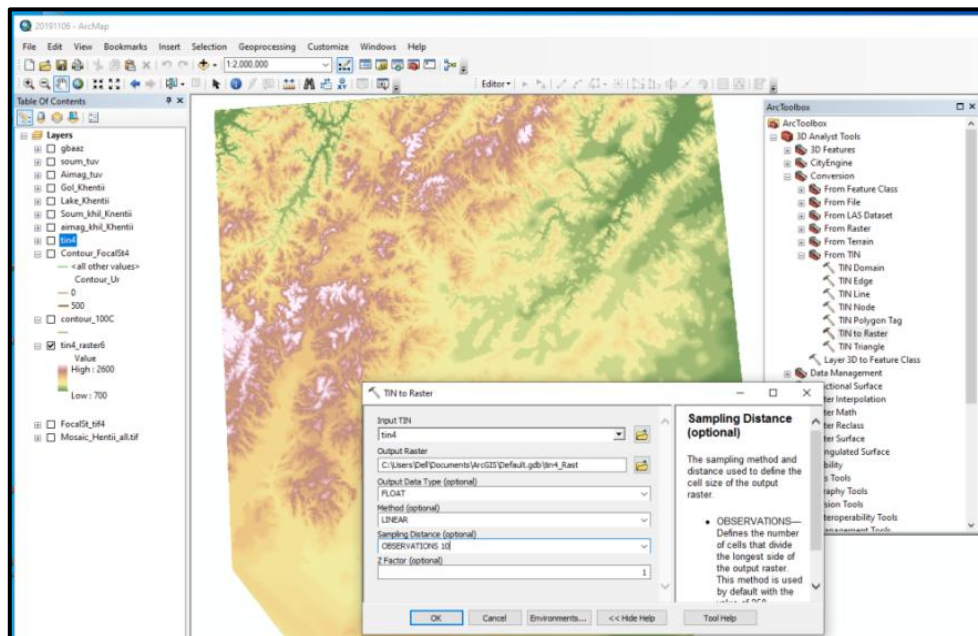
Алхам 5. Нарийвчлал сайтай, практикт түгээмэл хэрэглэгддэг TIN-загварыг цаашдын боловсруулалтын ажилд ашигласан. Учир нь ArcGIS орчинд ГТЗ боловсруулахад өндрийн байнгын сүлжээ (Grid) ба байнгын бус триангуляцийн сүлжээ (TIN) гэсэн 2 төрлийн тоон загвар ашигладаг (Цэцэгмаа ба бус., 2016).

Судалгааны талбай болох Хэнтий аймгийн нутаг дэвсгэрийн гадаргын TIN загварыг байгуулахад 100 м-ийн үеийн өндөртэй хаяалбар шугамыг дараах дарааллаар байгуулна (Зураг 6).



Зураг 6. TIN загвар (байнгын бус триангуляцийн сүлжээ)

Алхам 6. TIN загварыг байгуулсны дараа илүү ойлгомжтой, уншигдалт сайтай, өнгө үзэмжтэй байлгахын тулд дэвсгэр өнгийг гипсометрийн шатлалаар өөрчилнө. Улмаар тухайн нутаг дэвсгэрийн гадаргын 3D тоон загварыг бүтээхдээ TIN загварыг растер хэлбэрт (TIN to Raster) хөрвүүлнэ (Зураг 7).



Зураг 7. Өнгөний өөрчлөлттэй гадаргын 3D тоон загвар

4. Судалгааны үр дүн

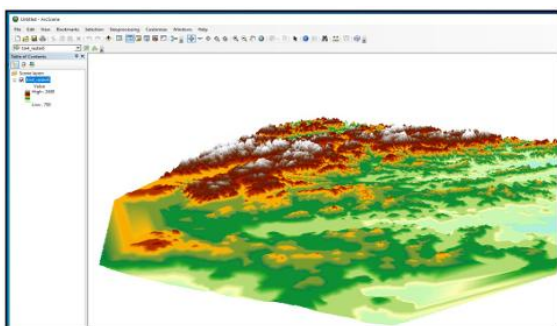
ЗТС буюу 30x30 м орон зайн нарийвчлалтай хиймэл дагуулын мэдээ (SRTM) татан авч, ArcGIS 10.8 программд оруулан, тогтоогдсон солбицлын систем рүү хөрвүүлэн, тоон давхаргууд (Layers) үүсгэн, улмаар гадаргын өндөржилтийн өгөгдөлд үндэслэн ГТЗ үүсгэсэн. ArcGIS-ийн хавсарга программын нэг ArcScene (Аш, 2014) ашиглан газрын гадаргын хэлбэр дүрсийг бодитой харагдуулах орчинг бүрдүүлэн 3D тоон загварыг байгуулсан (Зураг 8). Ийм байдлаар хиймэл дагуулын мэдээ боловруулан сэдэвчилсэн зургийн газарзүйн суурьт ашиглаж болох гадаргын тоон загварыг бүтээв.

ArcScene нь ГТЗ-ын өгөгдлийг 3 хэмжээст орчинд дүрслэх боломж олгох бөгөөд үүгээр

дамжуулан судалгааны талбайн рельефийн орон зайн бүтэц, газарзүйн онцлогийг илүү тодорхой, харааны хувьд бодитойгоор илэрхийлэх боломж бүрдсэн. Уг загварт өндрийн утгыг өнгөний шатлалаар илэрхийлсэн бөгөөд ногоон өнгө нам дор, харьцангуй тэгш гадаргыг, шар ба улбар шар өнгө дунд зэргийн өндөрлөгийг, харин хүрэн болон улаан өнгө хамгийн өндөр уул нурууг харуулж байгаа нь геоморфологийн хувьд уул нуруу, дов толгод, тал хөндий хосолсон рельефтэй болохыг илтгэж байна.

Энэхүү судалгаанд ЗТС-ын аргаар гаргаж авсан 30×30 метрийн орон зайн нарийвчлал бүхий SRTM хиймэл дагуулын өгөгдлийг ашигласан нь газарзүйн судалгаанд өргөн хэрэглэгддэг, найдвартай эх үүсвэр болсон. ГТЗ нь гадаргын өндрийн мэдээллийг растер

хэлбэрээр илэрхийлдэг бөгөөд тухайн бүс нутгийн зөвхөн өндөржилтийн ялгааг дүрслээд зогсохгүй, рельефийн эгцшил, хэлбэр бүтэц, гадаргын төрх байдал зэргийг нэгэн зэрэг ойлгох боломж олгоно. Өндөржилтийн ялгаа нь уур амьсгал, ургамлын тархалт, хөрсний чийгшилд шууд нөлөөлөх тул цаашдын байгаль орчны судалгаанд суурь мэдээлэл, гадаргын хэлбэр усны урсгал, газар ашиглалт, төлөвлөлт, дэд бүтцийн байршилд хэрхэн нөлөөлөхийг урьдчилан таамаглах боломжийг олгож байна.



Зураг 8. ArcScene дээр байгуулсан гадаргын гурван хэмжээст дүрслэл

Судалгааны хэлэлцүүлэг

Энэхүү судалгаанд SRTM хиймэл дагуулын 30x30 м орон зайн нарийвчлалтай өгөгдөл ашиглан ArcGIS 10.8 орчинд боловсруулалт хийж, ArcScene программын тусламжтай судалгааны талбайн 3 хэмжээст ГТЗ байгуулсан. Энэ төрлийн ГТЗ-г суурилсан шинжилгээ нь газарзүйн судалгаанд өргөн хэрэглэгддэг бөгөөд гадаргын бүтэц, өндөршил, налууугийн тархалтыг тодорхойлох үр дүнтэй арга зүйд тооцогддог (Burrough & McDonnell, 1998; Wilson & Gallant, 2000).

Судалгааны үр дүнгээс харахад тус бүсэд өндөр уулын болон нам дор газрын ялгаа тодорхой илэрч байгаа нь геоморфологийн идэвхтэй бүс болохыг илтгэнэ. Энэ нь Вилсон, Галант нар (2000)-ын судалгаанд дурдсанчлан өндөршлийн ялгаа нь ландшафтын бүтэц, ус зүйн үйл явц,

ГТЗ нь тухайн газар нутгийн рельефийн ерөнхий бүтэц, налуу ба өндөржилтийн тархалтыг бодитой тодорхойлох боломжтой хэдий ч бичил, жижиг өөрчлөлтийг бүрэн тусгасан байдал хязгаарлагдмал юм. Гэсэн хэдий ч орон зайн дүн шинжилгээ, сэдэвчилсэн зургийн газарзүйн суурь болгон ашиглахад хангалттай нарийвчлалтай хэмээн үзэж байна.

Иймд боловсруулсан ГТЗ болон түүний 3 хэмжээст дүрслэл нь судалгааны талбайн газарзүйн онцлогийг тодорхойлох, рельефийн бүтэц ба өндөржилтийн зүй тогтлыг шинжлэх, цаашдын орон зайн төлөвлөлт болон байгаль орчны үнэлгээнд ашиглах чухал суурь өгөгдөл болно.

экосистемийн тархалтыг тодорхойлох гол хүчин зүйл болохыг бататгаж байна. Мөн SRTM өгөгдөл ашигласан Жарвис нар (Jarvis et al., 2008)-ын судалгаанд дэлхийн олон бүсэд өндөршлийн тархалтыг амжилттай тодорхойлж, бүс нутгийн байгалийн онцлогийг илрүүлэхэд өндөр ач холбогдолтойг онцолсон нь манай судалгааны үр дүнтэй нийцэж байна.

Налуугийн шинжилгээний хувьд судалгааны бүсэд налуу ихтэй хэсгүүд зонхилж байгаа нь элэгдэл, хөрсний шилжилт, усны урсац эрчимтэй явагдах нөхцөл бүрдсэнийг харуулж байна. Энэ нь Мооре нар (Moore et al., 1991)-ын налуу болон усны урсацын хамаарлыг тодорхойлсон судалгаатай тохирч байгаа бөгөөд налуу ихсэх тусам гадаргын урсац нэмэгдэж, хөрсний элэгдэл эрчимждэг гэсэн дүгнэлтийг баталж байна. Иймд судалгааны

үр дүн уулын бүс нутгийн байгаль орчны эрсдлийн үнэлгээнд ашиглах боломжтойг харуулж байгаа юм.

Өндөршил болон налууугийн ялгаа нь бичил уур амьсгал, ургамлын тархалт, хөрсний чийгшилд нөлөөлж байгааг судалгааны үр дүн харуулж байна. Энэ нь Барри (Barry, 2010)-ийн уулын уур амьсгалын судалгаанд дурдсанаар өндөршил нэмэгдэх тусам температур буурч, экосистемийн бүсчлэл өөрчлөгддөг гэсэн онолтой нийцэж байна.

Үүнээс гадна 3D тоон загварчлал нь усны урсгалын чиглэл, хуримтлалын бүсийг тодорхойлох, газар ашиглалтыг төлөвлөхөд чухал ач холбогдолтой болох нь илэрхий байна. Энэ нь ESRI (2014)-ийн ГМС технологийн хэрэглээний судалгаанд дурдсанчлан ГТЗ-т суурилсан орон зайн шинжилгээ нь дэд бүтэц, газар ашиглалтын төлөвлөлтөд өргөн ашиглагддаг гэсэнтэй нийцэж байна.

Ийнхүү энэхүү судалгааны үр дүн нь олон улсын судалгааны чиг хандлагатай нийцэж, ЗТС болон ГМС технологийг ашиглан газарзүйн орон зайн шинжилгээг гүнзгийрүүлэх боломжтойг харуулж байна.

Зөвлөмж: Судалгаанд ашигласан SRTM хиймэл дагуулын өгөгдөл нь 30x30 м орон зайн нарийвчлалтай учир бичил, жижиг өөрчлөлтүүдийг бүрэн тусгасан байдал хязгаарлагдмал болохыг тэмдэглэх нь зүйтэй. Фарр нар (Farr et al., 2007)-ын судалгаанд SRTM өгөгдлийн орон зайн нарийвчлал нь бүс нутгийн хэмжээний судалгаанд тохиромжтой боловч нарийвчилсан судалгаанд өндөр нарийвчлалтай өгөгдөл шаардлагатайг дурдсан байдаг. Иймд цаашид LiDAR, дрон зураглал зэрэг өндөр нарийвчлалтай өгөгдөлтэй хослуулах нь судалгааны чанарыг сайжруулах боломжтой.

Дүгнэлт

Энэхүү судалгааны үр дүнд ГМС технологи болон 30x30 м орон зайн нарийвчлалтай хиймэл дагуулын SRTM өгөгдөл ашиглан аливаа газар орны ГТЗ бүтээв. ГТЗ-т суурилсан шинжилгээ нь газарзүйн судалгаанд өргөн хэрэглэгддэг бөгөөд гадаргын бүтэц, өндөршил, налууугийн тархалтыг тодорхойлох үр дүнтэй арга зүйд тооцогддог байна.

ЗТС болон ГМС-технологийн үндсэн дээр ГТЗ бүтээх явдал нь бусад аргатай харьцангуйгаар цаг хугацаа, материалын зардал бага шаарддаг онцлогтой. Олон цаг хугацааны өгөгдөлд суурилсан янз бүрийн орон зайн шинжилгээний арга болон гадаргын гурван хэмжээст загварыг сэдэвчилсэн зургийн газарзүйн суурь зохиох, орчин үеийн мэдээллийн сан бүрдүүлэх үндэс болгох, түүнчлэн дэд бүтэц, газар ашиглалтыг төлөвлөх зэрэгт ашиглаж болно.

Судалгааны үр дүн олон улсын судалгааны чиг хандлагатай нийцэж, ЗТС болон ГМС технологи ашиглан газарзүйн орон зайн шинжилгээг гүнзгийрүүлэх боломжтойг харуулж байна. Тус арга зүйг уулархаг, тэгш талын зэрэг том хэмжээний талбай бүхий аливаа бүс нутгийн онлайн, гар утасны ба шуурхай зураглалд загвар болгон ашиглах боломжтой ч гадаргын бичил, жижиг өөрчлөлтүүдийг тусгахад илүү өндөр нарийвчлалтай өгөгдөл шаардлагатай юм.

Зохиогчдын оролцоо: Судалгааны санаа, загвар боловсруулах, дата цуглуулж анализ хийх, өгүүллийн анхны хувилбар бичих ажлыг Б.Оюунханд, өгүүллийг сэтгүүлийн шаардлагад нийцүүлж засварлах (эшлэл хийх, ном зүйг АРА загварт оруулах гэх мэт), зургийн боловсруулалт, үр дүнгийн хяналт, хураангуйг орчуулах, сэтгүүлийн редакциас өгсөн саналыг өгүүлэлд тусган сайжруулахыг П.Энхжаргал гүйцэтгэсэн болно.

Ашигласан материал:

Аш, Е. В. (2014). Общие принципы и методика создания карты береговых морфосистем на основе анализа картографических источников информации. *Геодезия и картография*. № 7. Москва: Полипресс

Barry, R. G. (2010). *Mountain Weather and Climate*. ISBN: 9780511754753. DOI: <https://doi.org/10.1017/CBO9780511754753>

Берлянт, А. М., Востокова, А. В., Кравцова, В. И., Лурье, И. К., Сваткова, Т. Г., & Серапинас, Б. Б. (2003). *Картоведение*. Москва: Издательство «Аспект Пресс». [\(seriya\)/%C1%E5%F0%EБ%FF%ED%F2%20%C0.%CC...%20%CA%E0%F0%F2%EE%E2%E5%E4%E5%ED%E8%E5.\(2003\).pdf">https://vgershov.lib.ru/ARCHIVES/K/"Klassicheskiy_universitetskiy_uchebnik"\(seriya\)/%C1%E5%F0%EБ%FF%ED%F2%20%C0.%CC...%20%CA%E0%F0%F2%EE%E2%E5%E4%E5%ED%E8%E5.\(2003\).pdf](https://vgershov.lib.ru/ARCHIVES/K/) файлаар 2026.03.25-нд үзсэн

Берлянт, А. М. (2014). *Картография*. Москва: ИД КДУ

Burrough, P. A. & McDonnell, R. A. (1998). *Principles of Geographical Information Systems*. Oxford University Press, Oxford

Елшина, Т. Е., & Сысоев, А. В. (2017). Создание цифровых моделей горных рельефов в программе ArcGIS 10. *Вестник СГУГиТ*. Т. 22, №2. 2017. Пермь: Перм. гос. нац. исслед. ун-т

Farr, T. G., Rosen, P. A., Caro, E., Crippen, R., Duren, R., Hensley, S., Kobrick, M., Paller, M., Rodriguez, E., Roth, L., Seal, D., Shaffer, S., Shimada, J., Umland, J., Werner, M., Oskin, M., Burbank, D., & Alsdorf, D. (2007). The Shuttle Radar Topography Mission. *Reviews of Geophysics*, 45. <https://doi.org/10.1029/2005RG000183>

Jarvis, A., Guevara, E., Reuter, H. I., & Nelson, A. D. (2008). Hole-filled SRTM for the Globe Version 4. CGIAR-CSI SRTM 90 m Database. <http://srtm.csi.cgiar.org/>

Капралов, Е. Г., Кошкарев, А. В., Тикунов, В. С., и др. (2004). *Основы геоинформатики*. Москва:

Издательский центр «Академия». [http://geobrk.adm.yar.ru/public/books/Тикунов%20ОБ.С.%20-%20Основы%20геоинформатики%20-%201%20\(2004\).pdf](http://geobrk.adm.yar.ru/public/books/Тикунов%20ОБ.С.%20-%20Основы%20геоинформатики%20-%201%20(2004).pdf) файлаар 2026.03.05-нд үзсэн

Moore, I. D., Grayson, R. B., & Ladson, A. R. (1991). Digital terrain modelling: A review of hydrological, geomorphological, and biological applications. <https://doi.org/10.1002/hyp.3360050103>

Оюунханд, Б., Соёлжин, С., & Эрдэнэжаргал, Б. (2026). Зурагзүйн салбарт газарзүйн мэдээллийн системийн хэрэглээ: Хүн амын нягтшилын газрын зургийг зохиох жишээн дээр. *Газарзүйн асуудлууд*. Volume 26 (01). ISSN: 2312-8534, x.162-173.

Радченко, Л. К., & Николаева, О. Н. (2018). *Основы тематической картографии*. Новосибирск: СГУГиТ

Хромых, В. В., & Хромых, О. В. (2007). *Цифровые модели рельефа*. Томск: ТМЛ-Пресс

Цэцэгмаа, Б., Баттуяа, Б., & Оюун-Эрдэнэ, О. (2016). "ArcGIS 10.0" гарын авлага-1. Улаанбаатар

Wilson, D. J. & Gallant, J. C. (2000). *Terrain Analysis: Principles and Applications*, John Wiley and Sons, New York, 1-27

Цахим эх сурвалж:

Монгол Улсын бүсчилсэн хөгжлийн үзэл баримтлал, 2024 <https://legalinfo.mn/mn/detail?lawId=17140840005441>

ESRI (2014) ArcGIS Desktop: Release 10.2. Environmental Systems Research Institute. <http://www.esri.com/>



**Говь-Алтай Аймгийн Алтай Сумын Гадаргын Чийгшил ба Хуурайшлын Орон Зай–Цаг
Хугацааны Өөрчлөлт: TVDI Индексэд Суурилсан Шинжилгээ**

(1995-2025)

Bat-Erdene Tsedev¹

¹МУБИС, Газарзүйн тэнхим

Corresponding author: baterdene@msue.edu.mn; ORCID: 0009-0004-9735-6907

Article info

Received 30 March 2026
Revised 27 April 2026
Accepted 11 May 2026

Keywords

Surface moisture, dryness,
TVDI, NDVI, LST, Mann–
Kendall test, Altai sum,

Corresponding author

Bat-Erdene Tsedev
Mongolian National University
of Education.
E-mail:
baterdene@msue.edu.mn

Abstract:

Surface moisture is a key indicator of vegetation dynamics, drought risk, and land degradation in arid and semi-arid regions. This study examines the spatial and temporal changes in surface moisture and dryness in Altai soum, Govi-Altai Province, Mongolia, from 1995 to 2025 using the Temperature Vegetation Dryness Index (TVDI). Landsat Collection 2 Level-2 data were used to calculate the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) and Land Surface Temperature (LST) for July and August. Based on the NDVI–LST feature space, wet and dry edges were identified, and TVDI, DRY, and WET indices were derived. The Mann–Kendall test was used to assess dryness trends, while correlation analysis examined relationships with temperature and precipitation.

The results show clear spatial differences in surface moisture conditions. Low TVDI values were mainly found in the mountainous areas around the Aj Bogd range, indicating relatively moist conditions, while high TVDI values dominated the southern and southeastern desert lowlands. From 1995 to 2009, vegetation declined and dryness intensified, reaching the highest TVDI level in 2005–2009. Although vegetation partially recovered after 2010, dryness persisted and expanded in some southern desert areas during 2015–2025. The Mann–Kendall test revealed spatially uneven trends, with increasing dryness in some lowland areas and stable or decreasing trends in mountainous regions.

Correlation analysis showed weak and statistically insignificant relationships between NDVI, TVDI, temperature, and precipitation. This suggests that surface moisture dynamics are controlled by multiple factors, including topography, vegetation, soil conditions, and land use. The results confirm that TVDI is useful for monitoring dryness, although caution is needed in sparsely vegetated areas.

1. Оршил

Газрын гадаргын усны эргэлтийн тогтолцооны чухал бүрэлдэхүүн хэсэг болох гадаргын чийгшил нь дэлхийн эрчим хүчний тэнцвэр, уур амьсгалын тогтолцоонд чухал үүрэг гүйцэтгэдэг. Хөрсний чийгийн орон зайн болон цаг хугацааны тархалт нь газрын бүрхэвч-агаар мандлын харилцан үйлчлэл, гадаргын температур, ууршилт-транспирацийн процесс, улмаар газар тариалангийн дулааны горимд шууд нөлөөлдөг (Cheng et al., 2006; Tian, 2011; Tian, 2013). Иймээс хөрсний чийгшлийг үнэлэх нь уур амьсгалын өөрчлөлт, ган гачиг, бэлчээрийн доройтол, цөлжилтийн үйл явцыг судлахад онцгой ач холбогдолтой юм.

Сүүлийн жилүүдэд тандан судлах технологи нь хөрсний чийгшлийг шууд бус аргаар үнэлэх боломжийг бүрдүүлж, ургамалжилтын индекс (NDVI) болон газрын гадаргын температур (LST)-ын хослолд суурилсан аргачлалууд өргөн хэрэглэгдэх болсон. Ялангуяа NDVI-LST хамаарлын орон зайн тархалтад тулгуурласан температур-ургамалжилтын хуурайшлын индекс (Temperature Vegetation Dryness Index, TVDI) нь гадаргын чийгшлийн төлөвийг тодорхойлох үр дүнтэй үзүүлэлт болох нь олон судалгаагаар нотлогдсон.

Монгол орны хувьд хуурай, хагас хуурай бүс давамгайлдаг тул хөрсний чийгшлийн өөрчлөлт нь бэлчээрийн ургамалжилт, мал аж ахуй, байгаль орчны тогтвортой байдалд шууд нөлөөлдөг. Ялангуяа Алтай сум орчмын бүс нутаг нь уур амьсгалын хэлбэлзэлд эмзэг, хуурайшил нэмэгдэх хандлагатай

бүсэд хамаарах тул гадаргын чийгшлийн орон зайн өөрчлөлтийг урт хугацаанд судлах шаардлага өндөр байна.

Энэхүү судалгаанд Алтай сумыг судалгааны талбар болгон сонгон авч, 1995–2025 оны хугацаанд Landsat дагуулын мэдээг ашиглан 7 болон 8 дугаар сарын NDVI болон газрын гадаргын температур (LST)-ыг тодорхойлж, NDVI-LST хамаарлын орон зайг байгуулан TVDI индексийг тооцоолсон. Үүний үндсэн дээр гадаргын чийгшлийн орон зайн тархалт, түүний хугацааны өөрчлөлтийг үнэлж, хуурайшлын динамик өөрчлөлтийн онцлогийг тодорхойлох зорилготой.

Судалгааны үр дүн нь тухайн бүс нутгийн хуурайшлын төлөв, түүний өөрчлөлтийн чиг хандлагыг илрүүлэхээс гадна ган гачиг, газрын доройтол, цөлжилтийн үйл явцыг үнэлэхэд шинжлэх ухааны үндэслэл бүхий мэдээлэл, шийдвэр гаргалтад дэмжлэг үзүүлэх ач холбогдолтой.

2. Материал ба арга зүй

2.1. Судалгааны талбар

Алтай сум нь Говь-Алтай аймгийн өмнөд хэсэгт орших бөгөөд нутаг дэвсгэрийн хэмжээ 20,256 км² бөгөөд сумын төв Баян-Овоо нь Улаанбаатар хотоос 1,344 км зайд оршдог.

Рельефийн хувьд далайн түвшнээс дээш 526–3,802 м өргөгдсөн бөгөөд өндөр уулс, уулс хоорондын хотгор, тал газар зонхилно. Монгол орны хамгийн нам дор цэг болох Номингийн говийн Элст хотгор (526.74 м) энэ сумын нутагт оршдог. Харин Монгол орны 18 дахь өндөр уул болох Аж Богд (3,802 м) мөн энд байрлах бөгөөд Тэрэгтийн нуруу

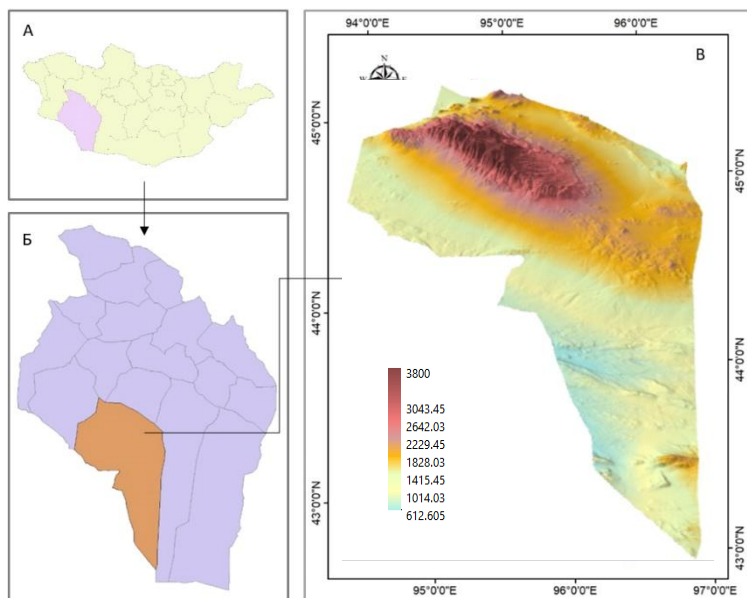
(3,757 м), Их Ойм (3,566 м) зэрэг олон өндөр уулстай.

Уур амьсгал нь газарзүйн байршлаасаа шалтгаалан мэдэгдэхүйц ялгаатай бүсүүдийг агуулна. Говь, тал нутаг нь гандуу дулаан зунтай, хахир өвөлтэй бол Аж Богдын нурууны дээд хэсэг нь хуурай, сэрүүн зунтай уур амьсгалтай. Жилийн дундаж температур -2°C , 7 дугаар сарын дундаж температур 16°C , 1 дүгээр сарын дундаж температур -20°C байдаг. Хур тунадас орон зайн хувьд их ялгаатай бөгөөд говийн нам дор бүсэд 50 мм орчим, уулын дээд хэсэгт 200–250 мм унадаг.

Аж Богдын нурууны өвөр болон ар талаас Гишүүнтийн гол (40.4 км), Баян гол (50.8 км) зэрэг хэд хэдэн байнгын урсгалтай гол эх авдаг бөгөөд эдгээр нь хур бороо болон цасны усаар тэжээгдэж, уулын амнаасаа цааш ихэнхдээ хурдан ширгэдэг.

Хөрсний бүрхэвч нь говийн нам дор бүсэд хэт хуурай цөлийн борзон хөрс, уулын бэлд цөлийн бор саарал хөрс, Аж Богдын нурууны дээд хэсэгт өндөр уулын хээрийн хар хүрэн хөрс давамгайлна. Ургамалжилтын хувьд уулархаг бүсэд алаг өвст-ботуулыт хээрийн ургамалшил, нам дор тал газарт заг, баглуур, зээргэнэ зэрэг хэт гандуу цөлийн ургамал зонхилж, Монгол орны томоохон заган ойн бүсүүдийн нэг энд оршдог.

Ийнхүү Алтай сум нь өндрийн мэдэгдэхүйц ялгаа, хуурай уур амьсгал, ургамалжилт болон чийгшлийн хурц орон зайн ялгааг нэгэн дор агуулдаг бөгөөд энэ нь гадаргын чийгшлийн өөрчлөлтийг судлах оновчтой судалгааны талбар болохыг нотолж байна.



Зураг 1. Судалгааны талбар. (А) Монгол улс; (Б) Говь-Алтай аймаг; (В) Алтай сум.

1.1. Өгөгдөл ба урьдчилсан боловсруулалт

1.1.1. Хиймэл дагуулын өгөгдөл ба боловсруулалт

Энэхүү судалгаанд газрын гадаргын урт хугацааны өөрчлөлтийг тодорхойлох зорилгоор Landsat дагуулын цуврал мэдээг ашигласан.

Судалгаанд Landsat-5 TM, Landsat-7 ETM+, болон Landsat-8 OLI/TIRS, Landsat-9 OLI-2/TIRS-2 мэдээг ашигласан. Landsat-7 хиймэл дагуулын 2003 оны 5 сараас хойш үүссэн scan line corrector (SLC-off) алдагдлыг нөхөх тусгай алгоритм ашиглаагүй бөгөөд үүний оронд Landsat-5 TM болон Landsat-7 ETM+ хиймэл дагуулын мэдээг хамтатган ашиглаж, хугацаа тус бүрд олон жилийн (жишээ нь, 5 жилийн) дундаж composite зураг үүсгэх аргыг хэрэглэсэн болно. Ийнхүү олон жилийн туршид авсан олон зургийг нэгтгэснээр тухайн огноонд дутуу байсан пикселүүдийг бусад огнооны бүрэн мэдээллээр нөхөх боломж бүрдэж, SLC-

off алдааны нөлөөг буурууллаа. Мөн Landsat-5 TM мэдээг давхцах хугацаанд хамт ашигласнаар өгөгдлийн тасалдлын нөлөөг цаашид багасгасан. Иймээс Landsat-7-ийн SLC-off алдаанаас үүссэн өгөгдлийн алдагдлын эцсийн үр дүнд үзүүлэх нөлөө маш бага гэж үзэж байна.

Судалгаанд ашигласан бүх өгөгдөл нь Landsat Collection 2 Level-2 бүтээгдэхүүн бөгөөд 30 м орон зайн нарийвчлалтай гадаргын ойлт (surface reflectance) болон температурын мэдээллийг агуулсан байдаг. Зургийг сонгохдоо үүлшил багатай, ургамалжилтын идэвхжил өндөр үе болох 7 болон 8 дугаар сарын мэдээг ашиглалаа.

Энэ судалгаанд мэдрэгч хоорондын ялгааг засах тусгай мэдрэгч хоорондын нийцүүлэлт коэффициент ашиглаагүй боловч (Roy et al, 2016) бүх мэдээг Collection 2 Level-2 стандарт бүтээгдэхүүнд тулгуурлан боловсруулж, 5 жилийн хугацааны 7–8 сарын олон зурагт mean composite үүсгэснээр мэдрэгч хоорондын болон scene-level хэлбэлзлийн нөлөөг бууруулсан.

Хүснэгт 1. Судалгаанд ашигласан хиймэл дагуулын мэдээ

Үзүүлэлт	Landsat-5 TM	Landsat-7 ETM+	Landsat-8 OLI/TIRS	Landsat-9 OLI-2/TIRS-2
Мэдрэгч	TM	ETM+	OLI + TIRS	OLI-2 + TIRS-2
Спектрийн суваг	7	8	11	11
Орон зайн нарийвчлал	30 м	30 м (15 м pan)	30 м (15 м pan, 100 м thermal)	30 м (15 м pan, 100 м thermal)
Өгөгдлийн төрөл	Level-2	Level-2	Level-2	Level-2

Эх сурвалж	USGS	USGS	USGS	USGS
------------	------	------	------	------

Судалгаанд ашигласан Landsat дагуулын бүх зургууд нь USGS-ийн Landsat Collection 2 Level-2 бүтээгдэхүүнээс авсан бөгөөд атмосферийн нөлөөллийг засварласан гадаргын тусгал (Surface Reflectance) болон газрын гадаргын температур (Land Surface Temperature) мэдээллийг агуулсан.

Өгөгдлийн чанарыг сайжруулах зорилгоор дараах урьдчилсан боловсруулалтыг гүйцэтгэв. Үүнд, үүл болон үүлний сүүдрийн нөлөөг арилгахын тулд QA_PIXEL чанарын давхаргыг ашиглан үүл, сүүдэр, цас, ханасан пикселүүдийг маск хийж хассан. Мөн радиометрийн алдаа болон мэдрэгчийн нөлөөллийг бууруулах зорилгоор QA_RADSAT давхаргыг ашиглав.

Улирлын нөлөөг багасгах зорилгоор ургамалжилтын идэвхжил өндөр үе болох 7, 8 дугаар сарын зургуудыг сонгон авч, тухайн хугацаанд олон жилийн дундаж утгыг тооцоолсон.

Мөн NDVI болон LST утгуудын бодит бус хазайлтыг арилгах зорилгоор NDVI < 0 болон NDVI > 1, LST < -20°C болон LST > 70°C утгатай пикселүүдийг шүүж

хэссэн болно. Ийнхүү боловсруулсан өгөгдөл нь NDVI-LST хамаарлыг тодорхойлох, TVDI индексийг найдвартай тооцоолох үндсэн суурь болж өгсөн гэж үзлээ.

2.2.2 Агаарын температур, хур тунадасны өгөгдөл ба боловсруулалт

Газрын гадаргын чийгшлийн орон зайн тархалтыг зайнаас тандан судлах аргаар үнэлэх нь уур амьсгалын өөрчлөлт, цөлжилт, газрын доройтол зэрэг асуудлыг судлахад өргөн хэрэглэгдэж байна. Ялангуяа ургамалжилтын индекс (NDVI) болон газрын гадаргын температур (LST)-ын хослолд суурилсан температур-ургамалжилтын хуурайшлын индекс (Temperature Vegetation Dryness Index, TVDI) нь хөрсний чийгшлийн төлөвийг шууд бус аргаар тодорхойлох үр дүнтэй арга гэж үздэг.

Price (1990), Carlson нарын судалгаанд NDVI болон гадаргын температурын хамаарлыг ашиглан газрын гадаргын энергийн тэнцвэрийг судлах боломжийг харуулсан бөгөөд эдгээр үзүүлэлтүүдийн орон зайн тархалт нь

гурвалжин хэлбэрийн диаграмм үүсгэдэг болохыг тогтоосон. Nemani et al. (1993), Moran et al. (1994) нар NDVI-температурын хамаарлыг судлахад трапец хэлбэрийн тархалт үүсэх боломжтойг тэмдэглэсэн бол Sandholt et al. (2002) нар энэхүү хамааралд үндэслэн TVDI индексийг боловсруулж, хөрсний чийгшлийг үнэлэхэд өргөн хэрэглэгдэх аргачлал болгон хөгжүүлсэн.

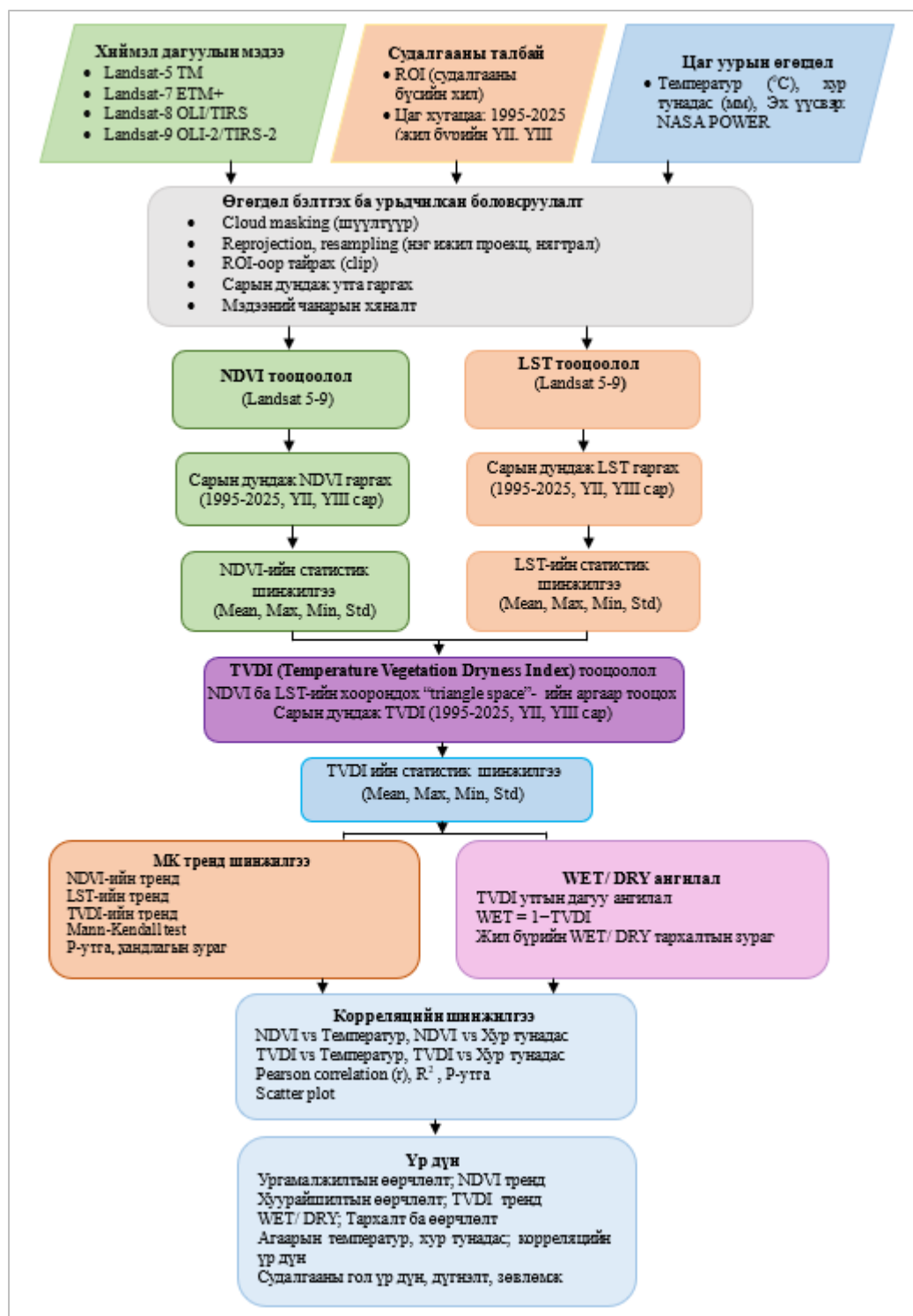
Сүүлийн үеийн судалгаанд NDVI болон LST хослолд суурилсан TVDI индексийг Монгол орны хуурайшил, цөлжилтийн үйл явцыг үнэлэхэд ашиглах хандлага нэмэгдэж байгаа бөгөөд энэ нь газрын гадаргын чийгшлийн өөрчлөлтийг илүү нарийвчлалтай илэрхийлэх боломжийг олгож байна. Алтай сумын хэмжээнд олон жилийн хугацааны TVDI индексийн орон зай-цаг хугацааны өөрчлөлтийг нарийвчлан судалсан ажил байхгүй нь энэхүү судалгааны шинэлэг талыг тодорхойлж байна.

2.1.1. Ургамалжилтын индекс (NDVI)

Ургамлын ногоон массыг илэрхийлэх зорилгоор Ургамлын нормчилсон ялгаврын индекс (NDVI)-ийг ашиглав. NDVI нь улаан (Red) болон ойрын хэт улаан (NIR) мужийн тусгалын ялгаанд үндэслэн дараах байдлаар тооцоологддог:

$$NDVI = (NIR - RED) / (NIR + RED)$$

NDVI утга нь -1—+1 хооронд хэлбэлзэх ба өндөр утга нь өтгөн ургамалжилтыг, бага утга нь нүцгэн хөрс, чулуурхаг болон ургамалжилт багатай гадаргыг илэрхийлнэ.



Зураг 2. Судалгааны арга зүйн схем

2.1.2. Газрын гадаргын температур (LST)-ын шинжилгээ

Газрын гадаргын температур (Land Surface Temperature, LST)-ыг Landsat дагуулын дулааны сувгуудыг ашиглан тодорхойлсон. LST нь гадаргын энергийн баланс болон ууршилт, гадаргын чийгшилтэй шууд холбоотой үзүүлэлт бөгөөд хуурайшилтыг үнэлэхэд чухал үүрэгтэй.

2.1.3. Хуурайшил (DRY)-ын ба чийгшил (WET)-ийн индексийн тооцоолол

TVDI индексэд суурилан гадаргын чийгшил болон хуурайшлын нөхцлийг илүү ойлгомжтой илэрхийлэх зорилгоор WET болон DRY индексүүдийг тодорхойлсон. DRY индекс нь TVDI-тэй тэнцүү бөгөөд гадаргын хуурайшлын түвшинг илэрхийлнэ. Харин WET индексийг TVDI-ийн эсрэг утгаар тодорхойлж, дараах байдлаар тооцоолов.

WET=1-TVDI

Ийнхүү WET индекс нь чийгшлийн төлөвийг, DRY индекс нь хуурайшлын төлөвийг илэрхийлэх бөгөөд эдгээр нь TVDI-ийн утгыг илүү ойлгомжтой тайлбарлах, орон зайн тархалтыг тодорхойлоход ашиглагдсан.

2.1.4. TVDI индексийн тооцоолол

Температур–ургамалжилтын хуурайшлын индекс (TVDI) нь ургамалжилтын индекс болон газрын гадаргын температурын харилцан үйлчлэлд суурилан хөрсний чийгшлийн төлвийг тодорхойлдог. Ургамлын бүрхэвч нарны энергийг шингээх үед ургамлын температур нэмэгдэх хандлагатай боловч транспирацийн процессын нөлөөгөөр дулаан буурч байдаг. Харин хөрсний чийг хангалтгүй үед ууршилт буурч, ургамлын температур нэмэгдэх нөхцөл бүрддэг (Zhang et al., 2015).

Хэдийгээр хөрсний чийгийг газрын гадаргын температураар шууд тодорхойлох боломжгүй боловч ижил төрлийн ургамлын бүрхэвч бүхий талбайд температурын ялгаагаар дамжуулан чийгшлийн төлвийг үнэлэх боломжтой. Энэхүү мэдээлэл нь зайнаас тандан судлах зурган дээр пикселийн түвшинд илэрхийлэгддэг.

TVDI индексийг тодорхойлохдоо NDVI–LST орон зай дахь хуурай (dry edge) болон чийгтэй (wet edge) хилийг автомат аргаар тодорхойлсон. Үүний тулд NDVI утгыг тэнцүү интервалуудад (bin) хувааж, интервал бүрт харгалзах хамгийн бага температур (T_{min}) болон хамгийн их температур (T_{max})-ийг тодорхойлсон.

Дараа нь эдгээр утгуудад шугаман регресс хийж, wet edge (T_{min} = c·NDVI + d) болон dry edge (T_{max} = a·NDVI + b) тэгшитгэлүүдийг тодорхойлсон. Энэхүү арга нь субъектив гараар сонголт хийх шаардлагагүй бөгөөд NDVI–LST хамаарлыг объектив байдлаар илэрхийлэх боломжийг бүрдүүлдэг.

NDVI ба LST хамаарлыг координатын системд дүрслэхэд гурвалжин хэлбэрийн тархалт үүсэх бөгөөд:

- Дээд хил нь хуурай нөхцөл (dry edge),
- Доод хил нь чийгтэй нөхцөл (wet edge)-ийг илэрхийлнэ.

Энэхүү хамаарал нь TVDI индексийг тооцоолох үндэс болдог. TVDI индексийг дараах томъёогоор тодорхойлно:

$$TVDI = (T_s - T_{smin}) / (T_{smax} - T_{smin})$$

Үүнд:

T_s – тухайн пикселийн газрын гадаргын температур

$T_{smin} = c + d \times NDVI$ – тухайн NDVI-д харгалзах хамгийн бага температур (чийгтэй хил)

$T_{smax} = a + b \times NDVI$ – тухайн NDVI-д харгалзах хамгийн их температур (хуурай хил)

a, b, c, d – шугаман регрессийн коэффициентууд

TVDI утга нь 0–1 хооронд хэлбэлзэх ба утга нь 0-д ойр бол чийгтэй, 1-д ойр бол хуурайг илтгэнэ.

2.1.5. Хуурайшлын чиг хандлагын орон зайн тархалтын шинжилгээ

1995–2025 оны хугацаанд TVDI индексийн цаашдын өөрчлөлтийн чиг хандлагыг тодорхойлох зорилгоор Манн–Кендаллын (МК) тестийг ашиглав. Энэхүү тест нь параметрийн бус арга бөгөөд өгөгдөл хэвийн тархалттай байх шаардлагагүй тул уур амьсгал, байгаль орчны судалгаанд өргөн хэрэглэгддэг (Yue & Wang, 2004).

Трендийн чиглэл болон ач холбогдлыг стандартчлагдсан Z статистикаар тодорхойлсон. Z эерэг утгатай бол өсөх, сөрөг утгатай бол буурах хандлагыг илэрхийлнэ. $|Z| > 1.96$ үед тренд нь 95%-ийн итгэлцлийн түвшинд статистикийн хувьд ач холбогдолтой гэж үзэв.

2.1.6. Корреляцийн шинжилгээ

Судалгаанд NDVI, TVDI болон цаг уурын үзүүлэлтүүд (агаарын температур, хур тунадас)-ийн хоорондын хамаарлыг тодорхойлох зорилгоор корреляцийн шинжилгээ хийсэн. Үүний тулд 1995–1999, 2000–2004, 2005–2009, 2010–2014, 2015–2019, 2020–2025 гэсэн зургаан хугацааны интервал тус бүрийн дундаж NDVI, TVDI, агаарын температур болон хур тунадасны утгуудыг ашиглав. Өөр өөр нэгж, хэмжээтэй үзүүлэлтүүдийг харьцуулахын тулд Z-score стандартчилал хийсэн.

Хувьсагчдын хоорондын шугаман хамаарлыг Pearson корреляцийн коэффициент (r), тодорхойлогдох коэффициент (R^2), болон статистикийн ач холбогдлын түвшин (p-value)-ээр үнэлэв. Мөн NDVI–температур, NDVI–хур тунадас, TVDI–температур, TVDI–хур тунадасны хоорондын хамаарлыг цэгэн тархалтын график болон шугаман регрессийн аргаар дүрслэн харуулав. Судалгаанд ашигласан хугацааны интервалын тоо хязгаарлагдмал (n=6) тул корреляцийн үр дүнг болгоомжтой тайлбарлах шаардлагатай.

3. Судалгааны үр дүн ба хэлэлцүүлэг

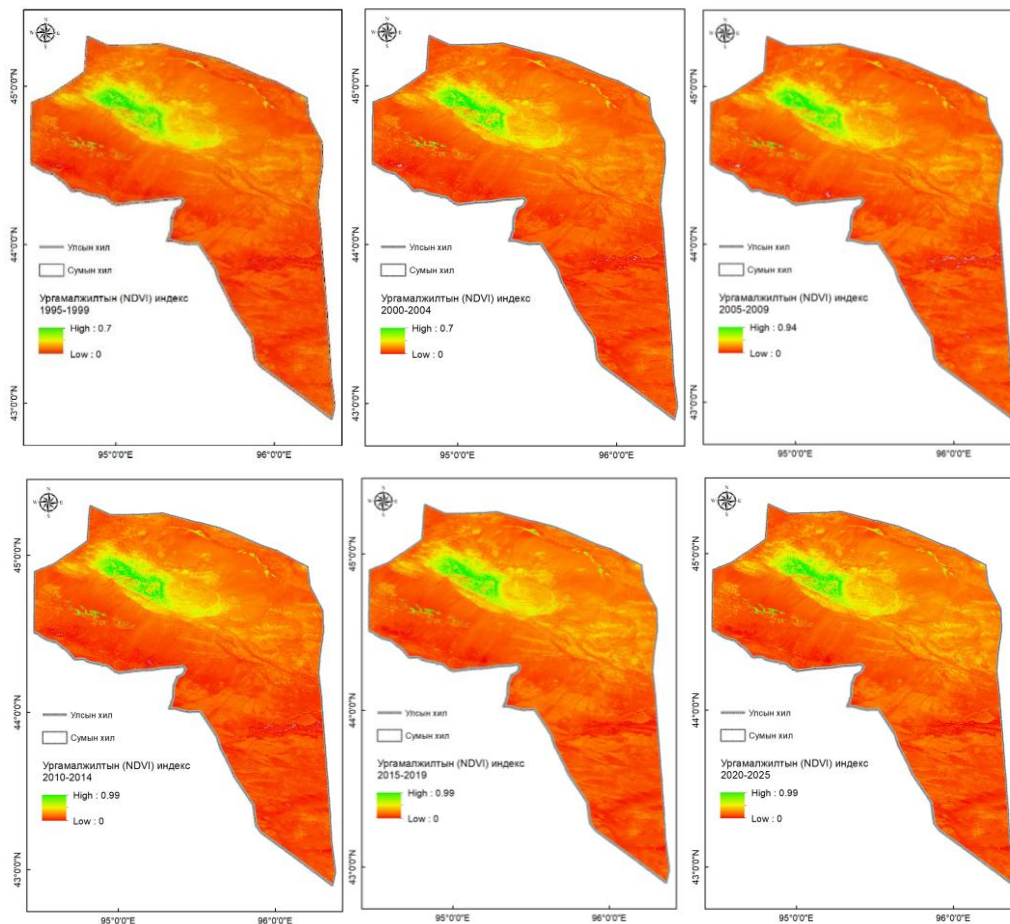
3.1. Ургамлын нормчилсон ялгаврын индекс (NDVI)-ийн орон зай, цаг хугацааны өөрчлөлт

Алтай сумын 1995–2025 оны хугацаанд NDVI индексийн орон зайн тархалтыг зургаан үе шатад харьцуулан судлахад тодорхой хэв шинж ажиглагдаж байна. Судалгааны бүсийн Аж Богдын уулархаг нутаг, түүний орчмын ухаа гүвээт тал, уулс хоорондын хотгорын баянбүрд бүхий нутгуудаар NDVI өндөр утга (0.6–0.9) зонхилж байгаа нь ургамалжилт харьцангуй сайн хөгжсөн байгааг илэрхийлнэ. Харин өмнөд говь, цөлийн бүсэд NDVI утга (0–0.3) давамгайлж байгаа нь ургамалжилт сийрэг, хуурайшил ихтэй бүс болохыг харуулж байна.

Хугацааны хувьд NDVI-ийн дундаж утгыг үзэхэд ургамалжилтын өөрчлөлт бага зэрэг хэлбэлзэлтэй боловч ерөнхийдөө тогтвортой хандлагатай байна. Зарим хугацаанд (жишээлбэл 2010–2014, 2015–2019) NDVI-ийн дундаж утга өссөн нь тухайн үед ургамалжилт нэмэгдсэнийг илтгэж байгаа бол сүүлийн үе (2020–2025)-д зарим хэсэгт буурах хандлага ажиглагдаж байна.

Зураг болон статистик өгөгдлийг хамтатган дүгнэхэд ургамалжилтын орон зайн тархалт нь ихэвчлэн тогтвортой хэв шинжтэй боловч цаг хугацааны хувьд тодорхой хэмжээний хэлбэлзэл илэрч байгаа нь уур амьсгалын нөхцөл, ялангуяа хур тунадас болон температурын өөрчлөлттэй холбоотой юм.

NDVI-ийн дундаж утгаас харахад 1995–2009 оны хооронд ургамалжилт буурах хандлага ажиглагдаж, ялангуяа 2005–2009 онд хамгийн их бууралт (-16.04%) илэрсэн байна. Харин 2010 оноос хойш ургамалжилт эргэн нэмэгдэх хандлагатай болж, 2010–2014 онд хамгийн их өсөлт (+25.79%) ажиглагдсан. Энэ нь нийт нутгийг хамарсан 2009 оны зудын дараах дулааны улиралд хур тунадас нэмэгдэж, их цасны улмаас хөрсний чийг нэмэгдэж ургамалжилт сэргэсэнтэй холбоотой гэж тайлбарлаж болно. Сүүлийн үед (2015–2025) өсөлтийн хандлага саарч, тогтворжих шинж илэрч эхэлжээ.



Зураг 3. Ургамлын нормчилсон ялгавр (NDVI)- ын индексийн утга; (1995–2025, 7–8 сар)

Ийнхүү NDVI индексийн үр дүн нь судалгааны бүс нутгийн ургамалжилтын орон зайн ялгаа болон хугацааны өөрчлөлтийг тодорхой харуулж байгаа бөгөөд цаашид TVDI

индексийн үр дүнтэй уялдуулан хуурайшлын өөрчлөлтийг илүү нарийвчлан тайлбарлах боломжийг бүрдүүлж байна.

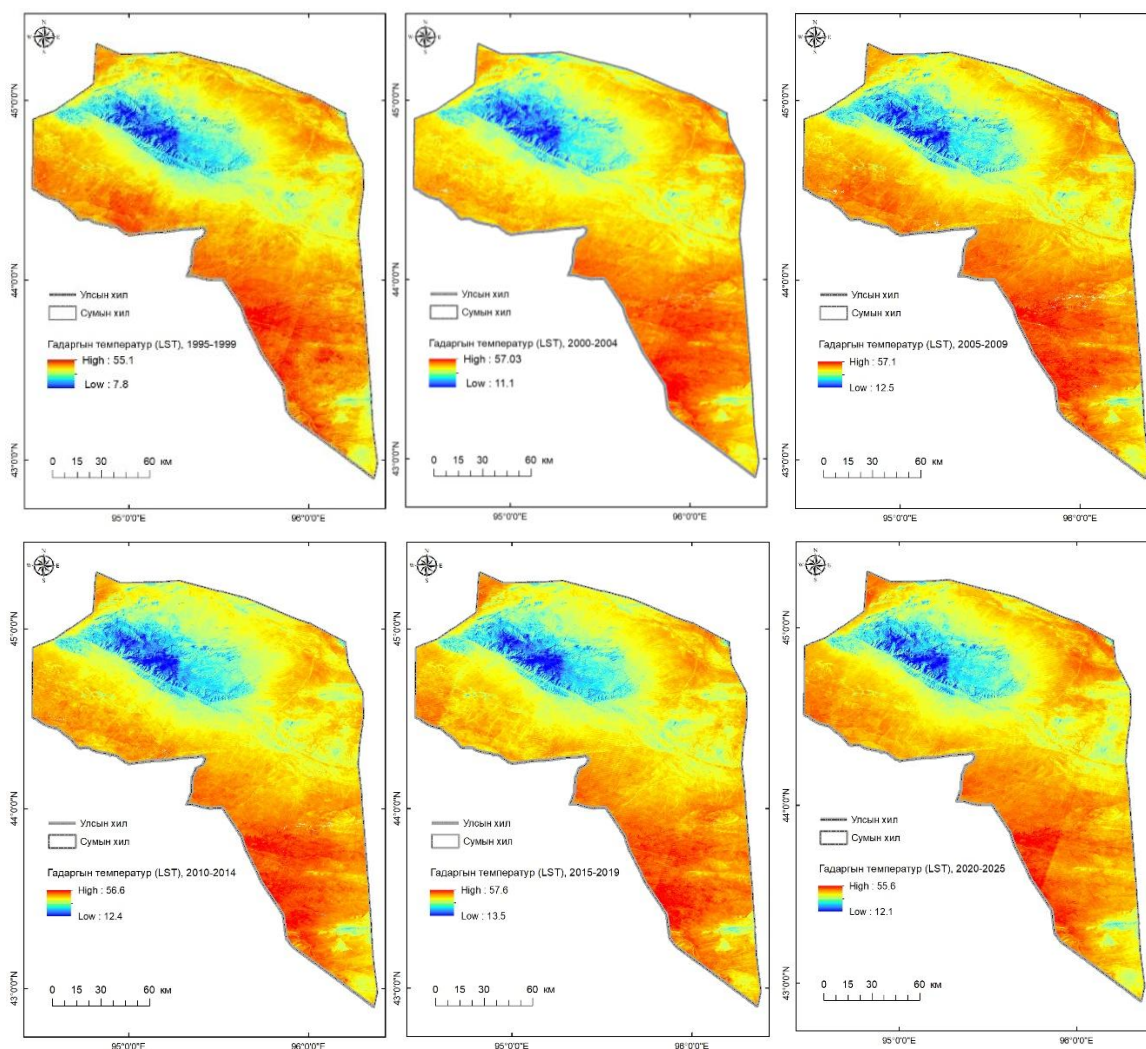
3.2. Газрын гадаргын температур (LST)-ын тооцоолол ба шинжилгээ

Алтай сумын газрын гадаргын температурын (LST) орон зайн тархалтыг 1995–2025 оны зургаан үе шатанд харьцуулан судлахад тодорхой зүй тогтол ажиглагдаж байна. Судалгааны бүсийн төв хэсэгт орших Аж Богдын нуруу, түүнийг хүрээлсэн нам уулс, бэл орчимд температурын хамгийн бага утгууд (хөх–цэнхэр өнгө) тогтвортой тархаж байгаа нь тухайн бүсийн өндөршил, уулын рельефийн нөлөөг илэрхийлж байна. Өөрөөр хэлбэл, Аж Богдын нуруу нь судалгааны талбайн хамгийн сэрүүн бүс юм.

Харин Аж Богдын нурууг хүрээлсэн нам дор хөндий, хонхор хотгор бүсүүдэд температурын утга аажмаар нэмэгдэж байна. Ялангуяа сумын өмнөд болон зүүн өмнөд хэсгээр (Говийн нам дор бүсүүд) хамгийн өндөр температур илэрч байгаа нь энэ бүс нам доор газарт оршиж хуурай, ургамалжилт багатай, ил задгай гадаргын нөлөөтэй холбоотой.

Хугацааны өөрчлөлтийн хувьд бүх зургаан үе шатанд дээрх орон зайн хэв шинж хадгалагдаж байгаа боловч зарим үед (жишээлбэл 2005–2009, 2015–2019) дулаан бүсүүдийн тархалт тэлэх хандлага ажиглагдаж байна. Мөн 2010 оноос хойш температурын дээд утга бага зэрэг өсөх хандлага илэрч байгаа нь уур амьсгалын дулаарал, хуурайшилтай холбоотой гэж үзэж болно.

Ийнхүү газрын гадаргын температурын тархалт нь судалгааны бүсийн рельеф, өндөршил, ургамалжилт, чийгшлийн нөхцөлтэй нягт уялдаатай бөгөөд Аж Богдын нуруу нь бүс нутгийн температурын тархалтыг тодорхойлогч гол хүчин зүйл болж байна.



Зураг 4. Газрын гадаргын температур (LST)-ын утга; (1995–2025, 7–8 сар)

3.3.Хуурайшил (DRY)-ын индексийн орон зай, цаг хугацааны өөрчлөлт

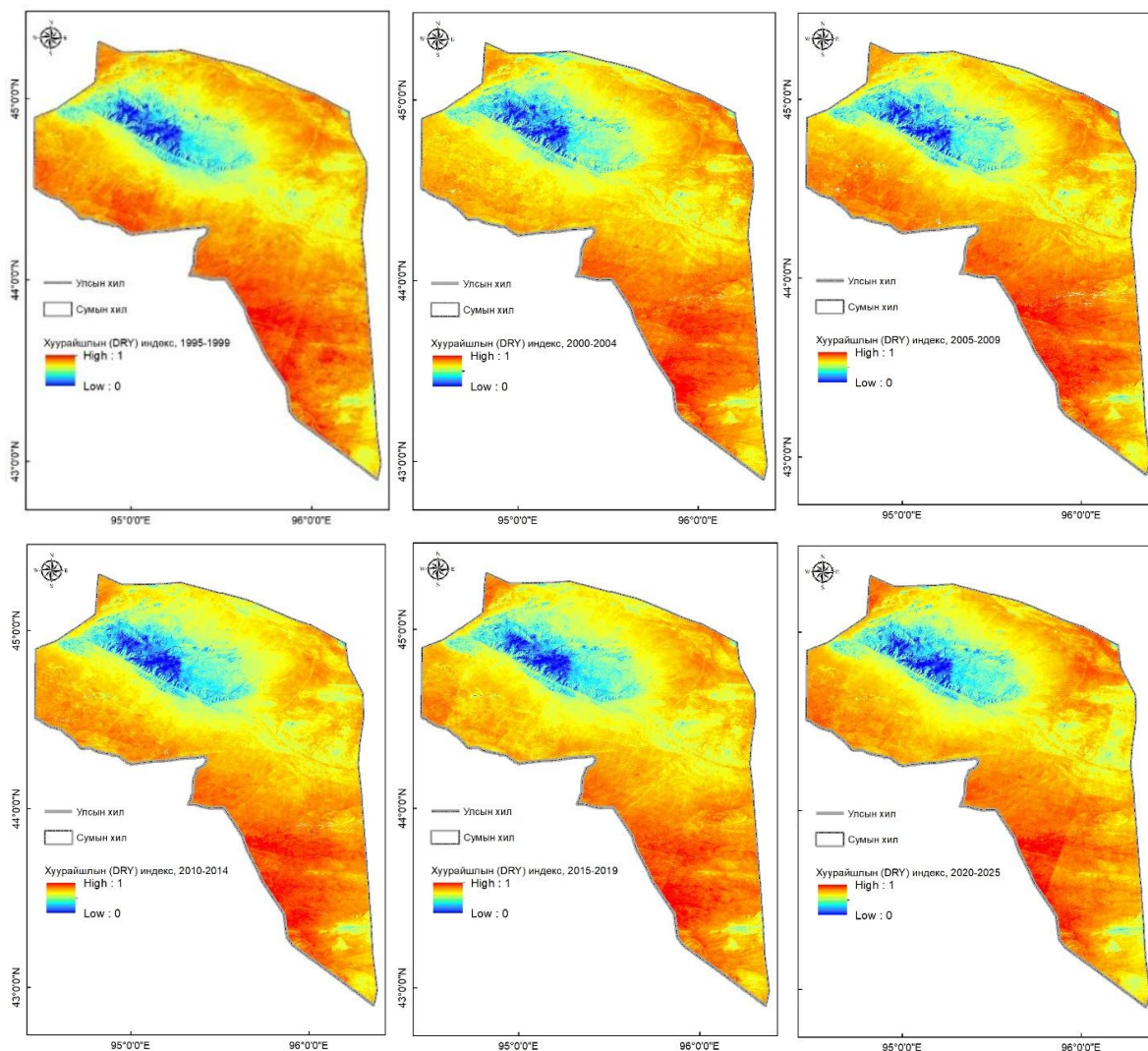
Алтай сумын 1995–2025 оны хугацаанд DRY индексийн орон зайн тархалтыг судлахад тодорхой бүсчилсэн хэв шинж мөн ажиглагдаж байна. Судалгааны талбайн уулархаг бүсүүдэд, тухайлбал Аж Богдын нурууг дагасан хэсгүүдэд DRY индексийн бага утга тогтвортой тархаж байгаа нь тухайн бүсүүд харьцангуй чийглэг нөхцөлтэй болохыг илтгэнэ.

Харин сумын өмнөд болон зүүн өмнөд хэсгийн говийн, нам дор бүсүүд, ялангуяа Таван толгой орчим, Загийн бүсүүд болон уудам тэгш тал нутгуудад DRY индексийн өндөр утга (шар–улаан өнгө) зонхилж байгаа нь хуурайшил илүү их байгааг харуулж байна. Эдгээр бүсүүд нь ургамалжилт сийрэг, хөрсний чийг багатай, гадаргын ил задгай байдал ихтэй газар нутагтай тохирч байна.

Орон зайн хувьд DRY индекс нь уулархаг, голын сав дагуух бүсүүдээс өмнөд говийн бүс рүү чиглэн нэмэгдэх хандлагатай байгаа нь өндөршил, ургамалжилт, чийгшлийн ялгаатай нягт холбоотой байна.

Хугацааны өөрчлөлтийн хувьд 1995–2009 оны хооронд DRY индексийн өндөр утгатай бүсүүд харьцангуй тогтвортой байсан бол 2010 оноос хойш зарим бүсүүдэд (ялангуяа өмнөд хэсэгт) хуурайшлын тархалт бага зэрэг тэлэх хандлага ажиглагдаж байна. Мөн 2015–2025 оны үед DRY индексийн өндөр утгатай талбайн хэмжээ нэмэгдэх шинж илэрч байгаа нь хуурайшлын эрчимжил нэмэгдэж байгааг илтгэнэ.

Ийнхүү DRY индексийн тархалт нь судалгааны бүс нутгийн рельеф, өндөршил, ургамалжилт болон чийгшлийн нөхцөлтэй нягт уялдаатай бөгөөд уулын болон уулс хоорондын сав газрын бүсүүд харьцангуй чийглэг, өмнөд говь, цөлийн бүсүүд хуурай хэв шинжтэй байгааг тодорхой харуулж байна.



Зураг 5. Хуурайшил (DRY)-ын индексийн утга; (1995–2025, 7–8 сар)

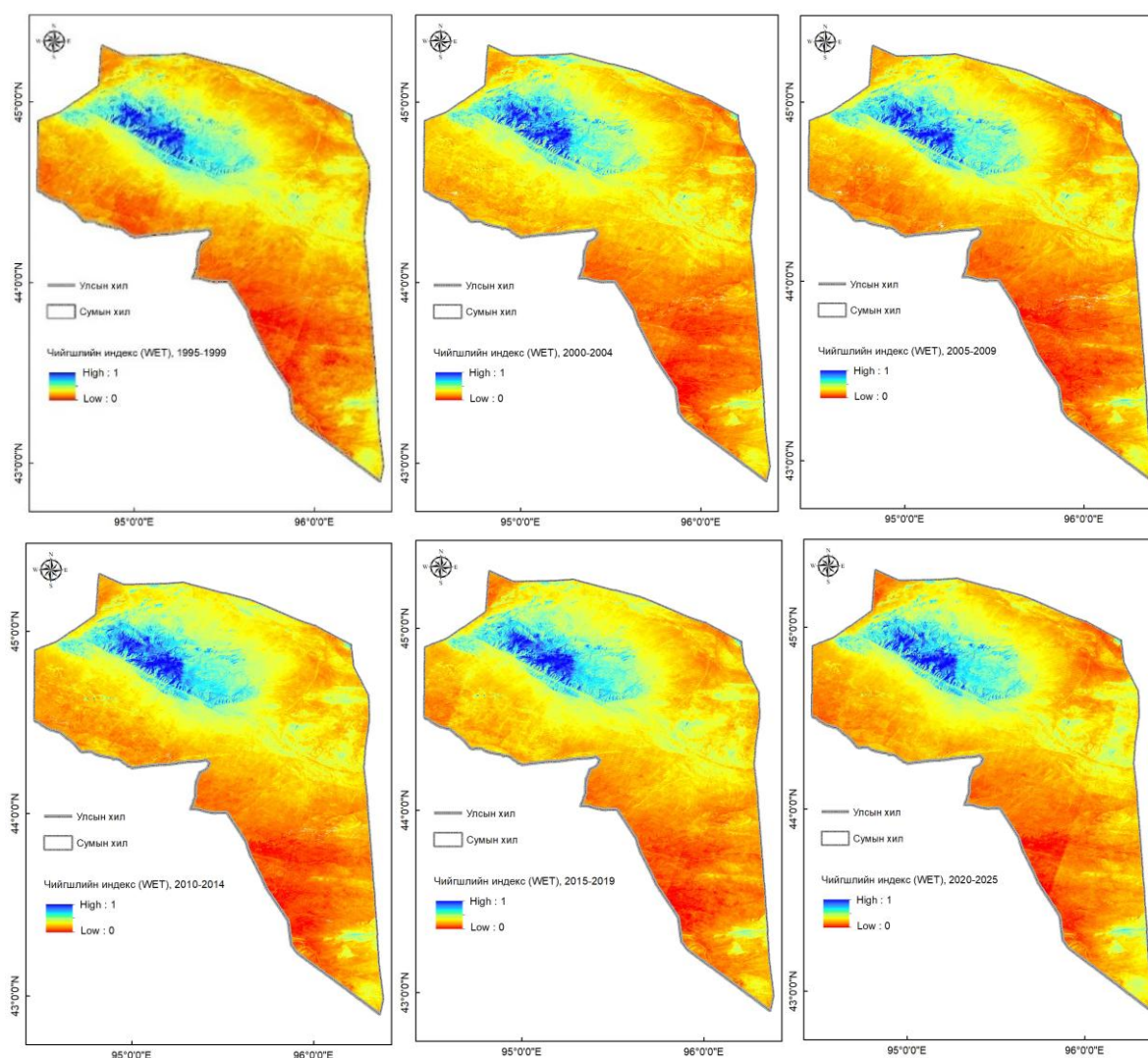
3.4 Чийгшил (WET)-ийн индексийн орон зай, цаг хугацааны өөрчлөлт

Алтай сумын 1995–2025 оны хугацаанд WET индексийн орон зайн тархалтыг судлахад тодорхой бүсчилсэн хэв шинж ажиглагдаж байна. Аж Богдын нуруу, түүнийг хүрээлсэн нутгуудад WET индексийн өндөр утга зонхилж байгаа нь тухайн бүсүүд харьцангуй чийглэг нөхцөлтэй байгааг илэрхийлж байна.

Харин сумын өмнөд болон зүүн өмнөд хэсгийн нам дор говь цөлийн бүсүүдэд WET индексийн хамгийн бага утга зонхилж байгаа нь чийгшил багатай, хуурай нөхцөл давамгайлж байгааг харуулж байна.

Орон зайн хувьд WET индекс нь өндөр уулын бүсэд их, түүнийг хүрээлсэн аараг толгодорхог нутаг, уулс хоорондын баянбүрд бүхий бүсүүдэд харьцангуй багасч улмаар говь, цөлийн бүс рүү чиглэн буурах хандлагатай байгаа нь өндөршил буурах, ургамалжилт сийрэгжих, хөрсний чийг багасах зүй тогтолтой холбоотой.

Хугацааны өөрчлөлтийн хувьд 1995–2009 оны хооронд WET индексийн тархалт харьцангуй тогтвортой байсан бол 2010 оноос хойш зарим бүсүүдэд, ялангуяа цөлөрхөг бүсэд чийгшил буурах (WET багасах) хандлага ажиглагдаж байна. 2015–2025 оны үед чийглэг бүсүүд бага зэрэг агшиж, хуурай бүсүүд тэлэх хандлага илэрч байгаа нь гадаргын чийгшил буурч байгааг илтгэнэ.



Зураг 6. Чийгшил (WET)-ийн индексийн утга; (1995–2025, 7–8 сар)

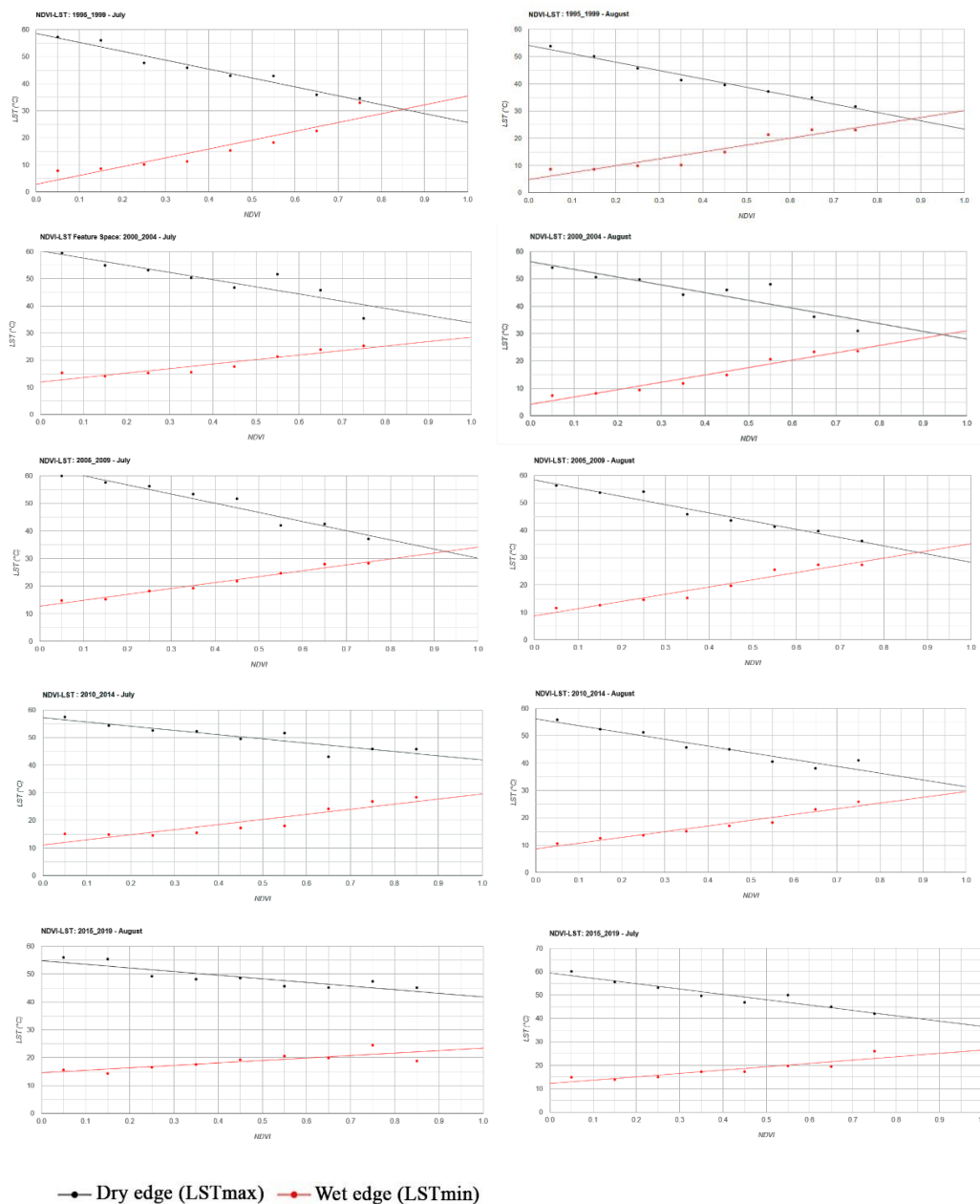
Ийнхүү WET индексийн тархалт нь DRY индексийн үр дүнтэй эсрэг хамааралтайгаар илэрч байгаа бөгөөд уулархаг бүсүүдэд харьцангуй чийглэг, өмнөд говь цөлийн нутагт хуурай хэв шинж давамгайлж байгаа нь тодорхой харагдаж байна.

3.5 NDVI–LST хамаарлын орон зай–цаг хугацааны шинжилгээ ба гадаргын чийгшлийн үнэлгээ

Алтай сумын 1995–2025 оны хугацаанд 6 үе шат тус бүрийн 7 болон 8 сарын NDVI–LST хамаарлыг шинжилж үзэхэд тодорхой гурвалжин тархалт үүсч байна.

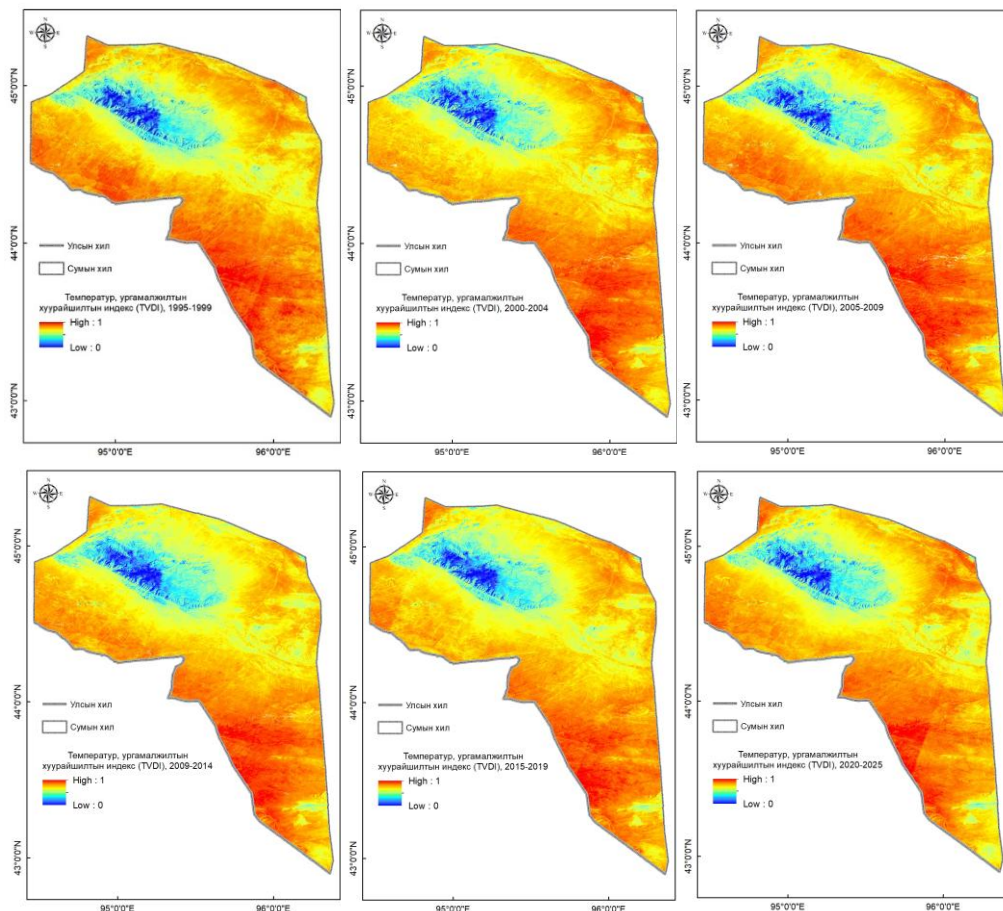
Дээд хил (хуурай нөхцөл) буюу хамгийн их температур нь NDVI-тэй сөрөг хамааралтай байгаа нь ургамлын бүрхэвч багатай бүсүүдэд температур өндөр, харин ургамалжилт нэмэгдэх тусам гадаргын температур буурч байгааг илэрхийлж байна.

Доод хил (чийгтэй нөхцөл) буюу хамгийн бага температур нь харьцангуй бага хэлбэлзэлтэй бөгөөд зарим үед NDVI-тэй сул эерэг хамааралтай байна. Энэ нь хөрсний чийг болон ууршилт–ургамлын транспирацийн нөлөөг илэрхийлж байна. Хоёр хилийн хоорондох температурын ялгаа их байгаа нь гадаргын чийгшлийн орон зайн ялгааг тодорхой харуулж, TVDI индексийг тооцоолох үндэс болж байна.



Зураг 7. NDVI–LST хамаарал болон хуурай–чийгтэй хилийн тодорхойлолт, (1995–2025, 7–8 сар)

Хугацааны хувьд 2010 оноос хойшхи үеүүдэд хуурай хилийн налуу илүү огцом болж байгаа нь ургамалжилтын өөрчлөлтөд температурын нөлөө нэмэгдэж байгааг харуулж байна. Энэ нь хуурайшил нэмэгдэж, газрын гадаргын доройтол явагдаж байгааг харуулж байна. Мөн зарим сүүлийн үед хуурай болон чийгтэй хилийн хоорондох ялгаа нэмэгдсэн нь чийгшлийн орон зайн хэлбэлзэл нэмэгдсэнийг илэрхийлнэ. NDVI–LST хамаарал нь ургамалжилт газрын гадаргын температурыг зохицуулах чухал үүрэгтэйг харуулж байна. NDVI өндөр бүсүүдэд температур бага, харин ургамал багатай бүсүүдэд дулаан хуримтлал их, хуурайшилд өртөмтгий байгаа юм. NDVI–LST хамаарал нь TVDI индексийг тодорхойлох үндэс бөгөөд пиксел бүрийн байрлал нь хуурай болон чийгтэй хилийн хоорондын харьцаагаар тодорхойлогддог.



Зураг 8. TVDI индексийн орон зай-цаг хугацааны тархалт, (1995–2025, 7–8 сар)

Алтай сумын 1995–2025 оны хугацаанд TVDI индексийн орон зайн тархалтыг зургаан үе шатад шинжилж үзэхэд тодорхой хэв шинж ажиглагдаж байна. Судалгааны бүсийн өндөр уулсын бүсэд TVDI-ийн бага утга зонхилж байгаа нь тухайн бүсэд харьцангуй чийгтэй нөхцөл давамгайлж байгааг илэрхийлнэ. Дундаж утга нь Аж Богдын нурууг хүрээлсэн аараг толгод, уулын бэл орчмоор тархжээ. Харин говь, цөлийн нутагт TVDI-ийн өндөр утга зонхилж, хуурайшил илүү өндөр байна.

Хугацааны хувьд харьцуулж үзэхэд 1995–1999 оны үед чийгтэй бүсүүд харьцангуй өргөн тархалттай байсан бол дараагийн үеүүдэд, ялангуяа 2010 оноос хойш, хуурай нөхцөл давамгайлах бүсүүдийн хэмжээ аажмаар нэмэгдсэн. 2015–2019 болон 2020–2025 оны үр дүнг өмнөх үеүүдтэй харьцуулахад өндөр TVDI утгатай бүсүүд илүү тодорхой болж, зарим хэсэгт тэлж байгааг ажиглаж болно.

Энэ нь судалгааны бүс нутагт хуурайшил нэмэгдэх хандлага ажиглагдаж байгааг илтгэх бөгөөд уур амьсгалын өөрчлөлт, ургамалжилтын бууралт, гадаргын чийгийн алдагдалтай холбоотой. Ялангуяа өмнөд хэсгийн хуурайшлын эрчимжил нь газрын доройтол болон цөлжилтийн үйл явцтай холбоотой байх магадлалтай.

Ийнхүү TVDI индексийн орон зайн тархалт нь NDVI–LST хамаарлаас гарсан онолын үндэслэлтэй нийцэж, гадаргын чийгшлийн өөрчлөлтийг үнэлэхэд үр дүнтэй үзүүлэлт болохыг баталж байна.

Хүснэгт 2. NDVI–LST орон зай дахь хуурай болон чийгтэй хилийг тодорхойлоход ашигласан шугаман регрессийн коэффициентүүд

Үе шат	Dry edge slope (a)	Dry edge intercept (b)	Wet edge slope (c)	Wet edge intercept (d)
1995–1999	-30.6119	55.0688	26.8618	4.7875
2000–2004	-32.6784	58.4700	20.9102	8.7985
2005–2009	-23.5723	57.1337	25.3540	10.4804
2010–2014	-10.3006	54.0912	18.8446	10.4776
2015–2019	-17.4259	56.6258	15.9831	12.6327
2020–2025	-13.4880	55.5539	13.5932	13.0296

NDVI–LST орон зайгаас тодорхойлсон dry edge болон wet edge-ийн регрессийн коэффициентүүд нь судалгааны хугацаанд гадаргын температур, ургамалжилт, чийгшлийн нөхцлийн харилцан хамаарал хэрхэн өөрчлөгдөж байгааг илэрхийлнэ.

Dry edge-ийн налуу нь тухайн NDVI утгад харгалзах газрын гадаргын хамгийн их температур буюу хуурай нөхцлийн дээд хилийг илэрхийлдэг. Судалгааны эхний үеүүдэд dry edge-ийн налуу илүү сөрөг утгатай байсан нь хуурай нөхцөлд ч NDVI нэмэгдэхэд LST-ийн дээд утга буурах ерөнхий зүй тогтол илүү тод илэрч байсныг харуулна. Өөрөөр хэлбэл, ургамалжилт багатай гадарга өндөр температуртай, харин харьцангуй өндөр NDVI бүхий гадарга хуурай нөхцөлд ч бага температуртай байх хандлага ажиглагдсан.

Харин 2010–2025 оны үед dry edge-ийн налууугийн абсолют утга багассан нь NDVI болон хамгийн их LST утга хоорондын ялгарал өмнөх үеүүдтэй харьцуулахад сулрах хандлагатай болсныг илтгэнэ. Энэ нь гадаргын нөхцөл илүү жигд хуурайших, ургамалжилт–температурын ялгарал багасах, эсвэл нам дор говийн бүсүүдэд ил хөрс болон дулааны нөлөө давамгайлах зэрэг хүчин зүйлтэй холбоотой байж болзошгүй.

Wet edge-ийн налуу нь тухайн NDVI утгад харгалзах хамгийн бага LST буюу чийгтэй нөхцлийн доод хилийг илэрхийлнэ. Wet edge-ийн налуу хугацааны явцад буурч, харин огтлолын утга нэмэгдэж байгаа нь чийгтэй нөхцөлд ч гадаргын температурын суурь түвшин өсөх хандлагатай байгааг харуулж байна. Энэ нь дулаарал болон чийгшлийн нөхцлийн өөрчлөлттэй холбоотой байж болох бөгөөд TVDI-ийн үр дүнг тайлбарлахад чухал ач холбогдолтой.

Иймээс dry edge-ийн сөрөг налууг шууд “ургамалжилтын хөргөлтийн нөлөө” гэж тайлбарлах нь зохимжгүй. Харин энэ нь хуурай нөхцөл дэх NDVI ба LST-ийн дээд утгын ерөнхий хамаарлыг илэрхийлнэ. Ургамалжилтын дулаан бууруулах нөлөө нь NDVI–LST орон зайн нийт хэлбэр болон wet/dry edge-ийн хоорондох ялгаагаар илүү зохистой тайлбарлагдана.

TVDI индекс нь ургамлын бүрхэвч маш бага ($NDVI < 0.2$) буюу нүцгэн хөрс давамгайлсан бүсэд найдвартай байдал буурах хандлагатай байдаг (Sandholt et al., 2002). Ийм нөхцөлд NDVI–LST хамаарлын гурвалжин тархалт тодорхой бус болж, хуурай болон чийгтэй хилийг зөв тодорхойлох боломж хязгаарлагддаг.

Судалгааны бүс болох Алтай сум нь говь, цөл, хээрийн шинж давамгайлсан тул зарим хэсэгт NDVI утга бага байх бөгөөд энэ нь TVDI-ийн тооцооллд тодорхой хэмжээгээр

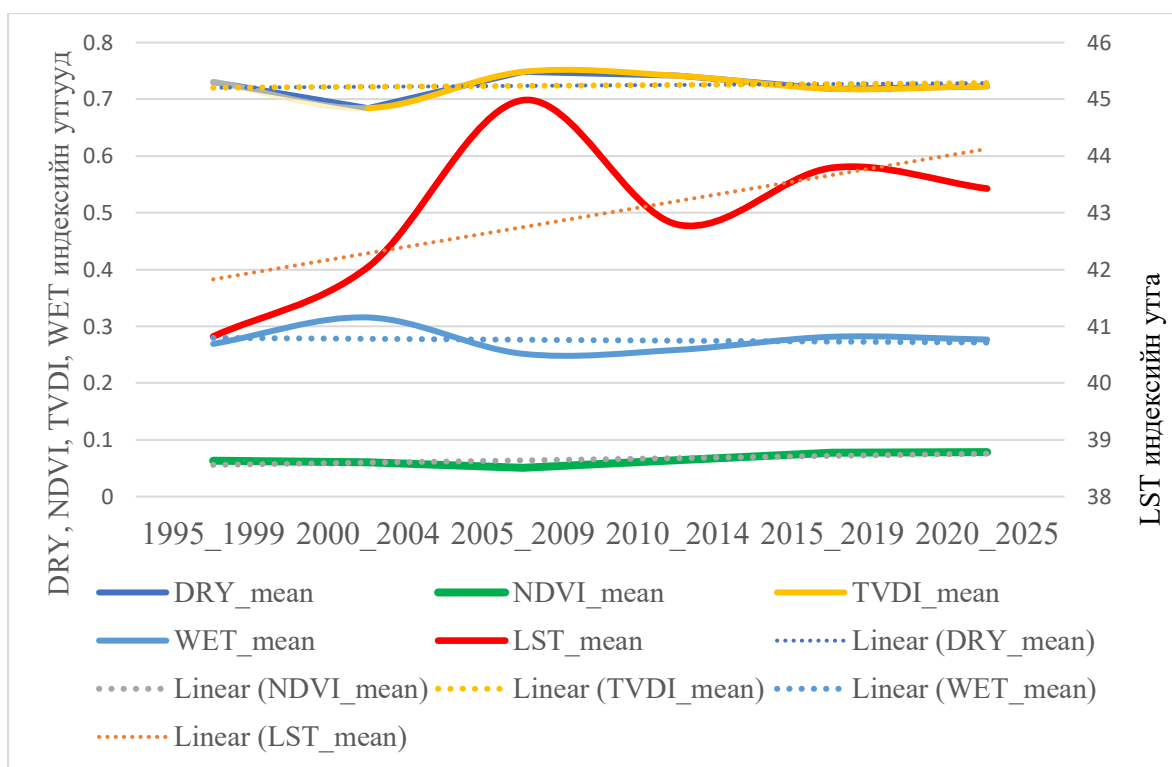
нөлөөлж болзошгүй. Тиймээс ургамалжилт маш бага бүсүүдэд гарсан TVDI үр дүнг болгоомжтой тайлбарлах шаардлагатай.

Гэсэн хэдий ч олон жилийн дундаж composite ашигласнаар өгөгдлийн хэлбэлзлийг бууруулж, орон зайн ерөнхий хэв шинжийг илүү тогтвортой илэрхийлэх боломж бүрдсэн.

3.6 NDVI, LST, TVDI, WET, DRY индексүүдийн хугацааны динамик

1995–2025 оны хугацаанд Алтай сумын ургамалжилт, газрын гадаргын температур болон хуурайшил–чийгшлийн индексүүдийн өөрчлөлтийг харьцуулан судлахад тодорхой уялдаа бүхий динамик өөрчлөлт ажиглагдаж байна.

NDVI индексийн хувьд 1995–2009 оны хооронд бага зэрэг буурах хандлага илэрсэн боловч 2010 оноос хойш тогтвортой өсөх чиг хандлагатай болж, сүүлийн хугацаанд (2015–2025) харьцангуй тогтвортой түвшинд хадгалагдаж байна. Энэ нь ургамалжилт тодорхой хэмжээгээр сэргэж байгааг илтгэнэ.



Зураг 9. NDVI, LST, TVDI, WET, DRY индексүүдийн өөрчлөлт

Харин газрын гадаргын температур (LST) нь хугацааны явцад ерөнхийдөө өсөх чиг хандлагатай байгаа бөгөөд 2005–2009 оны үед хамгийн өндөр утгад хүрсэн байна. Үүний дараа бага зэрэг буурсан ч 2015 оноос хойш дахин өсөх хандлага ажиглагдаж байна. Энэ нь бүс нутгийн дулаарал болон гадаргын энергийн баланс өөрчлөгдөж байгааг харуулж байна.

TVDI болон DRY индексүүдийн хувьд хугацааны өөрчлөлт нь LST-ийн өөрчлөлттэй ойролцоо чиглэлтэй бөгөөд 2005–2009 оны үед хуурайшлын хамгийн өндөр түвшин

илэрсэн байна. Харин 2010–2014 онд буурах хандлага ажиглагдсан нь тухайн үед гадаргын чийгшил нэмэгдсэнийг илэрхийлж байна. Сүүлийн жилүүдэд (2015–2025) эдгээр индексүүд дахин өсөх хандлагатай байгаа нь хуурайшил нэмэгдэх магадлалтайг илтгэнэ.

Хүснэгт 3. Судалгааны хугацаан дахь NDVI, LST болон TVDI-ийн дундаж утгууд

Хугацаа	NDVI_mean	LST_mean	TVDI_mean
1995–1999	0.063627	40.82117	0.730918
2000–2004	0.060386	42.04431	0.684424
2005–2009	0.050696	44.98389	0.748365
2010–2014	0.063766	42.79294	0.741531
2015–2019	0.077490	43.79377	0.718401
2020–2025	0.078378	43.42651	0.723328

WET индекс нь TVDI болон DRY индексүүдтэй урвуу хамааралтайгаар өөрчлөгдөж байгаа бөгөөд 2005–2009 онд хамгийн бага утгад хүрч, харин 2010 оноос хойш бага зэрэг өсөх хандлага илэрсэн байна. Гэсэн хэдий ч сүүлийн хугацаанд чийгшлийн өсөлт тогтворжих шинж ажиглагдаж байна.

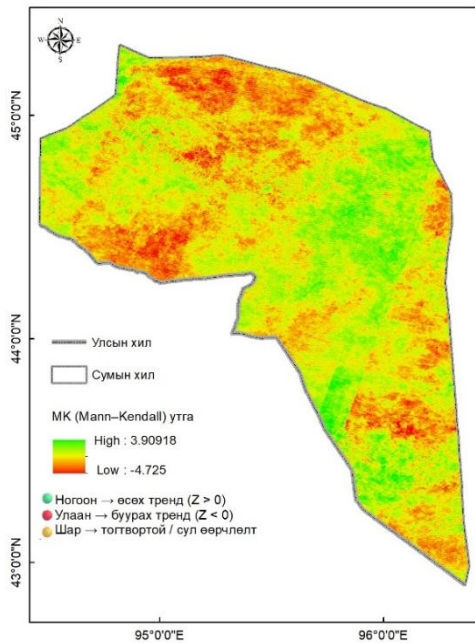
Эдгээр үр дүнгээс харахад температурын өсөлт нь хуурайшлын индексүүдийн өсөлттэй шууд холбоотой бөгөөд ургамалжилтын өөрчлөлт нь эдгээр хүчин зүйлсийн нийлмэл нөлөөн дор явагдаж байна. Тухайлбал, температур нэмэгдэхэд TVDI болон DRY индексүүд өсөж, WET индекс буурах хандлага ажиглагдаж байгаа нь гадаргын чийгшил буурах зүй тогтолтой нийцэж байна.

Ийнхүү NDVI, LST, TVDI, WET, DRY индексүүдийн хамтарсан шинжилгээ нь судалгааны бүс нутагт уур амьсгалын нөлөөн дор ургамалжилт, чийгшил, хуурайшлын динамик өөрчлөлт явагдаж байгааг тодорхой харуулж байна.

3.7 Хуурайшлын чиг хандлагын орон зайн тархалт (МК тестийн үр дүн)

Манн–Кендаллын (МК) тестийн үр дүнгээс харахад Алтай сумын нутаг дэвсгэрт хуурайшлын чиг хандлага орон зайн хувьд жигд бус тархалттай байна. Эерэг Z утгатай бүсүүд ($Z > 0$) нь хуурайшил нэмэгдэх хандлагыг, харин сөрөг Z утгатай бүсүүд ($Z < 0$) нь чийгшил нэмэгдэх буюу хуурайшил буурах хандлагыг илэрхийлж байна.

Статистикийн хувьд ач холбогдолтой өөрчлөлт ($|Z| > 1.96$) судалгааны талбайн тодорхой хэсгүүдэд төвлөрч байгаа бөгөөд хамгийн их өсөлтийн утга $Z = +3.9$, хамгийн их бууралтын утга $Z = -4.7$ хүрсэн байна. Эдгээр өндөр утгууд нь тухайн бүсүүдэд хуурайшлын процесс эрчимтэй явагдаж байгааг илтгэнэ.



Зураг 10. Хуурайшлын чиг хандлагын орон зайн тархалт (МК тестийн үр дүн)

Орон зайн хувьд хуурайшил нэмэгдэх (эерэг тренд) бүсүүд нь ихэвчлэн сумын өмнөд болон зүүн өмнөд говийн, нам дор хэсгүүдэд тархсан бол чийгшил нэмэгдэх буюу тогтворжих (сөрөг тренд) бүсүүд нь хойд болон төвийн уулархаг бүсүүдэд зонхилж байна. Энэ нь өмнөх NDVI, LST, TVDI индексүүдийн орон зайн тархалтын үр дүнтэй нийцэж, өндөршил багатай, ургамалжилт сийрэг бүсүүдэд хуурайшил илүү эрчимжиж байгааг баталж байна.

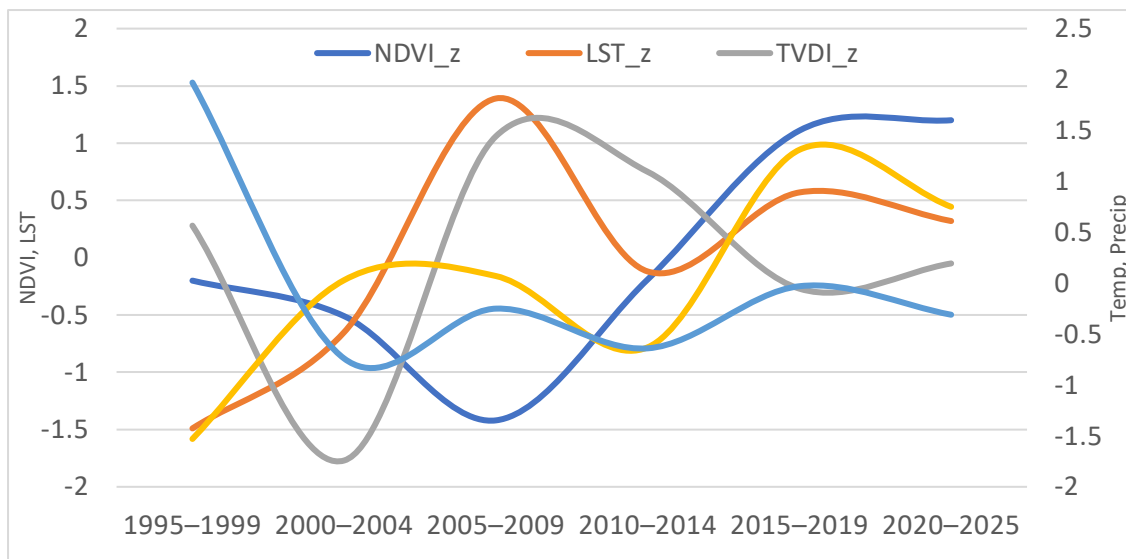
Ялангуяа TVDI индекс өндөр гарсан өмнөд бүсүүдэд МК тестээр эерэг тренд илэрч байгаа нь хуурайшил хугацааны явцад нэмэгдэж байгааг нотолж байна. Харин NDVI өндөртэй уулархаг бүсүүдэд сөрөг буюу тогтвортой тренд илэрч

байгаа нь ургамалжилт болон хөрсний чийгшлийн хамгаалах нөлөө хадгалагдаж байгааг илтгэнэ.

Иймээс МК тестийн үр дүн нь судалгааны бүс нутагт хуурайшил бүсчилсэн байдлаар эрчимжиж, ялангуяа говийн бүсэд газрын доройтол, цөлжилтийн эрсдэл нэмэгдэж байгааг харуулжээ.

3.8 NDVI, LST, TVDI болон агаарын температур, хур тунадасны өгөгдлүүдийн корреляцийн шинжилгээ

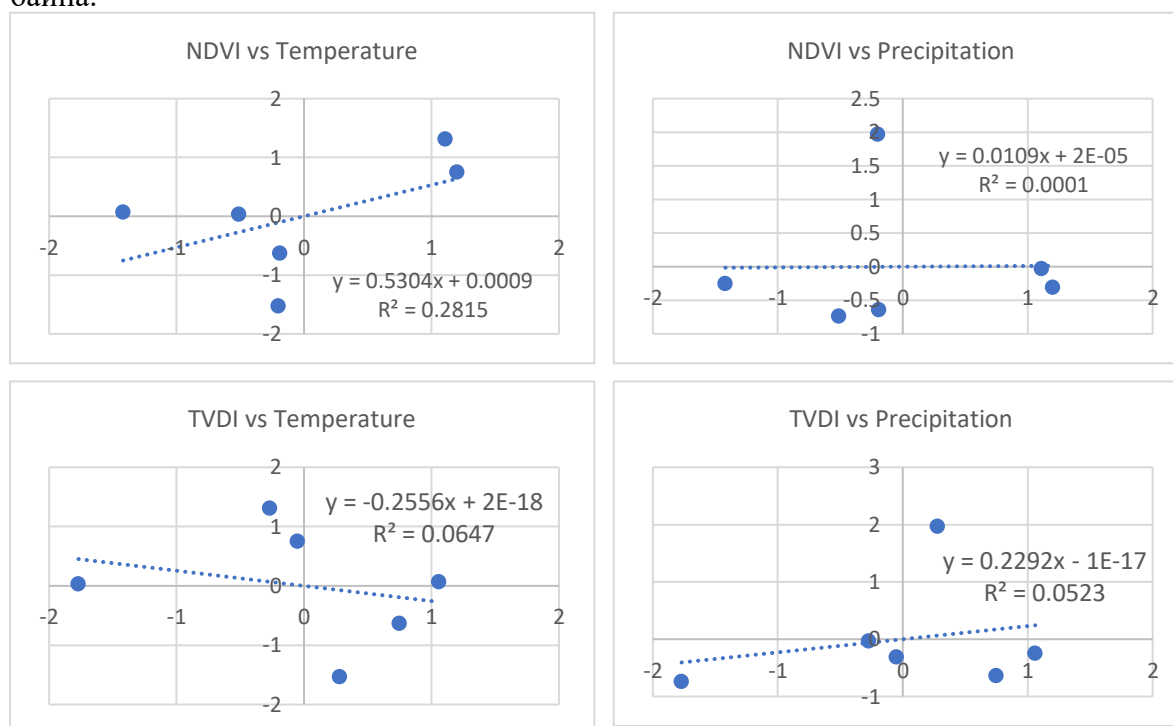
NDVI, LST, TVDI индексүүд болон цаг уурын үзүүлэлтүүдийн хоорондын хамаарлыг тодорхойлох зорилгоор корреляцийн шинжилгээ хийв.



Зураг 11. NDVI, LST, TVDI, агаарын температур болон хур тунадасны өөрчлөлт

NDVI, LST, TVDI болон цаг уурын үзүүлэлтүүдийн хугацааны өөрчлөлтийг харьцуулах зорилгоор стандартчилсан график байгуулсан (Зураг 11). Графикаас харахад температур болон TVDI индексүүдийн өөрчлөлт тодорхой хэмжээнд уялдаатай байгаа бол хур тунадасны хэлбэлзэл нь NDVI болон TVDI-тэй шууд хамаарал багатай харагдаж байна.

Ялангуяа 2005–2009 онд LST болон TVDI өндөр, NDVI хамгийн бага утгатай байгаа нь хуурайшил эрчимжсэн үе болохыг илтгэнэ. Харин 2015–2025 онд NDVI өсч, температур өндөр хэвээр байгаа нь ургамалжилт болон дулаарал зэрэгцэн явагдаж байгааг харуулж байна.



Зураг 12. NDVI, TVDI болон агаарын температур, хур тунадасны хоорондын хамаарлын шинжилгээ (цэгэн тархалтын график ба шугаман регресс)

NDVI, TVDI индексүүд болон цаг уурын үзүүлэлтүүдийн хоорондын хамаарлыг үнэлэх зорилгоор цэгэн тархалтын график болон шугаман регрессийн шинжилгээ хийв. Үр дүнгээс харахад судалгааны үзүүлэлтүүдийн хоорондын хамаарал ерөнхийдөө сул байна.

NDVI болон агаарын температурын хооронд сул эерэг хамаарал ($r=0.53$, $R^2=0.28$) ажиглагдсан боловч статистикийн хувьд ач холбогдолгүй ($p=0.28$) байна. Иймээс температурыг ургамалжилтын шууд хөтлөгч хүчин зүйл гэж дүгнэхэд хангалтгүй юм. Судалгааны бүс нь хуурай, говь, цөлийн бүс шинж давамгайлдаг тул онолын хувьд температурын өсөлт нь ууршилтыг нэмэгдүүлж, ургамалжилтыг бууруулах хандлагатай байдаг. Гэвч судалгаанд сул эерэг хамаарал илэрсэн нь зарим дулаан жилүүдэд зуны хур тунадас мөн харьцангуй нэмэгдэж, ургамлын ургалтын нөхцөл түр сайжирсантай холбоотой гэж тайлбарлаж болно.

Түүнчлэн NDVI-ийн өөрчлөлт нь зөвхөн температурын нөлөөгөөр бус, хур тунадасны улирлын тархалт, хөрсний чийг, газрын ашиглалт, бэлчээрийн ачаалал болон орон зайн ялгаатай нөхцлөөс хамаарч болохыг харуулж байна.

Харин NDVI ба хур тунадасны хооронд бараг хамаарал илрээгүй ($R^2 \approx 0.0001$) бөгөөд энэ нь судалгааны хугацаанд хур тунадас ургамалжилтын гол тодорхойлогч хүчин зүйл биш байж болзошгүйг харуулж байна.

Хүснэгт 4. NDVI, TVDI болон агаарын температур, хур тунадасны корреляцийн шинжилгээний үр дүн

Хамаарал	r	R ²	p-утга	Тайлбар
NDVI vs Temp	+0.53	0.28	0.28	Сул эерэг, статистикийн ач холбогдолгүй
NDVI vs Precip	+0.01	~0.00	>0.50	Хамаарал бараг байхгүй
TVDI vs Temp	-0.24	0.06	>0.50	Маш сул сөрөг, статистикийн ач холбогдолгүй
TVDI vs Precip	+0.22	0.05	>0.50	Маш сул эерэг, статистикийн ач холбогдолгүй

r-Pearson корреляцийн коэффициент, R²-тодорхойлогдох коэффициент, p-статистикийн ач холбогдлын түвшин.

Корреляцийн шинжилгээний үр дүнгээс харахад NDVI болон температурын хооронд сул эерэг хамаарал ($r=0.53$, $R^2=0.28$) ажиглагдсан боловч статистикийн хувьд ач холбогдолгүй ($p=0.28$) байна. NDVI ба хур тунадасны хооронд бараг хамаарал илрээгүй. Мөн TVDI ба цаг уурын үзүүлэлтүүдийн хоорондын хамаарал маш сул бөгөөд статистикийн ач холбогдолгүй гарсан. Энэ нь судалгааны бүсийн хуурайшил болон ургамалжилтын өөрчлөлт нь зөвхөн температур, хур тунадаснаас бус, олон хүчин зүйлийн нийлмэл нөлөөгөөр тодорхойлогдож байгааг харуулна.

TVDI ба температурын хооронд сул сөрөг хамаарал ($R^2=0.06$), TVDI ба хур тунадасны хооронд мөн сул эерэг хамаарал ($R^2=0.05$) ажиглагдсан. Эдгээр үр дүн нь хуурайшлын индекс болон цаг уурын үзүүлэлтүүдийн хоорондын хамаарал сул, олон хүчин зүйлээс хамааралтай байгааг илтгэнэ.

Иймд судалгааны бүсэд хуурайшил болон ургамалжилтын өөрчлөлт нь зөвхөн температур, хур тунадаснаас бус, хөрсний шинж чанар, газар ашиглалт, ууршилт болон антропоген нөлөөллийн нийлмэл үр дүн байж болзошгүй. Мөн хугацааны интервалын тоо хязгаарлагдмал ($n=6$) тул статистикийн үр дүнг болгоомжтой тайлбарлах шаардлагатай.

4. Хэлэлцүүлэг

Энэхүү судалгааны үр дүнгээс харахад Алтай сумын гадаргын чийгшил, хуурайшлын орон зайн ялгаа нь тухайн бүс нутгийн рельеф, өндөршил, ургамалжилт, газрын гадаргын температурын ялгаатай нягт холбоотой байна. Аж Богдын нуруу болон түүнийг хүрээлсэн уулархаг бүсэд NDVI харьцангуй өндөр, LST болон TVDI бага утгатай байгаа нь эдгээр бүсүүд гадаргын чийгшлийн хувьд илүү тогтвортой нөхцөлтэй болохыг харуулж байна. Харин сумын өмнөд болон зүүн өмнөд хэсгийн говь, цөлийн нам дор бүсүүдэд NDVI бага, LST болон TVDI өндөр байгаа нь ургамалжилт сийрэг, ил хөрсний эзлэх хувь их, хуурайшлын нөлөө хүчтэй илэрч байгааг нотолж байна.

NDVI, LST болон TVDI-ийн хамтарсан шинжилгээ нь судалгааны бүсэд хуурайшлын орон зайн ялгаа тогтвортой хадгалагдаж байгааг харуулсан. 1995–2009 оны хооронд NDVI буурч, LST болон TVDI нэмэгдсэн нь тухайн хугацаанд ургамалжилтын доройтол,

гадаргын дулаарал, хуурайшлын эрчимжил зэрэгцэн илэрснийг харуулж байна. Харин 2010 оноос хойш NDVI тодорхой хэмжээгээр сэргэж, TVDI буурах шинж ажиглагдсан нь тухайн үеийн хур тунадас, хөрсний чийгийн нөхцөл, ургамалжилтын сэргэлттэй холбоотой байж болох юм. Гэсэн хэдий ч 2015–2025 оны үед өмнөд говийн бүсэд хуурайшлын тархалт дахин тэлэх хандлага ажиглагдсан нь гадаргын чийгшлийн нөхцөл тогтвортой сайжраагүй, харин орон зайн хувьд ялгаатайгаар өөрчлөгдөж байгааг илтгэнэ.

NDVI–LST хамаарлын орон зайгаас тодорхойлсон dry edge болон wet edge-ийн коэффициентүүд нь гадаргын температур, ургамалжилт, чийгшлийн харилцан үйлчлэл хугацааны явцад өөрчлөгдөж байгааг илэрхийлж байна. Dry edge-ийн налуу сөрөг утгатай байгаа нь ургамалжилт ихтэй хэсэгт газрын гадаргын хамгийн их температур буурах ерөнхий зүй тогтлыг харуулж байгаа боловч үүнийг дангаар нь “ургамалжилтын хөргөлтийн нөлөө” гэж шууд тайлбарлах нь хангалтгүй. Илүү зөв тайлбар нь NDVI–LST орон зайн нийт хэлбэр, wet edge ба dry edge-ийн хоорондох ялгаа, мөн тухайн газрын рельеф, хөрс, чийгшлийн нөхцөлтэй хамтатган авч үзэх явдал юм.

Манн–Кендаллын тестийн үр дүнгээр хуурайшлын чиг хандлага судалгааны талбайд жигд бус, бүсчилсэн шинжтэй илэрсэн. Эерэг Z утгатай буюу хуурайшил нэмэгдэх хандлагатай бүсүүд ихэвчлэн өмнөд болон зүүн өмнөд говийн нам дор хэсгүүдэд төвлөрч байгаа бол сөрөг буюу хуурайшил буурах, эсвэл харьцангуй тогтвортой хандлагатай бүсүүд Аж Богдын нуруу орчмын уулархаг хэсгүүдэд давамгайлж байна. Энэ нь өндөршил, ургамалжилт, гадаргын чийгшил нь хуурайшлын орон зайн тархалтыг тодорхойлогч гол хүчин зүйл болж байгааг харуулж байна.

Корреляцийн шинжилгээгээр NDVI, TVDI болон цаг уурын үзүүлэлтүүдийн хооронд статистикийн хувьд хүчтэй, найдвартай хамаарал илрээгүй. NDVI ба температурын хооронд сул эерэг хамаарал илэрсэн боловч р-утга статистикийн хувьд ач холбогдолгүй байгаа тул температурыг ургамалжилтын өөрчлөлтийн шууд, дан ганц хөтлөгч хүчин зүйл гэж дүгнэх боломжгүй байна. Мөн NDVI ба хур тунадасны хоорондын хамаарал бараг илрээгүй нь Алтай сумын ургамалжилт, хуурайшлын өөрчлөлт нь зөвхөн улирлын хур тунадас, температураар бус, хөрсний шинж чанар, газрын гадаргын бүтэц, өндөршил, бэлчээрийн ашиглалт, ууршилт болон орон зайн ялгаатай нөхцлийн нийлмэл нөлөөгөөр тодорхойлогдож байгааг харуулж байна.

Энэхүү судалгаанд хэд хэдэн хязгаарлалт байна. Нэгдүгээрт, TVDI индекс нь ургамалжилт маш бага буюу $NDVI < 0.2$ бүсэд найдвартай байдал буурах магадлалтай. Алтай сумын говь, цөлийн бүсүүдэд ийм нөхцөл өргөн тохиолдох тул тухайн бүсийн TVDI үр дүнг болгоомжтой тайлбарлах шаардлагатай. Хоёрдугаарт, Landsat-5, 7, 8, 9 дагуулуудын мэдрэгч хоорондын ялгаанд тусгай нийцүүлэлт хийгдээгүй. Хэдийгээр Collection 2 Level-2 бүтээгдэхүүн болон олон жилийн composite ашигласан нь энэ нөлөөг бууруулах давуу талтай боловч мэдрэгч хоорондын үлдэгдэл ялгаа үр дүнд тодорхой хэмжээгээр нөлөөлсөн байж болзошгүй. Гуравдугаарт, корреляцийн шинжилгээнд ашигласан хугацааны интервалын тоо цөөн буюу $n=6$ тул статистикийн дүгнэлтийг ерөнхий хандлагын түвшинд тайлбарлах нь зүйтэй.

Практик ач холбогдлын хувьд энэхүү судалгаа нь Алтай сумын говь, цөлийн бүсэд хуурайшлын эрсдэл илүү өндөр байгааг харуулж байгаа тул бэлчээрийн ашиглалт, газрын доройтол, цөлжилтийн мониторингийн бүсчилсэн төлөвлөлтөд ашиглах боломжтой. Ялангуяа TVDI өндөр, МК тестээр эерэг трендтэй гарсан өмнөд болон зүүн

өмнөд хэсгүүдийг хуурайшил, доройтлын эрсдэлийн голомт бүс гэж үзэж, цаашид газар дээрх хэмжилт, бэлчээрийн даац, ургамлын бүрхэц, хөрсний чийгийн судалгаатай хамтатган нарийвчлан үнэлэх шаардлагатай.

5. Дүгнэлт

Энэхүү судалгаагаар 1995–2025 оны хугацаанд Алтай сумын гадаргын чийгшил, хуурайшлын орон зай–цаг хугацааны өөрчлөлтийг Landsat Collection 2 Level-2 мэдээнд тулгуурлан NDVI, LST болон TVDI индексээр үнэлэв. Судалгааны үр дүнгээр Алтай сумын гадаргын чийгшил нь орон зайн хувьд тодорхой бүсчилсэн ялгаатай болох нь тогтоогдлоо. Аж Богдын нуруу болон уулархаг бүсүүдэд NDVI өндөр, LST болон TVDI бага утгатай, харин өмнөд болон зүүн өмнөд говь, цөлийн нам дор хэсгүүдэд NDVI бага, LST болон TVDI өндөр утгатай байна.

Хугацааны өөрчлөлтийн хувьд 1995–2009 онд ургамалжилтын бууралт болон хуурайшлын өсөлт зэрэгцэн ажиглагдсан. NDVI-ийн дундаж утга 1995–1999 онд 0.064 байсан бол 2005–2009 онд 0.051 болж буурсан бөгөөд энэ хугацаанд LST 45.0°C орчимд хүрч, TVDI хамгийн өндөр буюу 0.75 орчим утгатай гарсан байна. Энэ нь 2005–2009 оны үеийг судалгааны хугацаан дахь хуурайшлын харьцангуй эрчимтэй үе байсныг харуулж байна.

2010 оноос хойш NDVI тодорхой хэмжээгээр сэргэж, 2015–2025 онд 0.077–0.078 орчим түвшинд тогтворжсон боловч энэ сэргэлт бүх нутгаар жигд илрээгүй. Ялангуяа өмнөд говийн бүсэд TVDI өндөр утгатай талбайн тархалт дахин нэмэгдэх шинж ажиглагдсан нь тухайн бүсэд гадаргын хуурайшил, газрын доройтлын эрсдэл хэвээр байгааг илтгэнэ.

Манн–Кендаллын тестийн үр дүнгээр хуурайшлын чиг хандлага орон зайн хувьд ялгаатай илэрсэн. Зарим бүсэд статистикийн хувьд ач холбогдолтой өөрчлөлт бүртгэгдсэн бөгөөд хамгийн их өсөлтийн утга $Z=+3.9$, хамгийн их бууралтын утга $Z=-4.7$ хүрсэн байна. Эерэг трендтэй буюу хуурайшил нэмэгдэх хандлагатай бүсүүд голчлон сумын өмнөд болон зүүн өмнөд хэсэгт, харин харьцангуй тогтвортой буюу чийглэг хэв шинжтэй бүсүүд Аж Богдын нуруу орчимд төвлөрч байна.

NDVI, TVDI болон цаг уурын үзүүлэлтүүдийн корреляцийн шинжилгээгээр статистикийн хувьд хүчтэй, найдвартай хамаарал илрээгүй. Энэ нь Алтай сумын ургамалжилт, гадаргын чийгшил, хуурайшлын өөрчлөлт нь зөвхөн агаарын температур, хур тунадасны нөлөөгөөр бус, өндөршил, рельеф, хөрсний шинж чанар, газрын гадаргын бүтэц, бэлчээрийн ашиглалт болон бусад орон зайн хүчин зүйлсийн нийлмэл нөлөөгөөр тодорхойлогдож байгааг харуулж байна.

Судалгааны үр дүн нь TVDI индексийг Алтай сумын гадаргын чийгшил, хуурайшлын орон зайн ялгаа болон хугацааны өөрчлөлтийг үнэлэхэд ашиглах боломжтойг харууллаа. Гэсэн хэдий ч ургамалжилт маш бага бүсэд TVDI-ийн найдвартай байдал буурах, мэдрэгч хоорондын ялгаа, газар дээрх хөрсний чийгийн хэмжилтээр баталгаажуулаагүй зэрэг хязгаарлалтыг анхаарах шаардлагатай.

Цаашдын судалгаанд TVDI-ийн үр дүнг газар дээрх хөрсний чийг, ургамлын бүрхэц, бэлчээрийн даацын хэмжилттэй уялдуулан баталгаажуулах, мөн Sentinel-2 зэрэг өндөр орон зайн нарийвчлалтай мэдээтэй хослуулан шинжилгээ хийх нь зүйтэй. Ингэснээр Алтай сумын хуурайшил, газрын доройтол, цөлжилтийн мониторингийн нарийвчлал

нэмэгдэж, бэлчээрийн тогтвортой менежментэд илүү бодитой мэдээлэл өгөх боломж бүрдэнэ.

6. Ашигласан ном, хэвлэл

Мягмарсүрэн Адъяадулам, Доржсүрэн Батсүрэн, Энхболд Алтанболд, Нямдаваа Бүрэнбаатар. 2025. Их нууруудын хотгор орчмын 1990-2020 оны хоорондох гангийн давтагдал, орон зай, цаг хугацааны өөрчлөлт. Газарзүйн асуудлууд. Volume 25 (01) ISSN: 2312-8534 2025. 67-83

Carlson, T.N. Gillies, R. R. Perry, E. M. et al. (1994). A method to make use of thermal infrared temperature and NDVI measurements to infer surface soil water content and fractional vegetation cover. *Remote Sensing Reviews*. 9 (1/2) :161-173.

Chang, S.; Chen, H.; Wu, B.; Nasanbat, E.; Yan, N.; Davdai, 2021. B. A Practical Satellite-Derived Vegetation Drought Index for Arid and Semi-Arid Grassland Drought Monitoring. *Remote Sens.* 13, 414. <https://doi.org/10.3390/rs13030414>

Cheng, Y. Chen, L, F. Lin, Q, H, et al. (2006). The soil moisture detection for different vegetation coverage based on the MODIS data. *Journal of Remote Sensing*. 10(5): 783-788

D.P. Roy, V. Kovalskyy, H.K. Zhang, E.F. Vermote, L. Yan, S.S. Kumar, A. Egorov. 2016. Characterization of Landsat-7 to Landsat-8 reflective wavelength and normalized difference vegetation index continuity. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2015.12.024>.

Earth Resources Observation and Science (EROS) Center. (2020). Landsat 8-9 Operational Land Imager / Thermal Infrared Sensor Level-2, Collection 2 [dataset]. U.S. Geological Survey. <https://doi.org/10.5066/P9OGBGM6>.

Earth Resources Observation and Science (EROS) Center. (2020). Landsat 7 Enhanced Thematic Mapper Plus Level-2, Collection 2 [dataset]. U.S. Geological Survey. <https://doi.org/10.5066/P9C7I13B>.

Earth Resources Observation and Science (EROS) Center. (2020). Landsat 4-5 Thematic Mapper Level-2, Collection 2 [dataset]. U.S. Geological Survey. <https://doi.org/10.5066/P9IAXOVV>.

Fei Xie, Hui Fan. Deriving drought indices from MODIS vegetation indices (NDVI/EVI) and Land Surface Temperature (LST): Is data reconstruction necessary? *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, Volume 101,2021,102352, ISSN 1569-8432, <https://doi.org/10.1016/j.jag.2021.102352>.

Moran, M, S. Clarke, T, R, Inoue, Y, et al. (1994). Estimating crop water deficit using the relation between surface-air temperature and spectral vegetation index. *Remote Sensing of Environment*. 49 (3) :246-263.

Nemani, R. Pierce, L. Running, S, et al. (1993). Developing satellite-derived estimates of surface moisture status. *Journal of Applied Meteorology*. 32 (3): 548-557.

Price, J, C. (1990). Using spatial context in satellite data to infer regional scale evapotranspiration. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*. 28 (5) :940-948.

Remote Sensing of Environment, Volume 185, 2016, Pages 57-70, ISSN 0034-4257, Sandholt, I. Rasmussen, K. Andersen, J. et al. (2002). A simple interpretation of the surface temperature/vegetation index space for assessment of surface moisture status. *Remote Sensing of Environment*. 79 (2) :213-224.

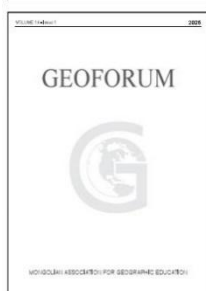
Kesi, Tang, Tuya, Wulan, Zifeng, Wu, Dash, Doljin, Bat-Erdene, Tsedev. 2022. Correlation between Vegetation Coverage and Thickness of Chestnut Soil Layer in Typical Grassland Based on Multisource Satellite Remote Sensing, *Mobile Information Systems*, 2022, 1116781, 11 pages, 2022. <https://doi.org/10.1155/2022/1116781>

Tian, Y, F. (2013). Inversion of Soil Moisture Based on the MODIS and Its Application in Watershed Hydrological Mode [D]. Hang Zhou. Zhejiang University.

Tian, Y, F. Teng, H, F. (2011). Guo Y, et al. Inversion and validation of surface soil based on the temperature vegetation dryness index (TVDI)-Soil science papers for the future [C]. Chengdu. University of Electronic Science and Technology of China Press. 67-73.

Yue, S., Wang, C. 2004. The Mann-Kendall Test Modified by Effective Sample Size to Detect Trend in Serially Correlated Hydrological Series. *Water Resources Management* **18**, 201–218 (2004). <https://doi.org/10.1023/B:WARM.0000043140.61082.60>

Zhang, Z. Ding, J, L. Li, X. et, al. (2015). Suitability of TVDI used to monitor agricultural in arid area. *Journal of Desert Research*. 35 (1):220-227.



GEOFORUM JOURNAL
VOL. 16 NO.01.2025.
ISSN: 2617-5118



MONGOLIAN ASSOCIATION FOR
GEOGRAPHIC EDUCATION

www.geoforum.mn

Гео-Оронзайн Технологи Ашигласан Интерактив Сургалтын Арга Зүй ба Түүний Үр Нөлөө

Methodology and effectiveness of interactive instruction using geospatial technology

Ц.Бат-Эрдэнэ¹ · Н.Гантуяа²

^{1,2} Монгол Улсын Боловсролын Их Сургууль, Математик Байгалийн Ухааны Сургууль

Authors: Gantuya Nyamdavaa; Bat-Erdene Tsedev. Institution: Department of Geography, School of Mathematics and Natural Sciences, Mongolian National University of Education

Article info

Received 25 March.2026

Accepted 19 May.2026

Keywords

geospatial technology; Google Earth; interactive learning; spatial thinking; geography education

Corresponding author

N. Gantuya, e-mail:

*Mongolian State University
gantuya@msue.edu.mn*

Abstract:

This study examines the methodology and effectiveness of interactive geography instruction based on geospatial technology. The lesson was designed for the topic ‘Relief of Mongolia’ and implemented with eighth-grade students using Google Earth, coordinate search, three-dimensional visualization, and elevation profile tasks. A quasi-experimental design was applied: 28 students in the experimental group learned through interactive, task-based activities, while 22 students in the control group learned through traditional explanatory instruction. Pre-test and post-test scores, task performance, observation notes, and a student satisfaction survey were analyzed. The two groups were comparable before instruction, but the experimental group demonstrated a much larger learning gain after instruction. Recalculation from the raw score tables showed a mean gain of 23.11 points in the experimental group and 7.59 points in the control group; the gain difference was statistically significant ($t=13.42$, $p<0.001$, Cohen’s $d=3.82$). Student responses also indicated high interest and perceived clarity, especially for three-dimensional terrain visualization. The findings suggest that geospatial technology can improve students’ spatial understanding and active participation in geography lessons.

Үндэслэл

Газарзүйн боловсролын гол онцлог нь байршил, зай, чиглэл, тархалт, харилцан хамаарал зэрэг орон зайн ойлголтуудыг нэгэн зэрэг эзэмшүүлэхэд оршдог. Иймээс газарзүйн хичээлд зөвхөн нэр томьёо цээжлүүлэх, газрын зураг дээр объект заалгах, багшийн тайлбарыг сонсуулах төдий арга хангалтгүй. Ялангуяа Монгол орны хотгор гүдгэрийн сэдэв нь өндөршлийн ялгаа, гадаргын хэлбэр, уул нуруу ба хотгорын байрлал, гадаргын налуу, голын хөндийн тогтолцоо зэрэг хийсвэрлэн төсөөлөх шаардлагатай ойлголтоор баялаг. Сурагч хавтгай зураг дээрх өнгө, тэмдэглэгээг уншиж чадсан ч тухайн хэлбэр бодит орон зайд хэрхэн байрлаж, өндөршлийн огцом өөрчлөлт ямар харагддагийг ойлгохгүй үлдэх эрсдэлтэй.

Дижитал шилжилтийн нөхцөлд газарзүйн мэдээллийн систем, Google Earth, зайнаас тандан судлал, GPS зэрэг гео-оронзайн технологи нь хичээлийн хэрэглэгдэхүүнээс давж, сурагчийг судлаач маягаар ажиллуулах арга зүйн орчин болж байна. Өмнөх судалгаануудад гео-оронзайн технологи нь газарзүйн сургалтын цахим хэрэглэгдэхүүн, дижитал зураг, виртуал аялал, орон зайн дүн шинжилгээний чадварыг дэмждэг гэж үзсэн байдаг (Батчулуун, 2017; Bednarz, 2006; Kerski, 2003). Гэвч технологийг хичээлд оруулах нь өөрөө хангалттай нөхцөл биш. Технологи нь сурагчийн ажиглалт, таамаглал, даалгавар гүйцэтгэл, тайлбар, дүгнэлттэй холбогдож байж сургалтын бодит үр нөлөө бий болно.

Монгол оронд гео-оронзайн технологийг ерөнхий боловсролын сургалтад нэвтрүүлэх оролдлогууд 2009, 2012 оны сургалтын хөтөлбөрт тусгагдсан боловч тоног төхөөрөмж, программ хангамж дутмаг, багш нарын мэргэжлийн чадавхийн зөрүү зэрэг хүчин зүйлсийн улмаас өргөн хэрэгжилт авч чадаагүй байна (Бат-Эрдэнэ, 2022). Энэхүү судалгаа нь дунд сургуулийн газарзүйн хичээлд Google Earth-д тулгуурласан интерактив аргыг туршиж, үр нөлөөг статистикийн аргаар тооцон нотлохыг зорьсон.

Монголын ерөнхий боловсролын газарзүйн сургалтад гео-оронзайн технологийг нэвтрүүлэх боломж байгаа ч багшийн бэлтгэл, кабинетын тоног төхөөрөмж, интернэт, программ ашиглах чадвар, хичээлийн цагийн хязгаарлалт зэрэг бодит хүндрэлүүд байсаар байна. Ийм нөхцөлд технологийн хэрэглээг хэт том, өндөр өртөгтэй системээр бус, Google Earth зэрэг хүртээмжтэй хэрэгслээр эхлүүлэх нь илүү хэрэгжих боломжтой. Гэхдээ хүртээмжтэй гэдэг нь арга зүйн хувьд энгийн гэсэн үг биш. Багш сэдэв, зорилт, даалгавар, үнэлгээ, бататгалыг нарийн төлөвлөж байж технологийн хэрэглээ бодит сургалтын үр дүн болж хувирна. Энэхүү судалгаа энэ логикийг “Монгол орны хотгор гүдгэр” сэдвийг заах арга зүйн нэгэн жишээгээр харуулж байгаа юм.

Блумын мэдлэгийн ангиллын үүднээс уламжлалт тайлбарлах арга нь ихэнх тохиолдолд мэдэх, ойлгох түвшний даалгаварт харьцангуй тохиромжтой байдаг. Харин хэрэглээ, дүн шинжилгээ, үнэлгээний түвшинд сурагчийг өөрөө ажиллуулах шаардлага нэмэгддэг (Bloom et al., 1956). Судалгааны үр дүнгээр эхний түвшний даалгаварт хоёр бүлгийн ялгаа бага, харин координат хайх, зүсэлт унших, дүгнэлт хийх даалгаварт туршилтын бүлэг илүү ахисан нь энэ онолын тайлбартай нийцэж байна. Өөрөөр хэлбэл, интерактив технологи нь суурь мэдлэгийг шууд автоматаар нэмэгдүүлдэггүй, харин мэдлэгийг хэрэглэх, шинжлэх, тайлбарлах нөхцөл бүрдүүлэхэд илүү хүчтэй нөлөө үзүүлдэг гэж үзэж болно.

Даалгаварт суурилсан сургалтын онцлог нь сурагч тодорхой бүтээгдэхүүн гаргах, бодит асуудлыг шийдэх, алхам бүртээ шинэ мэдээлэл боловсруулж сурах явдал юм. Хэрэв багш Google Earth-ийг зөвхөн дэлгэцээр харуулаад, сурагчид дагалдан сонсоод өнгөрвөл уламжлалт хичээлийн технологитой хувилбар л болно. Харин сурагч координат оруулах, хайсан газрын байршлыг тэмдэглэх, өндөржилтийн график унших, газрын хэлбэрийн ялгааг тайлбарлах зэрэг дараалсан даалгавар гүйцэтгэвэл технологи сургалтын идэвхтэй арга болж хувирна. Тиймээс судалгааны дизайн дахь

ажлын хуудас нь үр нөлөө гаргах гол нөхцөл болсон. Энэ нь арга зүйг үнэлэхдээ зөвхөн программын хэрэглээг бус, программтай холбогдсон даалгаврын чанарыг зайлшгүй харгалзах ёстойг харуулж байна.

Интерактив сургалтын онол нь сурагчийн идэвхтэй оролцоог сургалтын гол нөхцөл гэж үздэг. Багшийн тайлбар хэрэггүй гэсэн үг биш, харин тайлбар нь сурагчийн өөрийн үйлдэл, ажиглалт, туршлага, хэлэлцүүлэгтэй холбогдох ёстой гэсэн санаа юм. Конструктивизмын онолоор сурагч мэдлэгийг бэлэн хэлбэрээр шилжүүлэн авах бус, өмнөх ойлголт дээрээ суурилан идэвхтэй бүтээдэг (Piaget, 1970; Vygotsky, 1978). Иймээс интерактив хичээлд асуулт, даалгавар, буцах холбоо, хамтын хэлэлцүүлэг, өөрийгөө үнэлэх үйл ажиллагаа зайлшгүй шаардлагатай. Энэхүү судалгаанд сурагчид багшийн хэлсэн мэдээллийг шууд давтах бус, Google Earth дээр өөрсдөө хайлт хийж, газар орны дүрслэлийг ажиглаж, өндрийн зүсэлтээс дүгнэлт гаргасан нь конструктивист зарчимтай нийцэж байна.

Орон зайн сэтгэлгээний онолын хувьд газарзүйн сургалтын гол зорилго нь сурагчид байршил, чиглэл, зай, хэлбэр, тархалт, харилцан хамаарлыг ойлгож, тэдгээрийг зураг, дүрслэл, тоон мэдээлэлтэй холбон тайлбарлах чадвартай болгоход оршино. National Research Council (2006) орон зайн сэтгэлгээг XXI зууны суурь чадварын нэг гэж үзсэн бөгөөд энэ чадвар нь зөвхөн газарзүйд бус шинжлэх ухаан, технологи, инженерчлэл, математикт чухал үүрэгтэй. Гол асуудал нь сурагчид орон зайн мэдээллийг хараад утгыг нь тайлбарлах, хоёр хэмжээст зураг ба бодит гурван хэмжээст орчныг хооронд нь хөрвүүлэн ойлгох чадварыг хэрхэн эзэмших вэ гэдэгт байдаг. Хотгор гүдгэрийн сэдэв энэ чадварыг хөгжүүлэхэд тохиромжтой боловч уламжлалт газарзүйн зураг дангаараа хангалтгүй байж болно.

Гео-оронзайн технологийг сургалтад ашиглах тухай судалгаанууд ихэвчлэн хоёр чиглэлтэй хөгжсөн. Нэгдүгээр чиглэл нь технологийг газарзүйн мэдээлэл харах, хадгалах, давхарга хэлбэрээр нэгтгэх,

зураглах хэрэгсэл гэж авч үздэг. Энэ чиглэлд ГМС, GPS, Google Earth, сансрын зураг зэрэг нь орон зайн өгөгдөлтэй ажиллах чадварыг дэмждэг гэж тайлбарладаг (ACARA, 2013; Kerski, 2003). Хоёрдугаар чиглэл нь технологийг сурагчийн танин мэдэхүйн үйл ажиллагааг өөрчлөх сургалтын орчин гэж үздэг. Энэ үед асуулт тавих, асуудал шийдэх, нотолгоо цуглуулах, тайлбар боловсруулах зэрэг үйл ажиллагаа гол байр суурь эзэлдэг. Энэхүү судалгаа хоёр дахь чиглэлд илүү ойр бөгөөд Google Earth-ийг зүгээр нэг харуулах хэрэгсэл бус, сурагчийн өөрөө хайх, ажиглах, дүгнэх үйл ажиллагааны орчин болгон ашигласан.

Онолын үндэслэл ба судлагдсан байдлын товч тойм

Судалгааны зорилго, зорилт

Судалгааны зорилго нь Google Earth болон түүнтэй холбоотой гео-оронзайн дүрслэл, координат хайлт, өндөржилтийн зүсэлт зэрэг хэрэглэгдэхүүнд тулгуурласан интерактив сургалтын арга зүйг боловсруулж, “Монгол орны хотгор гүдгэр” сэдвийг заах үед сурагчдын мэдлэг, орон зайн төсөөлөл, практик хэрэглээний чадварт үзүүлэх нөлөөг туршилтаар шалгахад чиглэсэн. Энэ зорилго нь газарзүйн сургалтад технологи ашиглахыг ерөнхийлөн дэмжих бус, тодорхой сэдэв, тодорхой даалгавар, тодорхой үнэлгээний үзүүлэлтээр үр нөлөөг хэмжихийг зорьсноороо практик ач холбогдолтой.

Зорилгын хүрээнд гурван үндсэн зорилтыг дэвшүүлэв. Нэгдүгээрт, интерактив болон даалгаварт суурилсан сургалтын онолын суурийг газарзүйн хичээлийн онцлогтой холбон тодорхойлох. Хоёрдугаарт, “Монгол орны хотгор гүдгэр” сэдвийн ээлжит хичээлийг Google Earth ашиглах үйл ажиллагаатай уялдуулан төлөвлөж, туршилтын ангид хэрэгжүүлэх. Гуравдугаарт, туршилтын болон хяналтын бүлгийн оношлох ба ахицын үнэлгээг харьцуулж, сурагчдын сэтгэл ханамжийн судалгаагаар арга зүйн хүлээн авалт, оролцоо, ойлгомжтой байдлыг тодруулах.

Хэрэглэгдэхүүн ба арга зүй

Судалгаанд хагас туршилтын буюу quasi-experimental загвар хэрэглэв. Туршилтын бүлэгт гео-оронзайн технологид тулгуурласан интерактив арга, хяналтын бүлэгт уламжлалт тайлбарлан таниулах арга хэрэглэсэн. Хоёр бүлгээс сургалтын өмнө оношлох үнэлгээ авч, дараа нь ижил агуулгын ахицын үнэлгээгээр үр дүнг хэмжсэн. Судалгаанд 8а ангийн 28 сурагч туршилтын бүлгээр, 8б ангийн 22 сурагч хяналтын бүлгээр хамрагдсан бөгөөд нийт түүврийн хэмжээ 50 сурагч байв. Энэ загвар нь сургалтын өмнөх түвшний ойролцоо байдлыг шалгах, дараах ахицын ялгааг сургалтын арга зүйн нөлөөлөлтэй холбон тайлбарлах боломж олгосон.

Хэрэглэгдэхүүний үндсэн бүрэлдэхүүн нь Google Earth программ, Монгол орны физик газарзүйн зураг, координатын мэдээлэл, ажлын хуудас, даалгаврын рубрик, оношлох болон ахицын үнэлгээ байв. Туршилтын бүлгийн сурагчид Монгол орны хамгийн өндөр цэг болох Хүйтэний оройг координатаар хайх, объектын байрлалыг 3D орчинд ажиглах, хоёр цэгийн хооронд өндрийн зүсэлт гаргах, өндөржилтийн ялгааг тайлбарлах зэрэг даалгавар гүйцэтгэсэн. Хяналтын бүлэгт багш ижил сэдвийг газрын зураг, тайлбар, асуулт-хариулт, тэмдэглэл хөтлөх хэлбэрээр зааж, сурагчид багшийн тайлбарын дараа даалгавар гүйцэтгэсэн.

Үнэлгээний даалгаврыг Блумын мэдлэгийн ангиллын түвшинтэй нийцүүлэн шаталсан байдлаар боловсруулсан. Эхний хоёр даалгавар нь нэрлэх, байршил заах зэрэг мэдэх ба ойлгох түвшний чадварыг шалгасан. Дараагийн хоёр даалгавар нь координат ашиглан объект хайх, өндөржилтийн өөрчлөлтийг ажиглах, зүсэлт гаргах зэрэг хэрэглэх ба дүн шинжилгээ хийх түвшний чадварыг шаардсан. Сүүлийн даалгавар нь мэдээллийг тайлбарлах, дүгнэлт хийх, өөрийгөө үнэлэх чадварыг шалгасан. Ийм бүтэц нь технологи ашигласны үр нөлөө зөвхөн сонирхол нэмэгдсэн эсэх бус, дээд түвшний танин

мэдэхүйн үйлд хэрхэн нөлөөлснийг ялган харах боломжтой болгосон.

Статистик боловсруулалтад бүлэг тус бүрийн дундаж, стандарт хазайлт, дундаж ахиц, хараат бус түүврийн t-шалгуур, Cohen's d нөлөөллийн хэмжээг тооцсон. Эх дипломын зарим нэг хүснэгтэд хяналтын бүлгийн оношлох дундаж болон t-утгын дугуйруулгад зөрүү байсан тул өгүүллийн хувилбарт сурагч бүрийн түүхий онооноос дахин тооцсон үзүүлэлтийг ашиглав. Энэ нь өгүүллийн тоон дүгнэлтийг илүү баталгаатай, дахин шалгах боломжтой болгох зорилготой.

Хүснэгт 1. Судалгааны загвар ба бүлгийн мэдээлэл

Бүлэг	Анги	n	Сургалтын арга	Үнэлгээний загвар
Туршилтын бүлэг	8а	28	Google Earth ашигласан интерактив, даалгаварт суурилсан арга	$O_1 - X - O_2$
Хяналтын бүлэг	8б	22	Уламжлалт тайлбарлан таниулах арга	$O_3 - O_4$
Нийт		50		

Эх сурвалж: Судалгааны эх материалд үндэслэн нэгтгэв.

Хүснэгт 2. Ажлын хуудасны шаталсан даалгавар

№	Даалгаврын товч агуулга	Танин мэдэхүйн түвшин
1	Монгол орны хамгийн өндөр цэгийг нэрлэх	Мэдэх
2	Хамгийн өндөр болон нам цэгийн байршлыг газрын зурагт заах	Ойлгох
3	Google Earth ашиглан координатаар объект хайж байршил тогтоох	Хэрэглэх
4	Өндөржилтийн өөрчлөлтийг ажиглаж, зүсэлт гаргах	Дүн шинжилгээ
5	Мэдээллийг тайлбарлаж, дүгнэлт хийх, өөрийгөө үнэлэх	Үнэлгээ

Эх сурвалж: Судалгааны ажлын хуудасны бүтцээс боловсруулав.

Сэтгэл ханамжийн судалгааг үр дүнгийн туслах нотолгоо гэж авч үзсэн. Сурагчид хичээлийг сонирхолтой гэж үнэлсэн нь сургалтын арга сайн байсан гэдгийг дангаараа нотлохгүй. Харин оношлох ба ахицын үнэлгээний үр дүнтэй хамт авч үзвэл технологид суурилсан арга сурагчдын

оролцоо, ойлгомжтой байдал, суралцах сэдлийг нэмэгдүүлж, энэ нь онооны ахицтай зэрэгцэн илэрсэн гэж тайлбарлаж болно. Ийм олон эх сурвалжийн мэдээллийг нэгтгэх нь боловсролын арга зүйн судалгаанд дүгнэлтийг илүү баталгаатай болгодог.

t-шалгуур нь хоёр бүлгийн дундаж ялгаа санамсаргүй хэлбэлзлээр тайлбарлагдах боломжтой эсэхийг шалгадаг. Гэхдээ p-value дангаараа сургалтын аргын ач холбогдлыг бүрэн илэрхийлэхгүй. Түүврийн хэмжээ их бол жижиг ялгаа ч статистикийн ач холбогдолтой гарч болно, харин түүврийн хэмжээ бага бол бодит ялгаа илэрсэн ч p-value хангалттай бага гарахгүй байх тохиолдол бий. Иймээс энэ судалгаанд Cohen's d нөлөөллийн хэмжээг хамтад нь тайлагнасан. Нөлөөллийн хэмжээ өндөр гарсан нь зөвхөн статистикийн ач холбогдол бус, сургалтын практик ач холбогдол мөн өндөр байгааг давхар харуулж байна.

Статистикийн хувьд дундаж утга нь бүлгийн ерөнхий түвшнийг, стандарт хазайлт нь сурагчдын онооны тархалт хэр жигд эсэхийг харуулна. Хэрэв дундаж өссөн боловч стандарт хазайлт маш их нэмэгдсэн бол зарим сурагчид хүчтэй ахиж, зарим нь хоцорсон байж болно. Энэ судалгаанд туршилтын бүлгийн ахицын стандарт хазайлт хяналтын бүлгээс арай өндөр байсан нь интерактив арга зарим сурагчдад илүү хүчтэй нөлөөлсөн байж болохыг илтгэнэ. Ийм учраас дараагийн судалгаанд сурагчдын өмнөх технологийн чадвар, суралцах хэв маяг, бүлгийн үүргийн хуваарилалт зэрэг хувьсагчийг давхар бүртгэх хэрэгтэй.

Өгөгдлийг боловсруулахдаа сурагч тус бүрийн оношлох оноо, ахицын үнэлгээний оноо, тэдгээрийн зөрүүг нэгж ажиглалт гэж авч үзсэн. Ахицын оноо нь тухайн сурагчийн сургалтын дараах онооноос сургалтын өмнөх оноог хассан утга бөгөөд арга зүйн нөлөөллийг харуулах хамгийн шууд үзүүлэлт юм. Зөвхөн ахицын дараах нийт оноог харьцуулбал эхний түвшний ялгаа нөлөөлөх магадлалтай. Харин ахицын зөрүүг харьцуулснаар сурагч бүрийн өөрийн эхлэх цэгээс хэр өөрчлөгдсөн нь тодорхой

болно. Энэ зарчим нь туршилтын ба хяналтын бүлгийн анхны мэдлэг ойролцоо байсан эсэхийг шалгахтай хослон хэрэглэгдэхэд илүү найдвартай тайлбар гаргадаг.

Үр дүн ба хэлэлцүүлэг

Сургалтын өмнөх оношлох үнэлгээгээр туршилтын бүлгийн дундаж 59.68, хяналтын бүлгийн дундаж 59.14 байв. Хараат бус түүврийн t-шалгуурын үр дүнгээр энэ ялгаа статистикийн ач холбогдолтой биш гарсан ($t=0.66$, $p=0.514$). Иймээс хоёр бүлэг сургалтын эхэнд ойролцоо түвшний мэдлэгтэй байсан гэж үзэх үндэстэй. Энэ нь дараах ахицын ялгааг зөвхөн анхны түвшний давуу талтай холбон тайлбарлах эрсдэлийг бууруулж байна.

Сургалтын дараах ахицын үнэлгээнд туршилтын бүлгийн дундаж 82.79, хяналтын бүлгийн дундаж 66.73 болж өссөн. Туршилтын бүлгийн дундаж ахиц 23.11 оноо байсан бол хяналтын бүлгийн дундаж ахиц 7.59 оноо байв. Дундаж ахицын ялгаа 15.52 оноо бөгөөд t-шалгуурын үр дүнгээр статистикийн өндөр ач холбогдолтой гарсан ($t=13.42$, $p<0.001$). Cohen's $d=3.82$ буюу маш өндөр нөлөөллийн хэмжээтэй гарсан нь интерактив, технологид суурилсан арга зүй уламжлалт тайлбарлах аргаас илүү хүчтэй нөлөө үзүүлснийг илтгэж байна.

Даалгаврын шинж чанараар авч үзвэл суурь мэдлэг шалгасан эхний түвшний даалгаварт хоёр бүлгийн ялгаа харьцангуй бага, харин координат хайх, 3D орчинд ажиглах, өндөржилтийн зүсэлт хийх, дүгнэлт гаргах зэрэг хэрэглэх, дүн шинжилгээ хийх, үнэлэх түвшний даалгаварт туршилтын бүлгийн давуу байдал илүү тод илэрсэн. Энэ нь технологи ашигласан хичээл зөвхөн “сонирхолтой” байснаар зогсохгүй, орон зайн мэдээллийг боловсруулах, өөрөө ажиглан нотлох, нотолгоонд тулгуурлан тайлбарлах чадварыг илүү идэвхжүүлснийг харуулна.

Сэтгэл ханамжийн судалгааг интерактив хичээлийн дараа 25 сурагчаас авч дүгнэсэн. “Технологи ашиглан заах нь сонирхолтой байсан уу” гэсэн асуултад сурагчдын 92 хувь

нь маш сонирхолтой гэж хариулсан. “3D загвар ашиглан уул нурууг харах нь цаасан зурагнаас илүү ойлгомжтой байсан уу” гэсэн асуултад 96 хувь нь тийм гэж хариулсан. Координат ашиглан газарзүйн объектыг өөрөө хайж олох үйл ажиллагаа судлаач мэт мэдрэмж төрүүлсэн эсэхэд мөн 96 хувь нь тийм гэж хариулт өгсөн. Харин Монгол орны гадаргын өндөржилтийн ялгааг өөртөө итгэлтэй тайлбарлаж чадах эсэхэд 52 хувь нь чадна, 40 хувь нь дахин харах шаардлагатай, 8 хувь нь сайн мэдэхгүй гэж хариулсан нь технологиор үзүүлэх хичээл ойлголтыг нэмэгдүүлсэн боловч бататгалын үе шат зайлшгүй хэрэгтэйг харуулж байна.

Сурагчдын чанарын хариултад хичээл илүү бодитой, сонирхолтой, өөрөө хайж олдог хэлбэртэй болсон гэсэн санаа давтагдсан. Энэ нь сурагч төвтэй сургалтын зарчимтай нийцэж байна. Гэвч бүх сурагчид нэг удаагийн хичээлээр өндөржилтийн ялгааг бүрэн тайлбарлах түвшинд хүрсэн гэж үзэх боломжгүй. Иймээс арга зүйн үр нөлөө өндөр гарсан ч хичээлийн дараах бататгал, богино давталт, нэмэлт дасгалын хэрэгцээ байгаа нь үр дүнгийн чухал тайлбар юм.

Хүснэгт 3. Оношлох ба ахицын үнэлгээний статистик үзүүлэлт

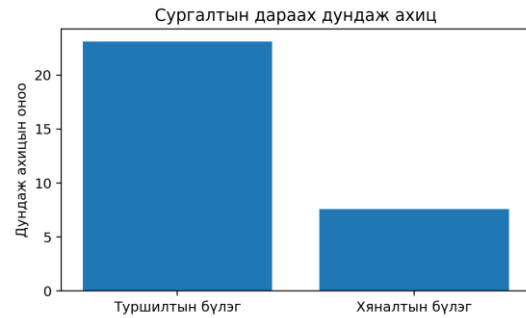
Бүлэг	n	Оношлох M±SD	Ахицын үнэлгээ M±SD	Дундаж ахиц M±SD
Туршилтын бүлэг	28	59.68 ± 3.23	82.79 ± 6.72	23.11 ± 4.63
Хяналтын бүлэг	22	59.14 ± 2.40	66.73 ± 5.36	7.59 ± 3.17

Эх сурвалж: Сурагч тус бүрийн онооны хүснэгтээс дахин тооцсон. M – дундаж, SD – стандарт хазайлт.

Хүснэгт 4. Бүлгүүдийн харьцуулалтын t-шалгуур ба нөлөөллийн хэмжээ

Харьцуулалт	Дундаж ялгаа	t	p	Cohen's d
Оношлох үнэлгээ: туршилт – хяналт	0.54	0.66	0.514	0.19
Дундаж ахиц: туршилт – хяналт	15.52	13.42	<0.001	3.82

Эх сурвалж: Үнэлгээний оноонд үндэслэсэн зохиогчдын статистик тооцоолол.



Зураг 1. Туршилтын болон хяналтын бүлгийн дундаж ахицын харьцуулалт

Эх сурвалж: Үнэлгээний оноонд үндэслэн зохиогчдын тооцоолол.

Хүснэгт 5. Сэтгэл ханамжийн судалгааны гол үр дүн

Асуултын агуулга	Гол эерэг хариулт	Хувь
Технологи ашигласан хичээл сонирхолтой байсан эсэх	Маш сонирхолтой	92%
3D загвар цаасан газрын зурагнаас ойлгомжтой эсэх	Тийм	96%
Координатаар өөрөө хайх нь судлаач мэт мэдрэмж төрүүлсэн эсэх	Тийм, маш их	96%
Өндөржилтийн ялгааг өөртөө итгэлтэй тайлбарлаж чадах эсэх	Чадна / дахин харах шаардлагатай / сайн мэдэхгүй	52% / 40% / 8%
Бусад газарзүйн сэдвийг интерактив технологиор үзэх хүсэл	Хүсэж байна / заримдаа ашиглаж болно / хэрэггүй	80% / 20% / 0%

Эх сурвалж: Сурагчдын сэтгэл ханамжийн судалгааны нэгтгэл.



Зураг 2. Сэтгэл ханамжийн судалгааны эерэг хариултын хувь

Эх сурвалж: Сурагчдын сэтгэл ханамжийн судалгааны нэгтгэл.

Хэлэлцүүлэг

Судалгааны үр дүн интерактив сургалтын онолын үндсэн таамаглалтай нийцэж байна.

Конструктивизмын үүднээс сурагч шинэ мэдлэгийг бэлэн хэлбэрээр хүлээн авах бус, өөрийн туршлага, ажиглалт, оролдлого дээр тулгуурлан бүтээдэг (Piaget, 1970; Vygotsky, 1978). Туршилтын хичээлд сурагчид координат оруулах, газар хайх, зүсэлт гаргах, үр дүнг хэлэлцэх замаар мэдлэгийг шууд сонсоогүй, харин үйлдлээр дамжуулан бүтээсэн. Энэ нь хотгор гүдгэрийн хийсвэр ойлголтыг бодит газар нутгийн дүрслэлтэй холбож өгсөн тул орон зайн төсөөлөл нэмэгдэх үндсэн механизм болсон гэж тайлбарлаж болно.

Даалгаварт суурилсан сургалтын хувьд сурагчийн гүйцэтгэж буй үйл ажиллагаа тодорхой зорилготой, бодит мэдээлэлтэй, дараалсан алхамтай байх шаардлагатай (Prabhu, 1987; Kolb, 1984). Энэхүү судалгааны ажлын хуудас нь хамгийн өндөр цэгийг нэрлэхээс эхлээд координатаар хайх, өндрийн зүсэлт унших, өөрийн тайлбар гаргах хүртэл шаталсан бүтэцтэй байсан. Ийм шатлалгүйгээр Google Earth ашиглах нь зүгээр л үзүүлэн харах түвшинд үлдэх магадлалтай. Харин даалгаврын логик дараалал нь технологийг сургалтын зорилготой холбосон тул ахицын оноонд бодит ялгаа бий болсон.

Үр дүнгийн практик утга нь дунд сургуулийн газарзүйн багш нарт шууд хамаатай. Нэгдүгээрт, Google Earth нь үнэгүй, харьцангуй хялбар хэрэглэгдэхүүн тул өндөр өртөгтэй ГМС программ байхгүй үед ч орон зайн сэтгэлгээг дэмжих боломжтой. Хоёрдугаарт, хотгор гүдгэрийн сэдэвт 3D дүрслэл, өндөржилтийн зүсэлт хамгийн тохиромжтой хэрэглээний нэг болж байна. Гуравдугаарт, технологи ашиглах үед багшийн үүрэг багасахгүй, харин өөрчлөгдөнө. Багш мэдээлэл дамжуулагч байхаас гадна асуулт дэвшүүлэгч, ажлын алхам чиглүүлэгч, буцах холбоо өгөгч, сурагчдын тайлбарыг шинжлэх ухааны ойлголттой холбогч болж ажиллах шаардлагатай.

Гэсэн хэдий ч судалгааны хязгаарлалтыг тодорхой хэлэх нь зүйтэй. Нэгдүгээрт, түүврийн хэмжээ 50 сурагч бөгөөд нэг сургуулийн хоёр ангид хязгаарлагдсан тул

үр дүнг бүх сургуульд шууд ерөнхийлөх боломжгүй. Хоёрдугаарт, туршилт нэг сэдвийн хүрээнд хийгдсэн учраас гео-оронзайн технологийн нөлөө уур амьсгал, хүн ам, эдийн засгийн газарзүй зэрэг бусад сэдэвт яг ижил хэмжээтэй гарна гэж дүгнэхэд эрт. Гуравдугаарт, багшийн бэлтгэл, компьютерийн хүрэлцээ, интернетийн хурд, сурагчдын технологийн өмнөх туршлага зэрэг хүчин зүйлс үр дүнд нөлөөлөх боломжтой. Иймээс дараагийн судалгаанд олон сургууль, олон сэдэв, давтан хэмжилт, удаан хугацааны хадгалалт буюу retention test ашиглах нь илүү найдвартай дүгнэлт гаргах нөхцөл болно.

Эцэст нь, сургалтын байгууллагын түвшинд багшийн мэргэжил дээшлүүлэх богино сургалт, бэлэн ажлын хуудасны сан, дижитал газрын зургийн хэрэглэгдэхүүний багц, үнэлгээний даалгаврын нөөц хэрэгтэй байна. Технологийг нэг багшийн хувийн санаачилга төдий байлгавал тогтвортой үр дүн гарахгүй. Харин хөтөлбөрийн зорилт, сургалтын хэрэглэгдэхүүн, багшийн чадвар, үнэлгээний арга нэгдмэл болсон үед гео-оронзайн технологи нь газарзүйн хичээлийн чанарыг бодитоор дээшлүүлэх боломжтой. Энэ судалгаа бага хэмжээний туршилт боловч ийм чиглэлийн арга зүйн хөгжүүлэлт хэрэгцээтэй, хэрэгжих боломжтой, сурагчдад эерэгээр хүлээн авдаг болохыг харуулж байна.

Арга зүйн хувьд энэ туршилтыг зөвхөн хотгор гүдгэрийн сэдэвт хязгаарлах шаардлагагүй. Уур амьсгалын бүс, гол мөрний сүлжээ, хотжилт, хүн амын тархалт, байгалийн нөөц, аялал жуулчлалын маршрут зэрэг олон сэдэвт гео-оронзайн технологи ашиглах боломжтой. Гэхдээ сэдэв бүрт ижил технологи ижил үр дүн өгнө гэж үзэх нь буруу. Хотгор гүдгэрт 3D дүрслэл, өндрийн зүсэлт хамгийн тохиромжтой бол хүн амын тархалтад давхарга, тэмдэглэгээ, зай ба нягтралын харьцуулалт илүү тохиромжтой байж болно. Иймээс багш “ямар ойлголтыг ямар гео-оронзайн үйлдлээр хамгийн сайн харуулах вэ” гэсэн асуултаар хэрэглэгдэхүүнээ сонгох нь зүйтэй.

Судалгааны үр дүнд тулгуурлан “Монгол орны хотгор гүдгэр” сэдвийн хичээлийг гурван үе шаттай хэрэгжүүлэх хувилбар санал болгож болно. Эхний үе шат нь асуудал дэвшүүлэх буюу сурагчдын өмнөх төсөөллийг илрүүлэх хэсэг байна. Энэ үед “яагаад Монгол орны баруун хэсэгт өндөр уулс давамгайлдаг вэ”, “хавтгай газрын зураг дээрх өнгө бодит өндөршлийг бүрэн ойлгуулж чаддаг уу” зэрэг асуулт тавьж болно. Хоёр дахь үе шат нь гео-оронзайн хайгуул бөгөөд сурагчид координат, 3D дүрслэл, зүсэлт ашиглан нотолгоо цуглуулна. Гурав дахь үе шат нь тайлбар ба нэгтгэл бөгөөд сурагчид ажигласан мэдээллээ газрын зураг, өндөршлийн тоо, хэлбэрийн тайлбартай холбож дүгнэнэ. Ийм бүтэц нь интерактив үйл ажиллагааг хичээлийн зорилго, үр дүнтэй холбож өгдөг.

Үнэлгээний хувьд зөвхөн эцсийн оноогоор үр дүнг хэмжих нь хангалтгүй. Энэ судалгаанд оношлох ба ахицын үнэлгээ хэрэглэсэн нь бүлгүүдийн ялгааг харахад тохиромжтой байсан боловч цаашид явцын үнэлгээ, ажиглалтын тэмдэглэл, сурагчийн ажлын хуудасны чанарын шинжилгээг нэгтгэвэл илүү нарийн дүгнэлт гарна. Жишээлбэл, сурагч өндрийн зүсэлтийн график дээр оргил, хөндий, налуу хэсгийг ялган нэрлэж чадаж байгаа эсэх, 3D дүрслэлээс хоёр хэмжээст газрын зураг руу буцаан хөрвүүлж ойлгож байгаа эсэхийг тусгай шалгуураар үнэлж болно. Ийм үнэлгээ нь зөвхөн мэдлэг нэмэгдсэн эсэхийг бус, орон зайн сэтгэлгээний аль дэд чадвар сайжирсныг тодруулна.

Google Earth ашиглахдаа технологийн найдвартай байдлыг урьдчилан шалгах хэрэгтэй. Интернет тасрах, зураг ачаалахгүй байх, төхөөрөмжийн хүчин чадал хүрэлцэхгүй байх зэрэг эрсдэл нь интерактив хичээлийг шууд саатуулдаг. Иймээс багш өмнө нь хэрэглэх газрын байршил, зам, зураглалыг хадгалсан файл хэлбэрээр бэлдэх, шаардлагатай бол дэлгэцийн зураг болон хэвлэмэл хувилбартай байх, нэг төхөөрөмжөөр багшийн удирдлагатай хамтын ажиглалт хийх нөөц хувилбар төлөвлөх нь зүйтэй. Технологийн доголдол гарсан тохиолдолд

хичээлийн зорилго алдагдахгүй байх ёстой. Өөрөөр хэлбэл, интерактив арга нь зөвхөн программын ажиллагаанаас хараат бус, харин асуулт, ажиглалт, тайлбар, дүгнэлтийн логик дээр тогтож байх хэрэгтэй.

Интерактив сургалтын үед сурагчийн оролцоог жигд байлгах нь чухал. Компьютер, төхөөрөмжийн тоо хүрэлцээгүй нөхцөлд 2-3 сурагчтай жижиг бүлэг байгуулж болно. Гэхдээ бүлгийн дотор нэг сурагч зөвхөн программ ажиллуулж, бусад нь ажиглагч хэвээр үлдэх эрсдэлтэй тул үүргийг ээлжлэн хуваарилах шаардлагатай. Нэг сурагч координат оруулах, нөгөө сурагч ажигласан мэдээллийг бичих, гурав дахь сурагч тайлбар бэлтгэх гэх мэт үүрэг оноовол хамтын суралцахуй бодит болно. Мөн багш бүлэг бүрт ижил хариулт шаардах бус, өөр өөр жишээ объект өгч, төгсгөлд нь дүгнэлтийг харьцуулуулах нь сурагчдын орон зайн сэтгэлгээг илүү идэвхжүүлнэ.

Хичээлийн өмнөх бэлтгэлд багш гурван төрлийн материал бэлдвэл үр дүн нэмэгдэнэ. Эхнийх нь координат, объект, ажиглах асуулт бүхий чиглүүлэгч карт юм. Энэ карт сурагчийг программ дотор төөрөхөөс хамгаалж, үйл ажиллагааг зөв дарааллаар хөтөлнө. Хоёр дахь нь тухайн сэдэвтэй холбоотой газрын зураг, өндөршлийн шкал, физик газарзүйн суурь мэдээлэл бүхий богино лавлах хуудас юм. Ингэснээр сурагч 3D дүрслэл харсан ч түүнийг газарзүйн нэр томъёотой холбон тайлбарлах боломжтой болно. Гурав дахь нь үнэлгээний рубрик юм. Рубрикт зөвхөн “объектыг олсон эсэх” бус, байршлыг зөв тайлбарласан эсэх, өндөржилтийн ялгааг харьцуулсан эсэх, зүсэлтийн графикаас дүгнэлт гаргасан эсэхийг оноож өгөх хэрэгтэй.

Судалгааны үр дүнг сургалтын өдөр тутмын практикт шилжүүлэхэд багш технологи ашиглах дарааллыг хичээлийн зорилготой шууд холбох шаардлагатай. Нэгдүгээрт, хичээл эхлэхийн өмнө сурагчид ямар газарзүйн ойлголтыг эзэмших, ямар нотолгоогоор түүнийг тайлбарлах, ямар бүтээгдэхүүн гаргахыг тодорхой зааж өгөх хэрэгтэй. Жишээлбэл, “Монгол орны хамгийн өндөр ба нам цэгийг координатаар

олж, өндөржилтийн ялгааг зүсэлтийн графикаар тайлбарлана” гэсэн зорилт нь ерөнхий “Google Earth ашиглана” гэхээс илүү хэмжигдэхүйц, ажиглагдахуйц байдаг. Хоёрдугаарт, багш программын техникийн үйлдлийг сургалтын гол зорилго болгохгүй байх ёстой. Хайлтын цонхонд координат бичих, зам татах, elevation profile нээх зэрэг үйлдэл нь сурагчийн орон зайн тайлбарт хүргэх хэрэгсэл болохоос тусдаа зорилго биш юм.

Сургалтын арга зүйн хэрэгжүүлэлтийн зөвлөмж

Ийм байдлаар боловсруулсан хичээл нь нэг удаагийн технологийн туршилт бус, сургалтын зорилго, хэрэглэгдэхүүн, сурагчийн үйл ажиллагаа, үнэлгээний шалгуур хоорондоо уялдсан бүрэн арга зүйн нэгж болж чадна. Багш нарын хувьд гол сорилт нь программ эзэмшихээс илүү тухайн программын боломжийг газарзүйн ойлголт, асуулт, нотолгоо, дүгнэлттэй зөв холбох явдал юм.

Дүгнэлт

Гео-оронзайн технологид тулгуурласан интерактив сургалтын арга нь “Монгол орны хотгор гүдгэр” сэдвийг заахад сурагчдын мэдлэг, ойлголт, орон зайн төсөөллийг нэмэгдүүлэхэд уламжлалт тайлбарлан таниулах аргаас илүү үр дүнтэй байна. Сургалтын өмнө хоёр бүлгийн мэдлэгийн түвшин статистикийн ач холбогдолтой ялгаагүй байсан бол сургалтын дараах дундаж ахиц туршилтын бүлэгт 23.11 оноо, хяналтын бүлэгт 7.59 оноо болж, ахицын ялгаа өндөр ач холбогдолтой гарсан ($p < 0.001$). Энэ нь Google Earth ашигласан координат хайлт, 3D ажиглалт, өндөржилтийн зүсэлт, шаталсан ажлын хуудас зэрэг үйл ажиллагаа нь хийсвэр рельефийн ойлголтыг бодит дүрслэлтэй холбож өгдөгтэй холбоотой.

Сурагчдын сэтгэл ханамжийн судалгаа нь арга зүйн хүлээн авалт эерэг байсныг харууллаа. Ихэнх сурагч технологи ашигласан хичээлийг сонирхолтой, 3D дүрслэлийг ойлгомжтой, координатаар

өөрөө хайх үйл ажиллагааг идэвхжүүлэгч гэж үнэлсэн. Гэвч өндөржилтийн ялгааг бүрэн итгэлтэй тайлбарлаж чадна гэж хариулсан хувь 52 байсан нь нэг удаагийн интерактив хичээл хангалттай бус, бататгал болон давтан хэрэглээ зайлшгүй хэрэгтэйг илтгэж байна.

Иймээс дунд сургуулийн газарзүйн сургалтад Google Earth болон бусад гео-оронзайн технологийг нэвтрүүлэхдээ технологийг үзүүлэнгийн хэрэгсэл бус, даалгаварт суурилсан судлах үйл ажиллагааны орчин болгон ашиглах хэрэгтэй. Цаашид энэ арга зүйг олон сургууль, өөр өөр газарзүйн сэдэв, илүү урт хугацааны туршилтаар шалгаж, багшийн заах арга зүйн сургалт, ажлын хуудасны сан, үнэлгээний нэгж даалгаврыг системтэй боловсруулбал газарзүйн хичээлийн чанар болон сурагчдын орон зайн сэтгэлгээний хөгжлийг дэмжих бодит боломжтой.

Ашигласан материал

- ACARA. (2013). Australian Curriculum: Geography. Australian Curriculum, Assessment and Reporting Authority.
- Baker, T. R. (2005). Internet-based GIS mapping in support of K–12 education. *The Professional Geographer*, 57(1), 44–50.
- Bednarz, S. W. (2006). Geographic information systems: A tool to support geography and environmental education? *GeoJournal*, 60, 191–199.
- Bloom, B. S., Engelhart, M. D., Furst, E. J., Hill, W. H., & Krathwohl, D. R. (1956). *Taxonomy of educational objectives: The classification of educational goals*. New York: Longmans, Green.
- Demirci, A. (2008). Evaluating the implementation and effectiveness of GIS-based application in secondary school geography lessons. *American Journal of Applied Sciences*, 5(3), 169–178.
- Golledge, R. G. (2002). The nature of geographic knowledge. *Annals of the Association of American Geographers*, 92(1), 1–14.
- Johnson, D. W., & Johnson, R. T. (1989). *Cooperation and competition: Theory and research*. Edina, MN: Interaction Book Company.
- Johnson, D. W., Johnson, R. T., & Smith, K. A. (1998). Cooperative learning returns to college: What evidence is there that it works? *Change*, 30(4), 26–35.
- Kerski, J. J. (2003). The implementation and effectiveness of geographic information systems technology and methods in secondary education. *Journal of Geography*, 102(3), 128–137.

Kolb, D. A. (1984). *Experiential learning: Experience as the source of learning and development*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.

National Research Council. (2006). *Learning to think spatially: GIS as a support system in the K–12 curriculum*. Washington, DC: National Academies Press.

Patterson, T. C. (2007). Google Earth as a not just geography education tool. *Journal of Geography*, 106(4), 145–152.

Piaget, J. (1970). *Genetic epistemology*. New York: Columbia University Press.

Prabhu, N. S. (1987). *Second language pedagogy*. Oxford: Oxford University Press.

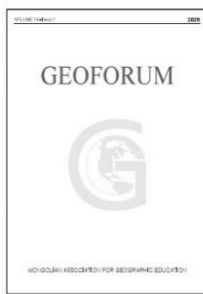
Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological processes*. Cambridge, MA: Harvard University Press.

Амарсайхан, Д., & Ганзориг, М. (2010). *Зайнаас тандан судлалын үндэс*. Улаанбаатар.

Багчулуун, Е. (2017). Газарзүйн боловсрол, сургалтын арга зүйн асуудлууд. Улаанбаатар.

Бат-Эрдэнэ, Ц. (2022). Гео-оронзайн технологийг ерөнхий боловсролын газарзүйн сургалтад ашиглах боломж. Улаанбаатар.

Гантуяа, Н. (2026). Гео-оронзайн технологи ашигласан интерактив сургалтын арга зүй ба түүний үр нөлөө. Магистрын зэрэг горилсон бүтээл, Монгол Улсын Боловсролын Их Сургууль, Улаанбаатар.



Хотгор гүдгэрийн тархалт, онцлог, морфогенетик хэв шинж (Ховд аймгийн Мянгад сумын жишээн дээр)

О.Мөнхдулам^{1,*}, Г.Нямдаваа¹, Т.Рэнчинмядаг¹, Т.Даваагатан¹

¹ШУА-ийн Газарзүй, Геоэкологийн хүрээлэнгийн Физик газарзүй, орчин судлалын салбар, Улаанбаатар 15170, Монгол улс

Article info

Received 25 March.2025

Accepted 17 May.2025

Keywords

Геоморфологи, хотгор гүдгэр, морфогенетик хэв шинж, хэвгий, өндөршил

Corresponding author

Mnkhdulam.O

ШУА-ийн Газарзүй,
Геоэкологийн хүрээлэнгийн
Физик газарзүй, орчин
судлалын салбар.

E-mail: munkhdulamo@mas.ac.mn

Abstract:

The aim of this study is to identify the distribution and features of the relief at the local level and develop a large-scale map morphogenetic type of relief. We selected Myangad soum of Khovd province as the study area. For the analysis, Quickbird imagery with a spatial resolution of 61 cm, Sentinel 2 satellite with a spatial resolution of 10 m, elevation data from the ALOS PALSAR satellite with a spatial resolution of 12.5 m, topographic maps and field research materials conducted in July 2024 were used, respectively. For the method, two approaches were applied: bottom-up approach, and top-down approach. The bottom-up approach was used to generate thematic layers such as packaging the collected data, drawing general conclusions, and overlaying thematic layers. For top-down analysis, an estimation or multivariate linear regression model was used. The result of the research found that morphogenetic types of reliefs of Myangad soum into three main types, 7 subtypes, and 19 classes: tectonic-erosion, erosion-accumulation, and accumulation. The results of this research might be significant for harmonizing the modern trends of physical geography with the unique features of the locality and the needs and requirements of socio-economic development. In addition, it can be contributes to the comprehensive solution of problems such as determining the current state of the land surface, dynamic processes, and protecting the ecological balance.

© 2024 Author(s). This is an open access article under the CC BY-04 license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Оршил

Монгол улс зах зээлийн нийгэмд шилжсэн 1990-ээд оноос байгалийн нөөцийн ашиглалт эрчимтэй нэмэгдсэнтэй холбоотойгоор физик газарзүйн судалгаанд ландшафтын ашиглалт, өөрчлөлт, зохистой бүсчлэл, ландшафтын экологи, байгаль хамгаалал зэрэг хавсарга судалгааны

чиглэлүүд давамгайлж, физик газарзүйн шинжлэх ухааны үндсэн суурь чиглэлүүд болох ландшафт, геоморфологийн том, дунд масштабын зураглалын асуудал орхигдох хандлага ажиглагдаж эхэлсэн. Энэ нь нэг талаас төр засгийн бодлого, нийгэм эдийн засгийн хэрэгцээ шаардлагатай уялдуулан байгалийн нөөцийн ашиглалт, байгаль

хамгааллын судалгаанд гол анхаарлаа хандуулсантай холбоотой, нөгөө талаас уламжлалт арга, технологийг ашиглан орон нутаг болон бүс нутгийн хэмжээнд том, дунд масштабын ландшафт, геоморфологийн иж бүрэн судалгаа явуулах нь цаг хугацаа их зарцуулахаас гадна, хөрөнгө санхүүгийн хүндрэл нөлөөлж байсан. Тэгвэл, сансрын техник, технологийн хөгжил шинэ шатанд гарсан энэ цаг үед төрөл бүрийн хиймэл дагуулын өгөгдлийг хиймэл оюуны дэвшилтэд аргуудтай хослуулан бага зардлаар, богино хугацаанд олон хүчин зүйл, олон процессын нэгдсэн судалгааг явуулах боломж бүрдээд байна. Нөгөөтгээгүүр, физик газарзүйн суурь болон хавсарга судалгааны иж бүрэн байдлыг алдагдуулахгүй, тэнцвэртэйгээр хөгжүүлэх чиглэлийг баримтлах нь байгалийн нөхцөл, нөөцийн ашиглалт, байгаль хамгааллын асуудалд цогцоор хандсан шинжлэх ухааны үндэслэлтэй шийдвэр гаргахад чухал ач холбогдолтой байдаг.

Тиймээс бид 2022-2024 онуудад “Монгол орны баруун бүсийн ландшафт, геоморфологийн зураглал, мэдээллийн сан” сэдэвт Шинжлэх ухаан технологийн сангийн захиалгат суурь судалгааны төслийн ажлыг гүйцэтгэж байна. Тус ажлын хүрээнд орон нутгийн түвшинд хотгор гүдгэрийн тархалт, онцлогийг илрүүлж, том масштабын геоморфологийн зураглалыг боловсруулах зорилго тавьсан. Тус зорилгын хүрээнд өндөр нарийвчлалтай төрөл бүрийн хиймэл дагуулын өгөгдлийг олон хувьсагчийн регрессийн аргатай хослуулан нарийвчлал, таарц сайтай том масштабын геоморфологийн (морфогенетикийн хэв шинжийн болон морфометрийн) зургийг сумын хэмжээнд боловсруулах зорилт дэвшүүлсэн.

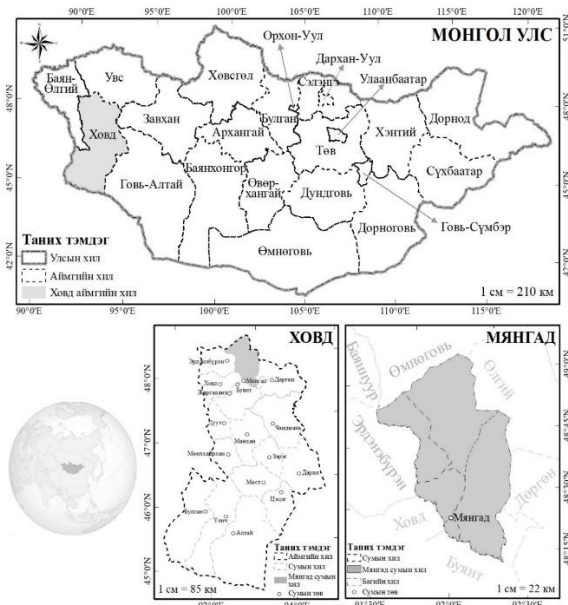
Геоморфологи нь хотгор гүдгэр (газрын гадарга)-ийн үүсэл хөгжил, зүй тогтлыг судалдаг. Өөрөөр хэлбэл, геоморфологи нь газрын гадаргын физик нөхцөлийг тодорхойлох боломжийг олгох бөгөөд морфогенетик (газрын гадаргын гарал

үүсэл, төрх байдалд нөлөөлөх геологийн онцлог шинж чанарууд, гадаад болон дотоод хүчний үйл явцууд), морфометр (гадаргын хэлбэр, гадаргын өндөр, налуу), морфохронологи (харьцангуй болон үнэмлэхүй насны талаарх мэдээлэл), морфодинамик (газрын гадаргын өөрчлөлтийн үйл явц) зэрэг газрын гадаргын үйл явцтай холбоотой олон мэдээллийг агуулж байдаг. Геоморфологийн зураглал газар зохион байгуулалт, газрын менежмент, хүний үйл ажиллагааны нөлөөллийн үнэлгээ, уул уурхай, дэд бүтэц, инженерийн чиглэлийн төслүүдэд, мөн байгалийн аялал жуулчлалын байгалийн нөөц болох ландшафтын гоо зүй (үзэсгэлэнт байдал), байгалийн болон соёлын өвийн үнэ цэнийг үнэлэхэд, цаашлаад газрын гадаргын тогтвортой байдал болон эрсдэлийг үнэлэхэд өргөн ашигладаг.

Судалгаанд хамрагдсан газар нутаг

Монгол орны баруун хязгаар Ховд аймгийн хойд захад орших гадаргын хувьд ихээхэн өвөрмөц, говь, хангай хосолсон Мянгад сумыг судалгааны талбайгаар сонгосон. Мянгад сум нь байршлын хувьд зүүн талаараа Дөргөн, урд, баруун урд, баруун талаараа Буянт, Ховд, Эрдэнэбүрэн сумдтай, хойд, зүүн хойд талаараа Увс аймгийн Өмнөговь, Өлгий сумдтай хиллэнэ (Зураг 1). Засаг захиргааны нэгжийн хувьд Чацарганат, Цагаанбулан, Гахайт, Баянбулаг, сумын төвийн Баянхошуу гэсэн 5 багтай, аймгийн төвөөс 45 км, Улаанбаатар хотоос 1470 км, Увс аймгаас 210 км, Баян-Өлгий аймгаас 350 орчим км-ийн зайд оршино. Монгол Алтайн уулархаг мужийн салбар далайн түвшнээс дээш 3351 м-ийн өндөрт өргөгдсөн үзэсгэлэнт Алтан Хөхий нурууны ноён оргил Өндөр Хөх уулын өвөрт, Халзан Бүргэдтэй, Улаан Үнээт, Цагаан Үнээт, Чаргат, Сундуйлын уулс түүний салбар аараг толгод, тал хөндий болон Ховд голын сав дагуух нутаг нугын үржил шимт хөрс бүхий шил, говь, гол хосолсон 325.5 мян.га

газар нутагтай, 3731 хүн ам, 221.21 мян. толгой малтай (УСХ, 2023).



Зураг 1. Ховд аймгийн Мянгад сумын газарзүйн байршил

Ашигласан мэдээ, арга зүй

Дэлхийг ажиглах технологийн тасралтгүй хөгжлийн үр дүнд төрөл бүрийн судалгаанд ашиглах боломжтой асар их тандан судалгааны өгөгдөл бий болж байна (Otgonbayar et al., 2023). Тус судалгаанд 61 см-ийн орон зайн нарийвчлалтай Quickbird, 10 м-ийн орон зайн нарийвчлалтай Sentinel 2 хиймэл дагуулуудын олон сувгийн мэдээ, ALOS PALSAR хиймэл дагуулын 12.5 м-ийн орон зайн нарийвчлалтай өндрийн тоон загварын мэдээ, 1945 онд Зөвлөлт Холбоот улс (хуучин нэрээр)-д зохиогдож 1984-1985 онуудад шинэчлэгдсэн 1:100000 масштабтай байрзүйн зургийг тус тус ашигласан. Тодруулбал, гадаргын хэлбэр дүрсийг илэрхийлэх морфометрийн зургуудыг боловсруулахад өндрийн тоон загварын зургийг, гадаргын төрх байдлыг илүү нарийвчлалтай үнэн зөв дүрслэхийн тулд Quickbird болон Sentinel 2 хиймэл дагуулын өгөгдлүүдийг, уулт өндөрлөгүүд, даваа гүвээ, гол горхи, булаг шандын нэр, байршлыг тодруулахад ШУА-ийн Газарзүй, геоэкологийн хүрээлэнгийн Физик газарзүй, орчин судлалын салбараас 2024 оны 07 сард

явуулсан хээрийн судалгааны материал болон 1:100000 масштабтай байрзүйн зургийг ашигласан.

Арга зүйн хувьд нарийнаас ерөнхий, ерөнхийгөөс нарийн гэсэн 2 зарчмыг баримталсан. Судалгаанд хамрагдсан сумын орон зайн өгөгдөлд дүн шинжилгээ хийж гадаргын өндөршил, хэвгий, хэрчигдлийн гүн, шигүү зэрэг зургуудыг боловсруулахад нарийнаас ерөнхийд шинжлэх зарчим нь цугларсан мэдээллийг багцлах, ерөнхийд нь дүгнэлт гаргах, орон нутгийн хэмжээний дүр зургийг зөв илэрхийлэх, сэдэвчилсэн давхарга үүсгэх нөхцөлийг бүрдүүлсэн. Ерөнхийгөөс нарийвчилсан шинжилгээ хийхэд тооцооны буюу олон хувьсагчийн шугаман регрессийн загварыг ашигласан.

Үр дүн

Тус судалгааны үр дүн нь Ховд аймгийн Мянгад сумын хотгор гүдгэрийн тархалт, онцлогийг илрүүлэх, морфогенетик хэв шинжийн болон морфометрийн зураглалыг үйлдэх гэсэн 3 хэсгээс бүрдэнэ.

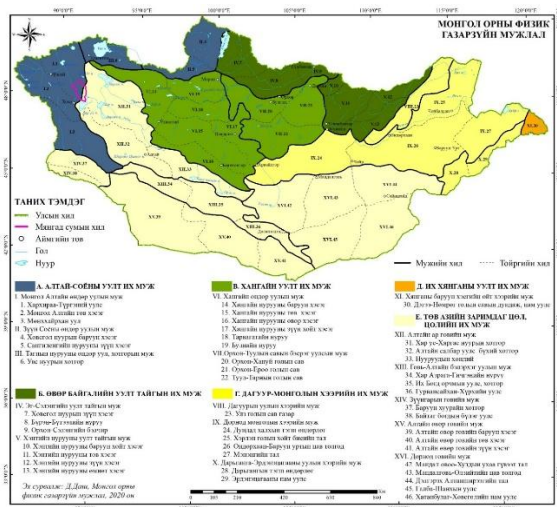
Хотгор гүдгэрийн тархалт, онцлог

Хотгор гүдгэрийн өнөөгийн төрх байдал дэлхийн дотоод болон гадаад хүчний харилцан үйлчлэлийн үр дүн бий болсон. Өөрөөр хэлбэл, геологийн эрин галавт болсон хотгор гүдгэрийн өөрчлөлтийн үр дүнд өнөөгийн төрхөө олсон. Уулархаг газруудад дэлхийн царцдасын дотоод хүчний үйл ажиллагаа тухайлбал, шинэхэн тектоник хөдөлгөөн хотгор гүдгэрийн үүсэлд гол нөлөө үзүүлсэн байхад гадаад хүчний үйл явцын үндсэн хэлбэр болох элэгдэл, тектоник өргөгдөлтэй нэгэн адил хүчтэй явагдаж байсан. Царцдасын гадаад хүчний үйл явц чулуулгийн эрдсийн найрлага, хатуулагт хүчтэй нөлөөлдөг тодруулбал, хатуулаг ихтэй чулуулаг элэгдэлд бага өртөж үлдэц хад, цохио, цонж үүсгэсэн байхад хатуулаг багатай буюу олон эрдэс агуулсан чулуулаг элэгдэлд амархан өртөж, бутран хурдас хуримтлалын үйл явцыг хурдасгадаг. Тус сум нь Монгол орны

физик газарзүйн шинэчилсэн мужлал (Doljin, 2020)-аар Алтай-Соёны уулт их мужийн Монгол Алтайн өндөр уулын мужийн Хархираа-Түргэний уулсын дэд мужийн Алтан Хөхийн тойрог болон Төв Азийн заримдаг цөл, цөлийн их мужийн Алтайн ар говийн мужийн Хар Ус-Хяргас нуурын хотгорын дэд мужийн Хар-Ус нуурын тойрогт хамрагдана (Зураг 2).

А. Алтай-Соёны уулт их муж

Доктор, Даш (2020) тус их мужийг Ази тивийн болон Оросын Холбооны улсын физик газарзүйн мужлалд тодорхой байр эзлэх өөрийн өвөрмөц онцлогтой томоохон их мужуудын нэг гэжээ тодорхойлжээ. Хамрах нутгийн ихэнх нь Оросын Холбооны улсын нутагт оршино. Монгол улсын тухайд Алтай-Соёны уулт их муж нь Монгол Алтайн өндөр уулын муж, Зүүн Соёны өндөр уулын муж, Тагнын нурууны өндөр уул, хотгорын муж гэсэн 3 мужийн түвшинд ялгарах тодорхой нутгууд тухайлбал, Монгол Алтайн нуруу, Хөвсгөлийн баруун хэсэг, Тагнын нурууны өвөр бэл Увс нуурын хотгор тус тус хамрагдана (Зураг 2). Эдгээрээс, Ховд аймгийн Мянгад сумын дийлэнх хэсэг нь Монгол Алтайн өндөр уулын мужид хамрагдана.



Зураг 2. Монгол орны физик газарзүйн мужлал (Даш, 2020)

А-1. Монгол Алтайн өндөр уулын муж

Монгол Алтайн өндөр уулын муж нь Монгол орны баруун хагаст улсын хилийн дагуу баруун хойноос зүүн урагш сунаж тогтсон уулсын системийг хамаарах ба цааш Говь-Алтайн нуруу болон үргэлжилж баруун талаараа их нууруудын хотгор, өмнө талаараа Баруун хуурайн хотгортой хиллэнэ (Даш, 2020). Тус мужийн уул нурууд урагшаа тохойрсон хэлбэртэй, гол нурууны үнэмлэхүй өндөр, баруунаас зүүн тийш намсана. Гол нурууд нь дурдсан чиглэлд зэрэгцээ оршдог учир богинохон, салбар уулс нэлээд өндөр, гол төлөв өргөрөг дагаж салбарлана. Хамгийн өндөр нь Монгол, БНХАУ-ын хил дагуу орших Монгол Алтайн гол нуруу, түүний баруун үзүүр нарийвтар, далайн түвшнээс 4000 м-ээс дээш өргөгдсөн уул нурууд нь дөрөвдөгч галавын үед ихээхэн мөстөж байсны ул мөр ам хөндийгөөр тод илэрсэн, мөнх цаст шовх оргилуудтай, уулын хажуу нь их эгц, хад чулуу элбэгтэй. Хойд тал нь нэлээд өндөр өргөгдсөн, голын хөндийнүүд тийм ч гүн бишээс гадна богинохон, өвөр талын хажуу нь гүн бөгөөд урт хавцал, нарийн хөндийгөөр зүсэгдсэн (Цэгмид, 1969). Тус муж нь Хархираа-Түргэний уулс, Монгол Алтайн төв хэсэг, Мөнххайрхан гэсэн 3 дэд мужид хуваагдана (Зураг 2). Эдгээрээс тус судалгааны талбай нь Хархираа-Түргэний уулсын дэд мужид хамрагдана.

А-1-1. Хархираа-Түргэний уулсын дэд муж

Хархираа-Түргэний уулсын дэд муж нь Монгол Алтайн нурууны баруун хойд хагасын уулсаас зүүн тийш сунаж тогтсон, хойд талаараа улсын хилээр, зүүн талаараа Их нууруудын хотгороор зааглагдана. Энд Хархираа, Түргэн, Алтан Хөхий зэрэг хэд хэдэн өндөр боловч харьцангуй бага хэмжээтэй уул нурууд сүндэрлэдэг бөгөөд уул зүйн хувьд Монгол Алтайн нуруутай холбоотой боловч түүний гол нуруудаас тусгаарлагдсан байдаг. Тус дэд муж нь уул зүйн байгуулалтын хувьд тусгаарлагдсан Ачит нуурын хотгор, Хархираагийн, Алтан Хөхийн гэсэн 3 бие даасан тойрог үүсгэнэ

(Даш, 2020). Эдгээрээс, Мянгад сумын нийт нутаг дэвсгэрийн 72.8% нь Алтан Хөхийн тойрогт багтана.

A-I-1-1. Алтан Хөхийн тойрог

Тус тойрогт хамрагдах Алтан Хөхийн нуруу нь Мянгад сумын баруун хойноос зүүн урагш Их Нууруудын хотгор руу түрж орсон, тодорхой сунал бүхий нуруу биш, тарамцгийн байдалтай. Алтан Хөхийн нуруу нь баруун болон өмнөд талаараа Ховд голын хөндийтэй, хойд талаараа мөнх цаст сүрлэг Хархираагийн уулсын өмнүүр залгах уулс хоорондын уужим хөндий, зүүн болон зүүн урд талаараа Их нууруудын хотгортой хил залгах дундаж өндөр уулс, гүвээ толгод болон салбарлана (Нямдаваа, 2006). Их нууруудын хотгор руу гүн түрж орсон, Хангайн уулсын системд багтах Хан Хөхийн уулстай ойр байдаг өвөрмөц байрлалаараа Алтан Хөхийн тойргийн гадаргын онцлог, байгалийн бүс, бүслүүрийн тархалтын зүй тогтол илэрхийлэгдэх бөгөөд энэ нь Монгол Алтайн гол нуруунаас салбарласан өндөр уулсаас ялгагдах үндсэн шинж нь болдог. Алтан Хөхийн гол нуруу нь Соосгой (3257.0 м), Пайзат (3172.3), Мялгар (3202.8 м), Шар Хамарын өндөр (3148.2 м), Нар Тусдаг (3096.4 м), Алаг Хадат (3134.1 м) зэрэг оргилууд тэдгээрийг холбосон өндөрлөгүүдээс тогтох ба хамгийн өндөр цэг нь түүний ноён оргил Өндөр Хөхий (3351.0 м) уул юм. Гол нурууны зүүн хойд, зүүн хажуу нь уужим тавиу, урт долгиорхог, Ховд голын хөндий рүү түрж тогтсон баруун өмнөд хажуу нь эгц, огцом, богино ажээ (Зураг 3).

Тарамцгийн захад бөөгнөрсөн салбар уулсын хамгийн өндөр нь Хөхийн Овоот уул (2988.4 м), бусад салбар уулс 2200-2980 м-ийн өндөрт өргөгдсөн байхад, зүүн урд үзүүрт орших Халзан Бүрэгтэй (2088.9 м), Улаан Үнээт (1891.8 м), Дунд Үнээт (1764.3), Цагаан Үнээт (1532.0 м) зэрэг уулс нь 1500-2100 м хүрч намсана. Тус тойрогт орчин үеийн мөнх цас, мөсөн гол ховор, хур цас бүхий газар далайн түвшнээс 3000 м-ээс

дээш өндөрт орших Соосгой (3257.0 м), Пайзат (3172.3), Мялгар (3202.8 м), Шар Хамарын өндөр (3148.2 м), Нар Тусдаг (3096.4 м), Алаг Хадат (3134.1 м) зэрэг уулсын оройгоор ажиглагдана.

Алтан Хөхийн гол нуруунаас зүүн тийш аажим намсан салбарласан Хадат (2468.5 м), Жанцантын Хойд Улаан (2413.6 м), Баян-Овоот (2476.1 м), Ортуут (2334.1 м), Майхан (2102.8 м), Хар Модны (2262.8 м), Майхан Цахир (2163.1 м), Хөвөө Улаан (2333.6 м), Баян даваа (2362.4 м), Ачлаг (2180.3 м), Хүрэн толгой, Тарвагат Хос (2184.2 м), Бор толгой (2150.2 м), Өндөр Хар (2481.2 м), Хүрэн (2204.7 м), Өндөр Улаан (1911.9 м), Улаан (1945.4 м) зэрэг дундаж өндөр уулс үргэлжлэх ба өндөршлийн хувьд хэм тэгш бус байрлалтай. Уулсын орой нь хавтгай буюу гүвээрхэг бэгэлцгийн байдалтай, усны идэгдэл хүчтэй явагдсаны ул мөр болох гүн хавцлууд цөөнгүй дайралдана. Эдгээр салбар уулс өөр хоорондоо хөндий хотгороор зааглагдсан нарийн хуурай сайруудаар гүн хэрчигдсэн.

Түүнээс урагш өөр хоорондоо уужим тавиу хөндийгөөр гол нуруунаас харьцангуй тусгаарлагдсан Зөрүү Цахир толгой (1835.7 м), Улааны Өндөр (2057.0 м), Хавцгийн Хүрэн (2049.0 м), Хар уул (1916.2 м), Цөөхний Улаан (2008.3 м), Хойд Агуут (1763.7 м), Бардаатын үзүүр, Хүрэн Хадат (1760.2 м), Халзан Бүрэгтэй (2088.9 м), Ар Хүрэн (1981.8 м), Чойдог Хүүш (1986.5 м), Овоот Хар (1704.8 м), Ар Цонж (1998.8 м), Замын уул (1737 м), Хар Ямаат (1709.9 м), Хярын Хүрэн (1737.0 м) зэрэг шовх оройтой дундаж өндөр уулс баруун хойноос зүүн урагш сунаж тогтсон (Зураг 3). Эдгээр уулсын баруун болон баруун урд хажуу нь эгцэвтэр, богино, нарийн хуурай сайруудаар гүн хэрчигдсэн томоохон нь Ар Дугуйн сайр, Хөндлөн сайр, Утаатын сайр юм (Зураг 3).

Голын сүлжээ дунд зэрэг хөгжсөн. Алтан Хөхийн гол нурууны зүүн хойд, зүүн хажуугаас эх аван зүүн урсах Цагаан Бургаст, Сондуут, Бүрдний хоолой, Баянбулаг зэрэг голуудын хөндийнүүд ихэвчлэн нарийнхан хавцлын байдалтайгаас

гадна тэвшин хөндий цөөнгүй. Эдгээр голууд нь уулс хоорондын хавцал, хөндийгөөр урсан тэгш талархаг газрын сэвсгэр хурдсанд усаа шингээн замхарна. Алтан Хөхийн гол нурууны зүүн хойд, зүүн, зүүн урд салбар уулсын ам хөндийгөөр рашаан, булаг, шанд, худаг элбэгтэй тодруулбал, Сондуутын рашаан, Баянбулагийн бүлэг булгууд, Зээрэнгийн шанд, Зараагийн шанд, Оворын худаг, Гүйхэн худаг, Буянгийн худаг, Цагаан Чулуутын худаг, Довдоны худаг, Цонжийн худаг, Цахирын худаг, Өвөлжингийн худаг, Намаржингийн худаг, Нарийн худаг, Ямаатын худаг, Хавчигийн худаг, Үзүүрийн худаг, Дуутын худаг, Бардаатын худаг, Равданы худаг зэрэг олон худаг уст цэгүүд бий (Зураг 3). Мөн Хагийн, Бүрдний, Зээрэнгийн зэрэг гадагш урсгалгүй давсархаг устай нууруудтай. Баруун талаараа Ховд голын хөндийтэй залгах Алтан Хөхийн гол нурууны баруун өвөр хажуу нь Элст, Хүүшийн Элст, Хар Үзүүрийн, Мухарын амны зэрэг сайруудаар гүн хэрчигдсэн (Зураг 3).

Уур амьсгалын хувьд чийглэг хүйтэн, хуурай сэрүүвтэр гэсэн 2 мужид хамрагдах (Жамбаажамц, 1989) хэдий ч хуурай уур амьсгал давамгайлдаг үүнийг хөрс, ургамал бүрхэвч, гол мөрний сүлжээ гэрчилнэ. Жилийн дундаж агаарын температур -4°C -аас хүйтэн, жилийн хамгийн дулаан 7 дугаар сард $+10^{\circ}\text{C}$ -аас сэрүүн, хамгийн хүйтэн 1 дүгээр сард -25°C -аас хүйтэн. Өвлийн улиралд салхи багатай тогтуун, хавар салхи шуурга ихтэй, өндөрсөх тутам уулын хавцлын, оргилын зэрэг өндөр уулын салхи нэмэгдэхээс гадна дулааны улиралд уул давсан халуун хуурай салхи үе үе ажиглагдана. 0°C -аас хүйтэн өдрийн тоо 190-200 хоног үргэлжлэх бөгөөд ургамал ургах хугацаа харьцангуй богино, $+5^{\circ}\text{C}$, $+10^{\circ}\text{C}$ -аас дээших идэвхтэй температурын нийлбэр $<1000^{\circ}\text{C}$, $<1600^{\circ}\text{C}$ -аас бага байна. Нар гийгүүлэх хугацаа жилд дунджаар 2700-3000 цаг, зүүн өмнөөс зүүн хойшоо буурдаг. Тогтвортой цасан бүрхүүл 10 дугаар сарын

эхний 10 хоногт тогтож, хавар 4 дугаар сарын 1 дугаар 10 хоногт ханзарна.

Хөрсөн бүрхэвчийн хувьд гол нурууны орчимд Монгол Алтайн нурууныхтай нэлээд төстэй буюу уулын хүрэн хөрс тогтворжсон. Уулын болон хуурай хээрийн хүрэн хөрс үүсэх процесс нь бүсийн үйл явц болон уулын хажуугийн элэгдлийн үйл явц хосолж явагдсаны үр дүнд бүрэлдэн тогтдог. Энд тогтворжсон уулын хүрэн хөрс нь сул хөгжилтэй, нимгэн, хад чулуу элбэгтэй, хажуугийн элэгдлийг үйл явцын нөлөөгөөр хөрсний дээд давхаргад элэгдлийн үйл явц тасралтгүй явагдаж байдагтай холбоотойгоор хөрс үүсвэрийн явц үргэлж залуугаараа байдаг. Түүнчлэн, уул нурууны газарзүйн байршил, гадаргын хэвгий, зүг зовхис, хажуугийн үйл явцаас шалтгаалж уулын хүрэн хөрсний ялзмагт үеийн зузаан, ялзмаг хуримтлалын хэмжээ, хөрсний тогтворжилт харилцан адилгүй байна. Тухайлбал, уулын энгэрийн хөрс ар хажуугийнхыг бодвол нимгэн, тогтворжилт муутай, ялзмагаар бага, хуурай сайр чулуугаар илүү хучигдсан байхад уулын эгц хажуугийн хөрсний нунтаг шороон үе нимгэрч, сайр чулуу элбэгшиж, хөрсний давхарга маш сул хөгжилтэй байна. Голын хөндийгөөр нуга, намгийн хөрс, хотгоруудаар хужир, мараалаг хөрс тогтворжсон байна.

Ургамлын хувьд бушилз-үетэнт уулын хээрийн ургамал чухал байр суурь эзлэхийн зэрэгцээгээр Монгол өвс-агыг хуурай хээрийн ургамал ихээхэн талбайг хамарна. Алтан Хөхийн гол нурууны орчимд бушилз-улалжит босоо бүслүүр (тагийн)-ийн ургамал зурвас байдлаар, тагийн нуга нь нэлээд хээржсэн хуурай шинжтэй байна. Гол нуруунаас салбарласан дундаж өндөр, нам уулсын өмнүүр үргэлжлэх хотгорт баглуурт цөлийн ургамал, хөндийн хайргархаг газраар харгана давамгайлсан байхад голын хөндийгөөр бургас, дэрс, хулс шагшуурга тархан ургажээ.

Е. Төв Азийн заримдаг цөл, цөлийн их муж

Тус их муж нь Монгол орны өмнөд хагасын дийлэнх нутгийг хамрах ба хойд талаараа Монголын Дорнод тал, Хангай-Хэнтийн уулархаг их мужтай нийлж, баруун тийш улсын хил хүртэл үргэлжлээд Монгол Алтайн уулархаг их мужийн хойд, урд талаар зааглагдах ба урд талаараа улсын хилтэй хиллэнэ. Тус их муж нь Алтайн ар говийн, Говь-Алтайн бэлэрхэг уулын, Зүүнгарын говийн, Алтайн өвөр говийн, Дорнод говийн гэсэн үндсэн 5 муж, 16 дэд муж, 66 тойрогт хуваагдана. Эдгээрээс Мянгад сумын нутаг нь Алтайн ар говийн мужид хамрагдана.

ХII. Алтайн ар говийн муж

Тус муж нь Алтай нуруу, Хангайн нурууны хооронд орших бөгөөд баруун хэсэг нь хойноосоо урагшаа сунаж тогтсон, зүүн хэсэг нь өргөргийн дагуу суналттай. Баруун хойд зах нь Хяргас нуурын зүүн урд хотгороор, зүүн зах нь Улаан нуурын сав газрын зүүн хаяа хүрнэ. Гадаргын зохион байгуулалтын хувьд өндөр уул нуруу байхгүй, харилцан адилгүй хэмжээтэй хотгорууд гол суурийг эзэлнэ (Цэгмид, 1969). Тус мужийн гадаргын онцлог нь бие биеэсээ нам уул, гүвээгээр тусгаарлагдсан хэдий ч хоорондоо хоолой болон голдирол маягийн нарийн хотсоор холбогддог. Тус муж нь газарзүйн байрлал, ландшафтын онцлогоор ялгагдах Хар Ус-Хяргас нуурын хотгор, Алтайн салбар уулс бүхий хотгор, Нууруудын хөндий гэсэн 3 дэд мужид хуваагдана.

Е-ХII-31. Хар Ус-Хяргас нуурын хотгорын дэд муж

Тус дэд муж нь Алтайн ар говийн баруун хэсгийн ихэнх хагасыг эзэлнэ. Гадаргын хувьд дэд мужийн баруун зах нь Алтайн нуруунаас салбарласан Аргалант Хайрханаар зүүн хойд зах нь Хангайн нуруунаас салбарласан Тогтохын шилийн өвөр хөндийгөөр тусгаарлагдана. Харин зүүн хойд хагаст Хангайн нурууны өвөр бэл

гэж болохоор бэгэлцэг оршихоос биш уул нуруу үл үзэгдэх бөгөөд Хяргас, Хар-Ус, Дөргөн, Хар нуур, Баян нууруудын хотгор гол суурийг эзэлнэ. Эдгээр нууруудаас зүүн урагш тийш Бөөрөг дэл, Монгол элс хэмээх өргөн уудам газар нутгийг хамарсан томоохон элсэн тарамцгууд үргэлжилнэ. Эдгээр тарамцаг гол төлөв довцог элсний байдалтай боловч энд манхан элс цөөнгүй тохиолдоно.

Е-ХII-31-1. Хар-Ус нуурын тойрог

Тус тойрогт Мянгад сумын нийт нутаг дэвсгэрийн 27.2% хамрагдана. Энд физик газарзүйн тодорхойлолтыг тус тойрогт хамрагдах сумын нутаг дэвсгэрийн хэмжээнд авч үзсэн болно. Тус тойргийн Мянгад сумын нутаг хамрагдах гадаргын хувьд Алтан Хөхийн гол нуруунаас зүүн тийш салбарласан дундаж өндөр уулсаас зүүн өмнө тийш Тал, Зараа, Өртөөн, Бургилын хотгор хөндийгөөр зааглагдан гүвээ толгод болон шаталсан байдлаар намсаж үргэлжлэх ба үүнд, Цонж (1917 м), Хойд Хөх толгой (1997.8 м), Талын Улаан (1887.8 м), Шар Хадат (1859.4 м), Хойд Дуут (1862.6 м), Дуут (1936.6 м), Өртөөн (1801.7 м), Чулуут Ухаа (1927.5 м), Таван Ламын Хар уул (1771.0 м), Хар толгой (1728.4 м), Таван толгой (1680.3 м), Хярын Улаан толгой (1714.0 м), Дөрөлжийн толгой (1563.8 м) зэрэг харьцангуй залуу үүсэлтэй уулс хамрагдах бөгөөд эдгээр нь элэгдэж амжаагүй хурц, шовх оройтой зүүн хойноос өмнө тийш сунаж тогтсон байна (Зураг 3). Эдгээр уулсаас зүүн тийш уулс хоорондын хөндий уужим тавиу болж Гурвалжин Хагийн хөндий хэмээх өргөн тэгшивтэр талаар Чаргатын нуруутай хиллэнэ. Түүнээс урагшлан Цагаан Үнээт (1532.0 м), Дунд Үнээт (1764.3 м), Гурван Үнээт (1891.8 м), Улаан Үнээт (1593.7 м) уулс залган Хар-Ус нуурын хөвөөнд тулна.

Энд голын сүлжээ сул хөгжсөн, байнгын урсгалтай гол байхгүй, газрын доорх ус чухал үүрэг гүйцэтгэнэ. Тодруулбал, газрын доорх ус булаг шандаар дамжин захын уулсын бэл, хормойгоор ил гардаг бол

хотгорын ёроолоор түүнийг худаг ухаж ашиглана. Алтайн өмнөх говийг бодвол хотгорууд дах ус давслаг багатай, харьцангуй цэнгэг. Энд Талын ногоон нуур, Шар нуур, Талын булаг, Зараагийн булаг, Талын худаг, Дуутын худаг, Зараагийн худаг, Бор Үзүүрийн худаг, Бодовын худаг, Баяртын худаг, Таван Толгойн худаг зэрэг уст цэгүүд бий. Бэлийн хэвгий гадарга нь баруун, хойд, зүүн хэсгээрээ дундаж өндөр, нам уулс, цав толгод, ухаа гүвээгээр хүрээлэгдсэн, Ховд голын хөндий рүү буусан салбар уулсын өвөр бэлийн хэвгий гадарга нь элсээр хучигдсан, заримдаг цөлийн шинжтэй, зарим газар шал тойром тогтсон байх ба энд Цагаан шалыг дурдаж болно.

Уур амьсгалын хувьд хуурай дулаан, нэн хуурай дулаан гэсэн 2 мужид хамрагдах (Жамбаажамц, 1989) хэдий ч, нэн хуурай дулаан мужид хамрагдах Алтайн өвөр говийнхтой харьцуулахад арай хойд өргөрөгт оршдог нэлээд ялгаатай. Тодруулбал, өвөл нь цас багатай, хүйтэн, жавар ихтэй, богинохон байхад хавар нь хахир, шороон болон цасан шуурга салхи ихтэй, нэн хуурай, хур чийг бага унадаг. Зун нь урт хуурай, бүгчим халуун, газрын гадаргад 60-70°C хүрч хална. Хур тунадас хавраас ихсэж зуны сүүлчээр бороо их орох боловч жилийн нийлбэр тунадас 50-200 мм-ийн хооронд хэлбэлзэнэ. Урт налгар намартай, аажим сэрүүсдэг. Олон жилийн дундаж агаарын температур 0.2°C, жилийн хамгийн дулаан 07 дугаар сард 20-24°C-ийн хооронд хэлбэлзэж байхад хамгийн хүйтэн 1 дүгээр сард -20- -23°C. Салхины жилийн дундаж хурд 2.2 м/с байхад хаврын улирлын салхины сарын дундаж хурд 4-5 м/с байна. Жилд 15м/с-ээс хүчтэй салхитай өдрийн тоо 10-20 байна. Хүйтрэлгүй үеийн үргэлжлэх хугацаа 120-130 хоног бөгөөд ургамал ургах хугацаа харьцангуй урт байна. Нар гийгүүлэх хугацаа жилд дунджаар 3000 цагаас их буюу дулаан хангамжийн нөөц элбэгтэй. Тогтвортой цасан бүрхүүл 10 дугаар сарын эхний 10 хоногт тогтож, хавар 4 дугаар сарын 1 дүгээр 10 хоногт ханзарна.

Хөрсөн бүрхэвчийн хувьд нэлээн чулуурхаг, элсэн бүтэцтэй, нимгэн, хөрсний үе давхаргын тогтворжилт дунд зэрэг хөгжсөн. Энд хээржүү цөл, заримдаг цөл (говийн)-ийн бор, хүрэн, цайвар хүрэн хөрс тогтворжсон. Хүрэн болон цайвар хүрэн хөрс дундаж өндөр, нам уулсын бэл, хормойгоор голчлон тогтворжсон байхад уулс хоорондын хотгоруудаар цөлийн бор хөрс, нуурын эрэг орчим, голын хөндийгөөр нуга намгийн хөрс зурвас байдлаар тогтворжсон байна.

Ургамалжилтын хувьд цөлийн хээрийн бүсэд хамрагдах ба энд хялгана-таанат, болон сөөгт бүлгэмдэл зонхилдог. Хялгана-таанат цөлийн хээрийн хэв шинжид цөөн зүйл сөөгөнцөр ургамал бага арвитай ургадаг боловч түжгэр баглуур зэрэг зарим сөөгөнцөр зонхилох нь бий (Ундармаа, 2018). Сөөгт цөлийн хээрийн хэв шинжид говийн хялгана, сайрын хялгана, зүүн гарын хазаар өвс, хөмөөл, мангир, амманы сэдэргэнэ, ямаан ангалзуур зэрэг ургамал зонхилох боловч газарзүйн байршлаас хамаарч сумын зүүн хэсгээр хуурайсаг шарилж, харгана, алтан харгана, орог тэсэг тархан ургадаг. Цөлийн хээрийн бүсийн ургамлууд ургац багатай боловч тэжээлийн шимт чанар өндөр, тэмээ, ямаа, хонь идээшлэхэд нэн тохиромжтой.

Хотгор гүдгэрийн морфогенетик хэв шинж

Мянгад сумын хэмжээнд тархсан хотгор гүдгэрийг гарал үүслээр тектоник-элэгдлийн, элэгдэл-хуримтлалын, хуримтлалын гэсэн 3 үндсэн хэв шинж, 7 дэд хэв шинж, 19 ангийг 1:100000 масштабтайгаар ялган зурагласан (Зураг 3). Монгол орны уул нуруудын өндрийн ангилалд үндэслэн тектоник-элэгдлийн хэв шинжит хотгор гүдгэрийг морфогенетикийн хувьд дараах байдлаар ангилсан.

I. Уулт-атираат өргөгдлийн тектоник-элэгдлийн хэв шинжит хотгор гүдгэр

Хотгор гүдгэрийн энэ хэв шинж нь ихэвчлэн тектоник хөдөлгөөнөөр үүсэж өндөрт өргөгдсөн боловч хожим царцдасын гадаад хүчний нөлөөгөөр элэгдэн өөрчлөгдөж байгаа хотгор гүдгэр буюу Монгол орны бүх уулт тогтолцоонууд хамрагдана. Энэ хэв шинжийн хотгор гүдгэрт Алтай, Хангай уулсын аль алины онцлог шинжийг хадгалсан Алтан Хөхийн гол нуруунд хамаарах уулс багтах бөгөөд морфометр болон морфологи хэлбэр дүрсээрээ өөр хоорондоо ялгарах 3 дэд хэв шинжийг үүсгэжээ. Үүнд:

I-1. Эртний тэгшрэлийн гадарга бүхий хэрчигдэлтэй өндөр уулс ($H=2500-3351$ м)

Энэ хэв шинжийн хотгор гүдгэрт Алтан Хөхийн гол нурууны төв хэсгийн уулс хамрагдана. Эндэхийн уулсын онцлог нь уулын орой нь хавтгай, хажуу нь ихээхэн хэрчигдсэн бартаа ихтэй, эх газрын эрс тэс уур амьсгалын нөлөөгөөр хүйтний өгөршил хүчтэй явагдсан, 2500 м-ээс дээш өндөрт өргөгдсөн уулсын орой хэсэгт тагийн дэнж үүсэх үйл явц хүчтэй илэрсэн. Эртний тэгшрэлийн гадарга нь шинэхэн тектоник хөдөлгөөний нөлөөгөөр элэгдэлд орж аажмаар шатлан намсаж дундаж өндөр, нам уулст шилждэг.

- *Ихээхэн хэрчигдэлтэй (>300 м/км²), эгц хажуутай ($>20^\circ$) өндөр уулс* нь Мянгад сумын баруун хойноос зүүн урагш их нууруудын хотгор руу түрж тогтсон Алтан Хөхийн гол нурууны ноён оргил Өндөр Хөхий (3351.0 м), Соосгой (3257.0 м), Пайзат (3172.3), Мялгар (3202.8 м), Шар Хамарын өндөр (3148.2 м), Нар Тусдаг (3096.4 м), Алаг Хадат (3134.1 м) зэрэг оргилууд тэдгээрийг холбосон уужим тэгш өндөрлөг

бүхий тагийн уулсыг хамрах ба сумын нийт нутаг дэвсгэрийн 5.2% (16996.7 га)-ийг эзэлнэ. Эдгээр өндөрлөгүүдийн орой, хяр нь хавтгай, хажуунууд нь ихээхэн эгц (гадаргын хэвгий $>20^\circ$), босоо хэрчигдлийн гүн (>300 м/км²) бартаа ихтэй, зэргэлдээх уулсын оройгоос илүү нүцгэн, хад чулуурхаг ажээ. Өөрөөр хэлбэл, эдгээр уулсын орой, хажуу нь хүйтний өгөршлийн нөлөөгөөр элэгдэж чулуун асгарга, асган хүрээ үүсгэсэн хэдий ч, энд уулын тагийн цэцэгт ургамлууд ургасан байгаагаас харахад нүцгэн ян сарьдагт хамрагдах боломжгүй уулын нугаас ян сарьдагт шилжих завсрын шинжтэй учир заримдаг таг гэж нэрлэдэг (Даш, 2010). Энэ ангиллын уулсад Монгол Алтайн бусад уулсад түгээмэл ажиглагддаг эртний мөстлийн ул мөр ховор юм. Уулсын оройн энгэр хэсгээр хунх маягийн жижиг хөмөг элбэг тохиолдох боловч тэр нь мөстлийн үйл явцтай холбоогүй, хүйтний өгөршлийн гаралтай. Өөрөөр хэлбэл, мөстлийн улмаас уулын дээд хэсэгт үүсэх хунх, мөсөн голын үйл ажиллагаагаар үүсэх тэвшин хөндий болон морены хурдас ажиглагдаагүй. Энэ нь харьцангуй өмнөд өргөрөгт Монгол Алтайн гол нуруунаас тусгаарлагдмал оршдог, өндрийн агууриг бага зэрэгтэй холбоотой юм.

- *Уулын тагийн үйлчлэлтэй эртний тэгшрэлийн гадарга* нь Алтан Хөхийн гол нурууны тэгш хярыг дагаж д.т.д 3000-3150 м-

ийн өндөрт орших газрууд хамрагдах ба гадарга нь тэгш тавцан байдалтай, бараг хэрчигдээгүй, хад чулуурхаг хэдий ч асга хадны эзлэх талбай төдийлөн их биш. Тодруулбал, Шар Хамарын Өндрийн оройн хэсэг, Пайзын нурууны зүүн хойд хэсгийн чулуурхаг гадаргатай харьцангуй тэгшивтэр газрууд хамрагдах ба сумын нийт нутаг дэвсгэрийн 0.5% (1654.7 га)-ийг эзэлнэ. Тус ангиллын гадарга нь ихээхэн өгөршсөн элсэн чулуу, алевролитаас бүрдэх бөгөөд уулсын оройн хэсэг нь дэнж маягаар өргөгдөн тогтсон. Тухайлбал, Шар Хамарын Өндөр уулын оройн хэсэг нь 3 төвшинд дэнж маягаар өргөгдсөн ажээ. Эдгээр тэгш өндөрлөгүүдийн орой, хяр нь хавтгай, босоо хэрчигдлийн гүн 101-300 м/км² буюу дунд зэргийн бартаатай, хажуунууд нь тэгшивтэр буюу 6°-аас бага хэвгийтэй, аль ч хэсэгт чулуун нураг, асгарга элбэг дайралдана. Асга чулууны хэмжээ харилцан адилгүй, хурц ирмэгтэй, хүйтний өгөршлийн нөлөө тод ажиглагдана. Өөрөөр хэлбэл, тухайн гадарга нь олон сая жилийн туршид нар, салхины өгөршилд элэгдэн мөлийсөөр тэгшрэн уужим тавиу тэгш таг болжээ.

I-2. Эртний тэгшрэлийн гадарга хадгалагдан үлдсэн хэрчигдэлтэй дундаж өндөр (бэсрэг) уулс (H=1500-2500 м)

Энэ хэв шинжийн уулс нь Алтан Хөхийн төв хэсгийн уулт өндөрлөг (>2500 м)-ийн захаар үргэлжлэх бөгөөд эдгээр уулсын онцлог нь эртний тэгшрэлийн гадарга сайн хадгалагдаж үлдсэн, үлдэц хад цохио

элбэгтэй. Уулсын ар хажуу нь жижиг гол горхиудаар хэрчигдэж бартаажсан. Голуудын эх орчмоор нураг асга ихтэй, нарийн хавцал маягийн хөндий элбэгтэй. Тус дэд хэв шинжид хамрагдах уулс нь уул хоорондын болон уулс дотоодын хөндий, хотгороор тусгаарлагдсан өвөрмөц тогтоцтой, гадаргын хэлбэрүүд нь гарал үүсэл болон морфометрийн хувьд өөр хоорондоо ялгарах уулс дотоодын болон уулс хооронд гэсэн 2 дэд хэв шинжид хуваагдаж байна. Үүнд:

Уулс дотоодын хөндий, хотгороор тусгаарлагдсан дундаж өндөр уулс (2000-2500 м)

Тус дэд хэв шинжид Алтан Хөхийн гол нуруунаас зүүн хойш, зүүн, зүүн урагш аажим намсан салбарласан уулс хамрагдах ба сумын нийт нутаг дэвсгэрийн 18.2% (59623.4 га)-ийг эзэлнэ. Эдгээр дундаж өндөр уулс нь гадаргын өндөршлийн хувьд 2000-2500 м-ийн хооронд хэлбэлзэх хэдий ч гадаргын бартаа болон хэвгийгээр өөр хоорондоо ялгарах дараах 3 ангид хуваагдаж байна.

- *Ихээхэн хэрчигдэлтэй, эгцдүү хажуутай дундаж өндөр уулс (2000-2500 м):* Энэ ангилалд Алтан Хөхийн гол нурууны зүүн хойд, зүүн, зүүн урд, урд талын Хадат (2468.5 м), Жанцантын Хойд Улаан (2413.6 м), Баян-Овоот (2476.1 м), Ортуут (2334.1 м), Майхан (2102.8 м), Хар Модны (2262.8 м), Майхан Цахир (2163.1 м), Хөвөө Улаан (2333.6 м), Баян даваа (2362.4 м), Ачлаг (2180.3 м), Хэнгэрэгт (2090.0 м), Бор толгой (2150.2 м), Өндөр Хар (2481.2 м), Хүрэн (2204.7 м) зэрэг уулсаас гадна Мянгад сумын зүүн захад орших Чаргатын нуруу хамрагдана. Эдгээр уулсын орой, хяр нь хавтгай, ихээхэн бартаатай (босоо хэрчигдлийн гүн 300

м/км²-аас дээш), эгц хажуутай (12-20°), чулуун нураг, асгарга элбэгтэй. Тодруулбал, Өндөр Хөхийн нурууны ар хажуугаас эх авч буй жижиг голуудын эхэн хэсэг нь хэрчигдэл ихтэй хэдий ч хад чулуурхаг биш харин энгэр хажуу нь ихээхэн эгц (>20°), богино, хад чулуурхаг, нарийн хуурай сайруудаар гүн хэрчигдсэн томоохон нь Ар Дугуйн сайр, Хөндлөн сайр, Утаатын сайр юм.

- *Дунд зэргийн хэрчигдэлтэй, эгцэвтэр хажуутай дундаж өндөр уулс (2000-2500 м):* Тус ангилалд Алтан Хөхийн гол нуруунаас зүүн тийш салбарласан Хүрэн толгой, Ачлаг (2180.3), Тарвагат Хос (2184.2), Бор толгой (2150.2), Цөөхний Улаан (2008.3), Халзан Бүрэгтэй (2088.9) зэрэг уулс тэдгээрийг холбосон уужим тэгшивтэр өндөрлөгүүд хамрагдана. Эдгээр уулсын орой, хяр нь хавтгай, босоо хэрчигдлийн гүн 101-300 м/км² (дунд зэргийн бартаатай), хажуу нь нэлээд эгцэвтэр буюу 6-12°-ын хэвгий ажээ.
- *Сул хэрчигдэлтэй, тэгшивтэр хажуутай дундаж өндөр уулс (2000-2500 м):* Энэ ангилалд өмнөх 2 ангилалд дурдсан уулсаас салбарласан уужим тавиу өндөрлөгүүд, тэдгээрийн салбар цав толгод хамрагдах ба эдгээр нь ихэвчлэн боржин чулуулгаас тогтох тул хадан цохио, асга хад элбэг байдаг онцлогтой. Энд боржингийн тарамцаг өгөршилд хүчтэй автсаны улсаас хэсэгчлэгдэн боржин цохио, дэл хад үүсгэсэн байдаг. Тухайлбал,

Баянбулаг багийн нутагт орших Хөвийн голын дэнж, Хөвийн булаг орчмын боржин цохиог энд дурдаж болно. Эдгээр уулсын орой нь хавтгайдуу бөмбөгөр, хэрчигдлийн гүн 100 м/км²-ээс бага, хажуу нь нэлээд тэгшивтэр (гадаргын хэвгий 3-6°) ажээ.

Уулс хоорондын хөндий, хотгороор тусгаарлагдсан дундаж өндөр уулс (1500-2000 м)

Тус дэд хэв шинжид хамрагдах уулс нь Алтан Хөхийн гол нуруунаас харьцангуй тусгаарлагдсан бөгөөд сумын нийт нутаг дэвсгэрийн 24.2% (79321.3 га)-ийг эзэлнэ. Эдгээр уулс нь гадаргын өндөршлийн хувьд 1500-2000 м-ийн хооронд хэлбэлзэх хэдий ч 2000-2500 м-ийн өндөрт орших дундаж өндөр уулсаас уужим тавиу хөндийгөөр нэлээд тусгаарлагдсан, морфологи бүтцээрээ өөр хоорондоо бага зэрэг ялгаатай 3 ангиллыг үүсгэсэн байна. Үүнд:

- *Ихээхэн хэрчигдэлтэй, эгцдүү хажуутай дундаж өндөр уулс (1500-2000 м):* Тус ангилалд Баянбулаг багийн зүүн хойд захад орших Рашаантын салааны бэлчир орчмын уулс, Алтан Хөхийн гол нурууны баруун өвөр хажуугийн өндөрлөгүүд, Өндөр Улаан (1911.9 м) зэрэг уулс хамрагдана. Эдгээр уулс нь 1500-2000 м-ийн өндөртэй, хавтгайдуу бөмбөгөр оройтой, босоо хэрчигдлийн гүн нь 300 м/км²-ээс их, хажуу нь дээд хэсэгтээ 12-20°, доод хэсэгтээ 6-12° налууутай, зарим хэсэгтээ хад асгатай, түр зуурын урсгал устай хуурай сайр, гуу, жалгаар ихээхэн хэрчигдсэн.
- *Дунд зэргийн хэрчигдэлтэй, эгцэвтэр хажуутай дундаж өндөр уулс (1500-2000 м):* Тус ангилалд Мянгад сумын баруун

зах Чацарганат багийн нутагт орших Хясаат (1857.7), Улааны таг (1966.8 м), Хярын Хүрэн (1737.0 м), Хар Ямаат (1709.9 м), Баянбулаг багийн нутагт хамрагдах Тавгалайн Цахир (1986.9 м), Хадан Хар (1861.2), Хойд Хөх толгой (1987.5), Улаан уул (1945.4 м), Ар уул (1916.2 м), Зөрүү Цахир толгой (1835.7 м), Цагаанбулан багийн нутагт хамрагдах Хойд Дуут (1862.6 м), Дуут (1936.6 м), Талын Улаан (1887.8 м), Өртөөний уул (1801.0 м), Хар толгой (1728.4 м), Таван толгой (1680.3 м), Хярын Улаан толгой (1714.0 м), Дөрөлжийн толгой (1563.8 м), Дунд Үнээт (1764.3 м), Гурван Үнээт (1891.8 м), Бардаатын үзүүр, Хойд Агуут толгой (1763.7 м), Хүрэн Хадат (1966.8 м), Гахайт багийн нутагт хамрагдах Замын уул (1737.0 м), Ар Цонж (1998.8 м), Овоот Хар уул (1704.8 м), Чойдог Хүүш (1986.5 м), Ар Хүрэн (1981.8 м) зэрэг уулс хамрагдана. Эдгээр уулсын орой, хяр хавтгай, босоо хэрчигдлийн гүн нь 101-300 м/км², хажуу нь дээд хэсэгтээ 6-12⁰, доод хэсэгтээ 6-9⁰ налуутай, хад чулуурхаг, түр зуурын урсгал устай хуурай сайр, гуу, жалгаар ихээхэн хэрчигдсэн.

- *Сул хэрчигдэлтэй, тэгшивтэр хажуутай дундаж өндөр уулс (1500-2000 м):* Тус ангилалд Сондуулын рашаан орчмын хэрчигдэл багатай дундаж өндөр уулс, Баянбулагийн бүлэг булаг орчмын уулс, Талын Хүрэн толгой (1660.2), Цонж (1917.0), Ганц толгой (1685.0), Шар Хадат (1859.4), Чулуун Ухаа (1937.5)

зэрэг уулс хамрагдана. Уулсын орой нь хавтгай буюу гүвээрхэг бэгэлцгийн байдалтай, босоо хэрчигдлийн гүн <100 м/км², харьцангуй тэгшивтэр буюу 3-6⁰ налуу (хэвгий)-тай, усны идэгдэл хүчтэй явагдсаны ул мөр болох гуу, жалгууд энд тэнд дайралдана.

1-3. Эртний тэгширэлийн гадаргын үлдэгдэл бүхий хэрчигдэлтэй нам уулс (H=1300-1500 м)

Энэ хэв шинжийн нам уулс нь ихэвчлэн уулт өндөрлөгийн хаяа буюу захаар үргэлжилнэ. Ийм нам уулс нь Алтан Хөхийн гол нуруунаас зүүн урагш салбарласан дундаж өндөр уулс аажмаар шатлан намсаж үлдмэл нам уулын хэв шинжид шилжин уужим тавиу уул хоорондын хөндийгөөр тусгаарлагдан Хар-Ус нуурын хөвөөнд тулна. Тус дэд хэв шинжийн уулс нь Мянгад сумын нийт нутаг дэвсгэрийн 4.3% (14066.4 га)-ийг эзлэх ба гадаргын элэгдлийн байдлаар нь дараах байдлаар ангилсан.

- *Ихээхэн хэрчигдэлтэй, эгц хажуутай үлдмэл нам уулс:* Энэ ангилалд Ховд голын хөндий рүү түрж орсон Алтан Хөхийн гол нурууны зүүн урд захын Жүгнээн Хар толгой (1397.0), Хавчиг Хар уул (1457.0), Үзүүр толгой (1388.9), Хар Үзүүр (1329.3), Зараа толгой зэрэг үлдмэл нам уулс, мөн Хар-Ус нуурын хөндий рүү түрж орсон Улаан Үнээт (1593.7), Шар Хад, Хар Богоч (1206.0), 1330.6 тоот өндөрлөг зэрэг үлдмэл нам уулс тус тус хамрагдана. Эндэхийн уулсын орой нь хавтгай, гуу, жалга, сайраар үлэмж хэрчигдсэн, бартаа ихтэй, босоо хэрчигдлийн гүн нь 300 м/км²-ээс их, хажуу нь эгц буюу дээд хэсэгтээ 12-20⁰,

доод хэсэгтээ 6-12⁰ налуутай, хад чулуурхаг. Эдгээр нам уулс нь гадаад хүчний урт удаан хугацааны элэгдлийн үр дүнд үүссэн бөгөөд уулын бэл орчмоор хошуу туудас, хормойн хурдас зузаан хуримтлагдсан байдаг. Эдгээр нам уулс ихэнхдээ уулс хоорондын томоохон хотгоруудтай хил залган орших учир хормойн хурдас нэн их тархсан байдаг.

- *Дунд зэргийн хэрчигдэлтэй, эгцдүү хажуутай нам уулс:* Энэ ангилалд хамрагдах уулс нь Чацарганат, Гахайт багийн нутгийн дамнан орших Хар Ямаат уулын баруун болон баруун өвөр хэсэг мөн Цагаанбулан багийн нутагт орших Дунд Үнээт уулын зүүн хойд хэсгийн нам уулсууд тус тус багтана. Эндэхийн нам уулс нь уулс хоорондын болон уулс дотоодын хотгор дахь жижиг толгодлог, үлдмэл нам уулс, гүвээ-толгодлог байдалтай, уулсын орой нь хавтгай, босоо хэрчигдлийн гүн нь 101-300 м/км², хажуу нь эгцдүү буюу дээд хэсэгтээ 6-12⁰, доод хэсэгтээ 3-6⁰ налуутай. Эдгээр нам уулсын бэл орчмоор хормойн хурдас зузаан хуримтлагдсан тул гадаргын налуу эрс багасаж 3⁰ хүрнэ.

II.Элэгдэл-хуримтлалын хэв шинжит хотгор гүдгэр

Энэ хэв шинжийн хотгор гүдгэр нь ихэвчлэн элэгдэл, хуримтлалын үйл явцаар үүсэх бөгөөд уулаас талд шилжих завсрын шинжтэй. Хотгор гүдгэрийн ийм хэв шинжид уулын бэлийн хэвгий тал, цав толгод, ухаа гүвээт тал, суурьт болон давхаргат тал хамаарна (Даш, 2018). Цав

толгод нь уулт тогтолцооны бүүр захаар буюу томоохон гол орчмын газраар нэлээд түгээмэл тархсан байдаг (Жигж, 1975). Гадаргын хэрчигдэл, гадаргын хэвгий зэрэг морфометрийн үндсэн онцлогийг харгалзан ихээхэн хэрчигдсэн цав толгод, сулавтар хэрчигдсэн цав толгод гэж ангилж болно (Жигж, 1973). Ухаа гүвээт тал уулсын зах, хаяа хэсгээр түгээмэл тархсан байна. Тус гадаргын онцлог нь түр зуурын урсгалтай гол горхиор ихээхэн хэрчигдсэн, сайр, гуу, жалга ихтэй. Суурьт тал нь цав толгод, ухаа гүвээт талын дунд алаглан оршино. Элэгдэл-хуримтлалын хэв шинжит хотгор гүдгэр нь Мянгад сумын нийт нутаг дэвсгэрийн 30.2% (98932.6 га)-ийг бөгөөд энэ дотроо бэлийн хэвгий тал, цав толгодлог тал, ухаа гүвээт тал гэсэн 3 дэд хэв шинжийг үүсгэдэг.

II-1. Дунд зэргийн хэрчигдэлтэй пролювийн хурдаст бэлийн хэвгий тал

Алтан Хөхийн нурууны баруун болон өмнө талаас Ховд голын хөндий рүү буусан хэсэг, мөн Чаргатын нурууны баруун өвөр бэлийн д.т.д 1200-1800 м-ийн өндөрт орших газар нутгийг тус тус багтаана. Үл ялиг гүвээрхэг (6-9⁰ налуутай) энэ гадарга нь Ховд голын дагуу орших уулсын бэл, хормойгоор түгээмэл тохиолдох бөгөөд хавцал маягийн хуурай сайруудаар гүн хэрчигдсэн, гол төлөв хошуу туудас үүсгэсэн байдаг. Хажуугийн дээд хэсгээр нэл угаагдал, хормойн хэсгээр хуримтлалын үйл явц хүчтэй явагддаг.

II-2. Харьцангуй өндөрт орших цав толгодлог тал

Мянгад сумын нутаг дэвсгэрийн зүүн хагасын өргөн талбайг хамрах бөгөөд дундаж өндөр (бэсрэг), нам уулсын хоорондох буурц хотгорын захаар түгээмэл ажиглагдах боловч өөр хоорондоо хөндий, хоолой, битүү хотгороор тусгаарлагдсан байна. Уулсын хаяа болон хотгоруудын захаар орших сэвсгэр, сул барьцалдсан чулуулаг бүхий цав толгод нь талархаг гадарга руу аажим шилжинэ. Тал газар

шилжих хэсэгт үлдэц толгод, цонж, хад, цохио элбэг дайралдана. Гадаргын зохион байгуулалтын хувьд д.т.д 1500-1800 м-ийн өндөрт оршдог харьцангуй тэгшивтэр буюу 3^0-ын налууутай, түр зуурын урсгалтай хуурай сайр, гуу, жалгаар ихээхэн хэрчигдсэн, хужир марз бүхий нуурын хотгор, жижиг толгод, үлдэц нам уулсаар хүрээлэгдсэн.

II-3. Элсэн хуримтлал бүхий ухаа гүвээт тал

Тус гадарга нь уулт тогтолцооны бүүр захаар буюу Ховд голын болон Хар-Ус нуурын хөндий дээд хэсгийн нэлээд өргөн талбайг хамарна. Энд өгөршлийн болон салхины дефляцийн үйл ажиллагаагаар үүссэн жижиг элсэн хуримтлалууд энэ дэд хэв шинжид хамрагдана. Энэ нь геологийн тогтоц, гадаргын зохион байгуулалтын хувьд Алтан Хөхийн гол нурууны уулт өндөрлөгөөс түүнийг хүрээлэн орших бэсрэг, нам уул, цав толгодоос харьцангуй тусгаарлагдсан, д.т.д 1200-1500 м-ийн өндөрт оршдог, хэвгий багатай тэгш талархаг (1- 2^0 -ын налууутай) Ховд голын хөндий руу буусан хэсэгт сайруудаар нэлээд гүн хэрчигдсэн. Зарим хэсэгтээ сул бүрхэвч элс элбэг байхад зарим газраар сайр чулуурхаг.

III. Хуримтлалын хэв шинжит хотгор гүдгэр

Энэ хэв шинжийн хотгор гүдгэрт уул хоорондын нам хотгорууд, голуудын хөндий, талархаг гадарга хамрагдана. Ийм хотгор гүдгэрийг дотор нь нуурын хурдаст тал, аллювийн хурдаст тал, деллюви-пролювийн хурдаст тал, пролювийн хурдаст тал, аллюви-пролювийн хурдаст, нуур-пролювийн хурдаст тал, нуур-аллювийн хурдаст тал, морены ангилагдаагүй бүрдлүүдтэй мөсдлийн ба ус-мөсдөл бүхий мөсөн голын үйлдлээр үүссэн тал, салхины үйлдлээр үүссэн элсэн хуримтлал бүхий тал гэсэн дэд хэв шинжүүдэд хуваагддаг. Эдгээрээс, нуурын хурдаст тал нь Мянгад сумын нийт нутаг дэвсгэрийн 0.4% (1196.9

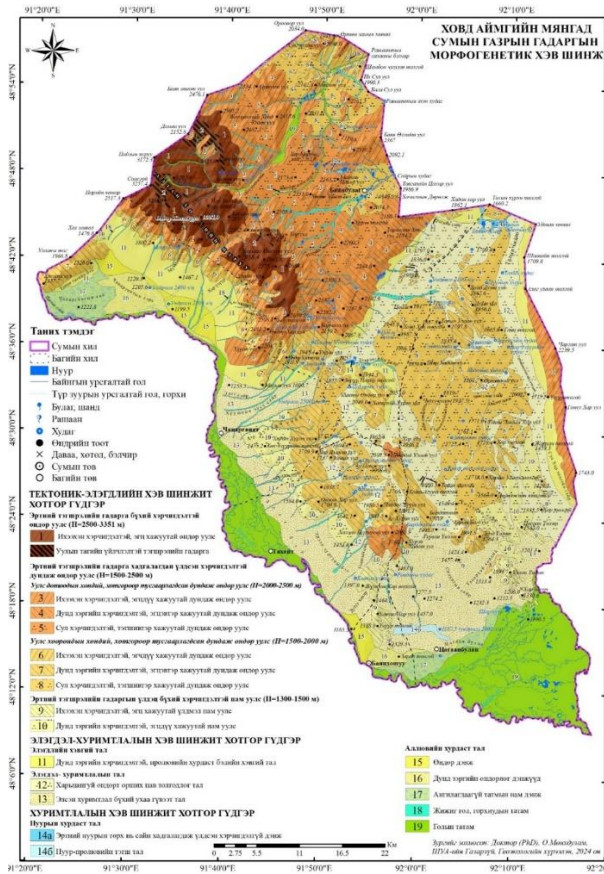
га)-ийг, аллювийн хурдаст тал нь 16.9% (55342.8 га)-ийг тус тус эзэлнэ.

III-1. Нуурын хурдаст тал

Тод илэрсэн эргийн далан, эвдрэлийн хөмөг хошуу бүхий нуурын хаялга ба нам дэнж, нуурын хэв төрх нь сайн хадгалагдаж үлдсэн хэрчигдэлгүй дэнж, сул ба сулавтар хэрчигдэлтэй хэвгий, ширгэдэг нуурын ёроолын ба хужир марзат талууд нь Мянгад сумын зүүн хойд, зүүн, төв болон урд хэсэгт орших Бүрдийн нуур, Хагийн нуур, Талын Ногоон нуур, Зээрэн нуур, Шар нуур зэрэг жижиг нуурууд болон Цагаан шал гэж нэрлэгдэх эртний нуурын хотгор газруудыг хүрээлэн багахан талбайд тархжээ. Гадаргын үнэмлэхүй өндөр нь д.т.д 1100-2200 м-ийн хооронд хэлбэлзэх ба налуу нь 2^0 -аас бага байна.

III-2. Аллювийн хурдаст тал

Энэ дэд хэв шинжид Алтан Хөхийн нурууны зүүн хойд болон зүүн амуудаас эх аван урсах Сондуул, Цагаан Бургас, Бүрдний голууд тэдгээрийн цутгал болох бэсрэг, нам уулын ам, салаануудаас ундрах булаг, шанд, горхиудын хөндий тус тус хамрагдана. Голын татам ба ангилагдаагүй татмын нам дэнж бүхий аллювийн хурдаст талын дэд хэв шинжид Монгол Алтайн нурууны тэргүүн оргил Алтай Таван Богдын зүүн өмнөд мөсөн голуудаас эх аван урсаж Хар-Ус нуурт цутгах Ховд голын өргөн хөндий хамрагдана. Эдгээр том, жижиг голуудаас гадна эртний голын нарийн хөндийнүүд, түр зуурын урсгалтай томоохон сайрууд энэ дэд хэв шинжид хамрагдана. Голын өндөр дэнж бүхий аллювийн хурдаст талын хэв шинж нь Мянгад сумын төвийн баг болох Баянхошуу багийн баруун дээд хэсэгт, дунд зэргийн өндөрлөг дэнж бүхий аллювийн хурдаст тал нь сумын төвийн орчимд Ховд голын зүүн эргээр тус тус тархсан байна. Жижиг гол, горхиудын татам бүхий аллювийн хурдаст талын дэд хэв шинжийн хотгор гүдгэрт байнгын болон түр зуурын урсгалтай жижиг гол, горхиудын хөндий, хуурай сайрууд багтана.



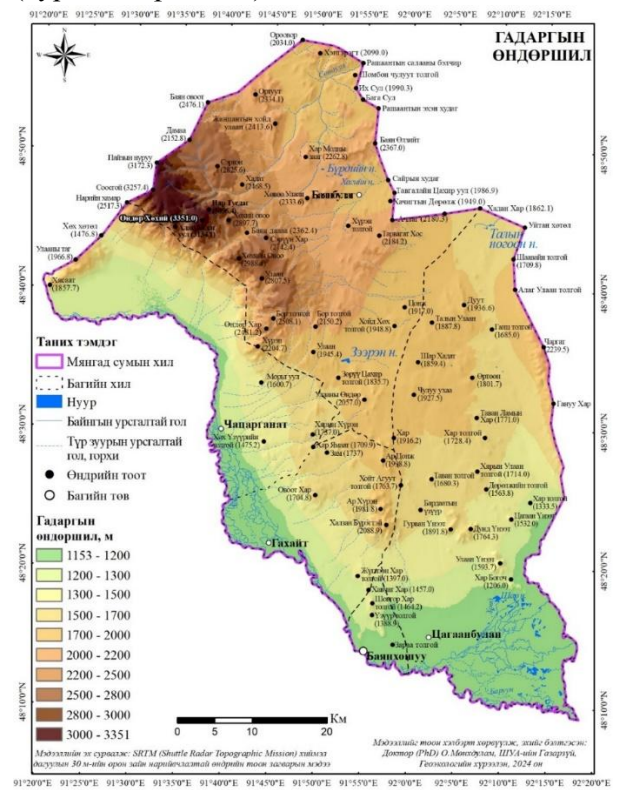
Зураг 3. Газрын гадаргын морфогенетик хэв шинж

1.1. Морфометрийн үзүүлэлтүүд

• Гадаргын өндөршил

Гадаргын хотгор гүдгэрийн хэлбэр нь үнэмлэхүй болон харьцангуй өндрийн ялгаатай байдлаар тодорхойлогдох бөгөөд хотгор гүдгэрийн тархалтад гадаргын өндөршил чухал үүрэг гүйцэтгэдэг. Мянгад сумын гадаргын өндөршлийн зургийг боловсруулахад 12.5 м-ийн нарийвчлалтай ALOS PALSAR хиймэл дагуулын өндрийн тоон загвар (DEM)-ын мэдээ ашигласан. Мянгад сум нь хойноосоо урагшаа аажим намсаж өндөр, дундаж өндөр, үлдмэл нам уулс, ухаа, цав толгод, тал, хөндий хосолсон хотгор гүдгэрийн олон хэлбэрүүдийг үүсгэх ба хамгийн өндөр цэг нь далайн түвшнээс дээш (д.т.д) 3351 м-ийн өндөрт өргөгдсөн Алтай Хөхийн нурууны ноён оргил Өндөр Хөхий, хамгийн нам цэг нь д.т.д 1153 м-ийн өндөрт өргөгдсөн Ховд голын өргөн хөндий хамарна. Монгол орны хотгор гүдгэрийг гадаргын үнэмлэхүй болон харьцангуй

өндөршлийг харгалзан Өндөр уул (H= 2500-4500 м, h= 1000 м-ээс их), Дундаж өндөр уул (H= 1500-2500 м, h= 600-1000 м), Нам өндөр уул (H= 1000-1500 м, h= 100-400 м), Цав толгод (H= 900-1000 м, h= 20-30 м), Ухаа гүвээт тал (H= 600-900 м, h= 10-20 м) гэсэн үндсэн 5 ангилалд хувааж үздэг (Жигж, 1975). Тус ангиллаар Мянгад сумын нийт нутаг дэвсгэрийн 36.1% нь нам уулын, 57.7% нь дундаж өндөр уулын, 6.2% өндөр уулын ангилалд тус тус хамрагдаж байна (Зураг 4, Хүснэгт 1).



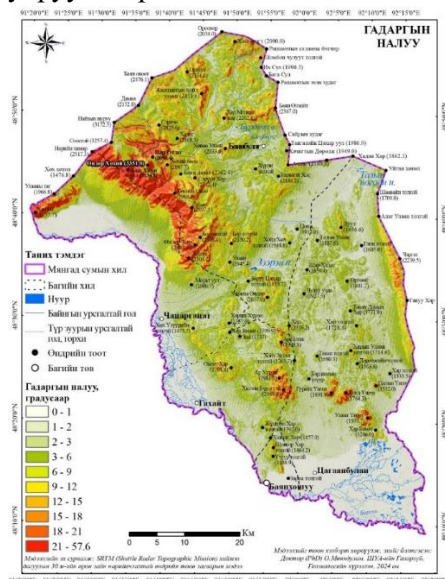
Зураг 4. Гадаргын өндөршил

Хүснэгт 1. Гадаргын өндөршил

№	Өндрийн ангилал	Гадаргын өндөршил, м	Талбай	
			Га-аар	%-иар
1	Нам уул	1153-1200	47576.3	14.6
		1200- 1300	32787.6	10.1
		1300- 1500	37276.4	11.5
2	Дундаж өндөр уул	1500- 1700	55505.3	17.1
		1700- 2000	79558.6	24.4
		2000- 2200	32855.3	10.1
		2200- 2500	19812.6	6.1
3	Өндөр уул	2500- 2800	13020.6	4.0
		2800- 3000	3347.1	1.0
		3000- 3351	3760.0	1.2

• *Гадаргын налуу (хэвгий)*

Мянгад сумын гадаргын налууугийн зургийг боловсруулахад мөн 12.5 м-ийн нарийвчлалтай ALOS PALSAR хиймэл дагуулын өндрийн тоон загвар (DEM)-ын мэдээг ашигласан. Гадаргын хэвгий ихсэхэд барилга байгууламж барих, зам гүүр тавих, шугам сүлжээ байгуулах гэх мэт ажил явуулахад ихээхэн хүндрэлтэй болж ажлын ачаалал ихсэх, машин техникийн хүчин чадал сулрах, шатахууны зардал нэмэгддэг байна. Үүнээс гадна, гадаргын налуу нь бэлчээр ашиглалтад шууд биш ч дам байдлаар нөлөөлнө. Тухайлбал, газрын гадарга хэдий чинээ уулархаг, налуу их байна төдий чинээ хөрс, ургамал, салхины хүч, ус чийгийн тархалтад шууд нөлөөлж энэ байдлаараа мал аж ахуйн байршилт, төрөлжилтөд дам нөлөө үзүүлдэг. Гадаргын энэ байдлаас болж хөрс, ургамлын бүс, босоо бүслүүрийг үүсгэдэг тул бэлчээрийн ургамлын тархалтад мөн нөлөөлдөг. Мянгад сум гадарга налуу нь 0-57.6 градусын хооронд хэлбэлзэх бөгөөд нийт газар нутгийн 53.4% нь 0-3 градусын налуутай, 38.4% нь 6-15 градусын налуутай, 8.1% нь 15-57.6 градусын налуутай гэсэн ангилалд тус тус хамрагдаж байна (Зураг 5, Хүснэгт 2). Эдгээр ангиллын налуу гадарга нь аж ахуйн үйл ажиллагаанд ноцтой хүндрэл учруулахгүй.



Зураг 5. Гадаргын налуу

Хүснэгт 2. Гадаргын налуу

№	Налуугийн ангилал	Гадаргын налуу, градусаар	Талбай	
			Га-аар	%-иар
1	Бага налуу	0-1	53292.5	16.4
		1-2	60094.1	18.5
		2-3	60533.4	18.6
2	Дунд зэргийн налуу	3-6	69799.1	21.4
		6-9	28522.6	8.8
		9-12	16265.9	5.0
		12-15	10488.3	3.2
3	Ихээхэн налуу	15-18	7254.4	2.2
		18-21	5056.3	1.6
		21-57.6	14193.4	4.4

Хэлэлцүүлэг, дүгнэлт

Өнгөрсөн хугацаанд хотгор гүдгэрийн тархалт, морфогенетик хэв шинжийн зураглалын чиглэлээр хийгдсэн ажлуудаас дурдвал 1990 онд Монголын талаас Ж.Нацаг, Оросын талаас В.П.Чичагов, Д.А.Тимофеев нар 1:3000000 масштабтай Монгол орны геоморфологийн зургийг зохиож “БНМАУ-ын үндэсний атлас”-д хэвлэгдсэн байдаг. Түүнээс хойш өнөөдрийг хүртэл геоморфологийн судалгаа нь тодорхой бүс нутаг болон голуудын сав нутгийн хэмжээнд хийгдсэн тодруулбал, 2005-2010 онд Туул, Хараа, Ерөө, Байдраг, Түй, Таац, Онги голуудын сав нутгийн хэмжээнд, 2011-2013 онд Монгол орны төв хэсэгт, 2014-2016 онд Монгол орны зүүн бүсийн хэмжээнд 1:500000 масштабтай геоморфологийн зураглалын ажлууд хийгдсэн байдаг (ФГООС, 2022). Өөрөөр хэлбэл, орон нутгийн түвшинд том масштабын геоморфологийн зураглалын судалгаа орхигдох хандлага ажиглагдаж эхэлсэн.

Тиймээс бид орон нутгийн түвшинд хотгор гүдгэрийн тархалт, онцлогийг илрүүлж, том масштабын геоморфологийн зураглалыг боловсруулах зорилго дэвшүүлсэн. Тус судалгаанд 61 см-ийн орон зайн нарийвчлалтай Quickbird, 10 м-ийн орон зайн нарийвчлалтай Sentinel 2, 12.5 м-ийн орон зайн нарийвчлалтай ALOS

PALSAR хиймэл дагуулын өндрийн тоон загварын мэдээ, 1:100000 масштабтай байрзүйн зураг болон 2024 оны 07 сард явуулсан хээрийн судалгааны материалыг тус тус ашигласан. Арга зүйн хувьд нарийнаас ерөнхий, ерөнхийгөөс нарийн гэсэн 2 зарчмыг баримталсан. Гадаргын өндөршил, хэвгий, хэрчигдлийн гүн, хэрчигдлийн шигүү зэрэг зургуудыг боловсруулахад нарийнаас ерөнхийд шинжлэх зарчим нь цугларсан мэдээллийг багцлах, ерөнхийд нь дүгнэлт гаргах, орон нутгийн хэмжээний дүр зургийг зөв илэрхийлэх, сэдэвчилсэн давхарга үүсгэх нөхцөлийг бүрдүүлсэн. Ерөнхийгөөс нарийвчилсан шинжилгээ хийхэд тооцооны буюу олон хувьсагчийн шугаман регрессийн загварыг ашигласан. Мянгад сумын хэмжээнд тархсан хотгор гүдгэрийг гарал үүслээр тектоник-элэгдлийн, элэгдэл-хуримтлалын, хуримтлалын гэсэн 3 үндсэн хэв шинж, 7 дэд хэв шинж, 19 ангийг 1:100000 масштабтайгаар ялган зурагласан. Судалгааны үр дүнгээс харахад өндөр нарийвчлалтай хиймэл дагуулын өгөгдлүүд болон орчин үеийн судалгааны дэвшилтэд арга зүйд тулгуурлан Монгол орны баруун бүсэд тэр дундаа сумын түвшинд том масштабын геоморфологийн зургийг зохиосон нь энэхүү судалгааны дэвшил байлаа. Тус судалгаа нь физик газарзүйн шинжлэх ухааны орчин үеийн чиг хандлагыг орон нутгийн өвөрмөц онцлог, нийгэм эдийн засгийн хөгжлийн хэрэгцээ, шаардлагатай уялдуулахад чухлаас гадна газрын гадаргын өнөөгийн төлөв байдал, динамик үйл явцыг тодорхойлох, экологийн тэнцвэрт байдлыг хамгаалах зэрэг асуудлуудыг цогцоор шийдвэрлэхэд хувь нэмрээ оруулна.

Талархал

Энэхүү судалгааг Шинжлэх ухаан технологийн сангийн захиалгат “Монгол орны баруун бүсийн ландшафт, геоморфологийн нэгдсэн зураглал, мэдээллийн сан” төслийн санхүүжилтээр хийж гүйцэтгэсэн бөгөөд ШУА-ийн

Газарзүй, геоэкологийн хүрээлэнгийн Физик газарзүй, орчин судлалын салбарынхаа хамт олонд талархал илэрхийлье.

Ашигласан материал

Даш, Д. (2010). Монгол орны ландшафт экологийн асуудлууд. Улаанбаатар.

Даш, Д. (2018). Монгол орны геоморфологи. *Монгол орны бэлчээрийн экосистем*. 19-39.

Doljin, D. (2020). Division of the physiographic and natural regions in Mongolia. *Yemtuu, B. (Ed.) In the Physical Geography of Mongolia (pp. 177-193)*. Cham: Springer International Publishing.

Даш, Д. (2020). Монгол орны физик газарзүйн мужлал (395-438х). *Батчулуун, Е. (Ред.) Монгол орны физик газарзүй. Улаанбаатар, Монгол: Мөнхийн үсэг ХХК*. 480 х.

Жамбаажамц, Б. (1989). Монгол орны уур амьсгал. ШУАХ, Улаанбаатар

Жигж, С. (1973). Монгол орны уул нуруудын өндрийн ангиллын асуудалд. Монгол орны газарзүйн асуудал, 3-5.

Жигж, С. (1979). Монгол орны инженер газарзүйн үндсэн асуудал. Улаанбаатар.

Жигж, С. (1975). Монгол орны хотгор гүдгэрийн үндсэн хэв шинж. Улаанбаатар.

Нямдаваа, Г. (2006). Төрийн тахилгат Алтан Хөхий уул. Улаанбаатар хот. SPEEDWAY Ltd. Co., 378 х.

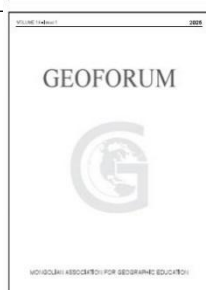
Otgonbayar, M., Tsedevdorj, S., Bumtsend, B., Enkhjargal, O., Tovuudorj, R. (2023). Spatial relationships between topographic variables and their interactions with natural and climatic zonalization in Mongolia. *European Modern Studies Journal*, 7 (5), 106-119

Ундармаа, Ж. (2018). Монгол орны ургамалжил. *Монгол орны бэлчээрийн экосистем*. 109-136. “Мөнхийн үсэг” ХХК.

Цэгмид, Ш. (1969). Монгол орны физик газарзүй. ШУА-ийн Газарзүйн хүрээлэн

Үндэсний статистикийн хороо (ҮСХ). 2023 оны хүн ам, малын тоо толгойн статистик мэдээ.

ФГОСС. (2022). Физик газарзүй орчин судлалын салбарын 60 жил, түүхэн товчоон. Улаанбаатар, Соёмбо Принтинг ХХК, 304х.



Methodological issues in calculating pasture carrying capacity (case of Bayankhongor province)

I. Myagmarjav¹, P. Bayartseren², J. Altangadas², L. Gankhuyag^{3,4}, He Yongshun³, P. Myagmartseren^{3*}

¹Department of Land Management, School of Agroecology, Mongolian University of Life Sciences

²Department of Natural Resources Consulting and Services, Lanres LLC

³Department of Geography, School of Arts and Sciences, National University of Mongolia

⁴Pasture and Forage Branch, Animal Husbandry Research Institute

Article info

Received 22 March.2025

Accepted 23 May.2025

Keywords

livestock green fodder, pasture carrying capacity calculation, balancing forage supply, stocking rate.

Corresponding author

Myagmartseren Purevtseren,
National University of Mongolia.

E-mail:

myagmartseren@num.edu.mn

Abstract:

Based on the example of Bayankhongor province, the purpose of the study was to test the methodology developed by Purevtseren in 2000, to calculate the carrying capacity of pastures innovatively based on geographical information systems. "Integrated Methodology for Determining Pasture Carrying Capacity" which is officially used by government institutions, calculates the carrying capacity of pasture by the peak summer yields. Therefore, the innovative aspect of this research is to update this methodology and determine the carrying capacity of the pastures using regional features, pasture yields, number of repeated uses, and a coefficient of surface roughness. According to the current official methodology, the percentage of pasture utilization in Bayankhongor Province is 1.2-1.7 times higher than the carrying capacity. When comparing the two methods, there's 1.7 times difference in carrying capacity number was revealed. It is proposed to change the official instructions to be followed at the national level by using the dry sheep equivalent of youngster animals and other types of animals, calculated according to the method of Purevtseren, using the number of repeated uses, plant re-growth yields and the coefficient of surface roughness.

© 2024 Author(s). This is an open access article under the CC BY-04 license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Оршил

Малын бэлчээрийг доройтуулахгүйгээр ашиглах, хамгаалах, түүний ашиглалтын хязгаарыг илтгэх босго үзүүлэлт нь “бэлчээрийн даац” тул түүнд тулгуурлан бэлчээр ашиглалтыг шинжлэх ухааны үндэслэлтэйгээр хянах, зохицуулах асуудал чухлаар тавигдаж байна.

Манай улс өндөр уул, ойг хээр, хээр, говь, цөлийн бүс хосолсон 110.3 сая га бэлчээр, 1.7 сая га хадлангийн талбай бүхий нийт 112.0 сая га орчим мал, амьтныг ногоон тэжээлээр хангах талбайтай. Энэ нь хөдөө аж ахуйн эдэлбэр газрын 97 хувийг эзэлдэг бөгөөд 52.0 сая га-г өвөл-хаврын улиралд, 60.0 сая га-г зун-намрын улиралд тус тус ашиглаж байна (ГЗБГЗЗГ, 2021). 2022 оны жилийн эцсийн мал тооллогын дүнгээр 71.1

сая толгой малтай, 190.7 мянган малчин өрх бэлчээрийг ашиглаж байна (ҮСХ, 2021). Бэлчээрийн газрын ангиллаас өөр ангилалд шилжсэн байдлыг 1975 оныхтой харьцуулан үзэхэд бэлчээрийн талбай 10 сая га-гаар багасаад байна (Мягмарцэрэн, 2004). Бэлчээрийн даац хэмээх ойлголтын талаар янз бүрийн тодорхойлолт байдаг. Нийтлэг тодорхойлолт нь ашиглалтын хугацаанд бэлчээрийн ургамлын өсөлт, хөгжил, сэргэн ургах чадавх зэрэг төлөв байдлыг нь доройтуулахгүйгээр нэгж бэлчээрийн талбайд бэлчээж болох мал, амьтны тоо толгойгоор илэрхийлэгдэх үзүүлэлт (Бакей, 2016; Ундармаа, 2019). Бэлчээрийн даацыг хэтрүүлэн ашиглана гэдэг нь ургамлын навч найлзуурыг нөхөн төлжих чадваргүй болтол нь идэж дуусгаснаас ургамлын үндэс нь үхжиж, бүрмөсөн устан улмаар бэлчээр доройтно гэсэн үг юм (Жигжидсүрэн, 2005; Бакей нар, 2019). Бэлчээр судлаачид Монгол орны бэлчээрийн даацыг хонин толгойд шилжүүлснээр 75-86 сая толгой малын даацтай гэж үздэг (Жигжидсүрэн, 2005; Цэрэндаш & Нямдорж, 2014; Бакей нар, 2019).

Сэдвийн судлагдсан байдал

Монгол оронд хэрэглэгддэг бэлчээрийн даац тогтоох аргачлалууд

Янз бүрийн цаг хугацаанд төрийн байгууллага болон эрдэм шинжилгээний хүрээлэн, төрийн бус байгууллагууд, олон улсын донор байгууллагын шугамаар хэрэгжсэн төсөл хөтөлбөрүүдийн хүрээнд ихээхэн тооны судалгаа хийгдэж, харилцан адилгүй аргачлалыг санал болгож байсан боловч ашиглахад хялбар цөөн тооны аргачлалыг Монгол Улсад мөрдөж иржээ (Бат-эрдэнэ, 2023). Тухайлбал: Янз бүрийн цаг хугацаанд төрийн байгууллага болон эрдэм шинжилгээний хүрээлэн, төрийн бус байгууллагууд, олон улсын донор байгууллагын шугамаар хэрэгжсэн төсөл

хөтөлбөрүүдийн хүрээнд ихээхэн тооны судалгаа хийгдэж, харилцан адилгүй аргачлалыг санал болгож байсан боловч ашиглахад хялбар цөөн тооны аргачлалыг Монгол Улсад мөрдөж иржээ (Бат-эрдэнэ, 2023). Тухайлбал: 1984 онд тухайн үеийн Улсын төлөвлөгөөний комисс, ШУА-ийн Эдийн засгийн болон Мал аж ахуйн эрдэм шинжилгээний хүрээлэнгүүд хамтран боловсруулж баталсан “Бэлчээрийн багтаамж тодорхойлох аргачлал”-ыг (Томьёо 1) олон жил албан ёсоор улсын хэмжээнд хэрэглэж ирсэн (Цэрэндаш ба Алтанзул, 2006, Бакей нар, 2019).

$$БД = \frac{У}{ӨХ} \quad (\text{Томьёо 1})$$

БД – Бэлчээрийн даац

У – Бэлчээрийн ургац, кг/га

Ө – Нэг толгой малын бэлчээрээс өдөрт идэх өвсний хэмжээ, кг-аар

Х – Бэлчээрлэх хугацаа, өдрөөр

Энэхүү аргачлал нь зарчмын хувьд өнөөг хүртэл бага зэргийн засвар, нэмэлт тайлбартайгаар хэрэглэгдэж байна. 3.

Улсын газар зохион байгуулалт, хайгуул, зураг төслийн институтээс 1988 онд "Байгалийн бэлчээр, хадлангийн хээрийн судалгаа, зураглалын удирдамжийг гаргаж бэлчээрийн аж ахуйн ургац, тэжээлийн нэгжийг судлан тогтоон, даац бодож бэлчээрийн зураглалыг 1: 100,000-1: 200 000 масштабтайгаар улсын хэмжээнд гүйцэтгэсэн (УГЗБХЗТИ, 1988). Бэлчээрийн газарт 2000 оноос эхлэн үндэсний газрын мониторингийн сүлжээ байгуулан байгалийн бүс, бүслүүрийн төлөөлөл болгон 5199 цэгт /2024 оны байдлаар/ бэлчээрийн ургац, даац тогтоохдоо мөн энэ аргачлалыг мөрдөж ирсэн байна.

ХААЯ /хуучин нэршлээр/-ны Бэлчээрийн даац тооцоолох, үнэлэх журам нь

бэлчээрийн даац тодорхойлдог 1984 оны нийтлэг журмын дагуу Ус, цаг уурын албаны болон Статистикийн албаны эх мэдээг ашиглан тооцоо хийдэг байсан. Даацын эцсийн үнэлгээг тухайн үеийн /2000/ ХААЯ-ны Мал аж ахуйн газрын удирдлага, мэргэжилтнүүдтэй зөвшилцсөнөөр хэрэглэгчдэд ойлгомжтой байх үүднээс хувиар илэрхийлэн гаргасан. Одоо хүртэл хувиар илэрхийлэх энэ аргыг уламжлан хэрэглэж байна. Мөн энэ журмаар идэшний хэрэгцээний малыг тодорхой хувиар хасаж тооцдог байсан (Бат-эрдэнэ, 2023).

Гадаадын улс оронд хэрэглэгддэг бэлчээрийн даац тогтоох аргачлалууд

Гадаадын улс орнуудаас өөрийн оронтой ижил байгалийн бэлчээр нутаг ихтэй, даацыг хонь толгой нэгжээр илэрхийлдэг улсуудыг судлан үзэхэд Австрали болон Хойд Америк тивийн АНУ, Канад улсууд манай улстай адилаар аргачлал ашиглаж байна.

Австрали улс : Австрали тивийн бэлчээр нутаг нь дэлхийн хамгийн хуурай газрын нэг юм. Хур тунадас бага ордог учир бэлчээрийн газар нутгийн дөрөвний гурав орчим нь цөлийн бүсэд хамаарна. Австралийн үржил шимтэй газар нутгийн хувьд усжуулалт сайтай тул хүнсний хэрэгцээг хангахад тариалангийн талбайг өндөр үр өгөөжтэй ашигладаг. Харин гандуу, гантай газрыг бэлчээр хэлбэрээр ашиглан хонь, үхэр мал бэлчээрлүүлдэг бөгөөд хөрс хамгаалах талаар анхаарах шаардлагатай байдаг. Хур тунадас багасаж, ган гачиг болж байгаагаас шалтгаалан зарим бэлчээрийн газар нутаг цөлжих болсон. Түгээмэл хэрэглэдэг арга бол хавтгай дөрвөлжний “square method” арга юм. Үүнийг бүх төрлийн бэлчээрт хэрэглэж болох харьцангуй хялбар арга гэж Австралиуд тайлбарладаг. Өөрөөр хэлбэл хэдий хэмжээний ам метр талбайд нэг өдөрт 1 хонь бэлчээрлэх вэ гэдгийг тогтооно. “Хонь толгой идэх хуурай өвс -ХТИХӨ” бүхий ам метр газрын хэмжээг тогтоох юм. ХТИХӨ /dry sheep equivalents/: 1 хонь

толгой идэх хуурай өвс гэдэг нь өөр өөр мал сүрэгт шаардлагатай энергийн хэрэгцээ буюу өвсний хэмжээг тогтооход ашигладаг эталон нэгж юм. Монгол Улсаас ялгаатай нь малын жинтэй уялдуулж шилжүүлэх бөгөөд бүс нутгаасаа энэ итгэлцүүр хамаарна. Австралийн Шинэ Өмнөд Уэльс мужид 1 Хонь толгой идэх хуурай өвс= өдрийн турш 50 кг жинтэй меринос хонь идэх хуурай өвс бүхий газрын хэмжээ юм (MLA, 2019).

АНУ болон Канад улс: Бэлчээрийн даацыг тодорхойлохын тулд ашиглалтын түвшин /Utilization rate/ нь хэр буй, тухайн бэлчээр малын хөл, хортон шавжид хэр нэрвэгдэж буйг харгалзана. Ургамлын нөхөн сэргэх чадвараас давсан түвшинд бэлчээр ашиглах нь гарц буурахад хүргэнэ гэсэн зарчмыг баримталдаг. Мал идээшилтийн дараа үлдэх зохимжит ургамал нөхөн сэргэх чадварыг хангах бэлчээр ашиглалтын түвшин сонгоход АНУ, Канад улс их анхаардаг. Байгалийн унаган бэлчээр ашиглалтын түвшнийг 25-50% байлгахыг эдгээр улсад зөвлөдөг. Нийтийн өмчийн биш, байгалийн бус /үндсэн сайжруулалт хийсэн, тарималжуулсан/ бэлчээрийн хувьд зөвлөж буй ашиглалтын түвшин газрын үржил шимтэй уялдан 50-75% -д хүргэн хэрэглэхийг зөвшөөрдөг. АНУ, Канад улсад “Animal Unit” буюу “үхэр толгой” гэсэн стандарт нэгж ашигладаг. 1 үхэр толгой = 1000 фунт жинтэй 1 үхэр өдөрт 26 фунт хуурай өвс идэх норм юм. Үүнийг сард шилжүүлэн үхэр нэгж сар Animal Unit Month (AUM) гэсэн нэгж болгоно. Тухайн малын бодисын солилцооны шаардлагыг хангах өвсний хэмжээ нь 1 AUM= 780 фунт хуурай өвстэй тэнцүү. Жишээ нь: Канадад нэг эдлэн газарт бэлчээрийн талбайн хэмжээ 160 акр, тооцоологдсон ургацын хэмжээ 740 фунт/акр, ашиглалтын түвшин 50% бол нийт боломжит тэжээлийн хэмжээ 59,200 фунт байна. Тэгвэл энэ бэлчээр нь 76 үхэр толгой бэлчээх багтаамжтайг харуулж байна (Beef Cattle Research Council, 2022).

Судалгааны арга зүй

Судалгааны зорилго, зорилт

Энэхүү судалгааны ажлын зорилго нь одоо мөрдөгдөж буй “Бэлчээрийн даац, багтаамж тодорхойлох нэгдсэн арга зүй” (ҮСХ, 2019)-н дутагдлуудыг илрүүлж, цаашид уг арга зүйг шинэчлэн сайжруулах зорилготой. Энэхүү зорилгыг биелүүлэхийн тулд дараах зорилтуудыг дэвшүүлсэн. Үүнд: (1) Одоо хүчин төгөлдөр мөрдөгдөж буй арга зүйг ашиглан бэлчээрийн даац, багтаамжийг Баянхонгор аймгаар жишээлэн тодорхойлох; (2) Хүчин төгөлдөр мөрдөгдөж арга зүйг ашиглан бэлчээрийн даац тодорхойлох арга зүйн дутагдлыг илрүүлэх; (3) Бэлчээрийн даац тодорхойлох талаар шинэчлэн гаргасан проф. Г.Пүрэвцэрэнгийн аргачлалыг (Пүрэвцэрэн, 2000) судалгаа жишээлсэн газарт туршиж үзэх (4) Бэлчээрийн даац тодорхойлох арга зүйг шинэчлэн сайжруулах талаар санал гаргах юм.

Бэлчээрийн даацыг тооцоход дараах үндсэн мэдээллүүдийг суурь болгон ашиглана. Үүнд: (1) бэлчээрийн ургац; (2) малыг хонин толгойд шилжүүлэх итгэлцүүр; (3) нэг хонины өдөрт идэх өвсний хэмжээ; (4) бэлчээрт идээшилж буй малын тоо, төрлөөр; (5) улирлын үргэлжлэх хугацаа болон бэлчээр ашиглах хугацаа; (6) бэлчээрийн талбай зэрэг багтана (УГЗБХЗТИ, 1988; Пүрэвцэрэн, 2000; Лхагважав, 2015; Бакей, 2016; Мягмарцэрэн нар, 2018; Ундармаа, 2019).

Хиймэл дагуулын мэдээ ашиглан бэлчээрийн ургац тодорхойлох

Бэлчээрийн менежмент, төлөвлөлтийн ажлын хүрээнд хийгддэг нэг чухал ажил нь бэлчээрийн даац, багтаамжийг тооцох ёстой байдаг. Бэлчээрийн даац, багтаамжийг тооцохын тулд тухайн жилийн ургацын мэдээллийг ашиглах шаардлага тавигддаг. Учир нь бэлчээр, хадлангийн ургац нь ургамлын зүйлийн бүрэлдэхүүн, тухайн жилийн цаг уурын нөхцөлөөс хамааран бүс, бүслүүрээр харилцан адилгүй өөр өөр

хөдлөл зүйгээр явагдана. Орчин үеийн технологи, шинжлэх ухааны сүүлийн үеийн арга аргачлалыг ашиглан өндөр нарийвчлалтай хиймэл дагуулын мэдээгээр ургацыг тодорхойлох боломжтой болсон (Мягмарцэрэн нар, 2018; Мягмаржав нар, 2022). Бид <https://earthexplorer.usgs.gov/> сайтаас Ландсат 8 хиймэл дагуулын мэдээг татан авч боловсруулалт хийж гүйцэтгэсэн. Бэлчээрийн ургацыг ургамлын нормчлогдсон индекс тодорхойлсны үндсэн дээр тогтоосон (Зураг 1, 2).

Бусад мэдээлэл

Малыг хонин толгойд шилжүүлэх итгэлцүүр; нэг хонины өдөрт идэх өвсний хэмжээ; улирлын үргэлжлэх хугацаа ба бэлчээр ашиглалтын хамаарал биш үү? болон бэлчээр ашиглах хугацаа зэргийг “Бэлчээрийн даацыг тодорхойлох нэгдсэн аргачлал” (ҮСХ, 2019)-д тусгасан илтгэлцүүрүүдийг ашиглан тооцсон.

Бэлчээрт идээшилж буй малын тоо, төрлийг тогтооходоо Баянхонгор аймгийн 2021 оны мал тооллогын жилийн эцсийн дүнг аймгийн статистик мэдээ, бэлчээрийн талбайг мөн оны “Газрын нэгдмэл сангийн тайлан”-ийн тоон мэдээлэл дээр тулгуурлан боловсруулалт хийсэн гэх мэтээр товчлох (Газрын харилцаа, барилга, хот байгуулалтын газар, 2022).

Бэлчээрийн даац тогтоох аргачлалын харьцуулсан судалгаа

Үндсэн 2 арга зүйг харьцуулан судалгаа хийлээ. 2019 онд баталсан “Бэлчээрийн даацыг тодорхойлох нэгдсэн аргачлал” (ҮСХ, 2019) одоо хүчин төгөлдөр мөрдөгдөж байна (Томъёо 1).

$$Бд = \frac{У \text{ бодит}}{(Х * \Theta)} \quad (\text{Томъёо } 1)$$

Бд – Бэлчээрийн даац

У-бодит – Бэлчээрийн бодит ургац,

кг/га

X – Бэлчээрлэх хугацаа, өдрөөр

Θ – Нэг малын өдөрт идэх өвсний хэмжээ, кг-аар

Бэлчээрийн даац, багтаамжийг тодорхойлох аргачлалыг шинэчлэн сайжруулахдаа профессор Г.Пүрэвцэрэнгийн 2000 онд гаргасан арга зүйг ашиглав(Томъёо 2).

$$B = \frac{K*(Sj*Y+SjXy*n)}{T*t''} \quad (\text{Томъёо 2})$$

B - бэлчээрийн багтаамж (хонь- өдрөөр)

K - нутаг дэвсгэрийн нөөцийн коэффициент

Sj - улирлын болон тухайн бэлчээр нутгийн ашигтай талбай (га)

Y - бэлчээрийн ургац (цн /га-д)

Xy - хэнз ургац (цн/га-д)

n - бэлчээрийн хэнзлэлтийн хугацаанд давтан ашиглах тоо

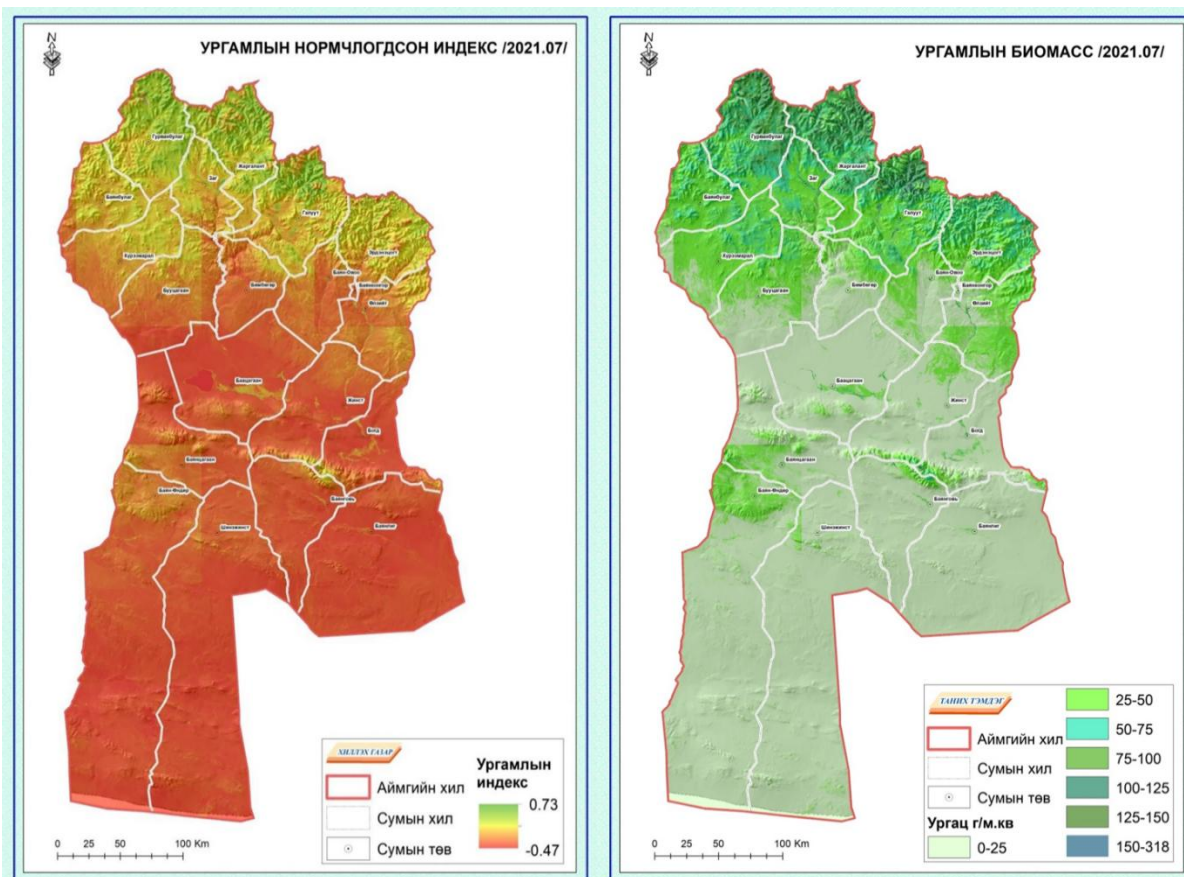
T - нэг хонины бэлчээрээс өдөрт идэх нормт өвс (кг)

t'' - бэлчээр ашиглах хугацаа

Жишээлбэл: вегетацийн хугацаанд 6.5 цн/га ургацтай, дунджаар 2.1 цн/га хэнз ногоо ургадаг зун - намрын 6000 га бэлчээрийг 2 удаа давтан ашиглана гэж үзвэл юмуу? бөгөөд нутаг дэвсгэрийн нөөц буюу гадаргын хэрчигдлийн коэффициентыг **эмпирик?** байдлаар 1.15; нэг хонины өдөрт идэх өвс дунджаар 3.4 кг бол нийт багтаамж нь 2151176 хонь/өдөр байна. Хэрэв зун-намрын улиралд уг бэлчээрийг ашиглах хугацааг 135 хоног үргэлжилнэ гэвэл дурдсан хугацаанд 15934 толгой малын даацтай гэсэн үг (Пүрэвцэрэн, 2000).

СУДАЛГААНЫ ҮР ДҮН

Баянхонгор аймаг нь 2020 оны жилийн эцсийн байдлаар 3839880 тоо толгой тоологдож байсан бол 2021 оны жилийн эцэст 3127124 толгой мал тоологдож өмнөх онтой харьцуулахад 18.5 хувь буурсан үзүүлэлттэй гарчээ (ҮСХ, 2021). Энэ нь 2020 онд аймгийн хэмжээнд хур тунадасны Хэмжээ бага байснаас ган нүүрлэж ургамлын ургац, гарц муу байсан учир малаа зах зээлд борлуулалт хийсэнтэй холбоотой (Ланрес, 2021). Нэг малчин өрхөд дунджаар 242 бодит толгой, хонинд шилжүүлснээр 367 толгой мал ногдож байна (ҮСХ, 2021). Энэ судалгааны ажилд Япон улсын олон улсын судалгааны төв (JIRCAS) болон Хөдөө аж ахуйн их сургуулийн хамтарсан “Зүүн хойд Азийн бэлчээрийн эрсдэлээс урьдчилан сэргийлэх” сэдэвт төслийн хүрээнд Монгол орны бэлчээрийн ургацыг зайнаас тандах аргаар анх удаа тооцсон арга зүйг [14,17] (Мягмарцэрэн нар, 2018; Batbileg et al., 2021; Мягмаржав нар, 2022) ашиглан зайнаас тандах аргаар бэлчээрийн ургацыг тооцоолсон (Зураг 1). Энэ аргаар Ургамлын нормчлогдсон индекс нь -1- (+ 1)-ийн хооронд байх боловч Баянхонгор аймгийнх (VI) нь -0.47 - +0.73–ийн хооронд гарч байна. Ландсат 8 хиймэл дагуулын мэдээг ашиглан бэлчээрийн ургацыг тооцож үүнийг 7-р сарын ургацтай харьцуулан ANOVA болон корреляцийн шинжилгээ хийж үзэхэд детерминацын коэффициент нь $R^2=0.51$, хамаарлын коэффициент $r=0.71$, статистик үнэмшлийн утга $p<0.001$ байна. Энэ нь бэлчээрийн ургацыг хиймэл дагуулын мэдээг ашиглан тооцож болохыг батлан харуулж байна.



Зураг 1. Баянхонгор аймагт 2021 оны 7-р сарын байдлаар ургамлын нормчлогдсон индекс болон түүнээс тооцсон ургамлын биомасс

Бэлчээрийн даац багтаамжийг байгаа аргачлалаар тодорхойлсон (Хүснэгт 1, Зураг 2).
 тодорхойлохдоо зун-намар, өвөл-хаврын улирлаар одоо хүчин төгөлдөр мөрдөгдөж

Хүснэгт 1. Зун-намрын улирлын бэлчээрийн даац, хонин толгойгоор

Д/д	Сумын нэр	Малын тоо /хонин толгойд шилжүүлсэнээр/	Бэлчээрийн чадавх хонь/толгой	Даац ашиглалт %	
				Зун-намар	Өвөл-хавар
1	Баян-Овоо	252264	135024	187	204
2	Баян-Өндөр	138290	185750	74	82
3	Баянбулаг	136355	117950	116	79
4	Баацагаан	247592	302984	82	144
5	Баянговь	155700	79911	195	141
6	Баянлиг	224107	234580	96	174
7	Баянцагаан	127796	102980	124	91
8	Богд	186599	60733	307	221
9	Бөмбөгөр	323040	92625	349	235
10	Бууцагаан	229943	112955	204	76
11	Галуут	472675	103412	457	208
12	Гурванбулаг	247779	226269	110	93

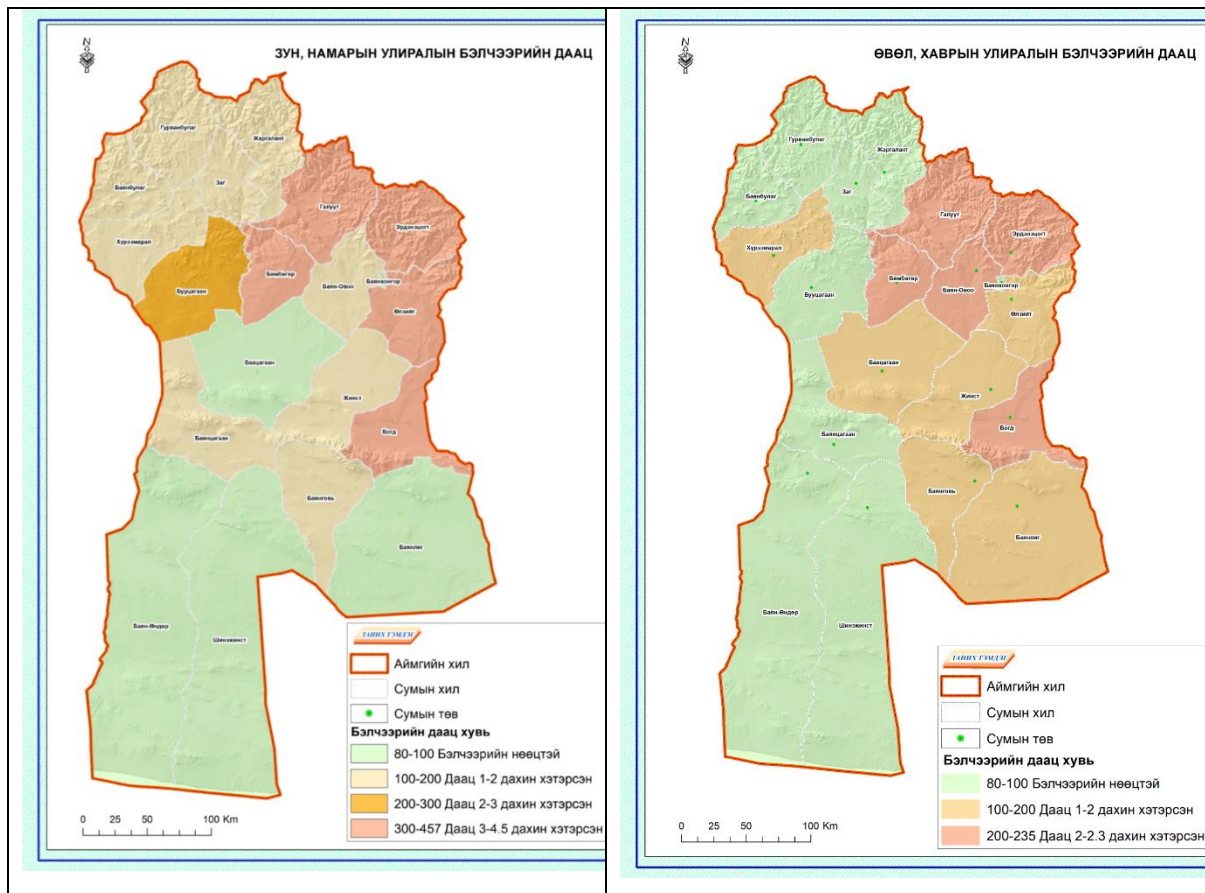
13	Жаргалант	313802	210712	149	97
14	Жинст	153594	111508	138	112
15	Заг	164023	106661	154	75
16	Өлзийт	265856	85345	312	127
17	Хүрээмарал	199505	175795	113	135
18	Шинэжинст	148676	179469	83	89
19	Эрдэнэцогт	395245	108050	366	222

Зураг 2-т Баян-Овоо, Богд, Бөмбөгөр, Галуут, Эрдэнэцогт гэсэн сумуудад бэлчээрийн даац ашиглалтын хувь нь 2.04-2.22 дахин хэтэрсэн, Баацагаан, Баянговь, Баянлиг, Жинст, Өлзийт, Хүрээмарал гэсэн сумуудад бэлчээрийн даац ашиглалтын хувь нь 1.22-1.74 дахин хэтэрсэн үзүүлэлттэй гарч байна (Зураг 2).

Өнөөгийн байдлаар 1 хонин толгойд 0.46 га бэлчээр ноогдож байгаа нь нэг хонины идэж байсан бэлчээрийг 3-4 хонь хуваахаар хэмжээнд хүрсэн хэрэг юм (Ланрес, 2021).

Цаг агаарын өөрчлөлт, бэлчээрийн доройтлоос болоод ургамлын гарц, зүйлийн бүрэлдэхүүн буурч байгааг тооцвол 1 хонинд ноогдох бэлчээр тэжээл үүнээс ч багасах хадлагатай.

2021 оны мал тооллогын жилийн эцсийн дүнг үндэслэн харьцуулж буй 2 аргачлалаар болон бид өөрсдөө санаачилсан төл малын идэх өвсний хэмжээг ялгавартай гаргаж бэлчээрийн даац, багтаамжийг тооцсон ажлын үр дүнг доор харуулав (Хүснэгт 2).



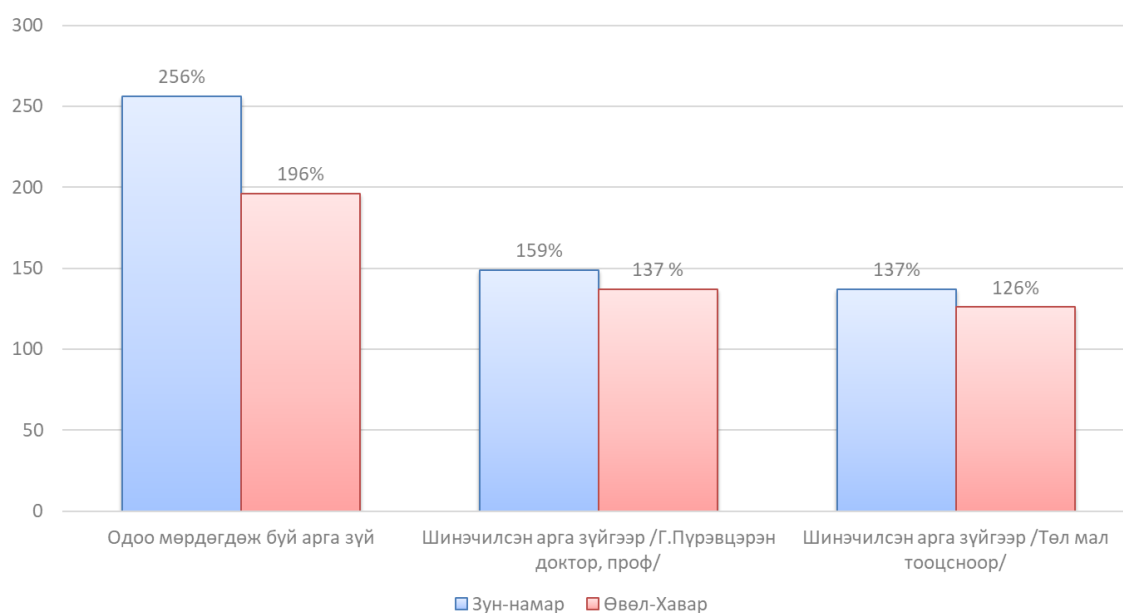
Зураг 2. Баянхонгор аймгийн 2021 оны бэлчээрийн даацын зураг, улирлаар

Хүснэгт 2. 2021 оны Баянхонгор аймгийн бэлчээрийн даац, улирлаар

Аргачлал	Малын тоо хонь толгойд шилжүүлснээр	Бэлчээрийн багтаамж хонь/толгой	Даац ашиглалт /-,+/ %	Даац ашиглалт %
Зун-намар /Одоо мөрдөгдөж буй аргачлалаар/	4740967	1849897	-2891070	256
Зун-намар /Г.Пүрэвцэрэнгийн аргачлалаар/	4938878	3321178	-1617700	149
Өвөл-хавар /Одоо мөрдөгдөж буй аргачлалаар/	4740967	2424113	-2316854	196
Өвөл-хавар /Г.Пүрэвцэрэнгийн аргачлалаар/	4948304	3615993	-1332311	137
Төл малыг тооцсоноор Өвөл-хавар /Г.Пүрэвцэрэнгийн аргачлалаар/	4565285	3321178	-1244107	137
Төл малыг тооцсоноор Зун-намар /Г.Пүрэвцэрэнгийн аргачлалаар/	4565285	3615993	-949292	126

Одоо мөрдөгдөж буй арга зүйгээр зун-намрын бэлчээрийн даацыг тогтооход 156 хувь өвөл-хаврын бэлчээрийн даац 96 хувь хэтэрсэн байна. Г.Пүрэвцэрэнгийн аргачлалын дагуу бэлчээрийн хэнз ургац, давтан ашиглах тоо, нутаг дэвсгэрийн нөөцийн коэффициентийг ашиглаж зун-намрын бэлчээрийн даацыг тогтооход 49

хувь, өвөл-хаврын бэлчээрийн даац 37 хувь хэтэрсэн байна. Энэ аргачлалд тулгуурлан төл малыг жилд идэх өвсний хэмжээгээр дүйцүүлэн хонин толгойд шилжүүлж бэлчээрийн даацыг тодорхойлоход зун-намрын бэлчээрийн даац 37 хувь өвөл-хаврын бэлчээрийн даац 26 хувь хэтэрсэн байна (Зураг 3).



Зураг 3. Бэлчээрийн даац, багтаамж тодорхойлсон аргуудын харьцуулалт

Хэлэлцүүлэг

1984 онд тухайн үеийн Эдийн засгийн болон Мал аж ахуйн эрдэм шинжилгээний хүрээлэнгүүд хамтран боловсруулж Улсын төлөвлөгөөний комисс баталсан “Бэлчээрийн багтаамж тодорхойлох аргачлал”-ыг олон жил үйлдвэрлэлд хэрэглэж ирсэн (Бакей нар, 2019). 2019 онд Үндэсний статистикийн хороо, Хүнс, хөдөө аж ахуй, хөнгөн үйлдвэрийн сайд, Байгаль орчин аялал жуулчлалын сайдын хамтарсан “Бэлчээрийн даац, багтаамж тооцох нэгдсэн аргачлал” баталсан (ҮСХ, 2019). Энэ аргачлалд зуны дээд ургацаар бэлчээрийн даац багтаамжийг тооцсон нь харьцангуй бодитой бус бөгөөд улирлын бэлчээр ашиглалтанд нийцэхгүй байна (Мягмарцэрэн нар, 2018; Мягмаржав нар, 2022).

Хүчин төгөлдөр мөрдөгдөж буй арга зүйн дутагдалтай талууд нь: (1) Тасралтгүй бий болж буй био-бүтээмж буюу ургацыг ашиглан даац, багтаамжийг тодорхойлохдоо зуны дээд ургацыг ашиглан тодорхойлж байна. (2) Бэлчээрийн даац, багтаамжийг тодорхойлохдоо хэнз ургац, давтан ашиглах тоо, нутаг дэвсгэрийн нөөцийн коэффициентыг харгалзан үздэггүй. (3) Аргачлалд малын төрлийг хонин толгойд шилжүүлэхдээ төл болон бусад төрлийн малын идэх өвсний хэмжээгээр хонин толгойд шилжүүлж тооцдоггүй байна.

Дүгнэлт

- Үндэсний статистикийн хорооны дарга, Хүнс, хөдөө аж ахуй хөнгөн үйлдвэрийн сайд, Байгаль орчин, аялал жуулчлалын сайд нарын 2019 оны 8-р сарын 5-ны өдрийн А/250 дугаар хамтарсан тушаалын А/422 дугаар хавсралтаар батлагдан бэлчээрийн даацыг тодорхойлох нэгдсэн аргачлалаар Баянхонгор аймгийн сумдын хэмжээнд зун-намрын бэлчээрийн даацыг

тогтооход Галуут сум 357 хувь, Эрдэнэцогт сум 266 хувь, Бөмбөгөр 249 хувь, Өлзийт 212 хувь, Богд 207 хувь тус бүр хэтрэлттэй байна. Өвөл-хаврын улирлын бэлчээрийн даацыг тогтооход Бөмбөгөр сум 235 хувь, Эрдэнэцогт 222 хувь, Богд 221 хувь, Галуут сум 208 хувь, Баян-Овоо сум 204 хувь, Баянлиг сум 174 хувь, Баацагаан сум 144 хувь, Баянговь сум 141 хувь, Хүрээмарал сум 135 хувь, Өлзийт сум 127 хувь, Жинст сум 112 хувиар тус бүр хэтрэлттэй байна.

- А/250 болон Г.Пүрэвцэрэнгийн хоёр аргачлалаар харьцуулан тооцож үзэхэд даац ашиглалтын хэмжээ зун-намарт 107 хувиар, төл малыг тооцож үзэхэд 130 хувиар зөрүүтэй гарч байна.
- Цаашид хүчин төгөлдөр мөрдөгдөж буй аргачлалыг сайжруулан Г.Пүрэвцэрэнгийн аргачлалын дагуу бэлчээрийн хэнз ургац, давтан ашиглах тоо, нутаг дэвсгэрийн нөөцийн коэффициентыг ашиглах. Өгүүлэлд төл болон бусад төрлийн малын идэх өвсний хэмжээгээр хонин толгойд шилжүүлж тооцохыг бидний зүгээс санал болгож байна. Ингэснээр даац ашиглалтын хэмжээ 1.7 дахин буурч илүү бодитой дүн гарах юм.

Ашигласан материал

- Баянхонгор аймгийн Газрын харилцаа, барилга, хот байгуулалтын газар, 2022. “Баянхонгор аймгийн 2021 оны Газрын нэгдмэл сангийн тайлан. Баянхонгор хот.
- Бакей А. 2016. “Монголын бэлчээрийн мал аж ахуйн тогтвортой хөгжил”, УБ. Мөнхийн үсэг хэвлэлийн компани
- Бакей А., Чимэд-Очир Б., Кадирбек Д., (2019). “Монгол орны бэлчээрийн тулгамдсан

- асуудал: гарц ба шийдэл' эмхэтгэл. НҮБХХ, БИОФИН төсөл. УБ.
- Бат-Эрдэнэ. Б. (2023). Бэлчээрийн даац, багтаамж тодорхойлж газар төлөвлөлтөнд? ашиглах арга зүйн асуудалд (Баянхонгор аймгийн жишээн дээр). МУИС, Газар зүйн шинжлэх ухааны магистрын зэрэг горилсон бүтээл. Хууд. 4-11
- Газар зохион байгуулалт, геодези, зураг зүйн газар (ГЗБГЗЗГ). (2021). Газрын нэгдмэл сангийн 2021 оны улсын нэгдсэн тайлан. Улаанбаатар. х91-96
- Жигжидсүрэн С. (2005). "Бэлчээрийн менежмент", УБ, 19 дэх тал. Адмон хэвлэлийн компани
- Ланрес ХХК. (2021). Баянхонгор аймгийн газар зохион байгуулалтын ерөнхий төлөвлөгөө. Тайлбар бичиг. Баянхонгор хот. хууд. 69-71.
- Лхагважав, Н. (2015). Хангайн уулархаг нутгийн бэлчээрийг зохистой ашиглах эдлэх, хамгаалах. УБ. 177 дэх тал. ТЭПЭ хэвлэл.
- Мягмаржав И., Ганпүрэв Д., Мягмарцэрэн П., Бат-Эрдэнэ Б. (2022) Тохиромжтой байдлын үнэлгээ, бүсчлэл, төлөвлөлтийн судалгааны үр дүн (Сүхбаатар аймгийн Эрдэнэцагаан сумын жишээн дээр). Геофорум, 12(2): 15-21 Мөнхийн үсэг хэвлэлийн компани.
- Мягмарцэрэн П. (2004). Газрын кадастр. УБ. Мөнхийн үсэг. х.59-60
- Мягмарцэрэн П., Мягмаржав И., Батбилэг Б., Дорлигжав Д. (2018). Тандан судалгааны мэдээллийг ашиглан бэлчээрийн ургац болон багтаамж тодорхойлох нь. *Газарзүйн асуудлууд* 18(01): 33-47.
- Үндэсний Статистикийн Хороо ҮСХ. (2019). Малын бэлчээрийн даац тооцох нэгдсэн аргачлал (ҮСХ-ны дарга, Хүнс Хөдөө Аж Ахуй, Хөнгөн Үйлдвэрийн сайд, Байгаль Орчин Аялал Жуулчлалын сайдын 2019 оны 08 дугаар сарын 05-ны өдрийн А/113, А-250, А/422 дугаар хамтарсан тушаал). <https://www.1212.mn/mn/methodology/list>
- Үндэсний Статистикийн Хороо (ҮСХ). (2021). Retrieved from https://www.1212.mn:https://www.1212.mn/mn/statistic/statcate/573072/table-view/DT_NSO_2400_001V1
- Улсын газар зохион байгуулалт, хайгуул, зураг төслийн институт. (1988). "Байгалийн бэлчээр, хадлангийн хээрийн судалгаа, зураглалын удирдамж. Улаанбаатар.
- Пүрэвцэрэн, Г. (2000). Газрын сангийн менежмент. УБ. МУИС хэвлэх үйлдвэр.
- Ундармаа Ж. (2019). Бэлчээрийн даац тодорхойлох нэгдсэн аргачлал"-ын төсөл, 2019.
- Цэрэндаш, С., Алтанзул, Ц. (2006). Бэлчээрийн менежментийн гарын авлага. 24-25 тал. Улаанбаатар. Эдо паблишинг.
- Цэрэндаш, С., Нямдорж, Д. (2014). Бэлчээр ашиглалтыг зохицуулах үлгэрчилсэн журам. Улаанбаатар: Уур амьсгалын өөрчлөлтөд зохицсон хөдөөгийн амьжиргаа (JFPR 9164-MON) төслийн тайлан. Улаанбаатар. Азийн хөгжлийн банк.
- Batbileg B., Akira Hirano, Myagmartseren P., Battsengel V., Byambasuren D. & Enkhjargal N. (2021). Applicability of different vegetation indices for pasture biomass estimation in the North-Central region of Mongolia, *Geocarto International*, Volume 37 Issue 25, DOI: 10.1080/10106049.2021.1974956
- Beef Cattle Research Council. (2022). Grazing Management. <https://www.beefresearch.ca/topics/grazing-management/>
- MLA (Meat and Livestock Australia). (2019). More Beef from Pastures: Pastoral online manual. <https://mbfp-pastoral.mla.com.au/>



Геоэкологийн оронзайн мэдээллийн сангийн бүтэц, агуулга, хэрэглээ

Б.Ариунзаяа^{1,2}, Л.Очирхуяг^{2,3}, Д.Сайнбаяр³, Ж.Өнөрням³, Ө.Мөнгөнтуул³,
Н.Болдбаатар³, Б.Баяртунгалаг^{2,4*}

¹ ШУА-ийн Археологийн Хүрээлэн, Инновац хамтын ажиллагааны салбар, Жуковын гудамж-77, ШУА-ийн хүрээлэнгүүдийн нэгдсэн I байр, Улаанбаатар 13343, Монгол улс

² Монголын Гео-мэдээллийн Холбоо, Шуудангийн салбар – 38, Шуудангийн хайрцаг – 24, Улаанбаатар 1514, Монгол

³ ШУА-ийн Газарзүй, геоэкологийн хүрээлэн, ШУА-ийн хүрээлэнгүүдийн нэгдсэн хоёрдугаар байр, Баруун сэлбийн гудамж 15-4, 4-р хороо, Чингэлтэй дүүрэг, Улаанбаатар 15170, Монгол улс

⁴ Шинжлэх ухааны академийн их сургууль, ШУА-ийн Төв байр, Энхтайваны өргөн чөлөө 54б, 14-р хороолол, 13-р хороо, Баянзүрх дүүрэг, Улаанбаатар 13330, Монгол улс

Article info

Received 13 March.2025

Accepted 25 May.2025

Keywords

Оронзайн өгөгдөл, газарзүйн мэдээллийн сан, геоэкологийн оронзайн мэдээллийн сан, UML (Unified Modeling Language) диаграм, Sparx Enterprise Architect

Corresponding author

ШУА-ийн Газарзүй, геоэкологийн хүрээлэн, Газрын нөөц, газар ашиглалтын салбар.

E-mail: ochirkhuyag_l@mas.ac.mn

Abstract:

Geocological spatial databases integrate environmental and geospatial data, facilitating comprehensive analysis for ecological research, land management, and climate resilience. This research presents the development of a geospatial database framework designed to support geocological studies, utilizing Unified Modeling Language (UML) Class Diagrams for systematic modeling and conceptualization. The study aims to establish a comprehensive and scalable schema that integrates spatial, environmental, and anthropogenic data, facilitating advanced spatial analyses and decision-making. The modeling process was conducted using Sparx Systems Enterprise Architect (EA), a robust tool for creating, validating, and refining database architectures in alignment with academic and practical requirements. The UML Class Diagram encapsulates the core structure of the geospatial database, with *SpatialData* serving as the primary class, encompassing geographic attributes and associated metadata. The use of Sparx EA facilitated the automation of schema validation, the generation of implementation-ready code, and comprehensive documentation of the database design. The resulting geospatial database framework is adaptable to evolving research needs and supports applications in ecosystem monitoring, land use change analysis, and environmental risk assessments. The framework's extensibility ensures its relevance for future data expansion and interdisciplinary studies. This study underscores the significance of structured database design in advancing geo-ecological research. By bridging theoretical modeling with practical implementation, the proposed framework contributes to the development of scalable, efficient, and flexible geospatial data systems. The outcomes of this research provide a foundational reference for future studies in geospatial database development, with implications for environmental management, sustainable development, and spatial decision support systems.

© 2024 Author(s). This is an open access article under the CC BY-04 license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Оршил

Геоэкологийн оронзайн мэдээллийн сан нь байгаль орчныг хамгаалах, хүрээлэн буй орчин болон байгалийн нөөцийн менежментийн зорилгоор геоэкологийн мэдээллийг цуглуулах, боловсруулах, хадгалахад зориулагдсан мэдээ, өгөгдлийн сан юм. Энэхүү мэдээллийн сан нь байгаль экологи, хүрээлэн буй орчин, байгалийн нөөцийн өгөгдлүүд болон газарзүйн мэдээллийн систем (ГМС)-ээс бүрдэх ба газарзүй, экологи, нийгэм эдийн засгийн салбаруудад түгээмэл ашиглагддаг.

Өнөөгийн байдлаар Монгол улсад орон зайн өгөгдлийн санг бүрдүүлэх, ашиглах асуудлыг зохицуулсан 13 хуульд давхардсан тоогоор 44 мэдээллийн сангийн талаарх зохицуулалт хүчин төгөлдөр үйлчилж байна. Хэдий ийм ч мэдээллийн сангуудын хоорондын уялдааг хангах, орон зайд дүрслэгдэх өгөгдөл, мэдээллийн нэгдсэн системийг бий болгох, орон зайн өгөгдлийн нэгдмэл байдлыг хангахтай холбоотой эрх зүйн зохицуулалт хангалтгүй байна. Үүний улмаас орон зайн өгөгдлийн сан (газарзүйн мэдээллийн сан)-г яам, агентлаг, байгууллага, төслийн нэгж бүр өөр өөрсдийн түвшинд, янз бүрийн аргаар байгуулсаар ирсэн (Монгол улсын Засгийн газар, 2021).

Монгол Улсын Их Хурлын 2020 оны 52 дугаар тогтоолоор баталсан “Алсын хараа-2050” Монгол улсын урт хугацааны хөгжлийн бодлогын баримт бичгийн 3.6-д “Ухаалаг, иргэн төвтэй газрын нэгдмэл удирдлага, менежментийн тогтолцоог хэрэгжүүлэх замаар тэгш байдал, шударга ёс, үндэсний эдийн засгийн аюулгүй байдал, тогтвортой хөгжлийг хангана” гэсэн зорилтыг дэвшүүлж, 2031-2040 онд үндэсний орон зайн мэдээллийн нэгдсэн платформ бий болгон хөгжүүлж, хэрэглэж хэвшсэн байхаар заасан. “Алсын хараа-2050 Монгол улсын урт хугацааны хөгжлийн бодлогын хүрээнд 2021-2030 онд хэрэгжүүлэх үйл ажиллагаа”-ны 3.6.16, 5.3.7-д “Байрлалд суурилсан орон зайн мэдээллийн эдийн засаг, нийгэмд үзүүлэх үр өгөөжийг нэмэгдүүлнэ”, “Орон зайн

мэдээллийн дэд бүтцийг хөгжүүлж шийдвэр гаргах бүх түвшинд ашиглана” гэж тус тус тусгагдсан (Монгол улсын Засгийн газар, 2021).

Геологи, ашигт малтмалын чиглэлээр хийгдсэн судалгааны ажлын тайлан, зураг, мэдээ материалыг нэгтгэн улсын хэмжээний нэгдсэн мэдээллийн сан бүрдүүлэх, хуримтлагдсан мэдээ материалыг найдвартай хадгалж хойч үедээ өвлүүлэн үлдээх, олон нийтэд тогтвортой, шуурхай мэдээллийн үйлчилгээ үйлчлэх үүднээс Монгол улсын Засгийн газрын 2001 оны 183 дугаар тогтоолоор “Монгол орны геомэдээллийн сан бүрдүүлэх хөтөлбөр” батлагдан гарсан. Уг хөтөлбөрт тусгагдсан үйл ажиллагааг шат дараалалтайгаар 10 жилийн хугацаанд хэрэгжүүлэхээр заасан. “Монгол улсын тогтвортой хөгжлийн үзэл баримтлал-2030”, Монгол улсын Засгийн газрын 2016-2020 оны үйл ажиллагааны хөтөлбөр зэрэг эрх зүйн баримт бичиг болон нэгэнт үүссэн мэдээллийн сангуудад техникийн шинэчлэл хийх, хадгалалт, хамгаалалт, хандалтыг сайжруулах, боловсронгуй болгох зэрэг хэрэгцээ шаардлагатай уялдуулан Монгол улсын Засгийн газрын 2019 оны 177 дугаар тогтоолоор “Үндэсний геомэдээллийн сан” хөтөлбөр батлагдсан. Одоогийн байдлаар геологийн судалгааны ажлын үр дүнд бий болсон мэдээ материалыг нэгтгэсэн геологийн мэдээллийн сангийн бүтэц нэгэнт бий болж, олон нийтэд үйлчилгээ үзүүлж байна. Харин геоэкологийн орон зайн мэдээллийн сангийн хувьд сайжруулалт хийж, бүтцийг боловсронгуй, ойлгомжтой, ашиглахад хялбар болгох хэрэгцээ байна. Иймд энэхүү судалгаанд геоэкологийн оронзайн мэдээллийн сангийн бүтцийг боловсронгуй болгоход чиглэсэн UML Class Diagram-г ашиглаж боловсруулсан оронзайн мэдээллийн загварыг боловсруулж хэрэглэлээ.

Геоэкологийн оронзайн мэдээллийн санг UML Class Diagram-аар загварчилснаар оронзайн өгөгдлүүдийн харилцан хамаарлыг логикийн хувьд алдаагүйгээр ойлгох боломжийг хэрэглэгчид олгохоос гадна өгөгдлийн менежмент тухайлбал

PostgreSQL эсвэл Oracle Spatial-д өгөгдлийн сан үүсгэх SQL бичилтүүдийг автоматаар хийх боломжтой болох юм.

Арга зүй

Геоэкологийн оронзайн мэдээллийн сангийн агуулга нь экологийн болон газарзүйн дүн шинжилгээнд ашиглагдах мэдээллийн багцуудаас бүрддэг. Тухайлбал:

- Экологийн үзүүлэлтүүд: Ургамлын төрөл, амьтдын тоо толгой, экосистемийн бүтцийн хувьсал зэрэг экологийн мэдээллүүд (Maunder & Koontz, 2018).
- Газарзүйн болон экологийн нөхцөл байдлыг илтгэх статистик мэдээлэл, байгалийн нөөцийн тархцын мэдээлэл (Gould et al., 2013).
- Хүрээлэн буй орчны нөхцөл байдлыг илтгэх үзүүлэлтүүд, тухайлбал, газар хөдлөл, уур амьсгалын өөрчлөлт, усны бохирдол, хүлэмжийн хийн ялгаруулалт гэх мэт (Kumar et al., 2019).

Эдгээр үзүүлэлтүүд нь геоэкологийн оронзайн мэдээллийн сангийн агуулга дахь статистик болон геоэкологийн мэдээллийн харьцааг боловсруулахад ашиглагддаг.

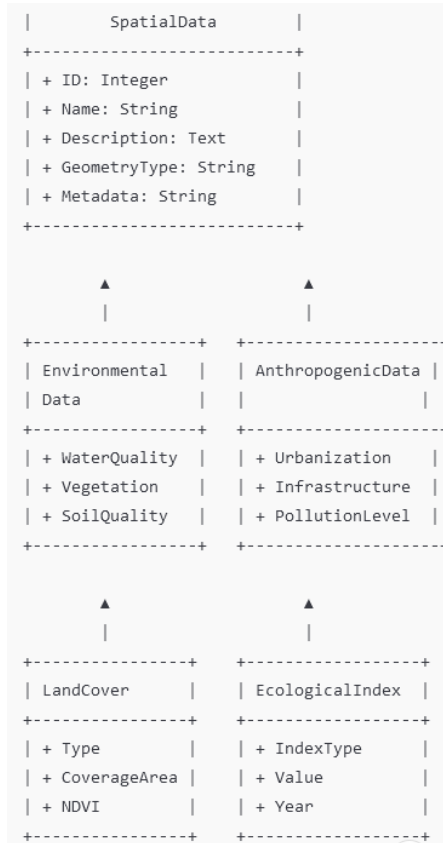
Геоэкологийн орон зайн мэдээллийн сангийн бүтэц нь хэд хэдэн үндсэн бүрдлүүдээс тогтоно. Үүнд:

- Газарзүйн мэдээллийн бүтэц (ГМС): ГМС нь байгаль орчны мэдээллийг орон зайн хэлбэрээр ашиглах боломжийг олгодог (Longley et al., 2005).
- Байгаль болон хүрээлэн буй орчны экологийн мэдээлэл: Байгалийн нөөц, экологийн төрлүүд, ургамал, амьтны амьдрах орчин, усны чанар, хөрсний хэв шинж, бохирдол, агаарын бохирдол гэх мэт экологийн үзүүлэлтүүдийн мэдээлэл орно (Sui, Elwood, & Goodchild, 2013).
- Газарзүйн мэдээлэл: Газар нутгийн хил хязгаар, уулс, гол мөрөн, далай, цөлжилт зэрэг газарзүйн үзүүлэлтүүд орно.
- График эсвэл дүрсэлсэн мэдээлэл: График, карт, зураг болон 3D загварууд нь

орон зайн мэдээллийг илүү ойлгомжтой, нарийн шууд харуулах боломжийг олгодог (Goodchild et al., 2007).

Геоэкологийн оронзайн мэдээллийн сангийн UML загварчлалыг Class Diagram-аар илэрхийлэх нь өгөгдлийн бүтэц, харилцан хамаарлыг тодорхой харуулахад тохиромжтой юм (Fowler, M. 2004). Мэдээллийн сангийн бүтэц болон өгөгдлийн ангиллыг загварчлахад Class Diagram-ийг түлхүү ашигладаг. Судлагдахууны субъектив шинж чанар, өгөгдөл, мэдээллийн сангийн цар хүрээндээс хамаарч UML диаграмм өөр өөр байж болно (Зураг 1).

Геоэкологийн оронзайн мэдээллийн сан дахь хэрэглэгчийн оролцоог тодорхойлж, системтэй харилцах үйл явцыг загварчлахад Use Case Diagram-ийг ашиглана. Use Case Diagram нь системийн архитектурын боловсруулалт, газарзүйн мэдээллийн систем (GIS)-ийн архитектурыг төлөвлөх, UML загварчлалаар программын процесс, модулийг тодорхойлох зэрэгт өргөн хэрэглэдэг (Arlow, J., & Neustadt, I. 2005).

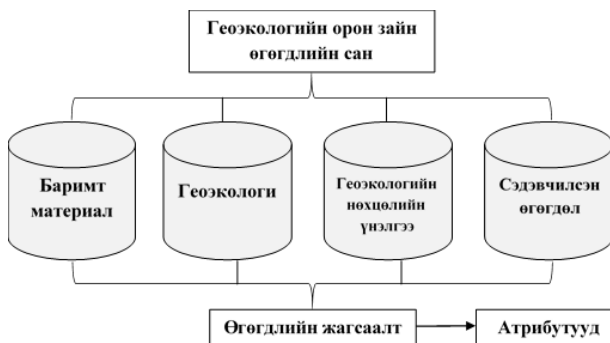


1-р зураг. UML дээрх үндсэн диаграммын загвар

Sparx Enterprise Architect (EA) нь мэдээллийн систем, программ хангамж, бизнес процесс, өгөгдлийн бүтэц зэргийг загварчлахад өргөн хэрэглэгддэг UML дэмждэг хүчирхэг хэрэгсэл юм (Sparx Systems, 2025). Энэ программ нь архитектурын загварчлал, системийн дизайн, өгөгдлийн урсгал, процессын автоматжуулалтыг загварчлах боломжийг олгодог бөгөөд энэхүү системийг ашиглан геоэкологийн оронзайн мэдээллийн сангийн UML диаграммыг зурагласан болно.

Үр дүн

Геоэкологийн оронзайн мэдээллийн санг Баримт материал (Fact Material), Геоэкологи (Geocology), Геоэкологийн нөхцөлийн үнэлгээ (Geocological Assessment), Сэдэвчилсэн өгөгдөл (Thematic Data) гэсэн дэд өгөгдлийн сангуудаас бүрдэхээр боловсруулсан (2-р зураг).



2-р зураг. Геоэкологийн оронзайн мэдээллийн сангийн ерөнхий бүдүүвч

Геоэкологийн оронзайн мэдээллийн сангийн бүтцийг UML Class Diagram-ийг Sparx Systems-Enterprise Architect ашиглан Зураг 3-г үзүүлснээр гаргалаа.

Энэхүү судалгаанд Sparx Systems Enterprise Architect (EA)-г ашиглан Геоэкологийн оронзайн мэдээллийн сангийн UML Class Diagram боловсруулсны дараах үр дүн нь мэдээллийн сангийн бүтэц, түүний бүрэлдэхүүн хэсгүүдийн харилцан хамаарлыг тодорхой харуулах болно. Судалгаанд ашигласан геоэкологийн оронзайн мэдээллийн сангийн суурь өгөгдлийн бүтэц, агуулга, каталогийг хавсралтад дэлгэрэнгүй тайлбарын хамт оруулсан бөгөөд хавсралтад үзүүлсэн

агуулгын хүрээнд геоэкологийн зураг, дагалдах үр дүнгийн мэдээллийг бэлтгэнэ.

Хэлэлцүүлэг

Геоэкологийн оронзайн мэдээллийн санг UML Class Diagram-аар дүрслэхэд Sparx Enterprise Architect-ийг ашиглахаар санал болгосон нь Sparx Enterprise Architect-ийн давуу талуудтай холбоотой. Sparx Enterprise Architect нь олон төрлийн загварчлалын стандартыг (UML, BPMN, SysML, ArchiMate, ERD гэх мэт) дэмждэг, өндөр нарийвчлалтай диаграмм үүсгэдэг, бизнес процессын загвар, өгөгдлийн урсгал, архитектурын загвар гаргах боломжтой, хувилбар удирдлага (Version Control)-тай, өөрчлөлтүүдийг хянах, засваруудыг баримтжуулах боломжтой, код үүсгэх, шалгах процессыг автоматжуулах функцтэй зэрэг давуу талтай.

Геоэкологийн оронзайн мэдээллийн санг байгаль орчны чиглэлийн төрөл бүрийн дүн шинжилгээ, үнэлгээнд ашиглах боломжтой. Тус мэдээллийн сангийн хэрэглээний үндсэн чиглэлүүдийг дараах байдлаар тодорхойлж байна. Үүнд:



3-р зураг. Геоэкологийн оронзайн мэдээллийн сангийн бүтэц

- Байгаль орчны менежмент: Байгаль орчны төлөв байдлыг хяналт, үнэлгээ хийх, менежментийн төлөвлөгөө боловсруулахад хэрэглэгдэнэ. Тухайлбал, уул уурхайн нөлөөг үнэлэх, байгаль хамгаалах бүсийн тогтоох, усны нөөцийн менежмент хийх гэх мэт. (Sullivan & Vellinga, 2020).
- Экологийн төлөв байдлын шинжилгээ: Байгаль орчны аюулгүй байдал, экосистемийн эрүүл мэндийн үнэлгээ, хүлэмжийн хийн ялгаруулалт, хөрс, усны бохирдлын түвшин зэрэг экологийн төлөв байдлыг тодорхойлох, үнэлэхэд ашиглагддаг (Baker et al., 2017).
- Гамшгийн эрсдэлийн үнэлгээ: Гамшиг, байгалийн аюултай үзэгдлүүд (газар хөдлөлт, үер, хөрсний эвдрэл гэх мэт) болон тэдгээрийн байгаль орчинд үзүүлэх нөлөөлөлд дүн шинжилгээ хийхэд ашиглагдана (Jebelli et al., 2019).
- Газар зохион байгуулалт, төлөвлөлт: Хөгжлийн бодлого, хөтөлбөрийг хэрэгжүүлж болох тохиромжтой газар нутгийг сонгох, төлөвлөлт хийхэд ашиглагдана.

Дүгнэлт

Оновчтой бүтэц, зохион байгуулалт бүхий мэдээллийн сан нь менежментийн үйл ажиллагааны үр ашгийг дээшлүүлэхэд дэмжлэг үзүүлэх ач холбогдолтой. Геоэкологийн оронзайн мэдээллийн сангийн UML Class Diagram-ийг Sparx Systems Enterprise Architect (EA)-г ашиглан загварчлах нь дараах давуу тал, боломжуудыг олгож байна.

- UML Class Diagram нь оронзайн өгөгдлийн төрөл, шинж чанар, тэдгээрийн харилцан хамаарлыг тодорхойлсноор мэдээллийн сангийн бүтцийн логик зохион байгуулалтыг гаргаж өгдөг.
- Sparx EA нь зөвхөн диаграм зурж, мэдээллийн загварчлал хийхээс гадна SQL код үүсгэх, өгөгдлийн сангийн бүтэц болон программ хангамжийн хөгжүүлэлтийг хялбарчлах боломжийг олгодог.

- Энэхүү системийн тусламжтайгаар академик судалгааны нарийвчилсан загвар гаргах, тайлан боловсруулах ажлыг үр дүнтэй явуулах боломжтой.
- Геоэкологийн оронзайн өгөгдлийн сан нь ирээдүйд шинэ өгөгдөл, загварчлалын шаардлагад нийцүүлэн өргөжүүлэх боломжтой уян хатан бүтэцтэй.
- UML Class Diagram нь бодит мэдээллийн сан хөгжүүлэх, өгөгдлийн анализ хийх, бодлого боловсруулахад шууд хэрэглэгдэхүйц суурь бүтэц болж өгнө.
- Геоэкологийн судалгааны хүрээнд өгөгдлийн сангийн зохион байгуулалтыг зөв төлөвлөж, практик шийдэл боловсруулахад үнэтэй хувь нэмэр оруулна.

Талархал

Энэхүү судалгааны ажил нь Шинжлэх ухааны технологийн сангийн санхүүжилттэй “Геоэкологийн нөхцөлийг тодорхойлох, үнэлэх арга зүй боловсруулах /ШУТБИХХЗГ-2022/152” сэдэвт төслийн хүрээнд гүйцэтгэсэн бөгөөд дэмжлэг үзүүлсэн Шинжлэх ухаан технологийн сан, ШУА-ийн Газарзүйн геоэкологийн хүрээлэнгийн хамт олонд талархал илэрхийлж байна.

Ашигласан материал

- Arlow, J., & Neustadt, I. (2005). UML and the Unified Process: Practical Object-Oriented Analysis and Design. Addison-Wesley.
- Baker, D., Chisholm, R., & Hardman, R. (2017). "Ecological Data Management: A Practical Guide to Ecological Databases". Springer.
- Fowler, M. (2004). UML Distilled: A Brief Guide to the Standard Object Modeling Language. Addison-Wesley
- Gould, P., Crouch, D., & Griffiths, G. (2013). "Geographic Information Systems in Practice". Wiley.
- Goodchild, M., Fu, P., & Rich, P. (2007). "The Role of GIS in the Emerging Field of Environmental Management". Journal of Environmental Management, 63(2), 165-180.

-
- Jebelli, H., & Bagheri, M. (2019). "Disaster Risk Reduction and Management". Springer.
- Kumar, S., & Yang, Z. (2019). "Environmental Impact Assessment: A Practical Guide". Springer.
- Longley, P., Goodchild, M., Maguire, D., & Rhind, D. (2005). "Geographical Information Systems and Science". Wiley.
- Maunder, M., & Koontz, L. (2018). "Ecology and Conservation of Amphibians in the Anthropocene". Springer.
- Монгол улсын Засгийн газар (2001). Монгол Орны Геомэдээллийн Сан Бүрдүүлэх Хөтөлбөр, Засгийн газрын 2001 оны 183 дугаар тогтоолын хавсралт
- Монгол улсын Засгийн газар (2021). Орон зайн өгөгдлийн дэд бүтцийн тухай хуулийн төслийн үзэл баримтлал.
- Sparx Systems. (2025). Enterprise Architect User Guide.
- Sullivan, R., & Vellinga, A. (2020). "Environmental Risk Assessment and Management". CRC Press.