

ISSN 2617-5118

GEOFORUM

JOURNAL

GEOGRAPHICAL SCIENCE | GEOGRAPHICAL EDUCATION | SUSTAINABLE DEVELOPMENT EDUCATION



Vol.16, №01 June, 2025

www.geoforum.mn

GEOFORUM

JOURNAL

GEOGRAPHICAL SCIENCE | GEOGRAPHICAL EDUCATION | SUSTAINABLE DEVELOPMENT EDUCATION



Vol.16, №01 June, 2025

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 Chojinjav
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. KHEBOSOLOVA Olga Anatolievna Sergo
Ordzhonikidze Russian State for Geological
Prospecting, Russia, Moscow
Dr. BAZHA Sergey Nikolaevich Joint Russian-
Mongolian Biological Complex Expedition
Dr. BURENJARGAL Baldanjamts 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.

ГАРЧИГ

Газрын доройтлын үнэлгээ (Булган голын сав газрын жишээн дээр).....	5
Х.Цогбадрал, Г.Ууганбат, Э.Баттулга, А.Амгалан, Б.Ванчигдорж, Ц.Сэр-Од	
Google Earth Engine ашиглан уур амьсгалын өөрчлөлтийг шинжлэх нь (Сүхбаатар аймгийн Халзан сумын жишээгээр)	14
Б.Сэдэд, Ц.Бат-Эрдэнэ	
XXI зууны Монгол орны нуурын судалгааны аргазүйн чиг хандлага	29
Э.Алтанболд, Х.Уламбадрах, Д.Даш, Д.Даваадорж, Д.Баянзул, Я.Гансүх	
Хотгор гүдгэрийн тархалт, онцлог, морфогенетик хэв шинж (Ховд аймгийн Мянгад сумын жишээн дээр)	42
О.Мөнхдулам, Г.Нямдаваа, Т.Рэнчинмядаг, Т.Даваагатан	
Бэлчээрийн даац тодорхойлох арга зүйн асуудалд (Баянхонгор аймгийн жишээн дээр).	59
И.Мягмаржав, П.Баярцэрэн, Ж.Алтангадас, Л.Ганхуяг, He Yongshun, П.Мягмарцэрэн	
Геоэкологийн оронзайн мэдээллийн сангийн бүтэц, агуулга, хэрэглээ	69
Б.Ариунзаяа, Л.Очирхуяг, Д.Сайнбаяр, Ж.Өнөрням, Ө.Мөнгөнтуул, Н.Болдбаатар, Б.Баяртунгалаг	

Газрын доройтлын үнэлгээ (Булган голын сав газрын жишээн дээр)

Х.Цогбадрал¹, Г.Ууганбат^{1*}, Э.Баттулга^{1,2}, А.Амгалан¹, Б.Ванчигдорж^{1,3}, Ц.Сэр-Од¹

¹ Department of Geography, School of Mathematics and Natural Sciences, Mongolian National University of Education, Ulaanbaatar 14191, Mongolia

² National Agency Meteorology and Environmental Monitoring, Government Implementing Agency, Ulaanbaatar 15160, Mongolia

³ Cambridge International School of Gurvan Tamir, Ulaanbaatar 17110, Mongolia

Article info

Received 30 March.2025

Accepted 23 May.2025

Keywords

Land degradation, Land cover,
Land productivity, Soil organic
carbon

Corresponding author

Uuganbat Ganbold

Mongolian National University
of Education

E-mail: uuganbat@msue.edu.mn

Abstract:

Газрын доройтлын үнэлгээг хиймэл дагуулын урт цувааны мэдээг ашиглан сав газрын хэмжээнд тооцож үзсэн. Газрын доройтлын үнэлгээг “Тогтвортой хөгжлийн 2030 хөтөлбөр”-ийн “хуурай газрын экосистемийг хамгаалах, нөхөн сэргээх, тогтвортой ашиглалтыг дэмжих, ойг тогтвортой удирдах, цөлжилттэй тэмцэх, газрын доройтлыг зогсоох, биологийн олон янз байдлын алдагдлыг зогсоох” зорилтын хэрэгжилтийн ахиц дэвшлийг үнэлэх ТХЗ-15.3.1 шалгуур үзүүлэлтийг ашиглан үнэлсэн болно. НҮБ-ын Цөлжилттэй тэмцэх конвенциос үндэсний, бүс нутгийн, орон нутгийн газрын доройтлын үнэлгээг гурван үндсэн шалгуур үзүүлэлтийн хүрээнд үнэлэхийг зөвлөмж болгосон. Эдгээр шалгуур үзүүлэлтэд газрын бүтээмж, газрын бүрхэвч, хөрсний органик нүүрстөрөгчийн агууламж багтах ба дээрх гурван үзүүлэлтийг глобал түвшинд зайнаас тандан судлах зарчмаар MODIS болон LANDSAT хиймэл дагуулын урт хугацааны мэдээний цувааг ашиглан Булган голын сав газрын газрын доройтлыг үнэлж зурагласан. Газарзүйн байрлалын хувьд харилцан адилгүй байгалийн олон бүс ялгарсан, ландшафтын өвөрмөцтэй тогтоцтой газар нутгийг хамарсан энэхүү сав газрын доройтлыг тооцож 2001-2020 оны хооронд доройтсон талбайн хэмжээ 14.09-6.82 хувь болж 2 дахин багассан. Доройтсон газар 1,782.34 км² → 862.90 км² болж, 7.27%-иар буурсан. Сэргэсэн талбай 820.12 км²-ээс 2,355.75 км² болж, 12.15%-ийн өсөлттэй. Хэвийн газрын хэмжээ бага зэрэг буурсан: 9,803.51 → 9,188.64 км² буюу 4.86%-иар буурсан үзүүлэлттэй байна. Энэ нь байгаль цаг уурын нөхцөл, нүүдлийн мал аж ахуйн тогтолцоо, бусад хүчин зүйлсээс шууд хамааралтай байна.

© 2025 Author(s). This is an open access article under the CC BY-04 license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Оршил

Газрын доройтол нь хүний үйл ажиллагаа, байгалийн үйл явц, түүнчлэн уур амьсгалын өөрчлөлт, биологийн төрөл зүйлийн хомсдолын хавсарсан нөлөөгөөр газрын биологийн болон эдийн засгийн бүтээмжийн чадавх буурах, алдагдах үйл явц юм (UNCCD, 2013). Газрын доройтол нь хүний үйл ажиллагаа болон байгалийн хосолсон үйл ажиллагаанаас үүдэлтэй байж болно (Mainguet & Da Silva, 1998). Дэлхийн уур амьсгалын өөрчлөлтийн нөлөө улам бүр ихсэж байгаа энэ үед хүний үйл ажиллагаанаас үүдэлтэй газрын доройтлыг уур амьсгалын өөрчлөлтөөс үүдэлтэй, газар ашиглагчдын хяналт багатай эсвэл огт хянадаггүй байдлаас салгах нь чухал юм (Vlek et al., 2010).

Жил бүр хүний шууд нөлөөн дор 12 сая га газар буюу Их Британийн нийт нутаг дэвсгэрийн тэн хагастай тэнцэх газар нутаг шинээр доройтож байна (UNCCD, 2013). Газрын доройтлын хамгийн түгээмэл хэлбэр нь ус, салхины элэгдэл, эвдрэл, тэдгээрээс улбаалах хөрсний хими болон физик доройтол болно (ELD Initiative, 2013). Газрын доройтлын учир шалтгаан нь ой мод огтлол, бэлчээрийн талхагдал, үр тариа дагнан тариалах (монокультур), давсжилт, хөрс, усны бохирдол, бордоо болон химийн бодисын зохисгүй хэрэглээ, тариалангийн зүй бус аргууд, хөрсний элэгдэл, эвдрэл зэрэг багтана (ELD Initiative, 2015). Хүний үйл ажиллагааны улмаас газрын төлөв байдал өөрчлөгдөж байгаа нь XX зуунаас хойш дэлхий нийтийн томоохон асуудал болоод байгаа бөгөөд XXI зуунд ч олон улсын хэлэлцэх асуудлын нэг хэвээр байх болно (Eswaran et al., 2001). Газрын доройтол нь хүрээлэн буй орчныг бүхэлд нь хамардаг боловч хөрс, усны нөөц, ой мод, бэлчээр, тариалангийн талбай, биологийн олон янз байдал зэрэг бие даасан хүчин зүйлсийг багтаадаг (FAO, 2005). Газрын эвдрэлийн шууд шалтгаан нь хөрс, ус, ургамлын бүрхэвчийг доройтуулж, хөрс, ургамлын биологийн олон янз байдлыг алдагдуулж, экосистемийн бүтэц, үйл

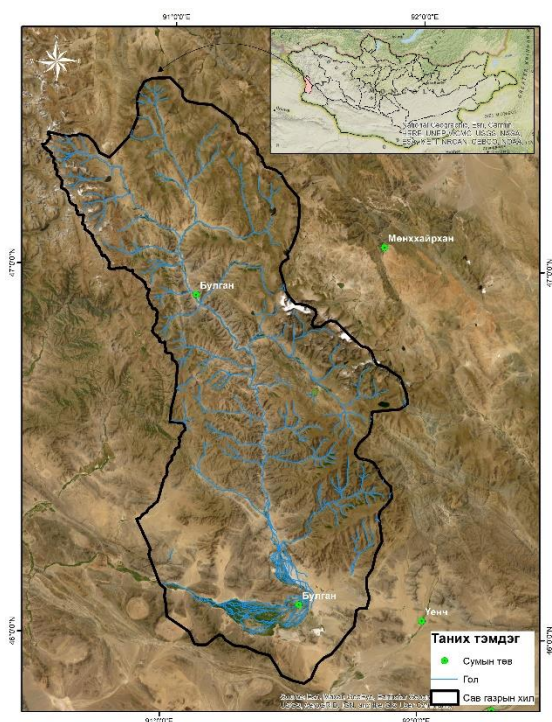
ажиллагаанд сөргөөр нөлөөлж буй зохисгүй газар ашиглалт юм (Snel & Bot, 2003; Lars, 2007).

Монгол орны цөлжилтийн 2020 оны үнэлгээгээр нийт нутаг дэвсгэрийн 76.9 хувь буюу 120.3 сая га талбай доройтсон. Үүнээс нэн хүчтэй 4.7, хүчтэй 18.6 хувийг эзлэх ба засаг захиргааны нэгжийн хувьд Дорноговь, Дундговь, Өмнөговь, Говьсүмбэр, Говь-Алтай, Баянхонгор, Өвөрхангай, Төв аймгийн нийт газар нутгийн 50-70 хувь цөлжилт, газрын доройтолд өртсөн (Цогтбаатар, 2020).

Булган голын сав газар нь Монгол орны физик газарзүйн мужлалаар Алтай соёны уулт их мужийн Мөнххайрханы хөмбөн-цулдам уул, уул дотоодын хотгор бүхий дэд мужид багтана. Байгалийн бүс, бүслүүрийн онцлогийн хувьд уулын хээр, заримдаг цөлийн бүсэд багтана (Даш, 2003).

Жилийн дундаж температур нь 2.6°C орчим байдаг боловч хамгийн хүйтэндээ хасах 0.4°C , хамгийн дулаандаа 5.1°C хүрч байсан бөгөөд XI сараас дараа жилийн III сар хүртэл сарын дундаж агаарын температур 0°C -с хүйтэн бөгөөд өвөлдөө -49.5°C , зундаа 38.8°C хүрч хүйтэрч, халдаг бол хөрсний гадарга жилийн дундаж температур 5.1°C , агаарын температурын жилийн агуураг нь 90 орчим $^{\circ}\text{C}$ байдаг (Гомболүүдэв, 2014; Доржготов, 2009). Хур тунадасны хувьд жилдээ 80 гаруй мм унадаг хэдий ч зарим жил 30 мм хүрэхгүй, харин хур элбэг жил 200 гаруй мм унадаг үе ч тохиолдсон байна. Агаарын даралт нь өвөлдөө станцын түвшинд 890 орчим гПа, зундаа 880 орчим гПа болж буурдаг онцлогтой байна. Жилийн аль ч улиралд 20 м/с-с дээш хүчтэй салхилах ба хаврын улиралд 25 м/с хүрч хүчтэй салхилах боломжтой. Хаврын улиралд харьцангуй салхитай байхын зэрэгцээ агаарын чийг 50 хувиас доош орж хуурайшдаг нь шороогоор шуурах нөхцлийг бүрдүүлдэг ба жилд 10 өдөр, хамгийн ихдээ 30 өдөр шороогоор шуурдаг байна. Жилд дунджаар 80 гаруй мм

тунадас унадаг боловч хур тунадас багатай зарим жил 30 хүрэхгүй мм, ихтэй жил 200 гаруй мм хүрч унадаг ба жилийн дулаан улиралд жилийн нийлбэр тунадасны 80 орчим хувь нь унадаг онцлогтой. Хамгийн ихдээ хоногийн нийлбэр нь 50.7 мм хүрч тунадас унах тохиолдол ажиглалтын хугацаанд тохиолдож байсан бөгөөд энэ нь тунадас багатай жилийн туршид орох хур тунадасны хэмжээнээс 20 гаруй мм-ээр их байсан ажээ. Жилд дунджаар 30 гаруй л хоног хур тунадас унадаг байна (Гомболүүдэв, 2014; Батчулуун, 2020). Судалгааны талбайн байршил нь Баян-Өлгий аймгийн Дэлүүн, Булган, Ховд аймгийн Булган, Үенч сумдын нутгийг дамнан оршдог.



Зураг 1. Сав газрын байршил

Газрын доройтлын үнэлгээг “Тогтвортой хөгжлийн 2030 хөтөлбөр”-ийн нэг хэсэг болох Тогтвортой хөгжлийн зорилт (ТХЗ) 15 “хуурай газрын экосистемийг хамгаалах, нөхөн сэргээх, тогтвортой ашиглалтыг дэмжих, ойг тогтвортой удирдах, цөлжилттэй тэмцэх, газрын доройтлыг зогсоох, биологийн олон янз байдлын алдагдлыг зогсоох зорилтын хүрээнд гаргасан ТХЗ-ын зорилт бүрийн ахиц

дэвшлийг үнэлэхийн тулд ТХЗ-15.3.1 шалгуур үзүүлэлтийг ашиглан үнэлсэн болно. НҮБ-ын Цөлжилттэй тэмцэх конвенцоос үндэсний, бүс нутгийн, орон нутгийн газрын доройтлын үнэлгээг гурван үндсэн шалгуур үзүүлэлтийн хүрээнд үнэлэхийг зөвлөмж болгосон (UNCCD-GM, 2016; Johnson & Lewis, 2007). Эдгээр шалгуур үзүүлэлтэд газрын бүтээмж, газрын бүрхэвч, хөрсний органик нүүрстөрөгчийн агууламж багтах ба дээрх гурван үзүүлэлтийг глобал түвшинд зайнаас тандан судлах зарчмаар MODIS болон ландсат хиймэл дагуулын урт хугацааны мэдээний цувааг ашиглан Булган голын сав газрын газрын доройтлыг үнэлж зурагласан болно.

Судалгааны зорилго: НҮБ-ын Цөлжилттэй тэмцэх конвенцоос үндэсний, бүс нутгийн, орон нутгийн газрын доройтлын үнэлгээг гурван үндсэн шалгуур үзүүлэлтийн хүрээнд үнэлэхийг санал болгосон бөгөөд үүний дагуу тус сав газрын хэмжээнд хиймэл дагуулын урт хугацааны цувааны мэдээнд үндэслэн газрын доройтлын талбайн хэмжээг гаргаж үнэлэхэд оршино.

Судалгааны материал, арга зүй

Газрын доройтлын үнэлгээг зайнаас тандан судлалын арга ашиглан MODIS болон ландсат хиймэл дагуулын 2001-2020 оны цувааны мэдээг ТХЗ 15.3.1 гурван шалгуур үзүүлэлтийн хүрээнд зураглан тооцов.

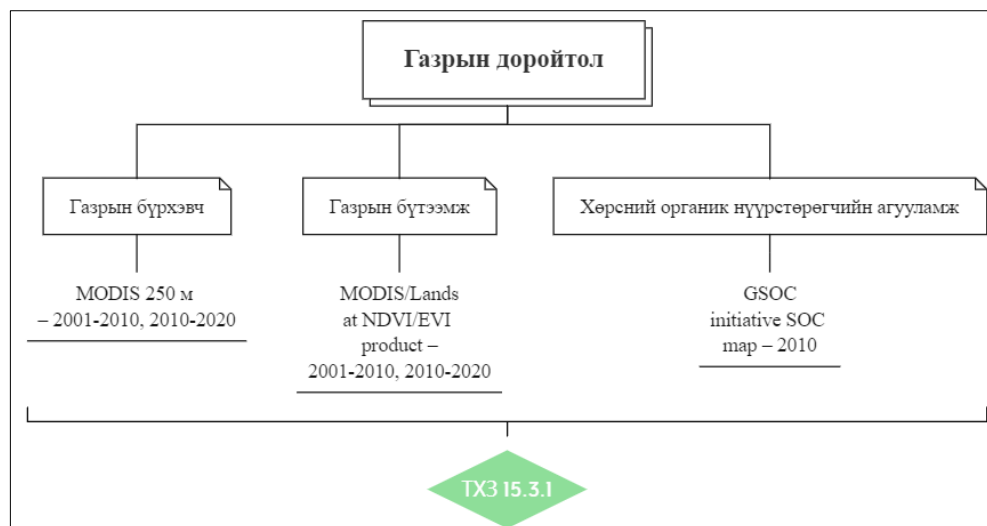
MODIS-ийн мэдрэгч төхөөрөмж нь 36 спектр мужлал бүхий MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) буюу дунд зэргийн нарийвчлалтай дүрсийн спекторадиометр мэдрэгчийг TERRA, AQUA хиймэл дагуулууд дээр байрлуулан 1999 онд анх хөөргөсөн дагуул юм. MODIS нь баталгаажсан, глобал, интерактив Дэлхий системийн харилцан үйлчлэлийн загварыг боловсруулахад, байгаль орчныг хамгаалах талаар шийдвэр гаргахад нь бодлого боловсруулагчдад туслалцаа үзүүлэх, даяарчилсан өөрчлөлтийг

урьдчилан таамаглахад чухал үүрэг гүйцэтгэдэг¹. Terra хиймэл дагуул дээр суурилуулсан мэдрэгчийн орон зайн ялгах **Судалгааны үр дүн**

Булган голын сав газрын хэмжээнд газрын доройтлыг үнэлэх аргачлалын дагуу газрын

чадвар 250 м, (1-2 суваг), 500 м (3-7 суваг), зурвасын өргөн нь 2,330 км юм.

бүтээмж, бүрхэвч, хөрсний органик нүүрстөрөгчийн агууламжийг тооцож газрын доройтлын зураглал, үнэлгээг боловсруулсан.



Зураг 2. Газрын доройтлын үнэлгээний шалгуур үзүүлэлтийн схем

Газрын бүрхэвч, түүний өөрчлөлт:

Газрын бүрхэвчийг МОДИС/Терра хиймэл дагуулын зөвхөн зуны улирлын 7 суваг, 3 индексийн тусламжтайгаар нийт 5 ангийн хүрээнд зурагласан. Булган голын сав газрын 2001-2020 оны хоорондох газрын бүрхэвчийн өөрчлөлтийг харьцуулж үзэхэд ойн сан 0.32 км², бэлчээрийн талбай 537.29

км² тус тус нэмэгдсэн үзүүлэлт ажиглагдаж байна. Харин нүцгэн маш сийрэг ургамалжилттай талбай багассан байна. Уулын цөлийн хээр, цөлийн хээрийн бүс зонхилно. Газрын бүрхэвчийн ангиудын хөдлөл зүйг 5-10 жилийн хугацааны хооронд үнэлж үзэхэд газрын бүрхэвчийн өөрчлөлт багатай байна.

Хүснэгт 1. Газрын бүрхэвчийн ангийн эзлэх талбай км²

Газрын бүрхэвчийн ангилал	2001 он	2020 он	Талбайн өөрчлөлт, км ²	Хувь
Ой	94.59	94.91	0.32	0
Бэлчээр	7,135.75	7,673.04	537.29	8
Голын татам	867.05	928.62	61.56	7
Нүцгэн газар	4,520.54	3,921.38	-599.17	-13
Ус	29.33	29.33	0.00	0

Газрын бүрхэвчийн доройтлын хувьд сэргэсэн талбай 1.11-1.44 хувь, хэвийн талбай 98.86-98.48 хувь болж бага зэрэг

буурсан, доройтсон талбай 0.06 хувиар нэмэгдсэн байна.

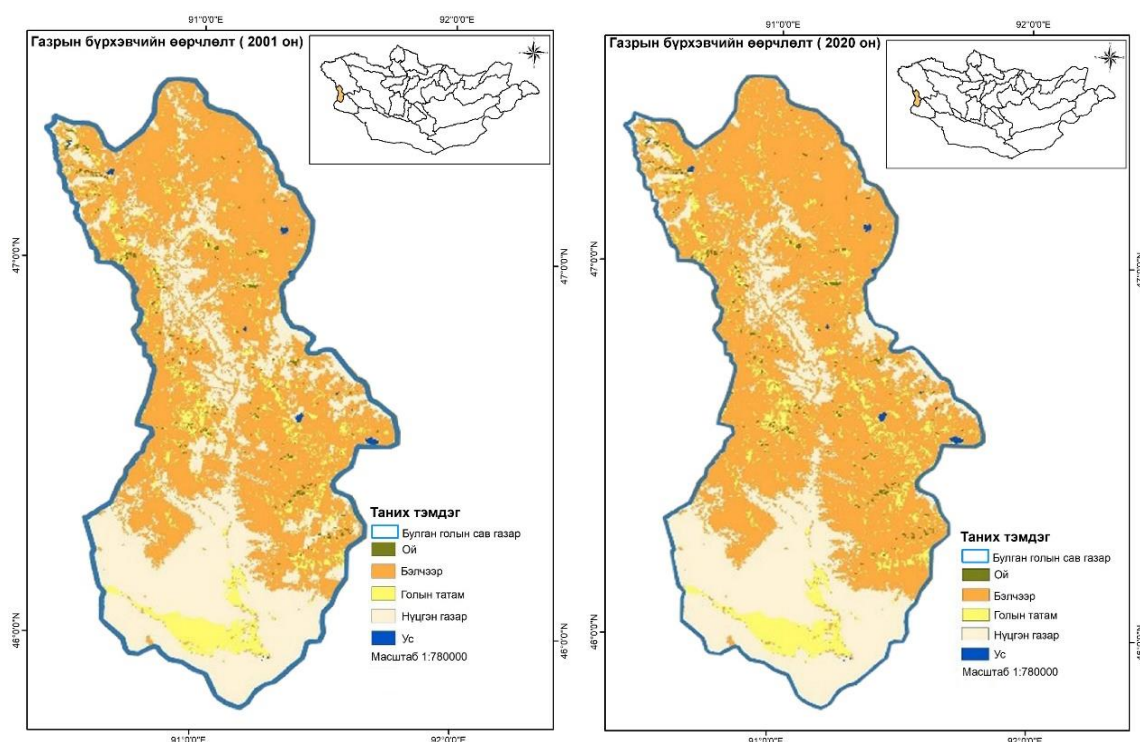
¹ Icc.mn

Хүснэгт 2. Газрын бүрхэвчийн доройтлын үнэлгээ

Газрын бүрхэвчийн доройтол	2001-2010 он	Талбайн эзлэх хувь	2010-2020 он	Талбайн эзлэх хувь
Нийт талбай, км ²	12,647.5	100.00	12,647.5	100.00
Сэргэсэн	546.79	4.32	157.12	1.24
Хэвийн	12,068.03	95.42	12,466.45	98.57
Доройтсон	32.66	0.26	23.91	0.19

Газрын бүрхэвчийн доройтлыг тооцоход 2001-2010 оны хооронд сэргэсэн талбай 4.32 хувь, хэвийн 95.42 хувь, доройтсон 0.26 хувийг тус тус эзэлж байна. 2010-2020 оны хооронд сэргэсэн талбай 3.08 хувиар

буурсан, хэвийн талбайн хэмжээ 3 орчим хувиар нэмэгдсэн, доройтсон талбай 0.07 хувиар буурсан байна. Энэ уур амьсгалын өөрчлөлт, малын тоо толгой, бусад хүчин зүйлсээс шууд хамааралтай байна.



Зураг 3. Газрын бүрхэвчийн өөрчлөлт, 2001, 2020 он (Булган голын сав газар)

Газрын бүтээмж, түүний өөрчлөлт. Газрын бүтээмжийн хувьд суурь болох 2001-2010 оны хоорондох хугацаанд сэргэсэн талбай 2.61 хувь, 2010-2020 оны хооронд 14.42 хувиар нэмэгдсэн байна. Тогтвортой талбай 81.80-77.62 хувь болж

14.18 хувиар багассан үзүүлэлт ажиглагдаж байна. Доройтсон талбай 13.81-6.18 хувь буюу 2 дахин буурсан байна. Газрын бүрхэвчийн хувьд авч үзвэл бэлчээрийн болон нүцгэн талбай хэмжээ эрс нэмэгдсэн зүй тогтолтой байна.

Хүснэгт 3. Газрын бүтээмжийн өөрчлөлт

Газрын бүтээмжийн өөрчлөлт	2001-2010 он	Талбайн эзлэх хувь	2010-2020 он	Талбайн эзлэх хувь
Нийт талбай, км ²	12,647.5	100.00	12,647.5	100.00
Сэргэсэн	329.90	2.61	1,823.79	14.42
Хэвийн	10,345.90	81.80	9,817.14	77.62
Доройтсон	1,746.11	13.81	782.25	6.18

Газрын бүтээмжийн хувьд байгалийн бүс, бүслүүрийн онцлогоос хамаарч харьцангуй өөрчлөлт ажиглагдаж байна. Илэрхий мэдэгдэхүйц мониторингийн судалгаагаар сумын төвийн эргэн тойронд голын татам хэсгийн газар ашиглалтаас хамаарч доройтож байгаа гэсэн судалгаа бий. Үүнтэй уялдуулан урт хугацааны төлөвлөлт, ойжуулалт зэрэг ажлууд сав газрын менежментийн төлөвлөгөөнд тусгаж сайжруулах шаардлагатай.

Хөрсний органик карбон, түүний өөрчлөлт. Хөрсний органик карбоны өөрчлөлтийн суурь нь 2001-2010 оны

хугацаанд нийт карбоны нөөцийн өөрчлөлт 4.39, 2010-2020 онд 5.39 болж 1 хувиар нэмэгдсэн өөрчлөлттэй. Нийт талбайн органик карбоны тогтвортой байдал 1.41 хувь болж буурсан, алдагдал 0.42 хувиар ихэссэн байна. Газрын бүрхэвчийн ангилал хувьд авч үзэхэд ургамлан нөмрөггүй нүцгэн хөрстэй талбайгаас 2001-2010 оны хооронд 16 хувийн алдалтай буюу 8.6 сая.тн нүүрстөрөгчийг хөрснөөс алдсан байна. Харин сүүлийн арван жилд 4 хувь болж эрс буурч 1.7 сая.тн нүүрстөрөгч алдагдсан байна. Энэ нь хур тунадас харьцангуй их ургамлан нөмрөгийн талбай нэмэгдсэнтэй холбоотой.

Хүснэгт 4. Хөрсний органик карбоны өөрчлөлт

Хөрсний органик карбоны өөрчлөлт	2001-2010 он	Талбайн эзлэх хувь	2010-2020 он	Талбайн эзлэх хувь
Нийт талбай, км ²	12,618.2	100.00	12,618.2	100.00
Ихэссэн	554.42	4.39	679.95	5.39
Хэвийн	11,860.12	93.99	11,682.01	92.58
Алдагдал	17.75	0.14	70.32	0.56

Газрын доройтол. 2001-2010 оны хооронд сэргэсэн талбай 6.48 хувь, 2010-2020 оны хооронд 18.63хувь болж 3 дахин сэргэсэн үзүүлэлттэй байна. Энэ байгаль цаг уурын нөхцөлөөс ихээхэн хамаарсан болно. Хэвийн буюу тогтвортой талбайн хэмжээ 77.51-72.65 хувь болж 3.86 хувиар багассан байна. Үүнийг байгаль цаг уурын нөхцөл, бэлчээр ашиглалттай уялдуулж болно.

Доройтсон талбайн хэмжээ 14.09-6.82 хувь болж 2 дахин багассан байна. Эндээс үзэхэд

сүүлийн арван жилийн хугацаанд байгалиараа сэргэх нөхцөл эрс хумигдаж 2 дахин буурсан байгаа уур амьсгалын болон нийгмийн хүчин зүйлээс илэрхий хамаарч байна. Энд голлох бүс нутаг нь цөлжүү хээр, заримдаг цөл, уулын хээрийн экосистемд хамаарна ([Доржготов, 1976](#)). Тухайн бүс нутагт тохиолдсон ган зудын байдал, малын хэт өсөлт, газар ашиглалт зэрэг нь доройтолд чухал үүрэг гүйцэтгэнэ.

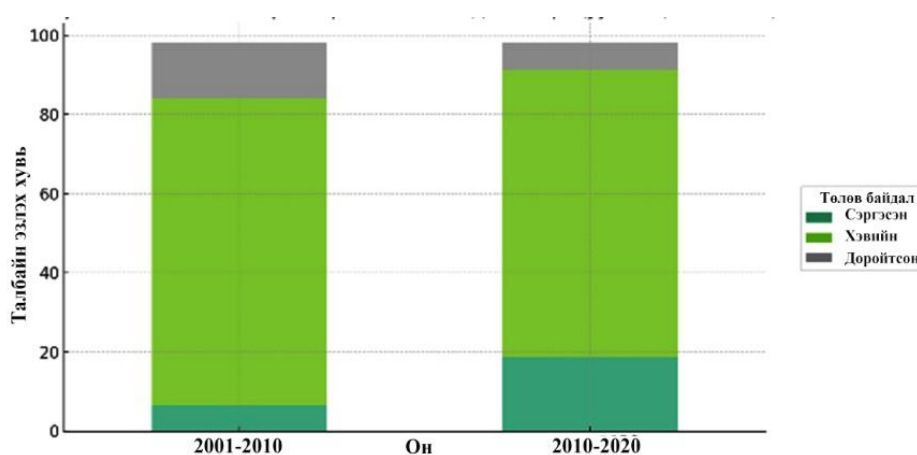
Хүснэгт 5. Газрын доройтол

Газрын доройтол	2001-2010 он	Талбайн эзлэх хувь	2010-2020 он	Талбайн эзлэх хувь	Өөрчлөлт
Нийт талбай, км ²	12,647.50	100	12,647.50	100	-
Сэргэсэн	820.12	6.48	2,355.75	18.63	☑ өссөн (+12.15%)
Хэвийн	9,803.51	77.51	9,188.64	72.65	☐ буурсан (- 4.86%)
Доройтсон	1,782.34	14.09	862.9	6.82	☐ буурсан (- 7.27%)

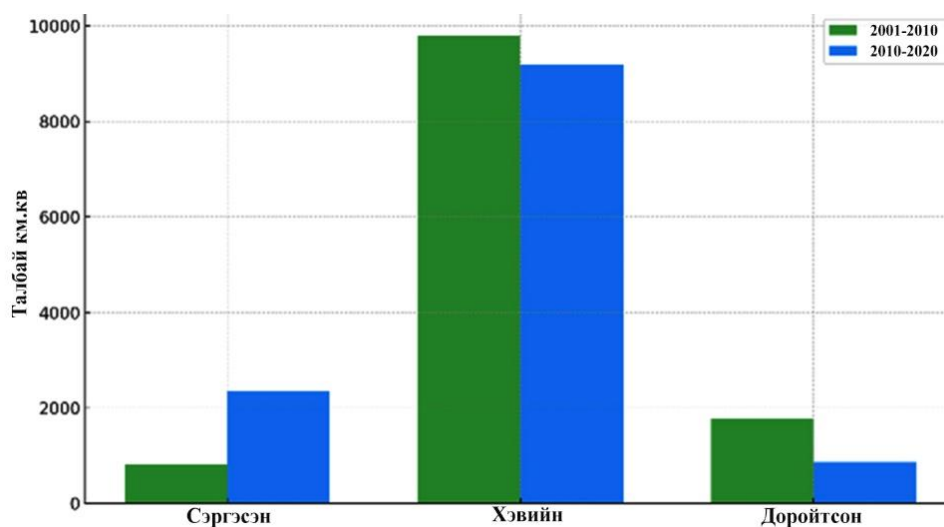
Газрын доройтлын байдал харьцангуй сайжирсан байна. Доройтсон газар 1,782.34 км² → 862.90 км² болж, 7.27 хувиар буурсан.

Сэргэсэн талбай 820.12 км²-ээс 2,355.75 км² болж, 12.15 хувийн өсөлттэй. Хэвийн газрын хэмжээ бага зэрэг буурсан: 9,803.51

→ 9,188.64 км² буюу 4.86 хувиар буурсан нь зарим хэвийн газар сэргэсэн эсвэл доройтсон ангилалд шилжсэн байж болохыг харуулж байна.

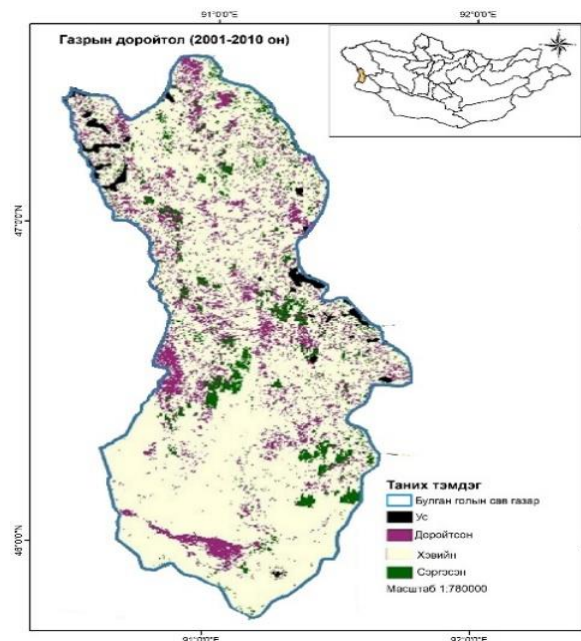


Зураг 4. Газрын төлөв байдлын харьцуулалт



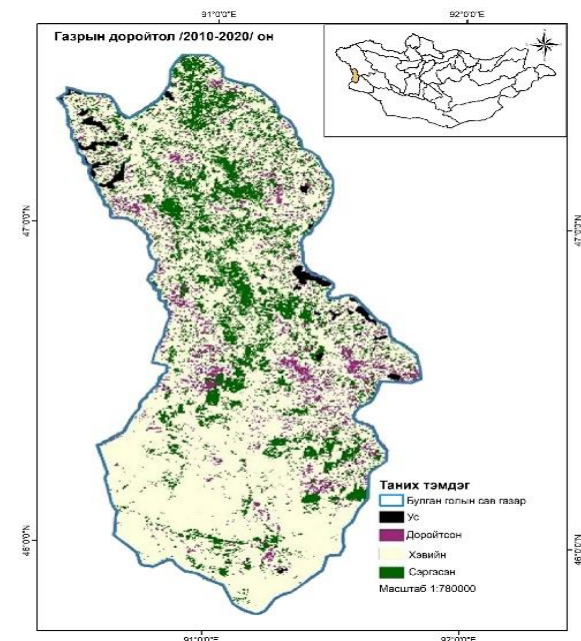
Зураг 5. Газрын доройтлын өөрчлөлт

2010–2020 онд сэргэсэн газар нэмэгдэж (18.63%), доройтсон газар мэдэгдэхүйц буурсан (6.82%) байна. Хэвийн төлөвтэй



Зураг 6. Газрын доройтол (2001-2010)

газар бага зэрэг буурсан ч ихэнх хувийг эзэлсээр байна.



Зураг 7. Газрын доройтол (2010-2020)

Дүгнэлт, хэлэлцүүлэг

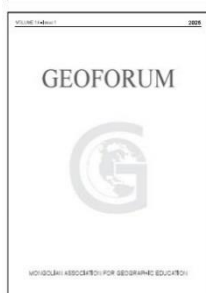
- Хөрсний органик карбоны өөрчлөлтийн суурь нь 2001-2010 оны хугацаанд нийт карбоны нөөцийн өөрчлөлт 4.39 хувь, 2010-2020 онд 5.39 хувь болж 1 хувиар нэмэгдсэн өөрчлөлттэй. Нийт талбайн органик карбоны тогтвортой байдал 1.41 хувь болж буурсан, алдагдал 0.42 хувиар ихэссэн байна. Газрын бүрхэвчийн ангилал хувьд авч үзэхэд ургамлан нөмрөггүй нүцгэн хөрстэй талбайгаас 2001-2010 оны хооронд 16 хувийн алдагдалтай буюу 8.6 сая.тн нүүрстөрөгчийг хөрснөөс алдагдсан байна.
- Газрын бүтээмжийн хувьд суурь болох 2001-2010 оны хоорондох хугацаанд сэргэсэн талбай 2.61 хувь, 2010-2020 оны хооронд 14.42 хувиар нэмэгдсэн байна. Тогтвортой талбай 81.80-77.62 хувь болж 14.18 хувиар багассан үзүүлэлт ажиглагдаж байна. Доройтсон талбай 13.81-6.18 хувиар 2 дахин буурсан байна. Газрын бүрхэвчийн хувьд авч үзвэл

бэлчээрийн болон нүцгэн талбай хэмжээ эрс нэмэгдсэн зүй тогтолтой.

- Газрын доройтлын хувьд 2001-2010 оны хооронд сэргэсэн талбай 6.48 хувь, 2010-2020 оны хооронд 18.63 хувь болж 3 дахин сэргэсэн үзүүлэлттэй байна. Хэвийн буюу тогтвортой талбайн хэмжээ 77.51-72.65 хувь болж 3.86 хувиар багассан байна.
- 2001-2020 оны хооронд доройтсон талбайн хэмжээ 14.09-6.82 хувь болж 2 дахин багассан. Доройтсон газар 1,782.34 км² → 862.90 км² болж, 7.27 хувиар буурсан. Сэргэсэн талбай 820.12 км²-ээс 2,355.75 км² болж, 12.15%-ийн өсөлттэй. Хэвийн газрын хэмжээ бага зэрэг буурсан: 9,803.51 → 9,188.64 км² буюу 4.86 хувиар буурсан үзүүлэлттэй байна.
- Цаашид хадлан, тариалангийн талбай нэмэгдэх боломж хомс тул газар ашиглалтыг зохистой түвшинд хэрэгжүүлэх боломжтой гэж үзэж байна.
- Өндөр нарийвчлалтай хиймэл дагуулын мэдээ ашиглан ангиллыг нэмэгдүүлж өөрчлөлтийг илүү нарийвчлах шаардлагатай.

Ашигласан ном зүй:

- ELD Initiative (2013). The Rewards of Investing in Sustainable Land Management. Interim Report for the Economics of Land Degradation Initiative: A Global Strategy for Sustainable Land Management. <http://www.eld-initiative.org>
- ELD Initiative (2015). ELD Initiative User Guide: A 6+1 step approach to assess the economics of land management. GIZ: Bonn, Germany. www.eld-initiative.org
- Eswaran, H., Lal, R., Reich, P.F. (2001). Land degradation: An overview. In: Bridges, E.M., Hannam, I.D., Oldeman, L.R., Pening de Vries, F.W.T., Scherr, S.J., Sompatpanit, S., Eds. *Responses to Land Degradation*. Proc. 2nd. International Conference on Land Degradation and Desertification, Khon Kaen, Thailand. Oxford Press, New Delhi, India.
- FAO. (2005). Agro-Ecological Zoning and GIS application in Asia with special emphasis on land degradation assessment in drylands (LADA). Proceedings of a Regional Workshop, Bangkok, Thailand 10–14 November 2003. pp. 43-52 <http://ftp.fao.org/agl/agll/docs/misc38e.pdf>
- Johnson, D., Lewis, L. (2007). Land Degradation: Creation and Destruction. 2nd ed. New York, USA: Rowman and Littlefield.
- Lal, R., Stewart, B.A (2010). Food Security and Soil Quality. Cambridge University Press: <https://doi.org/10.1017/S0014479710001183>
- Lars, H. (2007). Assessing the Costs of Land Degradation: A Case Study for the Puentes Catchment, Southeast Spain. *Journal of Land Degradation and Development* 18 (6): 631–642 <http://doi:10.1002/ldr.802>
- Mainquet, M. and Da Silva, G.G. (1998). Desertification and Dryland Development: What Can Be Done? *Land Degradation and Development*, 9, 375-382. [http://dx.doi.org/10.1002/\(SICI\)1099145X\(199809/10\)9:5<375::AID-LDR304>3.0.CO;2-2](http://dx.doi.org/10.1002/(SICI)1099145X(199809/10)9:5<375::AID-LDR304>3.0.CO;2-2)
- Snel, M., Bot, A. (2003). *Draft Paper: Suggested indicators for Land Degradation Assessment of Drylands*. FAO, Rome.
- UNCCD (2013). Report of the Conference of the Parties on its eleventh session, held in Windhoek from 16 to 27 September 2013 part two: action taken by the Conference of the Parties at its eleventh session, ICCD/COP(11)/23/Add.1. <http://www.unccd.int/Lists/OfficialDocuments/cop11/23add1eng.pdf>
- UNCCD-GM (2016). Land degradation Neutrality Target Setting - A Technical Guide. https://catalogue.unccd.int/819_Securing_Life_on_Land_ENG.pdf
- Vlek, P.L.G., Le, Quang Bao., Tamene, L (2010). Assessment of Land Degradation, Its Possible Causes and Threat to Food Security in Sub-Saharan Africa. In: *Advances in Soil Science Food Security and soil quality* / edited by Rattan Lal, B.A. Stewart.. CRC Press, Heidelberg, DE. p. 57-86. <https://hdl.handle.net/10568/55574>
- Батчулуун, Е. (Ред). (2020). *Монгол орны физик газарзүй*, Улаанбаатар: “Мөнхийн үсэг” ХХК. 480 х.
- Булган хилийн боомтын дэд бүтэц, өргөтгөл шинэчлэлийн барилгын төслийн Байгаль орчны төлөв байдлын үнэлгээний тайлан (2024)
- Гомболүүдэв, П. (2014). Монгол орны уур амьсгалын өөрчлөлтийн ирээдүйн төсөөлөл, Монгол улс: Уур амьсгалын өөрчлөлтийн үнэлгээний хоёрдугаар илтгэл, БОНХЯ, Улаанбаатар, 2014, хууд.72-78
- Даш, Д. (2003). *Монгол Алтайн нурууны ландшафтын онцлог, дотоод ялгаа*. “Монгол Алтайн уулархаг нутгийн байгалийн нөхцөл, нөөц” хамтын бүтээл Улаанбаатар: Соёмбо принтинг хууд. 34-72
- Доржготов, Д. (1976), *Монгол орны хөрс газарзүйн мужлалт*. Улаанбаатар: Газарзүй-Цэвдэг судлалын хүрээлэн.
- Доржготов, Д., нар. Ред. (2009). Монгол орны Үндэсний атлас. Улаанбаатар: ШУА.Газарзүйн хүрээлэн.
- Цогтбаатар, Ж. ба бусад (ред). (2020). Монгол орны цөлжилтийн атлас. Улаанбаатар: ШУА-ийн Геоэкологийн хүрээлэн.



Google Earth Engine ашиглан уур амьсгалын өөрчлөлтийг шинжлэх нь (Сүхбаатар аймгийн Халзан сумын жишээгээр)

Б.Сэдэд^{1,2}, Ц.Бат-Эрдэнэ¹

¹ Department of Geography, School of Mathematics and Natural Sciences, Mongolian National University of Education, Ulaanbaatar 14191, Mongolia

² Institute of International Education, Hanyang University, Seoul 15588, South Korea

Article info

Received 30 March.2025

Accepted 21 May.2025

Keywords

Satellite data, NDVI change trends, Mann-Kendall trend analysis, Sen's Slope method

Corresponding author

Bat-Erdene Tsedev

Mongolian National University
of Education

E-mail: baterdene@msue.edu.mn

Abstract:

In recent years, satellite data has been widely used by researchers globally and in Mongolia to assess climate change and ecosystem responses. The Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), a key indicator of vegetation greenness and growth vigor, is particularly effective for evaluating the impacts of climatic factors such as precipitation and temperature.

In Mongolia, numerous studies have utilized satellite data from sources like MODIS and Landsat to analyze changes in NDVI, temperature, and precipitation in the context of climate change and land degradation. However, research employing the Google Earth Engine (GEE) platform from a methodological perspective remains scarce, with few studies focusing on localized, detailed analyses.

This study aims to explore the methodological potential of satellite data and the Google Earth Engine platform in greater depth and to identify regional climate change trends. Using GEE, the study analyzed NDVI, surface temperature, and precipitation data from 2000 to 2024 in Khalzan soum, Sukhbaatar province. The results show a weak positive correlation between NDVI and precipitation ($r = 0.12$), and a statistically insignificant NDVI trend (Mann-Kendall $P = 0.9814$, Sen's Slope = 0.0037 units/year). Meanwhile, precipitation exhibited a more noticeable positive trend (Sen's Slope = 0.0296 mm/year), nearly eight times higher than that of NDVI. This suggests that despite increased precipitation, vegetation response remained limited—likely influenced by other environmental factors such as soil properties, grazing pressure, or temperature fluctuations.

This approach demonstrates the capability of GEE to efficiently process and analyze long-term, large-scale satellite data, offering a novel and practical method for advancing localized climate research and monitoring ecosystem responses to climate variability in Mongolia.

© 2025 Author(s). This is an open access article under the CC BY-04 license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Оршил:

Уур амьсгалын өөрчлөлт нь дэлхий нийтийн анхаарлын төвд буй байгаль орчны тулгамдсан асуудлуудын нэг болж, нийгэм, эдийн засаг, экосистемд өргөн хүрээний нөлөө үзүүлж байна. Монгол орны хувьд хуурай, эрс тэс уур амьсгалтай бөгөөд энэ нь тус улсыг уур амьсгалын хэлбэлзэл, хэт халалт, ган, цөлжилт зэрэгт мэдрэмтгий бүс нутаг болгож байна. Ийм нөхцөлд уур амьсгалын урт хугацааны өөрчлөлтийг нарийвчлан судлах, дүгнэх нь хөдөө аж ахуй, бэлчээрийн тогтвортой менежмент, байгаль орчны хамгааллын бодлого боловсруулахад чухал ач холбогдолтой юм. Сүүлийн жилүүдэд хиймэл дагуулын мэдээлэл, үүлэн тооцоололд суурилсан платформуудын дэвшил нь уур амьсгалын судалгаанд шинэ боломжуудыг бий болгож байгаа бөгөөд тэдгээрийн нэг болох Google Earth Engine (GEE) платформ нь том хэмжээний өгөгдөлд суурилсан дүн шинжилгээг хялбар, богино хугацаанд хийх боломжийг олгож байна. Гэвч Монгол Улсад GEE-г ашиглан орон нутгийн түвшинд хийсэн системтэй, нарийвчилсан уур амьсгалын судалгаа олон нийтэд хомс хэвээр байна. Тиймээс энэхүү

судалгаагаар Сүхбаатар аймгийн Халзан сумын жишээн дээр 2000–2024 оны зуны улирлын (6–8 дугаар сар) хиймэл дагуулын өгөгдлийг ашиглан NDVI, гадаргын температур, хур тунадасны өөрчлөлтийг үнэлж, эдгээр үзүүлэлтүүдийн хоорондын хамаарлыг тодорхойлон, орон нутгийн уур амьсгалын өөрчлөлтийн хандлагыг тодорхойлохыг зорьсон. Судалгааны үр дүнд ургамалжилт болон хур тунадасны хооронд сул эерэг хамаарал ($r = 0.12$), статистикийн ач холбогдолгүй байсан ба Mann-Kendall тест болон Sen's Slope шинжилгээгээр NDVI ба хур тунадасны хандлага бага зэрэг эерэг чиглэлтэй гарсан ч өсөлтийн хурд маш бага байгааг тогтоосон. Эдгээр үр дүн нь орон нутгийн уур амьсгалын өөрчлөлтийг хиймэл дагуулын мэдээлэлд тулгуурлан үнэлэх арга зүйн боломжийг харуулж, цаашдын судалгаанд суурь мэдээлэл болох ач холбогдолтой юм.

Ашигласан өгөгдөл

Тус судалгаанд MODIS, CHIRPS, ESA WorldCover системүүдийн өгөгдлийг ашигласан ба шинж чанарыг нь доорх хүснэгтэнд нэгтгэн харууллаа.

Хүснэгт 1. Өгөгдлийн шинж чанар

Үзүүлэлт	Томъёо	Өгөгдөл гаргаж авах эх үүсвэр	Нарийвчлал
NDVI	$NDVI = \frac{(NIR - Red)}{(NIR + Red)}$	MODIS, Landsat, Sentinel-2	10–250 м
LST	$LST = \frac{K_2}{\ln(\frac{K_1}{L_\lambda} + 1)}$	MODIS, Landsat	100 м – 1 км
Precipitation	$P = \alpha T_B + \beta$	CHIRPS, ERA5, GPM	5 км – 30 км
Land Cover	Random Forest, SVM	MODIS, ESA WorldCover	10 м – 500 м

Судалгааны арга зүй:**Өгөгдөл боловсруулах аргачлал***1. Ургамлын нормчилсон индекс буюу NDVI (Normalized Difference Vegetation Index)*

NDVI нь ургамлын ногоон бүрхэвчийн төлөв байдлыг илэрхийлдэг бөгөөд улаан (Red) болон ойлтын (NIR – Near Infrared) сувгуудын ялгааг ашиглан тооцоолдог.

$$NDVI = \frac{(NIR - Red)}{(NIR + Red)}$$

Энэхүү судалгаанд MODIS-Terra хиймэл дагуулын MOD11A2 сувгийн мэдээг ашиглав.

2. Гадаргын температур (LST-Land Surface Temperature)

Гадаргын температур нь хиймэл дагуулын дулааны (thermal infrared) зургуудыг

ашиглан газрын гадаргын температурыг тооцоолдог. Тус томъёог (Planck's Equation) ашиглан тооцоолдог.

$$LST = \frac{K_2}{\ln\left(\frac{K_1}{L_\lambda} + 1\right)}$$

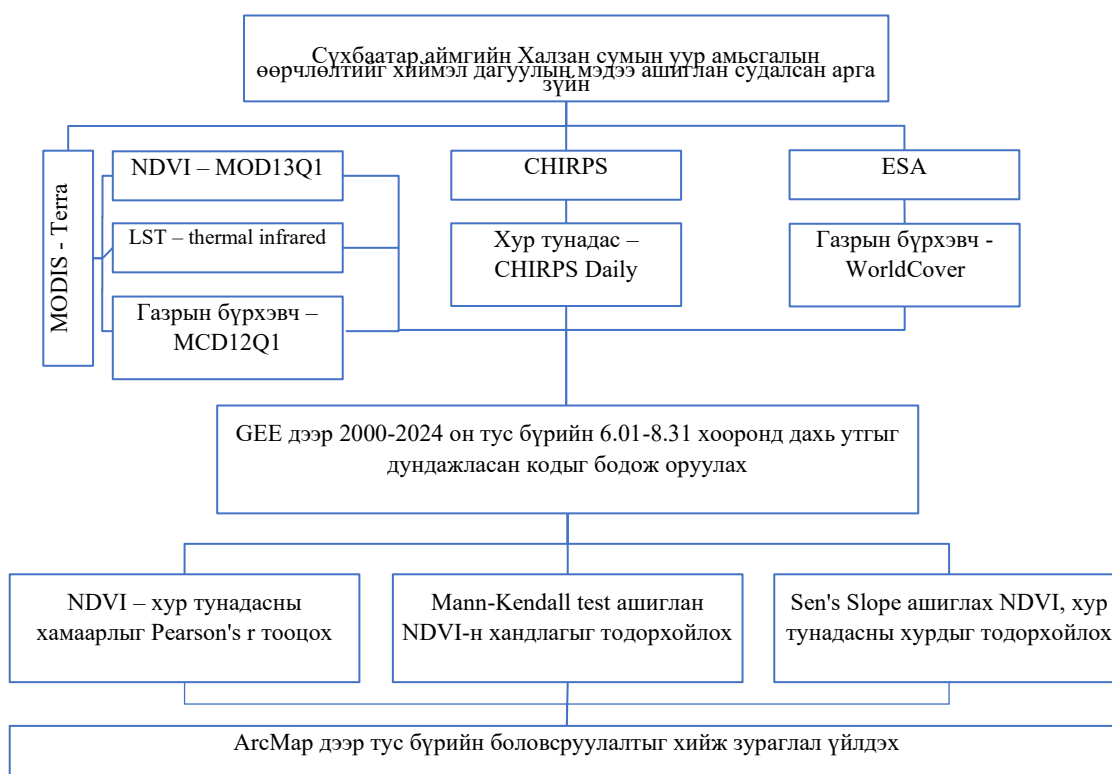
Гадаргын температурын тооцооллод MODIS-Terra хиймэл дагуулын MOD11A2 сувгийн ашигласан.

3. Хур тунадас

Хур тунадасны өгөгдөл зургийг хиймэл дагуулын мэдээ болон газрын станцын өгөгдлийг нэгтгэн боловсруулдаг CHIRPS-Daily хиймэл дагуулын зургийн боловсруулсан.

Хур тунадасны хэмжээг микро долгион болон инфра улаан мэдрэгчээр хэмжих бөгөөд доорх томъёогоор тооцоолдог.

$$P = \alpha T_B + \beta$$



Зураг 1. Судалгааны арга зүйн схем

4. Google Earth Engine (GEE) ашиглан өгөгдөл боловсруулах

Google Earth Engine нь хиймэл дагуулын зураг, гео орон зайн өгөгдөл, цаг уурын болон хүрээлэн буй орчны мэдээлэл зэргийг анализ хийх, дүрслэх, татаж авах боломжийг олгодог cloud-based (үүлэн технологи дээр суурилсан) платформ юм. Тус судалгааны хүрээнд Google Earth Engine (GEE)-ийг ашиглан 2000-2024 онуудын зөвхөн 6-8 саруудын өгөгдлийг шүүж дундаж утгыг аван Javascript-ыг ашиглан тооцоолсон.

5. NDVI ба хур тунадасны хамаарал

Уур амьсгалын өөрчлөлтийн судалгаанд MODIS NDVI ба CHIRPS хур тунадасны өгөгдлийг ашиглаж байгаа тул **Пирсоны корреляцийн коэффициент (r)**-ийг ашиглах нь тохиромжтой байдаг. Энэ нь тус хоёр утгын хоорондын хамаарлыг тодорхойлж өгдөг. Тус **коэффициентыг олох томъёо нь:**

$$r = \frac{\sum(X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{\sqrt{\sum(X_i - \bar{X})^2 * \sum(Y_i - \bar{Y})^2}}$$

6. NDVI-ийн тренд шинжилгээ

Тренд шинжилгээ нь олон жилийн NDVI өгөгдлийг ашиглан өсөлттэй, бууралттай эсвэл тогтвортой буюу өөрчлөлтгүй зэргийг статистикийн аргаар илрүүлэх үйл ажиллагаа юм (Forkel et al., 2013).

6.1. Чиг хандлага тодорхойлох Mann-Kendall тест

Mann-Kendall тест нь цаг хугацааны цувааны чиг хандлагыг (increasing/decreasing trend) тодорхойлох статистик арга юм. Энэ нь өгөгдлийн тархалтын хэлбэрээс үл хамааран ажилладаг бөгөөд цаг хугацааны чиг хандлагын ач холбогдлыг шалгахад ашиглагддаг (Kendall, 1975). Тус тестийг тодорхойлоход дараах 6 алхмын дагуу томъёонуудыг ашигладаг.

Алхам 1: Он онуудын ялгааг тооцоолох

$$D_{ij} = X_j - X_i \quad j > i$$

Алхам 2: Утгыг бүхэл утга руу шилжүүлэх

Дээрх утгуудаа утгыг +1, 0, -1 гэж ангилах

$$\text{sign}(D_{ij}) = \begin{cases} +1, & \text{Хэрэв } D_{ij} > 0 \\ 0, & \text{Хэрэв } D_{ij} = 0 \\ -1, & \text{Хэрэв } D_{ij} < 0 \end{cases}$$

Алхам 3: S статистик олох

$$S = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n \text{sign}(D_{ij}, D_{ij})$$

Алхам 4: Дисперс тооцоолох

Z утгыг тооцоолохын тулд эхлээд S статистикийн дисперсийг тооцоолох ёстой.

$$\text{Var}(S) = \frac{n(n-1)(2n+5)}{18}$$

Алхам 5: Z-утга тооцоолох

$$Z = \begin{cases} \frac{S-1}{\sqrt{\text{Var}(S)}}, & S > 0 \\ 0, & S = 0 \\ \frac{S+1}{\sqrt{\text{Var}(S)}}, & S < 0 \end{cases}$$

Алхам 6: P-утгыг шалгах

Z-утгаас P-утгыг стандарт нормаль тархалтын хүснэгтээр тодорхойлно.

$$P = 2(1 - |Z|)$$

6.2. Хандлагын хурдыг тооцоолох Sen's slope тест

Sen's Slope нь цаг хугацааны турш дахь чиг хандлагын хурдыг (magnitude) тодорхойлох статистик арга юм. Энэ нь өгөгдлийн цувааны өөрчлөлтийн хэмжээг нэгж хугацаанд тооцоолдог. Дараах томъёог ашиглан олно.

Алхам 1: Бүх онуудын налууг тооцоолох

$$Q_i = \frac{X_j - X_i}{j - i}, \quad j > i$$

Алхам 2: Медианыг олох

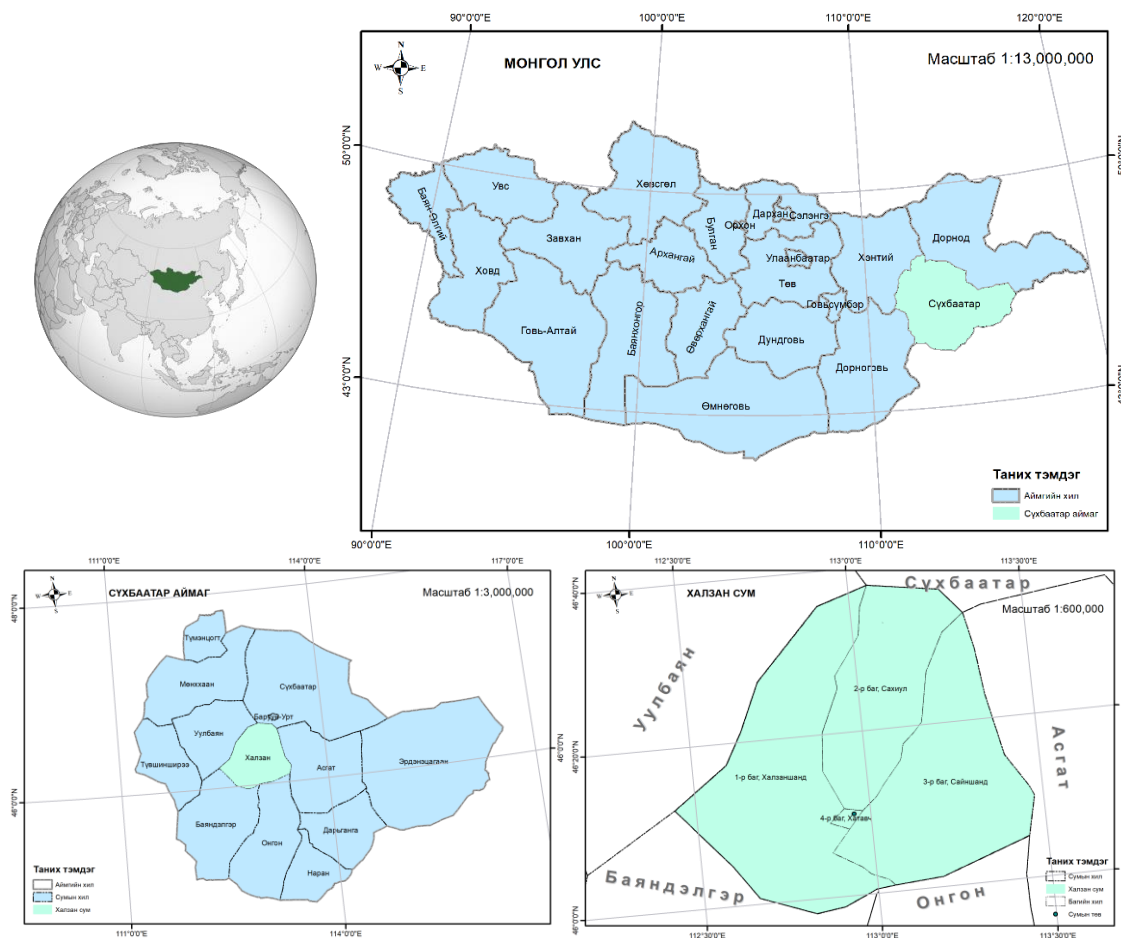
$$\text{Median}(Q) = \frac{Q_{N/2} + Q_{N/2+1}}{2}$$

Судалгааны бүс нутаг:

Халзан сум нь Монгол орны зүүн бүсийн Сүхбаатар аймгийн төв хэсэгт хойд өргөргийн 46°37'44.76" - 45°58'14.48", зүүн уртрагийн 112°26'18"-113°28'25.4"-ийн хооронд 3,828.53 км² талбайг эзлэн оршино. Нутгийн хойд захын цэгээс өмнөд захын цэг хүртэлх зай 75.8 км, баруун захын цэгээс зүүн захын цэг хүртэлх зай 80.4 км газар нутагтай. Дунджаар д.т.д 900-1,200 метр өндөрт өргөгдсөн бөгөөд хээрийн бүсэд хамаарагдах талархаг газар зонхилон. Нутгийн хамгийн өндөр цэг улаан овоо д.т.д 1,294.5 метр, хамгийн нам цэг Өөшийн цагаан нуур орчим бөгөөд д.т.д 860 метр юм (Батчулуун, 2020).

Хойд талаараа Сүхбаатар сумтай 23.7 км,
Баруун талаараа Уулбаян сумтай 69.6 км,
зүүн талаараа Асгат сумтай 54.6 км, өмнөд

талаараа Баяндэлгэр сумтай 55.8 км, Онгон
сумтай 36.4 км-ээр тус тус хиллэдэг бөгөөд
нийт хилийн шугамын урт 240.1 км болно.



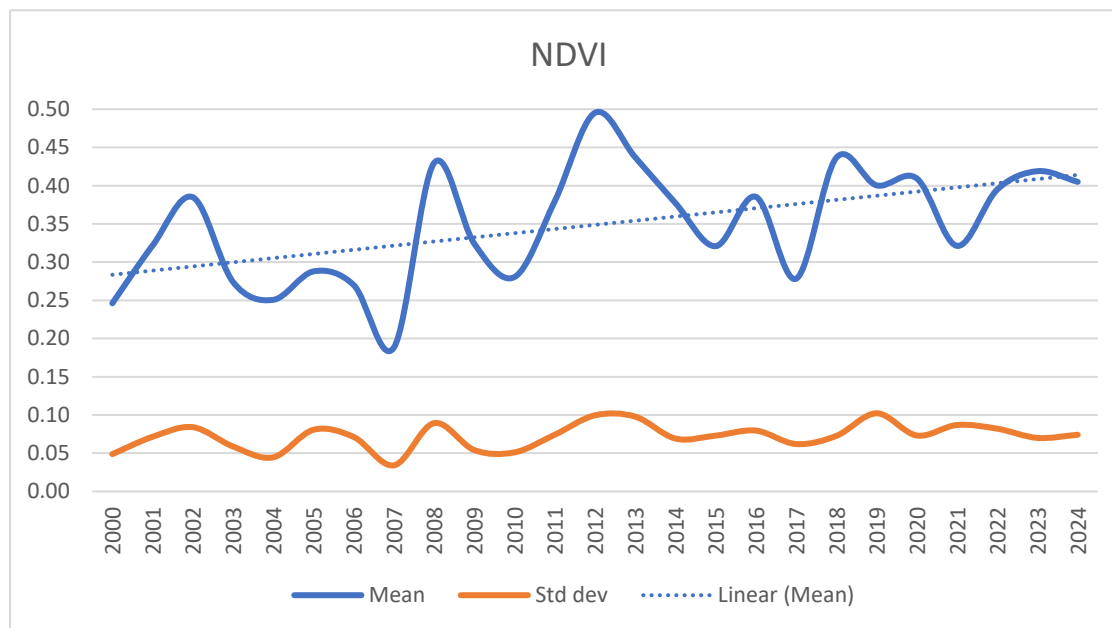
Зураг 2. Сүхбаатар аймгийн Халзан сумын газарзүйн байрлал

Халзан сумын нутаг нь бусад аймаг, сумтай адил эх газрын эрс тэс уур амьсгалтай. Улсын уур амьсгалын мужлалаар дулаан зунтай, чийгээр дутмаг нутагт багтана. Жилийн дундаж дулаан 0.3°C , жилийн хамгийн дулаан VII сарын дундаж дулаан $+20^{\circ}\text{C}$ бөгөөд хамгийн хүйтэн I сарын дундаж хүйтэн нь -22°C байна. Сумын цаг уурын харуулын мэдээнээс үзвэл VII сард $+37^{\circ}\text{C}$ хүртэл халж, I сар -38°C хүртэл хүйтрэх явдал гарч байсан (Батчулуун, 2020; Санжмятав, 2007).

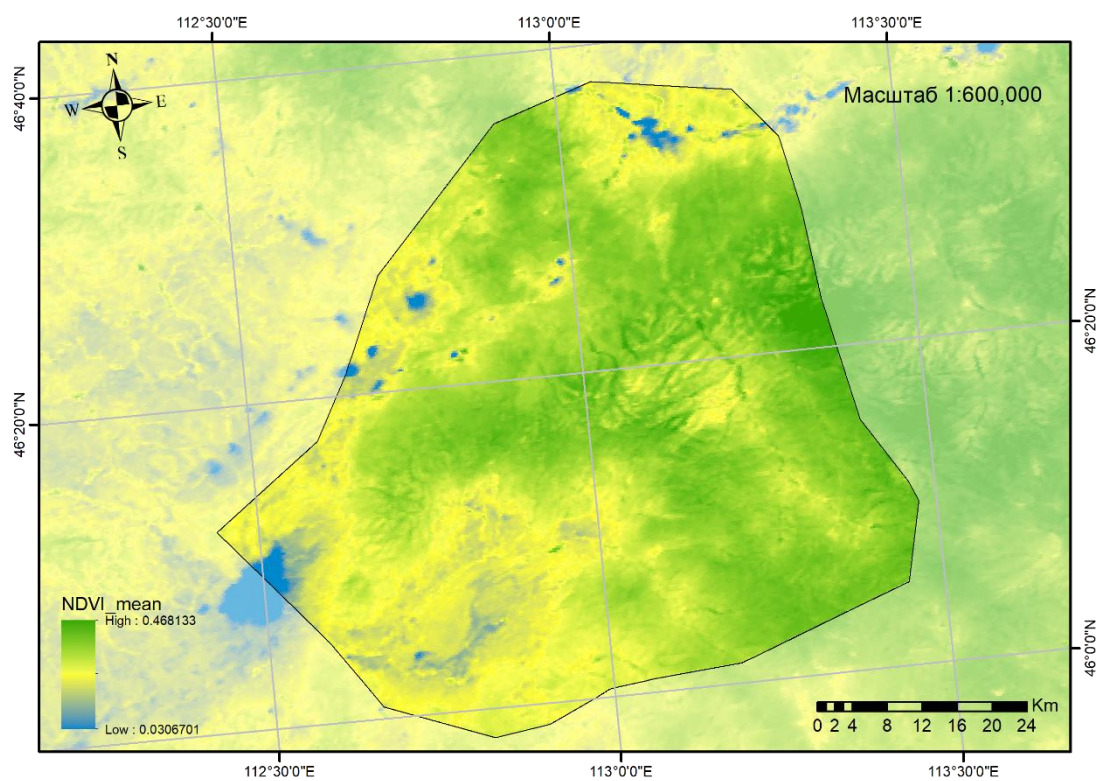
Судалгааны үр дүн, дүн шинжилгээ:

1. NDVI-ийн олон жилийн өөрчлөлт ба хандлага

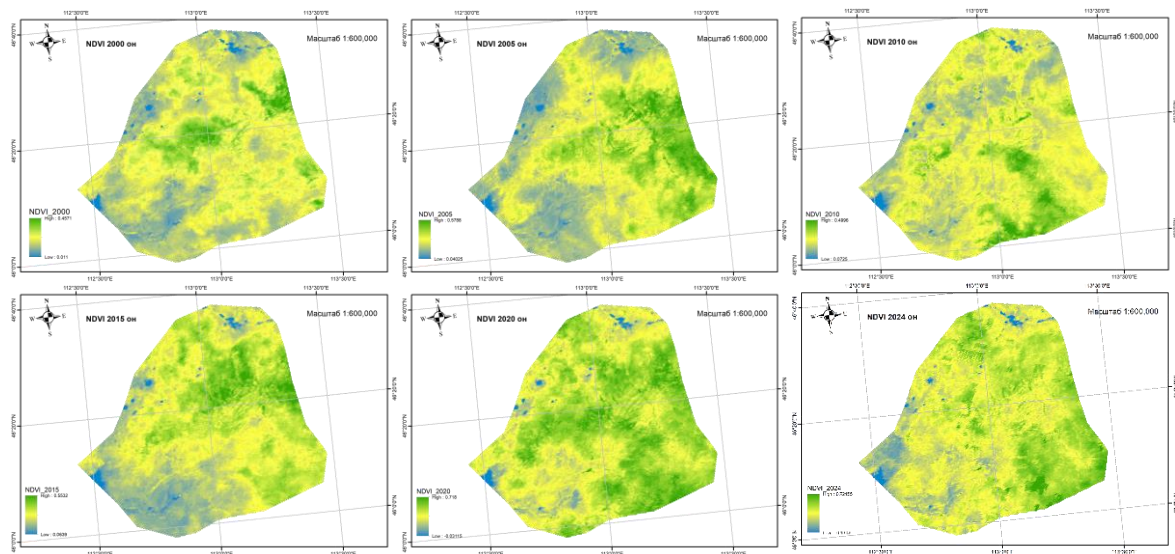
Судалгааны хүрээнд 2000-2024 оны зуны улирлын (6-8 сар) дундаж NDVI-ийн өөрчлөлтийг судалж, цаг хугацааны явцад ямар хандлага ажиглагдаж буйг тодорхойлов. NDVI-ийн дундаж утга 2000 онд 0.246 байсан бол 2024 онд 0.405 болж өссөн нь судалгааны бүс нутагт ургамлын нөмрөг урт хугацаанд өсөх хандлагатай байгааг илтгэж байна. 2024 онд өссөн үзүүлэлтэй байгаа нь тус онд 196 мм тунадас орсон бөгөөд 2000 оноос 76 мм илүү орсон үзүүлэлтэй юм. Энэ бүх жилүүдэд өссөн гэсэн үзүүлэлт биш бөгөөд зарим жилүүдэд хур тунадасны хэмжээнээс хамааран өсөлт, бууралт ажиглагдаж байна.



Зураг 3. 2000-2024 оны NDVI-ын өөрчлөлт



Зураг 4. Ургамлын нормчилсон индексийн дундаж (2000-2024)

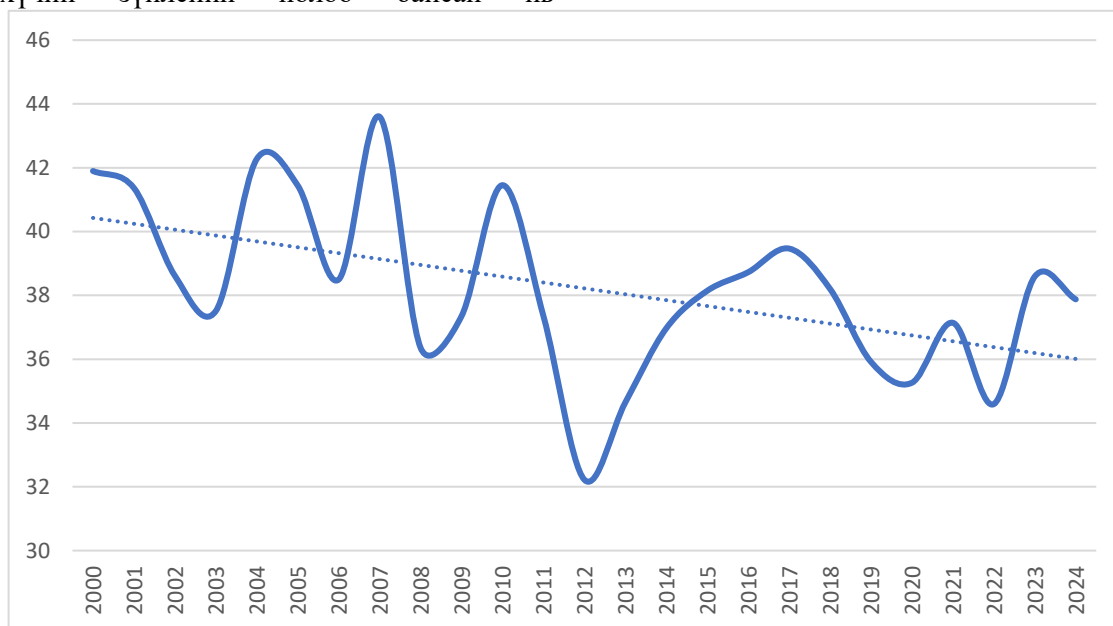


Зураг 5. NDVI-ын зуны сарын дундаж утга

1. Гадаргын температурын олон жилийн өөрчлөлт

Судалгааны дүнгээс харахад газрын гадаргын температурын хэлбэлзэл их байсан бөгөөд уур амьсгалын өөрчлөлт, байгалийн хүчин зүйлсийн нөлөө байсан нь

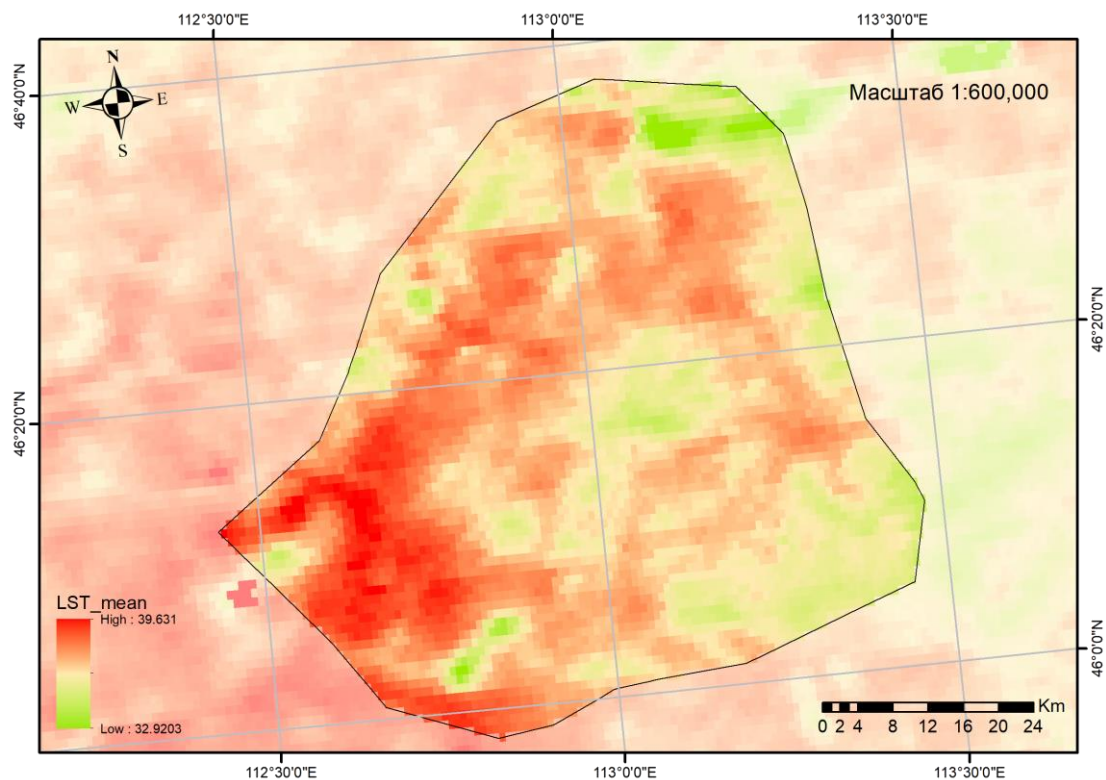
ажиглагдаж байна. Гадаргын температур өндөр жилүүдэд хур тунадас бага орсон нь өсөх дагавар шалтгаан болж өгсөн.



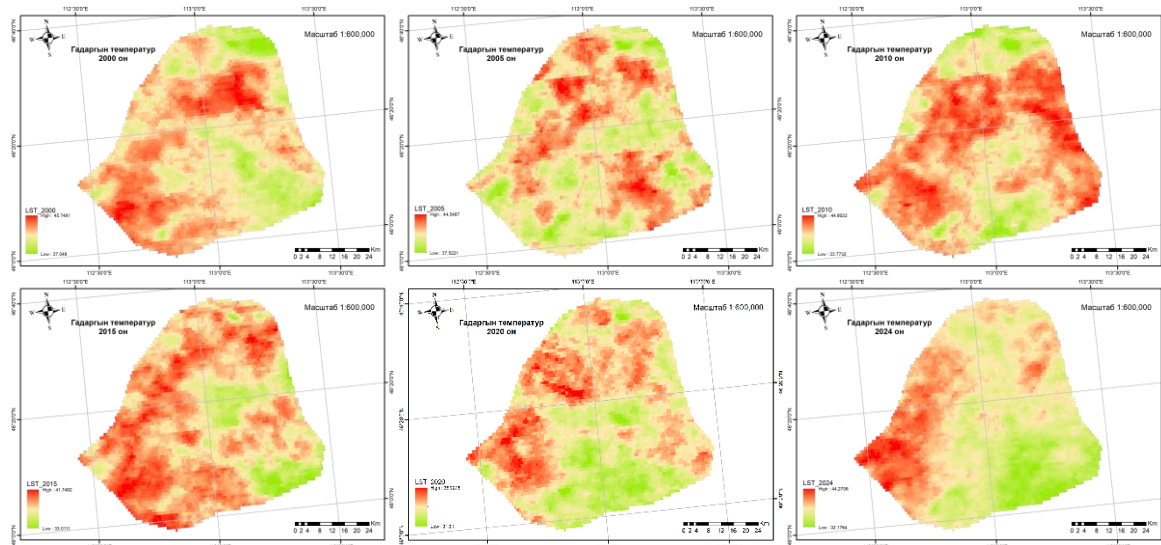
Зураг 6. 2000-2024 оны гадаргын температурын өөрчлөлт

Гадаргын температурын 25 жилийн дундаж утга нь 38.2°C орчим байсан бөгөөд 2000-аад оны эхэн үед харьцангуй өндөр

температур давамгайлж (41.9°C), 2012-2015 оны хооронд бага температурын хандлага ажиглагдсан.



Зураг 7. Гадаргын температурын дундаж (2000-2024)

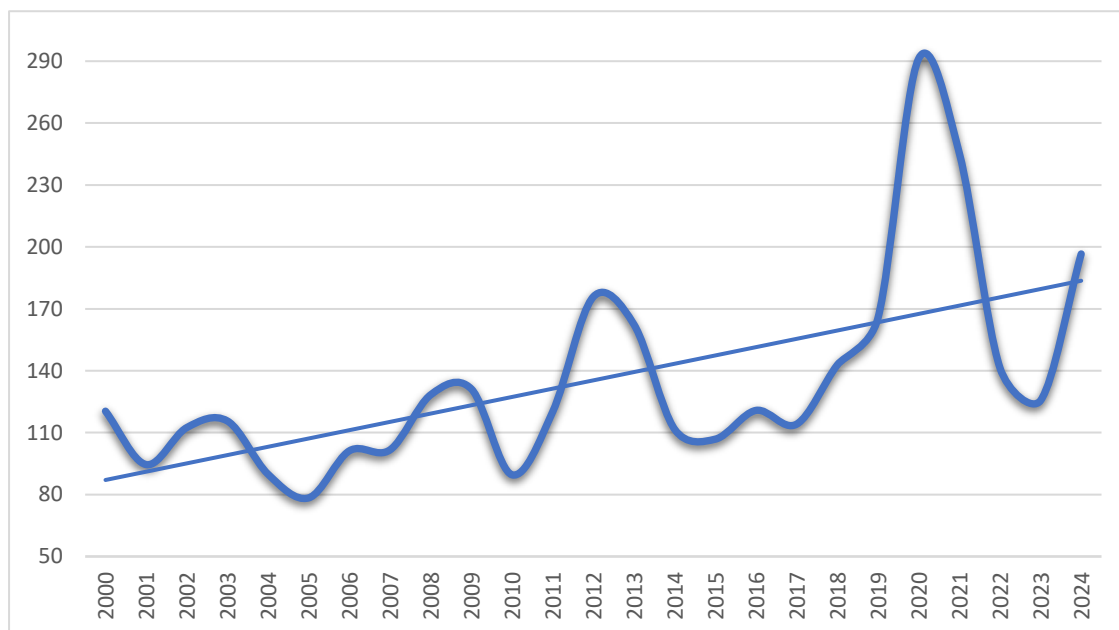


Зураг 8. Зуны сарын гадаргын температурын дундаж утга

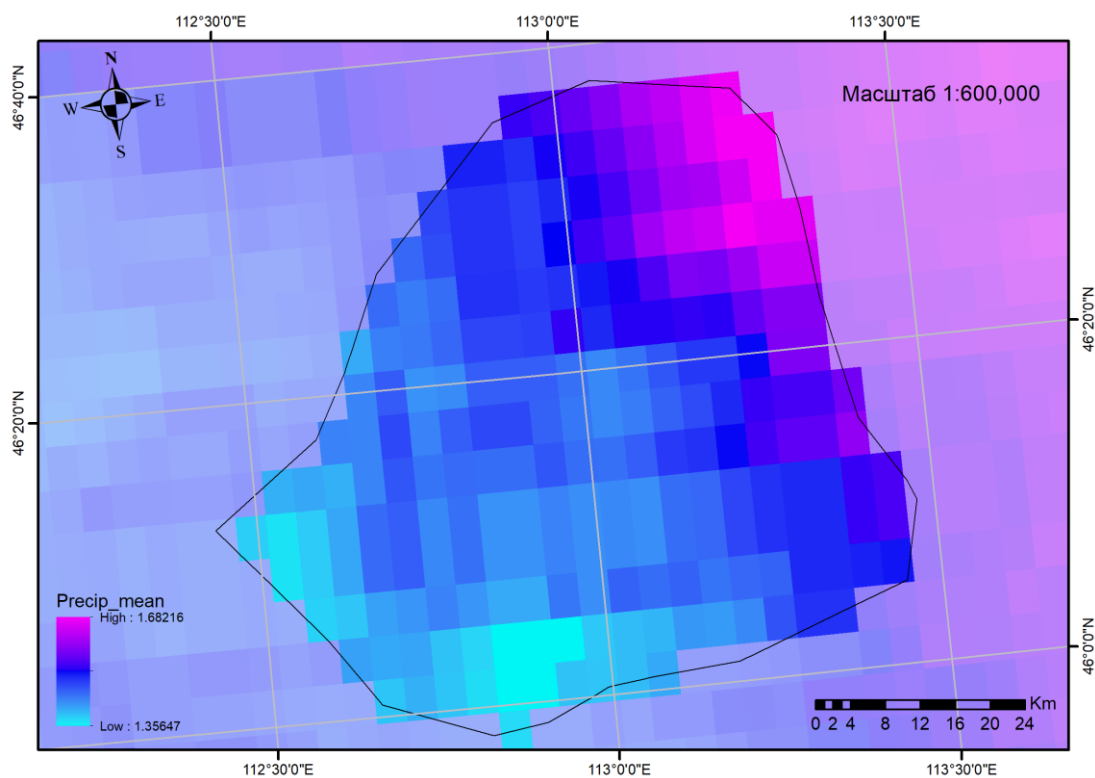
2. Хур тунадасны олон жилийн өөрчлөлт

Судалгааны хүрээнд 2000-2024 он хүртэл зуны сарууд буюу 06 сарын 01-ээс 08 сарын 31-ны утгыг авч дундажлаж нийт 25 жил тус бүрд нь тооцсон юм. Судалгааны үр дүнгээс

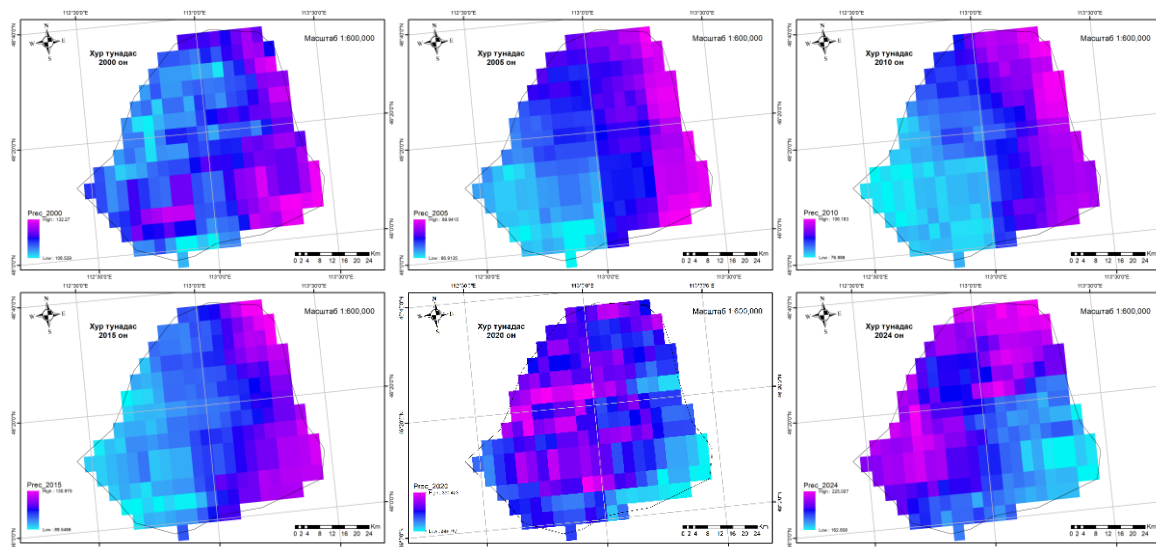
харахад 2000-2024 оны хооронд хур тунадасны хэмжээ 78-291 мм-ийн хооронд хэлбэлзсэн нь тухайн бүс нутагт хур тунадасны орчил огцом өөрчлөгдөж байгааг илтгэж байна.



Зураг 9. 2000-2024 оны хур тунадасны өөрчлөлт



Зураг 10. Хур тунадасны дундаж (2000-2024)

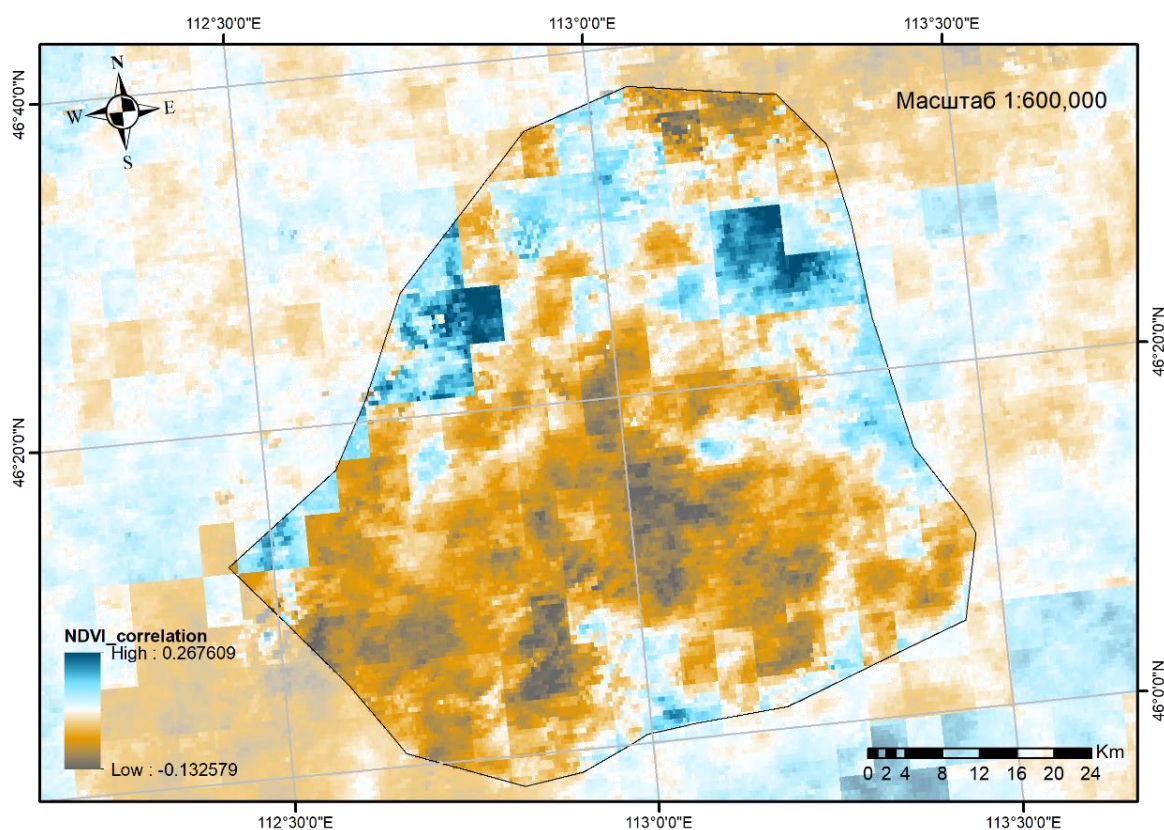


Зураг 11. Зуны сарын хур тунадасны дундаж утга

3. NDVI ба хур тунадасны хамаарал (Корреляцийн шинжилгээ)

NDVI ба хур тунадасны хооронд сул эерэг хамааралтай буюу $r \approx 0.12$ гэсэн үзүүлэлт гарсан боловч бүс нутгийн ялгаа их байна.

NDVI ба хур тунадасны хамааралын ерөнхий шинжилгээ нь:



Зураг 12. 2000-2024 оны NDVI болон хур тунадасны хамаарал

- Корреляцийн коэффициент (r): - 0.132-0.267 хооронд хэлбэлзэж байна.
- Судалгааны бүсийн дундаж хамаарал: $r \approx 0.12$ буюу сул эерэг хамаарал ажиглагдсан.
- Орон зайн хувьд корреляцийн тархалт харилцан адилгүй байгаа нь нутгийн уур амьсгал, газар ашиглалттай холбоотой.

Хур тунадасны хэмжээ их үед NDVI-ийн өсөлт ажиглагдах хандлагатай боловч газарзүйн нөхцөл байдлаас хамааран энэ хамаарал өөрчлөгдөж байна. Говь, хуурай бүс нутагт хур тунадас ихэссэн ч NDVI-ийн өсөлт харьцангуй бага байна. Энэ нь хөрсний ус шингээх чадвар сул, ууршилт ихтэй байгаатай холбоотой. Бэлчээрийн даац хэтэрсэн бүсүүдэд NDVI ба хур тунадасны хамаарал сул буюу сөрөг гарсан.

Хүснэгт 2. NDVI, хур тунадасны урт хугацааны өөрчлөлтийн хандлага (2000-2024)

Утга	Хариу	Ач холбогдол
S	0.00371442	Эерэг бага утгатай байгаа нь NDVI нь маш сул өсөлттэй боловч энэ нь ач холбогдолгүй хандлага юм.
Z	-0.0233	Бараг тэгтэй тэнцүү байгаа нь урт хугацаанд NDVI-ийн тодорхой чиглэлтэй өөрчлөлт илрээгүйг харуулж байна
P	0.9814	0.05-аас их гарсан тул NDVI-ийн өөрчлөлт нь статистикийн хувьд тодорхой системтэй өөрчлөлт илрээгүй, тус жил бүрийн онцлогоос шалтгаалж санамсаргүй байдлаар хэлбэлзэл байсан гэж үзэж болно

2000–2024 оны зуны саруудын дундаж NDVI утгуудын хандлагыг Mann-Kendall тестээр шинжлэхэд гарсан P -утга нь 0.9814 байсан нь 1-д маш ойрхон, өөрөөр хэлбэл энэхүү багахан өөрчлөлт нь 98.14 хувийн магадлалаар зүгээр л санамсаргүй хэлбэлзэл байх боломжтойг илтгэж байна. Энэ нь NDVI-д илэрч буй өөрчлөлт статистикийн хувьд ач холбогдолгүй бөгөөд найдвартай, бодит хандлага байна гэж дүгнэхэд хангалттай нотолгоо байхгүйг харуулж байна.

Тиймээс судалгааны энэ хэсгээс үндэслэсэн дүгнэлт нь "NDVI-ийн өөрчлөлт нь статистикийн хувьд ач холбогдолгүй буюу санамсаргүй шинжтэй" юм. Энэ нь дараах хэд хэдэн хүчин зүйлтэй холбоотой. Үүнд:

- Судалгааны хугацаанд NDVI утгууд жил бүр нэг чиглэлд тууштай өсөх эсвэл

4. NDVI ба хур тунадасны урт хугацааны өөрчлөлтийн хандлага

Уур амьсгалын өөрчлөлтийг хиймэл дагуулын мэдээг ашиглан судлахдаа Mann-Kendall тест ба Sen's Slope шинжилгээг ашиглан 2000-2024 оны зуны саруудын NDVI болон хур тунадасны урт хугацааны өөрчлөлтийн хандлагыг тооцоолсон.

Mann-Kendall тест нь урт хугацааны нэгэн чигийн өсөлт эсвэл бууралтыг илрүүлэх статистик аргачлал юм (Kendall, 1975). Энэхүү тестийн үр дүнг S -утга, Z -утга, магадлалын утга (P) гэсэн үзүүлэлтүүдээр үнэлсэн. Магадлалын утга буюу P тооцоолол хийсэн гол зорилго нь ямар нэгэн өөрчлөлт, хандлага нь зүгээр нэг санамсаргүй тохиолдлоос болсон уу, эсвэл үнэхээр бодит, системтэй өөрчлөлт үү гэдгийг ялгаж мэдэх юм (Мөнхдулам, 2017; Pettorelli, 2013).

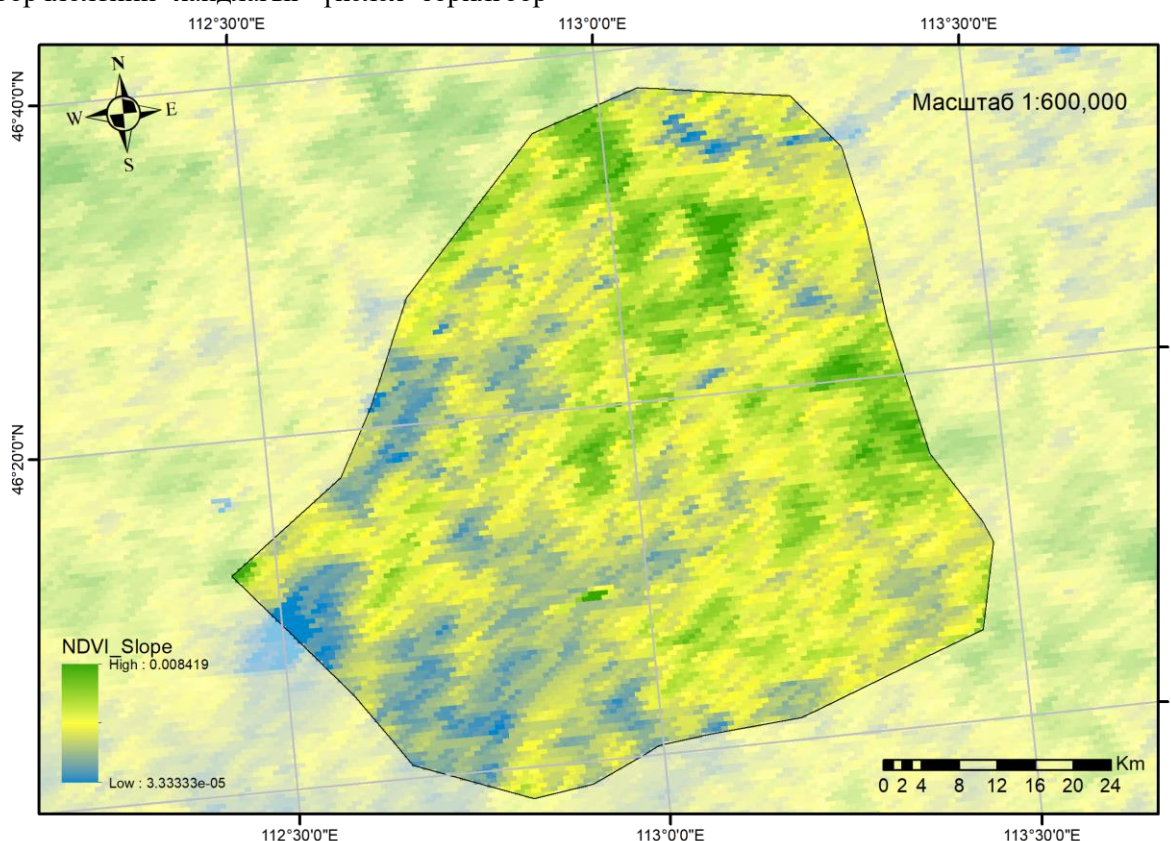
буурах хандлагагүй, харин хэлбэлзэлтэй байсан;

- NDVI-д нөлөөлөх гол хүчин зүйлс болох хур тунадас, гадаргын температур зэрэг уур амьсгалын үзүүлэлтүүд жилийн жилд харилцан адилгүй байсан;
- Судалгааны талбай хээрийн бүсэд, хүний шууд үйл ажиллагаа багатай орчинд байршсан тул газрын бүрхэвчид мэдэгдэхүйц өөрчлөлт гараагүй.

5. NDVI болон хур тунадасны өөрчлөлтийн хурд

Sen's Slope тестийн ашиглан NDVI болон хур тунадасны үзүүлэлтийн тооцоолсон юм. Хур тунадсыг нэмж тооцоолсон шалтгаан гэвэл NDVI-ийн утга Mann-Kendall тест дээр тодорхой өсөлт бууралтгүй гэсэн дүгнэлт гарсан нь хур тунадастай харьцуулан уг хариуг батлахыг зорьсон юм (Zhang et al., 2024). NDVI-ийн олон жилийн өөрчлөлтийн хандлагыг үнэлэх зорилгоор

Sen's Slope тестийг хэрэглэсэн бөгөөд үр дүнд жил бүрийн зуны улиралд NDVI 0.0037 нэгжээр өссөн үзүүлэлттэй байв. Энэ нь эерэг чиглэлийн, өсөлтийн тренд илэрч буйг харуулж байгаа боловч өөрчлөлтийн хэмжээ бага байгаа нь ургамалжилтын эрчимтэй өөрчлөлт гараагүйг илтгэнэ. Өөрөөр хэлбэл, NDVI-ийн энэ мэт бага хэмжээний өсөлт нь судалгааны бүсийн ургамлын ногоон бүрхэвчийн төлөв байдал тогтвортой, өөрчлөлт удаан явагдаж буйг харуулж байна.



Зураг 13. NDVI-ийн өөрчлөлтийн хурд (2000-2024)

Энэхүү үр дүн нь Mann-Kendall тестийн үр дүнтэй нийцэж байгаа бөгөөд уг тестээр гарсан P -утга (0.9814) нь өсөлт санамсаргүй хэлбэлзлийн шинж чанартай байж болзошгүйг илэрхийлж бөгөөд өөрөөр хэлбэл тодорхой шалтгаантай, тогтвортой өсөлт бус болохыг илтгэнэ.

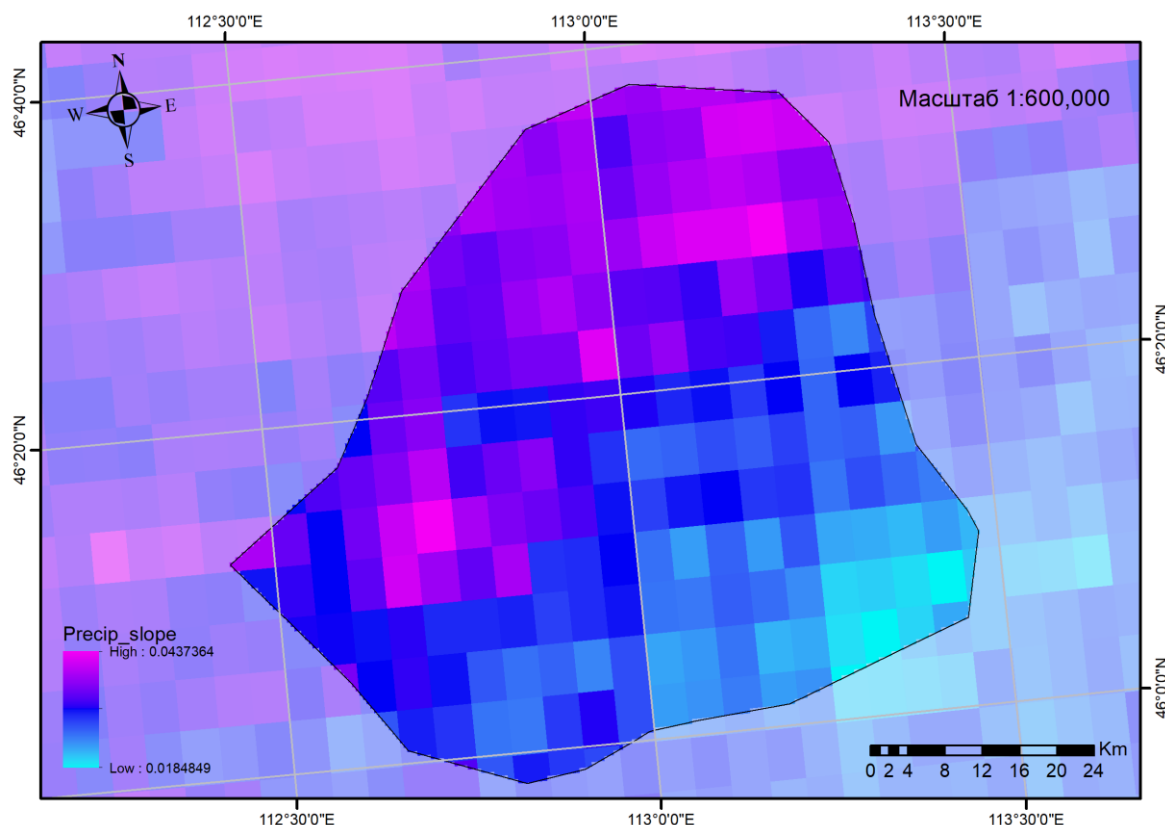
Мөн энэхүү бага хэмжээний өсөлт нь уур амьсгалын зарим хүчин зүйл, тухайлбал хур тунадасны хэмжээтэй уялдаатай байж болох хэдий ч ургамлын хариу үйлдэл (NDVI-д илрэх өөрчлөлт) харьцангуй сул байгааг мөн илтгэнэ.

Хүснэгт 3. Өөрчлөлтийн хурдны шинжилгээ (2000-2024)

Үзүүлэлт	Хандлагын чиглэл	Хандлагын эрчим (Slope)	Ач холбогдол
NDVI	Өсөлттэй	Бага (0.0037)	Бараг өсөлтгүй байгаатай адил үзүүлэлт
Хур тунадас	Өсөлттэй	Илүү өндөр (0.0296)	Маш бага утгаар өсөлттэй байна

Судалгааны бүс нутагт уур амьсгалын өөрчлөлтийн нөлөөг илүү тодорхойлохын тулд хур тунадасны хандлагыг Sen's Slope тестээр үнэлэхэд жил бүрийн зуны улиралд 0.0296 мм-ээр өссөн үзүүлэлттэй гарсан. Энэ нь NDVI-ийн жилийн өөрчлөлтийн хурд болох 0.0037 нэгжтэй харьцуулахад ойролцоогоор 8 дахин өндөр утгатай байна. Ийнхүү хур тунадасны хандлага NDVI-аас илүү эрчимтэй, эерэг чиглэлтэй өөрчлөлттэй байгааг илтэхийг хажуугаар хоорондын хамаарал сул ($r \approx 0.12$) байгааг илгэнэ.

Энэхүү ялгаа нь зөвхөн хур тунадасны хэмжээнээс хамаарахгүй, харин ургамалжилтад нөлөөлөх бусад хүчин зүйлсийн нөлөөг харуулж байгаа юм. Тухайлбал, хөрсний ус даах чадвар, гадаргын температурын хэлбэлзэл, хөрсний шинж чанар зэрэг нь ургамалжилт хэрхэн хариу үзүүлэхэд шууд нөлөө үзүүлж байж болзошгүй. Эдгээр хүчин зүйлс хур тунадасны эерэг хандлагыг “шингээж”, NDVI-д мэдэгдэхүйц өсөлт илрэхгүй байх нөхцөлийг бүрдүүлж байгаа болно.

**Зураг 14.** Хур тунадасны өөрчлөлтийн хурд (2000-2024)

Энэхүү судалгаа нь уур амьсгалын өөрчлөлтийн ургамалжилтад үзүүлж буй нөлөөг үнэлэхдээ зөвхөн ганц хувьсагч (NDVI) бус олон эх үүсвэрээс авсан уур амьсгалын өгөгдөл (хур тунадас, гадаргын температур) болон хандлага тренд

шинжилгээ (Mann-Kendall, Sen's Slope) хослуулан хэрэглэсэн нь үнэлгээний нарийвчлал, баталгааг нэмэгдүүлсэн. Мөн судалгааны бүс нь хүний үйл ажиллагаа харьцангуй бага явагддаг хээрийн бүс нутаг

байсан нь байгалийн хүчин зүйлсийн цэвэр нөлөөг ялган таних боломжийг бүрдүүлсэн.

Харьцуулсан шинжилгээний хүрээнд хур тунадасны өсөлт нь ургамалжилтын өсөлттэй шууд пропорциональ хамааралгүй байж болзошгүйг тодорхойлж, цаашид уур амьсгалын хариу үйлдлийг олон хүчин зүйлийн уялдаа холбоонд тулгуурлан судлах шаардлагатайг харуулж байна. Түүнчлэн энэхүү хандлага шинжилгээ нь уур амьсгалын өөрчлөлтийн нөлөөг богино хугацааны хэлбэлзлээс ялган таньж, урт хугацааны чиг хандлагыг тодорхойлох арга зүйн хувьд үр дүнтэй болохыг нотолж байна.

Дүгнэлт

Энэхүү судалгаагаар Монгол орны зүүн хээрийн бүсийн төлөөлөл болох Сүхбаатар аймгийн Халзан сумын 2000–2024 оны зуны улирлын уур амьсгалын үзүүлэлтүүд болох NDVI, гадаргын температур, хур тунадасны өөрчлөлтийг хиймэл дагуулын өгөгдөлд тулгуурлан үнэлэх замаар уур амьсгалын өөрчлөлтийн орон зайн болон цаг хугацааны хандлагыг илрүүлэхийг зорьсон.

Судалгаанд Google Earth Engine (GEE) платформыг ашиглан MODIS болон CHIRPS өгөгдлүүдийн суурин дээр NDVI ба хур тунадас, гадаргын температурын улирлын дундаж утгуудыг тооцоолж, Mann-Kendall болон Sen's Slope тестээр урт хугацааны хандлагыг үнэлж, харилцан хамаарлыг Пирсоны корреляцаар тогтоолоо.

NDVI ба хур тунадасны хооронд сул эерэг хамаарал ($r = 0.12$) ажиглагдсан бөгөөд NDVI-ийн өөрчлөлт нь статистикийн хувьд ач холбогдолгүй ($P = 0.9814$, Sen's slope = 0.0037) байв. Харин хур тунадасны Sen's slope нь 0.0296 гарч, 8 дахин илүү өсөлттэй байгааг харуулсан нь ургамалжилтын хариу үйлдэл харьцангуй сул байгааг илтгэж байна.

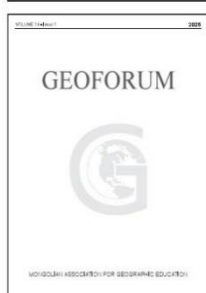
Өмнөх судалгаанууд ихэвчлэн NDVI-ийн өөрчлөлтийг тусгаарлан авч үздэг байсан бол энэхүү судалгаа нь хур тунадас, гадаргын температур зэрэг үзүүлэлттэй уялдуулан шинжилсэн нь гол давуу тал болж байна. Мөн Google Earth Engine (GEE)

платформыг ашигласнаар том хэмжээний газар нутгийг хамарсан, урт хугацааны (2000–2024) өгөгдлийг богино хугацаанд боловсруулж, орон зайн нарийвчлалтай үнэлгээ хийх боломжийг бүрдүүлсэн. Энэ нь уламжлалт газрын тандалт аргаас илүү өргөн цар хүрээтэй, илүү хямд, хүртээмжтэй арга зүй болохыг харуулж байна.

Судалгаанд зөвхөн зуны улирлын дундаж утгуудыг ашигласан бөгөөд улирлын доторх хэлбэлзэл, хөрсний чийг, агаарын температурын нарийн нөлөөг тусгайлан авч үзээгүй. Цаашдын судалгаанд ургамлын төрөл зүйл, хөрсний онцлог, бэлчээрийн ашиглалт, хүний болон малын нөлөөлөл зэрэг хүчин зүйлсийг хамарсан иж бүрэн үнэлгээ хийх шаардлагатай. Мөн хиймэл дагуулын өгөгдлийн үнэн зөвийг газар дээрх хэмжилт буюу цаг уурын станцын мэдээгээр баталгаажуулах нь үр дүнг сайжруулах чухал алхам юм. Үүнээс гадна, ирээдүйн уур амьсгалын өөрчлөлтийг урьдчилан тооцоолох (жишээлбэл: 2050 он хүртэл) загварчлал хийх нь хээр бүсийн ургамалжилтын ирээдүйн төлөвийг тодорхойлоход ач холбогдолтой юм.

Ашигласан ном зүй

- Батчулуун, Е. (Ред.). (2020). *Монгол орны физик газарзүй*. Улаанбаатар: Мөнхийн үсэг ХХК.
- Доржготов, Д (Ред.). (2009). *Монгол улсын Үндэсний атлас*. Улаанбаатар: Газарзүйн хүрээлэн, ШУА.
- Батчулуун, Е., Уранчимэг, Г. (2024). *Цэнхэр дэлхий, ногоон амьдрал: Уур амьсгалын өөрчлөлтийн боловсрол*. Улаанбаатар: Мөнхийн үсэг ХХК.
- Жигжидсүрэн, С. (2012). *Монгол орны уур амьсгалын өөрчлөлт ба нөлөөлөл*. Улаанбаатар: ШУА.
- Мөнхдулам, О., Авирмэд, Э., Сайнбаяр, Д. (2017). Хиймэл дагуулын мэдээ болон цаг уурын ажиглалтын мэдээнд суурилсан монгол орны био-уур амьсгалын чадавхын үнэлгээ. *Proceedings of the Mongolian Academy of Sciences*, 57(3), 5–20. Улаанбаатар: ШУА-ийн Газарзүй-Геоэкологийн хүрээлэн. <http://doi:10.5564/pmas.v57i3.885>
- Санжмятав, З. (2007). *Монгол орны байгалийн газарзүй*. Монгол улсын боловсролын их сургууль. Улаанбаатар: ШМЭ ХХК. 204 хуудас.
- Түвдэндорж, Д., Мягмаржав, Б. (Ред.). (1985). *БНМАУ-ын уур амьсгал гадаргын усны нөөцийн атлас*. Улаанбаатар.
- Цэгмид, Ш. & Воробьев (Ред.). (1990). *БНМАУ-ын Үндэсний Атлас*. Улаанбаатар, Москва: Монгол улсын ШУА, СССР-ийн ШУА. [монгол, орос хэл дээр].
- Gorelick, N., Hancher, M., Dixon, M., Ilyushchenko, S., Thau, D., Moore, R. (2017). Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. *Remote Sensing of Environment*. 202(3) Pages 18-27 <https://doi.org/10.1016/j.rse.2017.06.031>
- Didan, K., Munoz, A.B., Solano, R., Huete, A. (2015). *MODIS Vegetation Index User's Guide (MOD13 Series)*. Tucson: The University of Arizona.
- Pettorelli, N. (2013). *The Normalized Difference Vegetation Index (NDVI): Satellite Remote Sensing for Ecological Monitoring*. Oxford University Press. 206 pages
- Zhang, Q., Cao, G., Zhao, M., Zhang, Y. (2025). κNDVI Spatiotemporal Variations and Climate Lag on Qilian Southern Slope: Sen–Mann–Kendall and Hurst Index Analyses for Ecological Insights. *Forest*, 16(2):307. <https://doi.org/10.3390/fl6020307>
- Wan, Z. (2013). *MODIS Land Surface Temperature Products Users' Guide (Collection-6)*. Santa Barbara: University of California https://lpdaac.usgs.gov/documents/118/MOD11_User_Guide_V6.pdf
- Forkel, M., Carvalhais, N., Verbesselt, J., Mahecha, M.D., Neigh, C., Reichstein, M. (2013). Trend Change Detection in NDVI Time Series: Effects of Inter-Annual Variability and Methodology. *Remote Sensing*, p28–29 <http://doi:10.3390/rs5052113>
- Kendall, M.G. (1975). *Rank Correlation Methods*. 4th Edition, Charles Griffin, London.



GEOFORUM JOURNAL
VOL. 16 NO. 01. 2025.
ISSN: 2617-5118



MONGOLIAN ASSOCIATION FOR
GEOGRAPHIC EDUCATION

www.geoforum.mn

XXI зууны Монгол орны нуурын судалгааны аргазүйн чиг хандлага

Methodological trends in limnological research in Mongolia in the 21st century

Э.Алтанболд^{1*}, Х.Уламбадрах², Д.Даш³, Д.Даваадорж¹, Д.Баянзул¹, Я.Гансүх⁴

¹ Laboratory of Geopedology, Department of Geography, School of Art and Sciences, National University of Mongolia, Ulaanbaatar 14200, Mongolia

² Department of Geology and Geophysics, School of Arts and Sciences, National University of Mongolia, Ulaanbaatar 14200, Mongolia

³ Department of Geography, School of Mathematics and Natural Sciences, Mongolian National University of Education, Ulaanbaatar 14191, Mongolia

⁴ Department of Ecology, Agroecology School, Mongolian University of Life Sciences, Ulaanbaatar 17024, Mongolia

Article info

Received 25 March.2025

Accepted 19 May.2025

Keywords

Lakes in Mongolia, Remote sensing of lakes, Field and laboratory methods, Lake ecosystem monitoring, Climate impact on lake systems

Corresponding author

Altanbold Enkhbold

National University of Mongolia

E-mail: altanbold@num.edu.mn

Abstract:

Lake research in Mongolia has significantly expanded in the 21st century, with methodological developments increasingly aligned with international scientific standards. This paper identifies and discusses five key methodological trends that have shaped recent lake studies in the country. First, remote sensing has emerged as a critical tool, enabling large-scale assessments of lake morphometry, surface area, water surface temperature, seasonal ice dynamics, and environmental changes in surrounding areas through the use of diverse satellite data and imagery. Second, field measurements and sample collection methods provide in situ data on the physical and chemical characteristics of lake water, including its composition, specific features, pollution sources, and influencing factors. These methods allow for detailed analyses of temporal dynamics. Third, laboratory analyses of water and sediment contribute essential paleoenvironmental and biogeochemical information, offering insights into lake origin, pollution levels, and nutrient cycling processes. Fourth, statistical and mathematical modeling techniques are increasingly applied to estimate lake water balance, evaporation, and the influence of climate and meteorological conditions. These models play a crucial role in forecasting future environmental changes. Fifth, long-term environmental and ecosystem monitoring focuses on lake biodiversity, ecological variability, and anthropogenic impacts, supporting the development of adaptive management strategies. The integration of these methodological approaches forms a robust scientific basis for the sustainable management and conservation of Mongolia's lakes.

© 2025 Author(s). This is an open access article under the CC BY-04 license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Оршил

Нуур нь эх газрын дотоодод орших, 0.1 км²-аас дээш талбайтай, янз бүрийн гарал үүсэл бүхий хотгорт тогтсон, экосистемийн онцлог бүхий хуурай газрын гадаргын усны хэлбэр юм (Gohen, 2003; Даваа, 2018; Алтанболд, Уламбадрах, 2022). Дэлхийн гадаргын 2.0%-ийг нуур эзлэх бөгөөд энэ нь нийт усны эзлэхүүний 0.1 хувьтай тэнцэнэ (Wetzel, 2001).

Байгалийн нөөцийг үндэсний эдийн засагт зохистой ашиглах шинжлэх ухаан, практикийн асуудал хурцаар тавигдаж байгаа тул нуурын судалгааны аргазүйг гүнзгийрүүлэн судалж, ойлгох нь нууруудыг цаашид байгаль орчин, экосистемийн хувьд зүй зохистой ашиглах, хамгаалах суурь нөхцөлийг бүрдүүлэхэд туслах юм.

Монгол орны нуурын судалгаа сүүлийн хорь гаруй жилийн хугацаанд илүү эрчимтэй хөгжиж, олон улсын хамтын ажиллагаа өргөжсөөр байна (Kang et al., 2015; Lehmkuhl et al., 2018; Klinge et al., 2021; Enkhbold et al., 2021; Enkhbold et al., 2022ab). Үүнийг дагаад шинэлэг арга зүйгээр хийгдсэн үр дүнгүүд хэвлэгдсээр байна (Walther et al., 2004; Robinson et al., 2011; Klinge et al., 2021; Enkhbold et al., 2021; Enkhbold et al., 2024; Walther et al., 2024). Энэхүү судалгааны үндсэн чиглэл, аргазүй нь нуурын геоморфологи, усзүй, уур амьсгалын нөлөөлөл, геохими, биологийн олон янз байдал, нуурын экосистемийн өөрчлөлт болон хүний үйл ажиллагааны нөлөөлөл зэрэг олон салбарыг хамардгаараа онцлог юм.

Монгол орны нуур судлалын чиг хандлага нь зөвхөн усны түвшний өөрчлөлтөд төвлөрөхөөс гадна, нуурын сав газрын байгаль орчны тогтвортой байдал, биологийн олон янз байдал, уур амьсгалын нөлөөлөл зэрэг өргөн хүрээг хамрах болжээ. Түүнчлэн, орчин үеийн судалгааны үр дүнг практикт нэвтрүүлж, усны менежмент, байгаль орчны тогтвортой байдлын

хамгааллын бодлогод тусгах шаардлага улам нэмэгдэж байна. Судалгааны чиглэл өргөжин тэлж, уур амьсгалын өөрчлөлтийн нөлөөг тодорхойлох, экосистемийг үнэлэх, хүний үйл ажиллагааны улмаас үүсэж буй эерэг, сөрөг өөрчлөлтүүдийг судлах зэрэг асуудал чухал байр суурь эзлэх болжээ.

Монгол орны нуур нь байгаль орчин, экосистемийн чухал бүрэлдэхүүн хэсэг бөгөөд орон нутгийн болон бүс нутгийн экологийн тэнцвэрт байдал, усны нөөц, байгаль орчны чадавхи зэрэгт ихээхэн ач холбогдолтой (Kang et al., 2015; Dorjsuren et al., 2024). Нуурын судалгаа нь олон төрлийн шинжлэх ухааны арга зүй, технологи ашиглан хийгддэг бөгөөд эдгээр нь нуурын хурдас хуримтлалын задлан шинжилгээ, эргийн динамик өөрчлөлт, усны найрлага, шинж чанарын өөрчлөлт, биологийн болон химийн бохирдол, нуурын экосистемд үзүүлэх хүний нөлөө, цаашлаад байгаль орчны тэнцвэрт байдалд нөлөөлөх олон асуудлыг гүнзгийрүүлэн судлах боломж олгодог онцлогтой юм (Klinge & Sauer, 2019).

2000-аад оноос хойш Монгол орны томоохон нуурын талбай буурах, усны чанар доройтох үзэгдэл эрчимжиж, энэ нь судлаачдын анхаарлыг ихээр татах болсон (Robinson et al., 2011; Kang et al., 2015; Пүрэвдагва, 2022; Sumiya et al., 2020; Klinge et al., 2021; Walther et al., 2024; Enkhbold et al., 2025). Тухайлбал, Увс, Хотон, Өгий, Хөх, Намир, Тэрхийн Цагаан, Орог зэрэг нуурын талбай сүүлийн 20 гаруй жилийн хугацаанд мэдэгдэхүйц хэмжээгээр буурах хандлага ажиглагдсан нь нуурын экосистемийн тэнцвэрт байдалд сөргөөр нөлөөлж болзошгүйг тодорхойлжээ (Kang et al., 2015; Walther et al., 2024). Эдгээр өөрчлөлтийн суурь шалтгаан нь уур амьсгалын өөрчлөлт, ялангуяа агаарын дундаж температурын өсөлт ба хур тунадасны хэлбэлзэл (Дуламсүрэн, 2022), мөн бэлчээрийн талхагдал, аялал жуулчлалын ачаалал

нэмэгдэлт, нуур орчмын газрын ашиглалтын зохисгүй байдал зэрэг хүний үйл ажиллагаатай шууд холбоотой болох нь сүүлийн үеийн судалгаагаар тогтоогдож байна (Sumiya et al., 2020; Walther et al., 2024; Dorjsuren et al., 2024; Enkhbold et al., 2025).

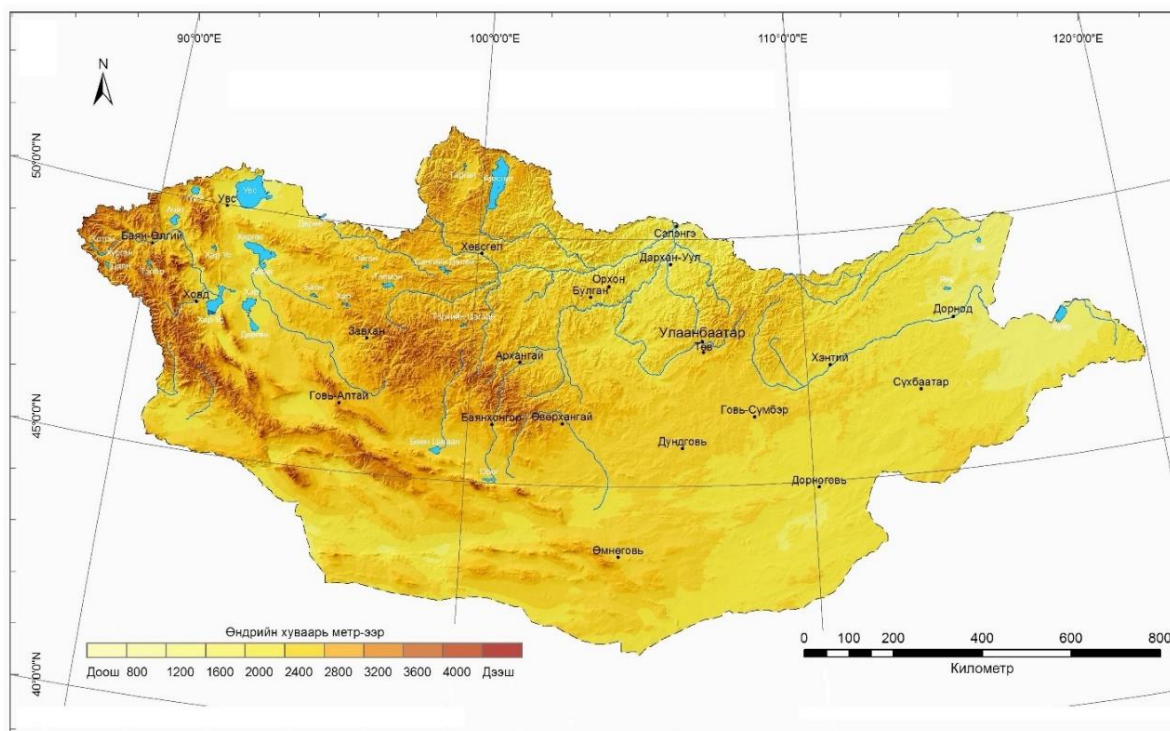
XXI зууны нуурын судалгааны чиг хандлага нь олон салбарын үр дүнг нэгтгэсэн судалгааны арга зүйг түлхүү ашиглахад чиглэж байна. Тухайлбал, геоморфологийн хурдасны ба морфометрийн шинжилгээ, усны физик-химийн найрлагын шинжилгээ, нуурын биологийн олон янз байдал, бохирдлын түвшин зэрэг олон хүчин зүйлсийг хамарсан цогц судалгааны аргачлалуудыг нэвтрүүлж, нуурын экосистемийн үйл явц, түүний өөрчлөлт болон хүний үйл ажиллагааны нөлөөг илүү нарийвчлалтай үнэлэх болжээ. Үүнтэй уялдан, сансрын зураглалд тулгуурласан зайнаас тандан судлалын индексүүдийн тооцоо, хурдасны ба усны изотопын дүн шинжилгээ зэрэг орчин үеийн дэвшилтэт арга зүй, техник хэрэгслүүдийг нуурын судалгаанд өргөнөөр ашиглах болсон нь цаг хугацааны хувьд илүү үр ашигтай, олон хэмжигдэхүүнт дүн шинжилгээ хийх нөхцөлийг бүрдүүлж байна. Иймд энэхүү өгүүлэлд нуур судлалын сүүлийн үеийн судалгааны арга зүйн хөгжил, түүний онцлог болон ач холбогдлыг тусгав. Энэ нь газарзүйн судалгааны орчин үеийн чиг хандлагатай уялдах, шинжлэх ухааны үнэлэмжийг дээшлүүлэх ач холбогдолтой юм.

Тиймээс энэ өгүүлэлд Монгол орны нуурын судалгааны орчин үеийн аргазүйн чиг хандлагуудыг тоймлон, тэдгээрийн үр нөлөө, бодит хэрэглээг нарийвчлан тодорхойлохыг зорилоо.

Судалгааны талбай

Монгол орон Төв Азийн төвд харьцангуй өндөрлөг газрын гадаргатай, өргөргийн дагуу сунаж тогтсон онцлог байршилтай (Цэрэнсодном, 2000; Yembuu, 2021a). Монгол орны байгалийн гол онцлог нь Сибирийн өмнөд уулсаас төв азийн тал хээр, говь цөлд шилжих шилжилтийн мужид, умард зүгийн хүйтэн чийглэг уур амьсгалаас өмнө зүгийн хэт хуурай уур амьсгалын шилжилтийн нөхцөлд бүрэлдэн тогтсон нь нууруудын байршил, усзүйн горимд шууд нөлөөлсөн байдаг (Цэгмид, 1969; Цэрэнсодном, 1971; Enkhbold et al., 2024).

Монгол орны нуурууд нутгийн баруун талд уулс хоорондох томоохон хотгоруудыг дагаж баруун хойноос зүүн урагш сунаж тогтсон бөгөөд энэхүү хотгорыг дагаж Монгол орны томоохон нуурын системүүд бүрэлджээ (Цэрэнсодном, 2000; Yembuu, 2021a). Монгол орон 3000 орчим нууртай бөгөөд усны нөөцийн 80 гаруй хувийг нуурын ус эзэлдэг (Цэрэнсодном, 2000). Эдгээр нууруудаас 20 км² буюу түүнээс дээш талбай бүхий 30 гаруй нуур бий (Цэрэнсодном, 2000; Алтанболд & Уламбадрах, 2022). Нутгийн баруун хэсэгт төвлөрөн байрладаг боловч нутгийн хойд, өмнөд, зүүн хэсэгт том, жижиг нуурууд ерөнхийдөө жигд тархжээ (Зураг 1).



Зураг 1. Монгол орны 20 км²-аа дээш талбайтай нууруудын байршил
Эх сурвалж: Монгол Улсын Үндэсний Атлас, 2022

Монгол орны нуурууд нь д.т.д 560-2500 метрийн өндөрт тархан оршдог (Цэгмид, 1969; Цэрэнсодном, 1971). Ихэнх нууруудын байршил ялангуяа баруун Монголын нууруудын гол онцлог нь гадагш урсгалгүй ай савд хамаарах ба төв азийн ус хураах томоохон савуудын нэг болдог (Цэрэнсодном, 1971; Цэрэнсодном, 2000). Монгол орны хуурай, хагас хуурай, сэрүүн уур амьсгалын горим нь нуурын усны шинж чанарт тусгалаа олсон байдаг (Yembuu, 2021b). Нууруудын эрдэсжилтээр нь давстай нуурууд нь харьцангуй нам хөндий, хотгорууд дагаж байршсан бол цэнгэг нуурууд нь уулархаг нутагт тархсан онцлогтой. Монголын нуурууд нь байгаль орчин, аялал жуулчлал, экосистем, биологийн төрөл зүйлийн хувьд ач холбогдолтой нөөц юм (Tugjamba, 2024).

Монгол орны нуурууд нь янз бүрийн гарал үүсэлтэй хотгорт тогтсон онцлогтой байна. Тодруулбал ихэнх томоохон нуурууд тектоникийн хотгорт хамаарагддаг онцлогтой (Enkhbold et al., 2021; Алтанболд & Уламбадрах, 2022). Түүнчлэн Монгол Алтай, Хангай, Хэнтийн нуруунд

мөстлөгийн, Говь-Алтайн нуруунд хүндийн хүчний, Хангайн нуруунд галт уулын гаралтай нуурын хотгор, Дархадын хотгорт цэвдгийн гаралтай хотгорууд, Орхон, Сэлэнгэ мөрний хөндийд урсгал усны гаралтай хотгорууд, Баруун Монголын болон говийн бүс нутагт салхины гаралтай хотгорт нуурууд зонхилон тогтсон байна. Харин сүүлийн жилүүдэд хүний гаралтай Говь-Алтайн Тайшир суманд Гэгээн нуур бий болсон байна (Алтанболд & Уламбадрах, 2022; Enkhbold et al., 2025).

Судалгааны материал, аргазүй

Энэ судалгаанд <https://scholar.google.com/> санд бүртгэгдсэн Монгол орны нуурт суурилсан судалгаануудыг голлох түлхүүр үгнүүдээр хайлт хийж өгөгдлийн сангаа бүрдүүлсэн. Энэ санд хуримтлагдсан өгүүлүүдийн тухайлсан аргазүйг тодруулж тэдгээрийг харьцуулах, задлан шинжилгээ хийх, нэгтгэн дүгнэх замаар нуурын судалгааны аргазүйн чиглэлд тойм шинжилгээ хийв.

Судалгааны үр дүнгээ гаргахдаа харьцуулсан шинжилгээний зарчмыг

баримталсан. Харьцуулсан шинжилгээний аргаар хоорондоо уялдаатай хэд хэдэн чухал үүргийг гүйцэтгэж, шинжлэх ухааны тодорхой давуу талуудыг үүсгэдгээрээ онцлог өгөгдлийн нэгдсэн дүн шинжилгээ хийхэд чиглэдэг (Rihoux, 2006). Харьцуулсан шинжилгээнд ижил ба ялгаатай байдлыг тодруулах, функциональ ба ангилсан харьцуулалт хийх, үндэслэлтэй тайлбар, нотолгоо хийх, баталгаажуулсан таамаглал гаргах зарчмыг баримталсан (Ragin, 2014; Esser & Vliegthart, 2017). Газарзүйн судалгаанд орон зай, цаг хугацааны хувьд өөрчлөгдөж ирсэн өгөгдлийг харьцуулж дүгнэх нь чухал асуудал байдаг (Losos & Glor, 2003). Тоон болон чанарын өгөгдлүүдийг хооронд нь харьцуулснаар хоёрдогч дүн шинжилгээний үр дүнг гарган авдаг (Rihoux, 2006; Kolb, 2012). Энэ судалгаанд цаг хугацааны (S) болон чанарын өгөгдөл (N) хооронд нь харьцуулах замаар харьцуулан задлан шинжилгээ хийж, тухайлсан чиглэлийн аргазүйн дүн шинжилгээг хийв.

Судалгааны үр дүн

Нуурын зайнаас тандан судалгаа: Сансрын зайн тандан судалгаа нь XXI зууны нуурын судалгаанд чухал үүрэг гүйцэтгэж байна. Орчин үед хиймэл дагуул, дрон, агаарын зураглалын мэдээллийг ашиглан нуурын хэлбэр, усны физик чанар, орчны өөрчлөлт, усзүйн горим, нөхцөл зэргийг өргөн хүрээтэй, хугацааны хувьд давтамжтайгаар судлах үр дүнтэй арга болон хөгжиж байна (Cretaux et al., 2023).

Хиймэл дагуулын зураглал, дижитал өндрийн загвар (DEM) болон Газарзүйн мэдээллийн систем (GIS)-ийг ашиглан нуурын батиметрийн болон морфологи дүрсзүйн өөрчлөлт, усны түвшний болон эргийн шугамын өөрчлөлт, нуур орчмын газар ашиглалттай холбоотой өөрчлөлт зэрэг үзүүлэлтүүдийг цаг хугацааны интервалтай тогтмол хянах боломжийг олгох болжээ. Энэ аргазүй нь том талбайтай нуурын хэлбэлзэл өөрчлөлтийг хамарсан судалгаанд үр дүнтэй

бөгөөд цаг хугацааны хувьд богино хугацаанд их өгөгдлийг цуглуулах, боловсруулах боломжтой аргазүй юм (Awange, 2021). Энэ аргазүйд суурилсан төрөл бүрийн эх үүсвэрээр авсан сансрын зураглалд дүн шинжилгээ хийх, нуурын хэлбэлзэл өөрчлөлтөд нөлөөлж буй хүчин зүйлсийг тодорхойлоход чухал ач холбогдолтой арга технологи юм. Гэвч, аливаа зайнаас зайн судалгааны тооцоонд шинжилгээний нарийвчлал болон байгаль орчны өөрчлөлтүүдийн нөлөөлөл зэрэг хүчин зүйлсийг анхаарах шаардлагатай юм (Dong, 2018).

Монгол орны нуурын судалгаанд 1990 оноос өмнө нуурын талбайн болон гүний хэмжилтийг хээрийн судалгаа болон байрзүйн зураглалын материалд төвлөрч ашиглаж байв. Харин 2000 он гарснаар сансрын зураглалын материалд тулгуурлан судлахад чиглэж эхэлжээ (Enkhbold et al., 2022a).

Орчин үед хиймэл дагуул (Landsat, Sentinel, MODIS)-ын өгөгдөл нь нуурын хэлбэрийн өөрчлөлт, шинж чанар, усны түвшний хэлбэлзэл зэргийг судлахад өргөн ашиглаж байна. Дрон (UAV, Drone)-ы ашиглалт нь нуурын эргийн болон нуур орчмын ландшафтыг нарийвчлалтай зураглахад ашигладаг. Агаар (Airborne Sensors)-ын онгоцноос авах гэрэл зураглал болон “LiDAR”-ын зургууд, бусад түүнтэй ижил төстэй зураглалын хэрэгслүүд нь нуурын орчны 3-н хэмжээст зураглал, усны чанарыг шинжлэхэд өргөн ашиглаж байна. Монголд нуурын талбайн өөрчлөлтийг зайнаас тандан судлалын арга ашиглан тооцож судалсан анхны судалгаанууд 2000-аад оны дунд үеэс эхэлсэн бөгөөд ялангуяа “Landsat” болон “MODIS” иймэл дагуулын зургийн өгөгдөлд суурилсан судалгаанууд хийгдэж 2010 оноос хойш улам нэмэгдсэн байдаг. Тухайн сансрын зураглалын материалад тулгуурлан Монгол орны бараг ихэнх томоохон нууруудын талбайн өөрчлөлтийг тодорхойлж түүнд нөлөөлөгч хүчин зүйлсийг тодорхойлсон байдаг (Robinson,

2011; Kang et al., 2015; Szumińska, 2016; Kang & Hong, 2016, Sumiya et al., 2020; Enkhbold et al., 2024).

Монголд “GIS”-ийн техник хангамжид суурилсан нуурын талбайн өөрчлөлтийн судалгаа сүүлийн 15-20 жилд эрчимтэй хөгжиж, зөвхөн томоохон нууруудаас гадна ширгэдэг жижиг нууруудын судалгаа ч нэмэгдэж байна. Ус цаг уур, орчны судалгаа, мэдээллийн хүрээлэн (2021)-гээс Монгол орны нууруудын талбайн бууралт, татралт ширгэлтийн орон зайн тархалтыг сансрын зургийн өгөгдөлд тулгуурлан тооцоолсон байдаг. Энэ тооцоонд 0.1-1 км² талбайтай

670 орчим нуур, 1-5 км² талбайтай 140 орчим нуур, 5-10 км² талбайтай 22 нуур, 10-20 км² талбайтай 4 нуур татарч ширгэсэн тооцоо хийжээ. Энд 0.1-5 км хүртэлх 800 гаруй нууруудын ихэнх нь Монгол орны хээр, говь цөлийн бүсэд орших хур тунадасны нөлөөгөөр сэргэж, ууршилтын нөлөөгөөр татарч, ширгэдэг нуурууд зонхилж байгааг зурагласан байдаг.

Монголд зайнаас тандан судалгааны өгөгдөлд суурилсан усны индексүүдийн арга түлхүү хэрэглэгдэж байгаа бөгөөд эдгээрээс голлон хэрэглэдэг усны индексүүдийг үзүүлэв (Хүснэгт 1).

Хүснэгт 1. Нуурын талбайн тооцоонд өргөн хэрэглэгддэг усны индексүүд

№	Монгол нэр	Англи нэр	Өгөгдлийн эх сурвалж	Давуу тал
1	Усны нормчилсон индекс	NDWI (Normalized Difference Water Index)	Landsat, MODIS, Sentinel-2	Усыг ногоон ургамлаас ялгаж тооцоолоход илүү тохиромжтой
2	Усны нормчилсон индекс (Шинэчилсэн хувилбар)	MNDWI (Modified NDWI)	Landsat, Sentinel-2	Хот суурины бүсэд усан гадаргыг илүү сайн ялгадаг онцлогтой
3	Усны автоматжуулсан индекс	AWEI (Automated Water Extraction Index)	Landsat 8+, Sentinel-2	Байгалийн болон хот суурины бүсэд усан гадаргыг илрүүлэх, ялгахад тохиромжтой, NDWI-аас илүү нарийвчлалтай

Хээрийн хэмжилт судалгаа: нь нуурын хэлбэр, усны чанар, хурдсын тархалт, хүрээлэн буй орчны харилцан үйлчлэлийг нарийвчлан судлах үндсэн эх сурвалж бөгөөд нуурын экосистемийн өнөөгийн төлөв байдлыг бодит хэмжилтэд үндэслэн тодорхойлох чухал арга юм (Bragg et al., 2003). Судалгааны гол чиглэлүүдэд нуурын морфометр (гүн, эзлэхүүн, талбай, эргийн хэлбэр), усны физик-химийн шинж чанар, хурдас ба биологийн дээж бэлтгэл, мөн орчны хөрсний шинжилгээ зэрэг ордог (Bhateria & Jain, 2016). Нуурын хээрийн хэмжилт судалгаанд хурдасны өрөмдлөгийн дээж, усны дээжнээс химийн найрлагыг газар дээр нь тогтоох, орчны дроны зураглал хийх, GPS хэмжилт хийх, нуурын усны түвшнийг хэмжих зорилгоор репер /Rp/

тэмдэглэх, түүний үнэмлэхүй өндрийг тогтоох, нуурын усны гүний хэмжилт (Sonar эхолот, моторт завь) хийх, усны гүний дагуух температур (Hobo сенсор)-ын хуваарилалтыг хэмжих, нууруудын усан гадаргын өнөөгийн болон хамгийн их түвшин, тэдгээр хоорондын өндөр, талбайн онцлог цэгүүдийн хэмжилт голчлон хийдэг (Даваа, 2018).

Тодруулбал Монголын хамгийн гүн нуур болох Хөвсгөл нуурт ШУА-ийн Газарзүй, геоэкологийн хүрээлэнгийн судлаачдын экспедиц “Хөвсгөл нуур” атласын хүрээнд хээрийн судалгаагаар ус, хөрс, цэвдэг, ой, ургамал, амьтан, уур амьсгал, ландшафт, геоморфологи, цөлжилт, газар ашиглалт, газрын доройтлын үнэлгээг хийж байна.

Түүнчлэн Увс, Хөвсгөл, Хар-Ус, Хяргас, Айраг зэрэг томоохон нуурууд болон бусад жижиг нууруудад усны температур, pH, давсжилт, ууссан хүчилтөрөгч, фосфат, нитрат зэрэг үзүүлэлтүүдийг зөөврийн спектрофотометр ашиглан хэмжиж, дууны долгионд суурилсан багажаар нуурын гүний батиметрийг тодорхойлж, GPS болон дроны зураглалаар эргийн хэлбэр ба талбайг нарийвчлан зурагласан байдаг (Даваа, 2018; Bouchard et al., 2022).

Хээрийн хэмжилтийн үр дүнг зайнаас тандах аргаар гаргасан дүнтэй харьцуулахад тодорхой зөрүү ажиглагддаг. Тухайлбал, 2021 оны VIII сард Хяргас нуурын талбайг Sentinel-2 хиймэл дагуулын дүрслэл дээр NDWI индекс ашиглан тооцоход 1,398 км² байсан бол, ижил хугацаанд хээрийн GNSS (Global Navigation Satellite System) зураглалын хэмжилтээр 1,365 км² гэсэн дүн гарсан нь 2.3 хувийн зөрүүтэй байсныг тогтоосон (Enkhbold et al., 2025). Энэ зөрүү нь хиймэл дагуулын орон зайн нарийвчлал, үүлшил зэрэг хүчин зүйлсээс хамаардаг бөгөөд хээрийн хэмжилт нь алдааны түвшинг тодорхойлох шалгуур болдог.

Нуурын хурдасны болон усны лабораторийн шинжилгээ: Лабораторийн шинжилгээ нь үндсэндээ нуурын хурдасны болон усны химийн, биологийн найрлагыг нарийвчлан судлахад ашиглагддаг (Wang et al., 2012). Усны хүнд металл, шимт бодис, бичил биетний агууламжийг тодорхойлох нь бохирдлын эх үүсвэрийг нарийвчлан тодорхойлох боломжийг олгодог (Bhateria & Jain, 2016). Энэ арга нь усны бохирдлын талаарх мэдлэгийг гүнзгийрүүлж, байгалийн тэнцвэрийг судлахад чухал ач холбогдолтой (Yin et al., 2023).

Нуур бол палеогазарзүйн байгалийн архив бөгөөд хурдасны дээж бэлтгэл нь олон мянган жилийн уур амьсгал, байгаль орчны өөрчлөлтийг сэргээн судлах боломжийг олгодог (Lehmkuhl et al., 2018; Klinge et al., 2021; Walther et al., 2024). Монгол орны хэмжээнд энэхүү судалгаа нь XXI зууны эхэн үеэс эрчимжиж, Монгол орны ихэнх

нууруудаас хурдасны дээжүүдийг хээрийн судалгаагаар бэлтгэж төв Азийн уур амьсгалын палеогазарзүйн өөрчлөлтийг тодорхойлох чухал материал болгон ашигласан байдаг.

Нуурын хурдасны лабораторийн шинжилгээнд орчин үед голчлон голчон физик шинжилгээний зурвас шинжилгээ (Core logging)-ний арга нь хурдасны цөмийг судлан өнгө, ширхгийн хэмжээ, үе давхаргын онцлог шинж баримтжуулдаг. Ширхгийн хэмжээний шинжилгээ (Grain size analysis) нь хурдасны хуримтлалын орчныг тодорхойлоход чухал ач холбогдолтой. Хурдасны хуурай ба нойтон үеийн нягт тодорхойлох (Bulk density, wet/dry density) арга нь эзлэхүүн ба массын хэмжилтэд чухал үүрэгтэй аргуудыг газарзүйн салбарт өргөн ашиглаж байна.

Нуурын усны геохимийн шинжилгээнд хамаарах органик ба органик бус нүүрстөрөгч тодорхойлох (TOC, TIC, TC) аргууд, ICP-MS (Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry) арга, Органик бодисын спектроскопи (FTIR – Fourier Transform Infrared Spectroscopy) аргууд буюу бичил элементийн нарийвчилсан шинжилгээг химийн салбарт, Молекул биомаркерийн шинжилгээ (Lipid biomarkers, alkenones, GDGTs)-ний арга, Элементийн найрлага (XRF – X-ray fluorescence)-ын аргаар усанд агуулагдах үндсэн болон бичил элементүүдийн тархалт, органик бодисын эх үүсвэрийг судлах нь биологийн салбарт түлхүү ашиглаж байна.

Изотопын шинжилгээ ($\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$, Pb, Sr)-ий голлох эртний уур амьсгалын судалгааны аргууд, Биогеник бүрэлдэхүүн (diatom, pollen)-ийг микрофоссилын шинжилгээг ашиглаж байна. Энд зарим судалгааг онцолбол Хотон нуур, Увс нуурын хурдасны диатомын шинжилгээгээр бүс нутгийн палеогазарзүйн динамик өөрчлөлтийг (Tarasov et al., 1999; Rudaya et al., 2009), Тэлмэн, Тэрхийн Цагаан нуурын хурдасны шинжилгээгээр ойт хээрийн бүс нутгийн

ландшафтын өөрчлөлтийг (Peck et al., 2002; Fukushima et al., 2015) ургамлын үр тоосонцорын болон цахиурлаг замгийн үлдэгдэлд тулгуурлан ихэвчлэн голоцены үеийн палеогазарзүйн өөрчлөлтийн хувьслын динамик зүй тогтлыг илрүүлэхэд ашиглаж байна.

Хурдасны нас тогтоох радиокарбоны (^{14}C) органик материалын нас тодорхойлох аргаар Хүйсийн Найман нуур (Tian et al., 2013), Хөвсгөл нуур (Prokopenko et al., 2007), Хотон нуур (Rudaya et al., 2009), Даян нуур (Bliedtner et al., 2021), Дархадын хотгорын нуурууд (Gillespie et al., 2008)-ын хурдаст тулгуурлан төв азийн эртний уур амьсгалын динамик өөрчлөлт, их, бага мөстлөгийн үйл явцын нөлөө, усзүйн хэлбэлзэл, ландшафтын өөрчлөлт зэргийг тодорхойлжээ.

Хурдасны нас тогтоох OSL (Optically Stimulated Luminescence)-ийн аргаар нуурын элсэн гаралтай хурдсанд агуулагдах кварцын мөхлөгт шингэсэн нарны энергийн шинжилгээгээр хурдас хуримтлалын насыг 120 мянган жил хүртэлх хугацааны хэлбэлзэл, өөрчлөлтийг тогтоож байна. Энэ аргаар ихэвчлэн усзүйн болон уур амьсгалын өөрчлөлт нууруудын хэмжээнд үзүүлэх нөлөөллийг түлхүү авч үздэг арга юм. Монголын говийн Орог, Бөөн Цагаан, Адгийн Цагаан, Улаан нуурууд (Lee et al., 2013; Nottebaum et al., 2022; Ganbat et al., 2023), Монгол Алтайн Хотон, Хурган, Даян (Lehmkuhl et al., 2016), Дархадын хотгорын нуурууд (Gillespie et al., 2008), Хэнтийн Хагийн хар (Oh et al., 2019) зэрэг нууруудад энэ аргаар судалгаанууд хийгдэж хэвлэгдсэн байна.

Түүнээс гадна сүүлийн жилүүдэд ^{10}Be , ^{36}Cl зэрэг нас тогтоох аргуудаар нуурын хурдасны лабораторийн шинжилгээ хийж бусад аргуудтай харьцуулсан үр дүнгүүдийг Тэрхийн Цагаан нуурын судалгаанд ашигласан байна (Kim et al., 2024).

Статистик болон математик загварчлал: Нуурын судалгаанд статистик болон

математик загварчлалын аргазүй нь нууртай холбоотой тоон үзүүлэлтүүдийг хооронд нь шинжилж орчны уялдаа хамаарлыг тодруулах, урьдчилан таамаглах, орчны өөрчлөлтийг загварчлахад маш чухал үүрэгтэй (Piccolroaz et al., 2024). Энэхүү аргазүйг нуурын усны физик, хими чанар, дүрсзүй, хурдасны хуримтлал, палеогазарзүйн хувьсал, усзүйн горимын өөрчлөлтийг илрүүлэх, уур амьсгалын нөлөөллийг илрүүлэх, нуурын экосистемийн динамик өөрчлөлтийн хамаарлыг тодруулахад өргөн ашиглаж байна (Ozdemir et al., 2023). Орчин үед голчлон нуурын усны хэлбэлзлийг уур амьсгалын нөлөөллийг загварчлахад ашиглаж байна (Hamid et al., 2023). Нуурын судалгаанд чиг хандлагын шинжилгээний аргууд (Mann-Kendall, Innovative Trend analysis, Sen's slope analysis) аргууд нь нуурын өмнөх болон ирээдүйн төлөв байдлыг урьдчилан таамаглахад голчлон хэрэглэгдэж байна. Корреляцийн болон регрессийн аргууд нь өгөгдөлд дүн шинжилгээ хийж, хүчин зүйлс хоорондын хамаарлыг тодорхойлоход чиглэж байна. Түүнээс гадна өнөөгийн нууранд суурилсан судалгаануудад хиймэл дагуулын мэдээлэлд суурилсан аналитик аргазүйг улам нарийвчлан хөгжүүлж байгаа бөгөөд энэ нь нуурын усны хэлбэлзэл, өөрчлөлтийг илрүүлэхэд чухал үүрэг гүйцэтгэсээр байна. Математик загварчлалын хувьд устай холбоотой масс болон энергийн тэнцлийн загварууд, усны чанарын загварчлал, Хурдасны хуримтлалын хурд ба нас тогтоох загвар, Машин сургалтын (machine learning) аргачлалууд нь нуурын судалгаанд ХХI зуунд түлхүү ашиглах болжээ.

Нуурын байгаль орчин, экосистемийн мониторинг: Нуурын байгаль орчин, экосистемийн мониторинг судалгаа нь нуурын амьд биетийн нөөц, амьдрах орчин, усны чанар болон тэдгээрийн цаг хугацааны өөрчлөлт, хүний нөлөөлөлд үзүүлж буй хариу үйлдлийг хянах, үнэлэх зорилготой цогц судалгаа юм (Zhou & Liu, 2022). Энэхүү

судалгааг биологийн чиглэлийн судлаачид түлхүү гүйцэтгэж нь усны чанар, биологийн олон төрөл зүйл, шим тэжээлийн бодисын эргэлт, экологийн тэнцвэр, хүн байгаль хоорондын харилцаа зэрэг олон талыг хамардагаараа онцлог юм (Heino et al., 2021). Монгол орны нууруудын биологийн олон янз байдлын өөрчлөлт болон нуурын экосистемийг тогтмол хянахад чиглэсэн чухал судалгааны чиглэл болоод байна. Энэхүү чиглэлд хийгдэж буй судалгаанууд нь усны амьтан, ургамлын бүлгэмдлийн бүтэц, тэдгээрийн улирлын болон олон жилийн өөрчлөлт, генетикийн түвшний хувьслыг хамардаг бөгөөд энэ нь нуурын экосистемийн тогтвортой байдлыг үнэлэхэд суурь мэдээлэл болдог (Takamura et al., 2017). ОХУ, БНХАУ, БНСУ, Япон, ХБНГУ болон Монгол зэрэг улс орны судлаачид олон улсын хамтарсан төсөл, судалгааны хүрээнд шинэ аргачлалуудыг ашиглан нуурын амьтны аймаг, тэдгээрийн төрөл зүйлийн бүрдэл, тархалт, хувьслыг өндөр нарийвчлалтай тодорхойлох боломжтой болж байгаа нь судалгааны шинэ чиг хандлага болон гарч ирж байна (Deiner et al., 2017; Taberlet et al., 2018). Энэ нь Монгол орны нуурын экосистемийн тогтвортой байдал, биологийн олон янз байдлыг хамгаалах стратеги боловсруулахад чухал ач холбогдолтой юм.

Хэлэлцүүлэг

Сүүлийн жилүүдэд дэлхий даяар нуурын судалгаа эрчимтэй хөгжиж, шинжлэх ухааны олон шинэ аргачлал, техник технологийн дэвшилтэй холбогдон олон шинэ чиг хандлагууд гарч ирсэн (Zhou & Liu, 2022; Yin et al., 2023; Cretaux et al., 2023). Тэр дундаа, Монгол орны нуурын усзүйн өөрчлөлт, уур амьсгалын нөлөөлөл, усны бохирдлын хүчин зүйлс, усны нөөцийн тогтвортой ашиглалт зэргийг судлах хэрэгцээ, шаардлага нэмэгдсээр байна.

Сансрын хиймэл дагуулын болон дроны зураглал ашиглан нуурын хэлбэр, усзүйн өөрчлөлтийг илүү нарийвчлан судлах чиг хандлага давамгайлж байна. Тодруулбал,

хиймэл дагуулын болон дрон зураглал ашиглах нь нуурын усзүйн өөрчлөлтүүдийг судлахад хамгийн үр дүнтэй, олон төрлийн өгөгдлийг хурдан, үнэн зөв авах боломжийг олгодог. Гэвч, Монгол орны нууруудад хийгдсэн зайнаас тандан судлалын аргазүйд суурилсан судалгаа дэлхийн түвшинтэй харьцуулахад нэлээд сул байна.

Уур амьсгал ба усны нөөцийн харилцан хамаарлын судалгаагаар орчин үеийн уур амьсгалын дулаарал, хур тунадасны хэлбэлзэл, хуурайшлын эрчим нь Монгол орны нуурын усны түвшин, чанарт нөлөөлж, энэ нь хүн ам, мал аж ахуй, хөдөө аж ахуйд ч ихээхэн нөлөө үзүүлж байгаа асуудлыг хөндсөн судалгааны чиглэлд төвлөрч байна. Тиймээс, уур амьсгалын өөрчлөлт ба усны нөөцийн харилцан хамаарлыг загварчлах судалгаанууд нь усны нөөцийн менежментийн шинэ аргуудыг бий болгоход чухал үүрэг гүйцэтгэдэг. Энэ чиглэлийн судалгаа нь Монгол орны нууруудын хувьд харьцангуй сайн хийгдсэн.

Нуурын усны чанарыг нарийвчилсан байдлаар судлахад молекул биологи, генетикийн аргуудын ашиглалтыг нэмэгдүүлж байна. Эдгээр шинжилгээ нь нуурын усны биологийн бүрдлийг илүү нарийвчлан судлах боломжийг олгодог бөгөөд энэ нь экосистем, биологийн олон янз байдлыг тодорхойлоход чухал үүрэг гүйцэтгэж байна. Монголд усанд амьдардаг ургамал, амьтдын генетик бүтцийг судалснаар усны биологийн олон янз байдлыг хамгаалах арга замуудыг боловсруулах боломжтой судалгаанууд орчин үеийн аргазүйд суурилан хийгдэх ажлууд нэлээд дэвшилттэй хийгдэж байна. Олон улсын судалгааны сүлжээнд Монгол орны нуурыг хамруулан, харьцуулсан судалгаануудыг ОХУ, ХБНГУ, БНХАУ, БНСУ, Япон зэрэг орнуудын судлаачид Монголын судалгааны байгууллагууд, их сургуулиудтай хамтран хийгдэж байна. Олон улсын судалгааны сүлжээний хүрээнд Монгол орны нуурын байгаль орчин,

экосистемийг судлах нь тэдгээрийн тусгай шинж чанар, өөрчлөлтүүдийг илрүүлэхэд чухал ач холбогдолтой болж байгааг цохон тэмдэглэх хэрэгтэй. Монголын нууруудын өөрчлөлтийг олон улсын түвшинд судлах нь зөвхөн бүс нутгийн бус, төв азийн, цаашлаад дэлхийн нуурын байгаль орчин, экосистемд үүсэж буй өөрчлөлт, асуудлуудыг тодорхойлох боломжийг олгох чухал ач холбогдолтой юм.

Монгол орны нууруудыг тогтвортой ашиглалтын чиглэлээр нуурын экосистемийг хамгаалах, нөхөн сэргээх менежментийн стратеги боловсруулах нь нуурын нөөц, экосистемийг тогтвортой ашиглах нь эдийн засгийн үр ашгийг нэмэгдүүлж, байгаль орчны тэнцвэрийг хадгалахад чухал ач холбогдолтой. Нуурын байгаль орчин, экосистемийг хамгаалах, нөхөн сэргээх, байгаль орчныг хамгаалах төлөвлөгөө боловсруулах нь ирээдүйн нөөцийн хомсдол, усны чанарын доройтлоос урьдчилан сэргийлэх боломжийг бүрдүүлэх чиглэлийн судалгааны үр дүнгүүдийг бодлого боловсруулагчид түлхүү ашиглах хэрэгцээ шаардлага тулгарсаар байна. Үндсэндээ энэ чиглэлийн судалгаанууд нь олон нийт, засгийн газрын түвшинд хамтын ажиллагааг сайжруулахад чиглэнэ.

Дүгнэлт

2000-аад оноос хойш Монгол орны нуурын судалгаа эрчимтэй хөгжиж, шинжлэх ухааны шинэ аргачлалууд нэвтэрч байна. Судалгааны чиг хандлагад интеграцчилсан хандлага давамгайлж, нуурын байгаль орчин, экосистемийг бүхэлд нь үнэлэх арга зүй хэрэглэгдэх болжээ. Тодруулбал, Зайнаас тандан судалгаа, лабораторийн төрөл бүрийн чиглэлийн нарийвчилсан шинжилгээ, статистик математик загварчлалын аргазүй нь нуурын усны бүх чанар, биологийн олон янз байдлыг хянах, палеогазарзүйн болон ирээдүйн уур амьсгалын өөрчлөлтийн нөлөөг

тодорхойлох боломжийг улам бүр нэмэгдүүлж байна.

Олон улсын түвшинд Монгол орны нууранд суурилсан палеогазарзүйн судалгаа, машин сургалтын аргазүй ашиглах чиглэлүүд улам хөгжиж, манай орны нуурын судалгаанд чухал үүрэг гүйцэтгэж байна. Энэ нь нуурын байгаль орчин, экосистемийг илүү үр дүнтэй, нарийвчилсан байдлаар судлах боломжийг олгож, судалгааны үр дүнгүүд улам бүр сайжруулах боломжийг олгосоор байна.

Орчин үеийн шинэлэг судалгааны аргууд нь нуур судалгааны салбарыг илүү нарийвчлан судлах, хамгаалах, тогтвортой ашиглах шинэ боломжуудыг бий болгоход чиглэж байгаа бөгөөд орчин үеийн техник, технологийн дэвшлийг ашиглан нуурын байгаль орчин, экосистемийг хамгаалах үйл ажиллагааг улам сайжруулах боломжийг олгож байна.

Талархал

Энэхүү судалгааг ШУТС-ийн 2024-2026 онд хэрэгжүүлэх “Монгол орны нуурын геоморфологийн шинэ мужлал” сэдэвт суурь судалгааны төслийн хүрээнд гүйцэтгэв.

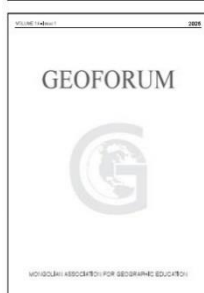
Ашигласан ном зүй

- Алтанболд, Э., & Уламбадрах, Х. (2022). *Монгол орны нуурын хотгорын гарал үүсэл, морфологи. Улаанбаатар: МУИС Пресс.*
- Даваа, Г. (2018). Газар, Сансрын мэдээлэлд тулгуурласан Монгол Орны Нууруудын усны нөөцийн үнэлгээ, Түүнд байнгын хяналт-шинжилгээ хийх боломжийн судалгаа. *Зөвлөх үйлчилгээний ажлын тайлан.* Улаанбаатар хот, 54-58.
- Доржготов, Д. (ред). (2022). Монгол орны газрын гадаргын 1: 5000 000 масштабын зураг, *Монгол Улсын Үндэсний атлас*, ШУА-ийн Газарзүй-Геоэкологийн хүрээлэн, Улаанбаатар хот, 43-49
- Дуламсүрэн, Д. (2022). Монгол орны улирлын уур амьсгалын өнөөгийн өөрчлөлт, *Уур амьсгалын өөрчлөлтийн үндэсний 4 дүгээр тайлан*, Улаанбаатар хот. 6-14
- Пүрэвдагва, Х. (2022). Усны нөөцийн нөлөөллийн үнэлгээ, *Уур амьсгалын*

- өөрчлөлтийн үндэсний 4 дүгээр тайлан, Улаанбаатар хот. 31-45
- Ус цаг уур, орчны судалгаа, мэдээллийн хүрээлэн. (2021). *Хатаж ширгэсэн нуурын байршлын мэдээлэл*. Улаанбаатар, <http://climate-service.mn/climateservice/index.php?menuitem=2&product=46>
- Цэгмид, Ш (Ред). (1969). *Монгол орны физик газарзүй*. Улаанбаатар, Монгол: Улсын Хэвлэлийн газар. х. 23-78.
- Цэрэнсодном, Ж. (1971). *Монгол орны нуур*, Улаанбаатар хот, Улсын Хэвлэлийн газар, 17-192
- Цэрэнсодном, Ж. (2000). *Монгол орны нуурын каталог (цэс)*, Улаанбаатар хот, Шувуун Саарал хэвлэлийн үйлдвэр, 55-156
- Bhateria, R., & Jain, D. (2016). Water quality assessment of lake water: a review. *Sustainable water resources management*, 2(2), 161-173.
- Bliedtnr, M., Struck, J., Strobel, P., Salazar, G., Szidat, S., Bazarradnaa, E., ... & Zech, R. (2021). Late Holocene climate changes in the Altai Region based on a first high-resolution biomarker isotope record from Lake Khar Nuur. *Geophysical Research Letters*, 48(20), e2021GL094299.
- Bouchard Jr, R. W., Hayford, B., & Ferrington Jr, L. C. (2022). Diversity of Chironomidae (Diptera) along a salinity gradient in lakes of the endorheic Great Lakes region of western Mongolia. *Hydrobiologia*, 849(9), 2161-2175.
- Bragg, O. M., Duck, R. W., Rowan, J. S., & Black, A. R. (2003). Review of methods for assessing the hydromorphology of lakes. In *Final report project WFD06. Scotland & Northern Ireland Forum for Environmental Research (SNIFFER)*, Edinburgh.
- Cretaux, J. F., Calmant, S., Papa, F., Frappart, F., Paris, A., & Berge-Nguyen, M. (2023). Inland surface waters quantity monitored from remote sensing. *Surveys in Geophysics*, 44(5), 1519-1552.
- Deiner, K., Bik, H. M., Mächler, E., Seymour, M., Lacoursière-Roussel, A., Altermatt, F., ... & Bernatchez, L. (2017). Environmental DNA metabarcoding: Transforming how we survey animal and plant communities. *Molecular Ecology*, 26(21), 5872-5895.
- Dong, C. (2018). Remote sensing, hydrological modeling and in situ observations in snow cover research: A review. *Journal of Hydrology*, 561, 573-583.
- Dorjsuren, B., Zemtsov, V. A., Batsaikhan, N., Demberel, O., Yan, D., Hongfei, Z., ... & Siyu, W. (2024). Trend analysis of hydro-climatic variables in the Great Lakes Depression region of Mongolia. *Journal of Water and Climate Change*, 15(3), 940-957.
- Enkhbold, A., Dingjun, L., Ganbold, B., Yadamsuren, G., Tsasanchimeg, B., Dorligjav, S., ... & Boldbayar, R. (2024). Changes in morphometric parameters of lakes in different ecological zones of Mongolia: implications of climate change. *Climate Research*, 92, 79-95.
- Enkhbold, A., Khukhuudei, U., & Doljin, D. (2021). Morphological classification and origin of lake depressions in Mongolia. *Proceedings of the Mongolian Academy of Sciences*, 35-43.
- Enkhbold, A., Khukhuudei, U., & Doljin, D. (2022a). A review of modern trends and historical stages of development of lake research in Mongolia. *Proceedings of the Mongolian Academy of Sciences*, 25-37.
- Enkhbold, A., Khukhuudei, U., Kusky, T., Tsermaa, B., & Doljin, D. (2022b). Depression morphology of Bayan Lake, Zavkhan province, Western Mongolia: implications for the origin of lake depression in Mongolia. *Physical Geography*, 43(6), 727-752.
- Enkhbold, A., Vandansambuu, B., Yadamsuren, G., Dorjsuren, B., Dorligjav, S., Gonchigjav, Y., ... & Sumiya, E. (2025). Estimation of morphometric parameters of lakes based on satellite imagery data: Implications of relationships between lakes in the arid region of western Mongolia, Central Asia. *Quaestiones Geographicae*, 44(1), 21-38.
- Esser, F., Vliegthart, R. (2017). Comparative research methods. *The international encyclopedia of communication research methods*, 1-22.
- Fukushi, K., Katsuta, N., Jenkins, R. G., Matsubara, K., Takayama, B., Tanaka, Y., ... & Kashiwaya, K. (2015). Centennial-scale environmental changes in Terhiin Tsagaan Lake, Mongolia Inferred from lacustrine sediment: Preliminary results. *Earth surface processes and environmental changes in East Asia: Records from Lake-catchment Systems*, 25-44.
- Ganbat, S., Hasebe, N., Davaasuren, D., Fukushi, K., Udaanjargal, U., Ochiai, S., ... & Shibuya, Y. (2023). Analysis of tsagaan lake sediment,

- valley of the gobi lakes, Mongolia, to determine past environmental changes and the effect of ongoing global warming. *Quaternary International*, 670, 11-23.
- Gillespie, A. R., Burke, R. M., Komatsu, G., & Bayasgalan, A. (2008). Late Pleistocene glaciers in Darhad basin, northern Mongolia. *Quaternary Research*, 69(2), 169-187.
- Hamid, M., Ying, X., Akbar, M. A., & Usman, M. (2023). Mathematical formulation and investigation of contamination in the system of lakes: A comparative study. *J. Inf. Comput. Sci.*, 18(2), 101-116.
- Heino, J., Alahuhta, J., Bini, L. M., Cai, Y., Heiskanen, A. S., Hellsten, S., ... & Angeler, D. G. (2021). Lakes in the era of global change: moving beyond single-lake thinking in maintaining biodiversity and ecosystem services. *Biological Reviews*, 96(1), 89-106.
- Kang, S., & Hong, S. Y. (2016). Assessing seasonal and inter-annual variations of lake surface areas in Mongolia during 2000-2011 using minimum composite MODIS NDVI. *PLoS One*, 11(3), e0151395.
- Kang, S., Lee, G., Togtokh, C., & Jang, K. (2015). Characterizing regional precipitation-driven lake area change in Mongolia. *Journal of Arid Land*, 7, 146-158.
- Kim, T., Seong, Y. B., Sarikaya, M. A., Jeon, Y., Enkhbold, A., Khukhuudei, U., & Binnie, S. A. (2024). Geochronological (36Cl and OSL) and geomorphic insights into the formation of Terkhiin Tsagaan Lake and Khorgo Volcano in Central Mongolia: Unravelling a pre-Holocene paleolake. *Geomorphology*, 456, 109214.
- Klinge, M., Sauer, D. (2019). Spatial pattern of Late Glacial and Holocene climatic and environmental development in Western Mongolia-A critical review and synthesis. *Quaternary Science Reviews*, 210, 26-50.
- Klinge, M., Schlütz, F., Zander, A., Hülle, D., Batkhishig, O., Lehmkuhl, F. (2021). Late Pleistocene lake level, glaciation and climate change in the Mongolian Altai deduced from sedimentological and palynological archives. *Quaternary Research*, 1-22.
- Kolb, S.M. (2012). Grounded theory and the constant comparative method: Valid research strategies for educators. *Journal of emerging trends in educational research and policy studies*, 3(1), 83-86.
- Lee, M. K., Lee, Y. I., Lim, H. S., Lee, J. I., & Yoon, H. I. (2013). Late Pleistocene-Holocene records from Lake Ulaan, southern Mongolia: implications for east Asian palaeomonsoonal climate changes. *Journal of Quaternary Science*, 28(4), 370-378.
- Lehmkuhl, F., Grunert, J., Hülle, D., Batkhishig, O., Stauch, G. (2018). Paleolakes in the Gobi region of southern Mongolia. *Quaternary Science Reviews*, 179, 1-23.
- Lehmkuhl, F., Klinge, M., Rother, H., & Hülle, D. (2016). Distribution and timing of Holocene and late Pleistocene glacier fluctuations in western Mongolia. *Annals of Glaciology*, 57(71), 169-178.
- Losos, J.B., Glor, R.E. (2003). Phylogenetic comparative methods and the geography of speciation. *Trends in Ecology & Evolution*, 18(5), 220-227.
- Nottebaum, V., Stauch, G., van der Wal, J. L., Zander, A., Schlütz, F., Shumilovskikh, L., ... & Lehmkuhl, F. (2022). Late Quaternary landscape evolution and paleoenvironmental implications from multiple geomorphic dryland systems, Orog Nuur Basin, Mongolia. *Earth Surface Processes and Landforms*, 47(1), 275-297.
- Oh, J. S., Seong, Y. B., Hong, S., & Yu, B. Y. (2019). Paleo-shoreline changes in moraine dammed lake Khagiin Khar, Khentey Mountains, Central Mongolia. *Journal of Mountain Science*, 16(6), 1215-1230.
- Ozdemir, S., Yaqub, M., & Yildirim, S. O. (2023). A systematic literature review on lake water level prediction models. *Environmental Modelling & Software*, 163, 105684.
- Peck, J. A., Khosbayan, P., Fowell, S. J., Pearce, R. B., Ariunbileg, S., Hansen, B. C., & Soninkhishig, N. (2002). Mid to Late Holocene climate change in north central Mongolia as recorded in the sediments of Lake Telmen. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 183(1-2), 135-153.
- Piccolroaz, S., Zhu, S., Ladwig, R., Carrea, L., Oliver, S., Piotrowski, A. P., ... & Zhu, D. Z. (2024). Lake water temperature modeling in an era of climate change: Data sources, models, and future prospects. *Reviews of Geophysics*, 62(1), e2023RG000816.

- Prokopenko, A. A., Khursevich, G. K., Bezrukova, E. V., Kuzmin, M. I., Boes, X., Williams, D. F., ... & Abzaeva, A. A. (2007). Paleoenvironmental proxy records from Lake Hovsgol, Mongolia, and a synthesis of Holocene climate change in the Lake Baikal watershed. *Quaternary Research*, 68(1), 2-17.
- Ragin, C.C. (2014). *The comparative method: Moving beyond qualitative and quantitative strategies*. Univ of California Press. 237-245
- Rihoux, B. (2006). Qualitative comparative analysis (QCA) and related systematic comparative methods: Recent advances and remaining challenges for social science research. *International Sociology*, 21(5), 679-706.
- Robinson, K. D., Rosenmeier, M. F., & Soninkhishig, N. (2011). Basic limnological survey of twenty-one northern and central Mongolian lakes. *Mongolian Journal of Biological Sciences*, 9(1-2), 23-38.
- Rudaya, N., Tarasov, P., Dorofeyuk, N., Solovieva, N., Kalugin, I., Andreev, A., ... & Wagner, M. (2009). Holocene environments and climate in the Mongolian Altai reconstructed from the Hoton-Nur pollen and diatom records: a step towards better understanding climate dynamics in Central Asia. *Quaternary Science Reviews*, 28(5-6), 540-554.
- Sumiya, E., Dorjsuren, B., Yan, D., Dorligjav, S., Wang, H., Enkhbold, A., ... & Girma, A. (2020). Changes in water surface area of the lake in the Steppe Region of Mongolia: A case study of Ugii Nuur Lake, Central Mongolia. *Water*, 12(5), 1470.
- Szumińska, D. (2016). Changes in surface area of the Böön Tsagaan and Orog lakes (Mongolia, Valley of the Lakes, 1974–2013) compared to climate and permafrost changes. *Sedimentary Geology*, 340, 62-73.
- Taberlet, P., Bonin, A., Zinger, L., & Coissac, E. (2018). *Environmental DNA: For biodiversity research and monitoring*. Oxford University Press.
- Takamura, N., Nakagawa, M., & Kadono, Y. (2017). Long-term monitoring of lake ecosystems in Asia: Insights for conservation. *Limnology*, 18(3), 269–281.
- Tarasov, P. E., Peyron, O., Guiot, J., Brewer, S., Volkova, V. S., Bezusko, L. G., ... & Panova, N. K. (1999). Last Glacial Maximum climate of the former Soviet Union and Mongolia reconstructed from pollen and plant macrofossil data. *Climate Dynamics*, 15, 227-240.
- Tian, F., Herzschuh, U., Dallmeyer, A., Xu, Q., Mischke, S., & Biskaborn, B. K. (2013). Environmental variability in the monsoon–westerlies transition zone during the last 1200 years: lake sediment analyses from central Mongolia and supra–regional synthesis. *Quaternary Science Reviews*, 73, 31-47.
- Tugjamba, N. (2021). Hydrography of Mongolia. In *The Physical Geography of Mongolia* (pp. 77-100). Cham: Springer International Publishing.
- Walther, M., Bernd, W., Altangerel, T. (2004). Lakes and Palaeolakes in Mongolia and Northwestern China. *The Korean Journal of Quaternary Research*, 18(2), 17-17.
- Walther, M., Kamp, U., Nandintsetseg, N. O., Dashtseren, A., & Temujin, K. (2024). Glacial Lakes of Mongolia. *Geographies*, 4(1), 21-39.
- Wang, C., Qi, Y., & Pei, Y. (2012). Laboratory investigation of phosphorus immobilization in lake sediments using water treatment residuals. *Chemical Engineering Journal*, 209, 379-385.
- Wetzel, R. G. (2001). *Limnology: lake and river ecosystems*. gulf professional publishing.
- Yembuu, B. (2021a). General geographical characteristics of Mongolia. In *The physical geography of Mongolia* (pp. 1-8). Cham: Springer International Publishing.
- Yembuu, B. (2021b). Climate and climate change of Mongolia. In *The physical geography of Mongolia* (pp. 51-76). Cham: Springer International Publishing.
- Yin, H., Yin, P., & Yang, Z. (2023). Seasonal sediment phosphorus release across sediment-water interface and its potential role in supporting algal blooms in a large shallow eutrophic Lake (Lake Taihu, China). *Science of the Total Environment*, 896, 165252.
- Zhou, J., & Liu, W. (2022). Monitoring and evaluation of eco-environment quality based on remote sensing-based ecological index (RSEI) in Taihu Lake Basin, China. *Sustainability*, 14(9), 5642.



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

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

¹ Division of Physical Geography, The Institute of Geography and Geocology, Mongolian Academy of Science, Ulaanbaatar 15170, Mongolia

Article info

Received 25 March.2025

Accepted 17 May.2025

Keywords

Geomorphology, Concavity,
Morphogenetic patterns,
Landforms, Elevations

Corresponding author

Munkhdulam Otgonbayar

The Institute of Geography and
Geocology

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.

© 2025 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,

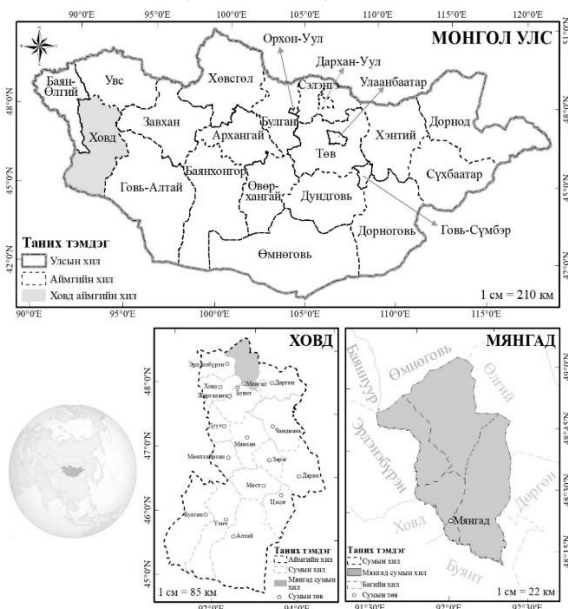
онцлогийг илрүүлж, том масштабын геоморфологийн зураглалыг боловсруулах зорилго тавьсан. Тус зорилгын хүрээнд өндөр нарийвчлалтай төрөл бүрийн хиймэл дагуулын өгөгдлийг олон хувьсагчийн регрессийн аргатай хослуулан нарийвчлал, таарц сайтай том масштабын геоморфологийн (морфогенетикийн хэв шинжийн болон 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 (YCSX, 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 1:100,000 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 1:100,000 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.

Судалгааны 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

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

Хархираа-Түргэний уулсын дэд 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 хувь нь Алтан Хөхийн тойрогт багтана.

А-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 (3,257.0 м), Пайзат (3,172.3), Мянгар (3,202.8 м), Шар Хамарын өндөр (3,148.2 м), Нар Тусдаг (3,096.4 м), Алаг Хадат (3,134.1 м) зэрэг оргилууд тэдгээрийг холбосон өндөрлөгүүдээс тогтох ба хамгийн өндөр

цэг нь түүний ноён оргил Өндөр Хөхий (3,351.0 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 (2,988.4 м), бусад салбар уулс 2,200-2,980 м-ийн өндөрт өргөгдсөн байхад, зүүн урд үзүүрт орших Халзан Бүрэгтэй (2,088.9 м), Улаан Үнээт (1,891.8 м), Дунд Үнээт (1,764.3), Цагаан Үнээт (1,532.0 м) зэрэг уулс нь 1,500-2,100 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 (3,257.0 м), Пайзат (3,172.3), Мянгар (3,202.8 м), Шар Хамарын өндөр (3,148.2 м), Нар Тусдаг (3,096.4 м), Алаг Хадат (3,134.1 м) зэрэг уулсын оройгоор ажиглагдана.

Алтан Хөхийн гол нуруунаас зүүн тийш аажим намсан салбарласан Хадат (2,468.5 м), Жанцантын Хойд Улаан (2,413.6 м), Баян-Овоот (2,476.1 м), Ортуут (2,334.1 м), Майхан (2,102.8 м), Хар Модны (2,262.8 м), Майхан Цахир (2,163.1 м), Хөвөө Улаан (2,333.6 м), Баян даваа (2,362.4 м), Ачлаг (2,180.3 м), Хүрэн толгой, Тарвагат Хос (2,184.2 м), Бор толгой (2,150.2 м), Өндөр Хар (2,481.2 м), Хүрэн (2,204.7 м), Өндөр Улаан (1,911.9 м), Улаан (1,945.4 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 (1981.8м), 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 $<1,000^{\circ}\text{C}$, $<1,600^{\circ}\text{C}$ -аас бага байна. Нар гийгүүлэх хугацаа жилд дунджаар 2,700-3,000 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 хувь 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 (1,917 м), Хойд Хөх толгой (1,997.8 м), Талын Улаан (1,887.8 м), Шар Хадат (1,859.4 м), Хойд Дуут (1,862.6 м), Дуут (1,936.6 м), Өртөөн (1,801.7 м), Чулуут Ухаа (1,927.5 м), Таван

Ламын Хар уул (1,771.0 м), Хар толгой (1,728.4 м), Таван толгой (1,680.3 м), Хярын Улаан толгой (1,714.0 м), Дөрөлжийн толгой (1,563.8 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 (1,532.0 м), Дунд Үнээт (1,764.3 м), Гурван Үнээт (1,891.8 м), Улаан Үнээт (1,593.7 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 1:100,000 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 ($H=2,500-3,351$ 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, 2,500 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 (3,351.0 м), Соосгой (3,257.0 м), Пайзат (3,172.3), Мянгар (3,202.8 м), Шар Хамарын өндөр (3,148.2 м), Нар Тусдаг (3,096.4 м), Алаг Хадат (3,134.1 м) зэрэг оргилууд тэдгээрийг холбосон уужим тэгш өндөрлөг бүхий тагийн уулсыг хамрах ба сумын нийт нутаг дэвсгэрийн 5.2 хувь (16,996.7 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

3,000-3,150 м 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 хувь (1,654.7 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 түвшинд 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.

1-2. Эртний тэгшрэлийн гадарга хадгалагдан үлдсэн хэрчигдэлтэй дундаж өндөр (бэсрэг) уулс (H=1,500-2,500 м)

Энэ хэв шинжийн уулс нь Алтан Хөхийн төв хэсгийн уулт өндөрлөг (>2,500 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 (2,000-2,500 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 хувь (59,623.4 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 (2,000-2,500 м):* Энэ ангилалд Алтан Хөхийн гол нурууны зүүн хойд, зүүн, зүүн урд, урд талын Хадат (2,468.5 м), Жанцантын Хойд Улаан (2,413.6 м), Баян-Овоот (2,476.1 м), Ортуут (2,334.1 м), Майхан (2,102.8 м), Хар Модны (2,262.8 м), Майхан Цахир (2,163.1 м), Хөвөө Улаан (2,333.6 м), Баян даваа (2,362.4 м), Ачлаг (2,180.3 м), Хэнгэрэгт (2,090.0 м), Бор толгой (2,150.2 м), Өндөр Хар (2,481.2 м), Хүрэн (2,204.7 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 (2,000-2,500 м):* Тус ангилалд Алтан Хөхийн гол нуруунаас зүүн тийш салбарласан Хүрэн толгой, Ачлаг (2,180.3), Тарвагат Хос (2,184.2), Бор толгой (2150.2), Цөөхний

Улаан (2008.3), Халзан Бүрэгтэй (2,088.9) 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 (2,000-2,500 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 (1,500-2,000 м)

Тус дэд хэв шинжид хамрагдах уулс нь Алтан Хөхийн гол нуруунаас харьцангуй тусгаарлагдсан бөгөөд сумын нийт нутаг дэвсгэрийн 24.2 хувь (79,321.3 га)-ийг эзэлнэ. Эдгээр уулс нь гадаргын өндөршлийн хувьд 1,500-2,000 м-ийн хооронд хэлбэлзэх хэдий ч 2,000-2,500 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 (1,500-2,000 м):* Тус ангилалд Баянбулаг багийн зүүн хойд захад орших Рашаантын салааны бэлчир орчмын уулс, Алтан Хөхийн гол нурууны баруун өвөр хажуугийн

өндөрлөгүүд, Өндөр Улаан (1,911.9 м) зэрэг уулс хамрагдана. Эдгээр уулс нь 1,500-2,000 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° налуутай, зарим хэсэгтээ хад асгатай, түр зуурын урсгал устай хуурай сайр, гуу, жалгаар ихээхэн хэрчигдсэн.

- *Дунд зэргийн хэрчигдэлтэй, эгцэвтэр хажуутай дундаж өндөр уулс (1,500-2,000 м):* Тус ангилалд Мянгад сумын баруун зах Чацарганат багийн нутагт орших Хясаат (1,857.7), Улааны таг (1,966.8 м), Хярын Хүрэн (1,737.0 м), Хар Ямаат (1,709.9 м), Баянбулаг багийн нутагт хамрагдах Тавгалайн Цахир (1,986.9 м), Хадан Хар (1,861.2), Хойд Хөх толгой (1,987.5), Улаан уул (1,945.4 м), Ар уул (1,916.2 м), Зөрүү Цахир толгой (1,835.7 м), Цагаанбулан багийн нутагт хамрагдах Хойд Дуут (1,862.6 м), Дуут (1,936.6 м), Талын Улаан (1,887.8 м), Өртөөний уул (1,801.0 м), Хар толгой (1,728.4 м), Таван толгой (1,680.3 м), Хярын Улаан толгой (1,714.0 м), Дөрөлжийн толгой (1,563.8 м), Дунд Үнээт (1,764.3 м), Гурван Үнээт (1,891.8 м), Бардаатын үзүүр, Хойд Агуут толгой (1,763.7 м), Хүрэн Хадат (1,966.8 м), Гахайт багийн нутагт хамрагдах Замын уул (1,737.0 м), Ар Цонж (1,998.8 м), Овоот Хар уул (1,704.8 м), Чойдог Хүүш (1,986.5 м), Ар Хүрэн (1,981.8 м) зэрэг уулс хамрагдана. Эдгээр уулсын орой, хяр хавтгай, босоо хэрчигдлийн гүн нь 101-300 м/км², хажуу нь дээд хэсэгтээ 6-12°, доод хэсэгтээ 6-9° налуутай, хад чулуурхаг, түр зуурын урсгал устай хуурай сайр, гуу, жалгаар ихээхэн хэрчигдсэн.

- *Сул хэрчигдэлтэй, тэгшивтэр хажуутай дундаж өндөр уулс (1,500-2,000 м):* Тус ангилалд Сондуулын рашаан орчмын хэрчигдэл багатай дундаж өндөр уулс, Баянбулагийн бүлэг булаг орчмын уулс, Талын Хүрэн толгой (1,660.2), Цонж

(1,917.0), Ганц толгой (1,685.0), Шар Хадат (1,859.4), Чулуун Ухаа (1,937.5) зэрэг уулс хамрагдана. Уулсын орой нь хавтгай буюу гүвээрхэг бэгэлцгийн байдалтай, босоо хэрчигдлийн гүн <100 м/км², харьцангуй тэгшивтэр буюу $3-6^0$ налуу (хэвгий)-тай, усны идэгдэл хүчтэй явагдсаны ул мөр болох гуу, жалгууд энд тэнд дайралдана.

I-3. Эртний тэгширэлийн гадаргын үлдэц бүхий хэрчигдэлтэй нам уулс (H=1,300-1,500 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 хувь (14,066.4 га)-ийг эзлэх ба гадаргын элэгдлийн байдлаар нь дараах байдлаар ангилсан.

- *Ихээхэн хэрчигдэлтэй, эгч хажуутай үлдмэл нам уулс:* Энэ ангилалд Ховд голын хөндий рүү түрж орсон Алтан Хөхийн гол нурууны зүүн урд захын Жүгнээн Хар толгой (1,397.0), Хавчиг Хар уул (1,457.0), Үзүүр толгой (1,388.9), Хар Үзүүр (1,329.3), Зараа толгой зэрэг үлдмэл нам уулс, мөн Хар-Ус нуурын хөндий рүү түрж орсон Улаан Үнээт (1,593.7), Шар Хад, Хар Богоч (1,206.0), 1,330.6 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 $12-20^0$, доод хэсэгтээ $6-12^0$ налууутай, 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 $6-12^0$, доод хэсэгтээ $3-6^0$ налууутай. Эдгээр нам уулсын бэл орчмоор хормойн хурдас зузаан хуримтлагдсан тул гадаргын налуу эрс багасаж 3^0 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 хувь (98,932.6 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 1,200-1,800 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 1,500-1,800 м-ийн өндөрт оршдог харьцангуй тэгшивтэр буюу <3⁰-ын налуутай, 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 1,200-1,500 м-ийн өндөрт оршдог, хэвгий багатай тэгш талархаг (1-2⁰-ын налуутай) Ховд голын хөндий руу буусан хэсэгт сайруудаар нэлээд гүн хэрчигдсэн. Зарим хэсэгтээ сул бүрхэвч элс элбэг байхад зарим газраар сайр чулуурхаг.

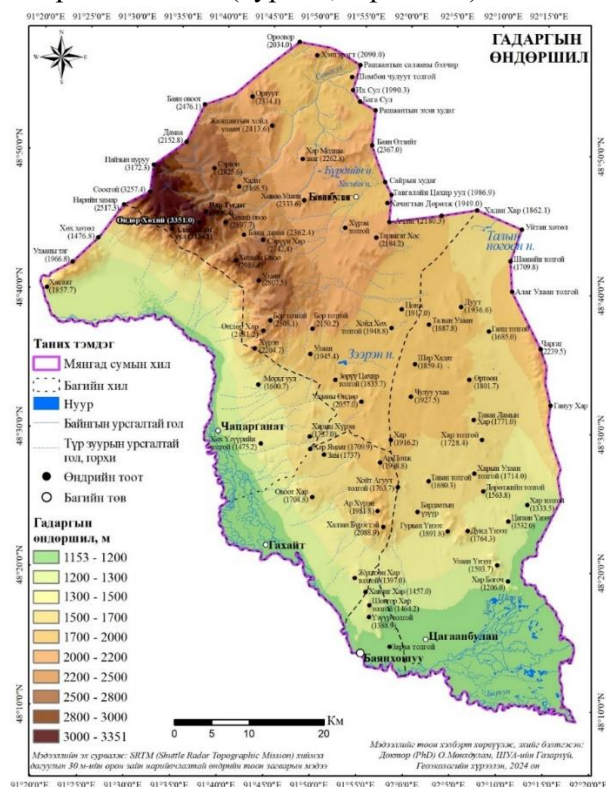
III. Хуримтлалын хэв шинжит хотгор гүдгэр

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 хувь (1,196.9 га)-ийг, аллювийн хурдаст тал нь 16.9 хувь (55,342.8 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 1,100-2,200 м-ийн хооронд хэлбэлзэх ба налуу нь 2⁰-аас бага байна.

өндөршлийг харгалзан Өндөр уул ($H=2,500-4,500$ м, $h=1,000$ м-ээс их), Дундаж өндөр уул ($H=1,500-2,500$ м, $h=600-1,000$ м), Нам өндөр уул ($H=1,000-1,500$ м, $h=100-400$ м), Цав толгод ($H=900-1,000$ 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 хувь нь нам уулын, 57.7 хувь нь дундаж өндөр уулын, 6.2 хувь нь өндөр уулын ангилалд тус тус хамрагдаж байна (Зураг 4, Хүснэгт 1).



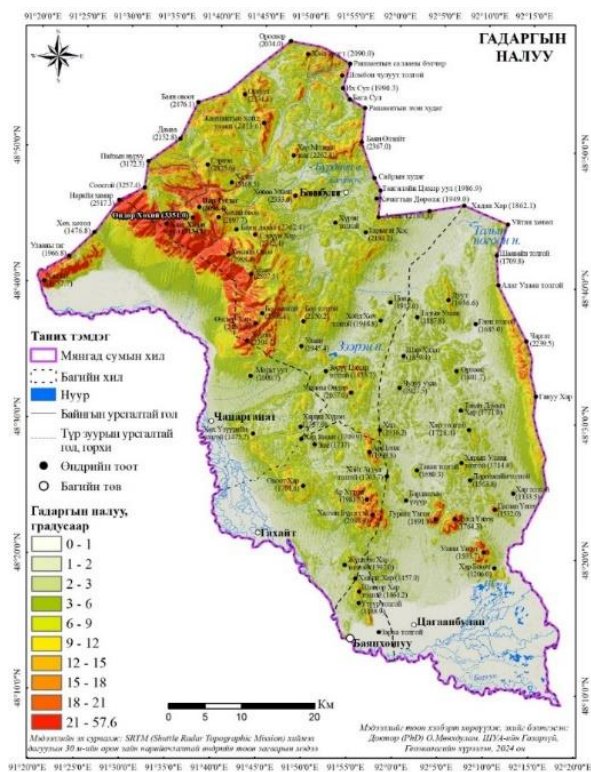
Зураг 4. Гадаргын өндөршил

Хүснэгт 1. Гадаргын өндөршил

№	Өндрийн ангилал	Гадаргын өндөршил, м	Талбай	
			Га-аар	%
1	Нам уул	1,153-1,200	47,576.3	14.6
		1,200-1,300	32,787.6	10.1
		1,300-1,500	37,276.4	11.5
2	Дундаж өндөр уул	1,500-1,700	55,505.3	17.1
		1,700-2,000	79,558.6	24.4
		2,000-2,200	32,855.3	10.1
		2,200-2,500	19,812.6	6.1
3	Өндөр уул	2,500-2,800	13,020.6	4.0
		2,800-3,000	3,347.1	1.0
		3,000-3,351	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 хэвгийг 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 хувь нь 0-3 градусын налуутай, 38.4 хувь нь 6-15 градусын налуутай, 8.1 хувь 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	%
1	Бага налуу	0-1	53,292.5	16.4
		1-2	60,094.1	18.5
		2-3	60,533.4	18.6
2	Дунд зэргийн налуу	3-6	69,799.1	21.4
		6-9	28,522.6	8.8
		9-12	16,265.9	5.0
		12-15	10,488.3	3.2
3	Ихээхэн налуу	15-18	7,254.4	2.2
		18-21	5,056.3	1.6
		21-57.6	14,193.4	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.

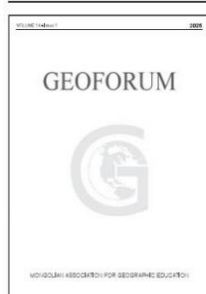
Талархал

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 ном зүй

- 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. *Yembuu, 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., Tovvudorj, 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.



GEOFORUM JOURNAL
VOL. 16 NO. 01. 2025.
ISSN: 2617-5118



MONGOLIAN ASSOCIATION FOR
GEOGRAPHIC EDUCATION

www.geoforum.mn

Бэлчээрийн даац тодорхойлох арга зүйн асуудалд (Баянхонгор аймгийн жишээн дээр)

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

И.Мягмаржав¹, П.Баярцэрэн², Ж.Алтангадас², Л.Ганхуяг^{3,4}, He Yongshun³, П.Мягмарцэрэн^{3*}

¹Department of Land Management, School of Agroecology, Mongolian University of Life Sciences, Ulaanbaatar 17029, Mongolia

²Department of Natural Resources Consulting and Services, Lanres LLC, Ulaanbaatar 17029, Mongolia

³Department of Geography, School of Arts and Sciences, National University of Mongolia, Ulaanbaatar 14200 Mongolia

⁴Division of Pasture and Forage, Animal Husbandry Research Institute, Ulaanbaatar 17029, Mongolia

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.

© 2025 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).

$$БД = \frac{Y}{\Theta X} \quad (\text{Томьёо 1})$$

БД – Бэлчээрийн даац

Y – Бэлчээрийн ургац, кг/га

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

X – Бэлчээрлэх хугацаа, өдрөөр

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

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 хувь 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 хувьд хүргэн хэрэглэхийг зөвшөөрдөг. АНУ, Канад улсад "Animal Unit" буюу "үхэр толгой" гэсэн стандарт нэгж ашигладаг. 1 үхэр толгой = 1,000 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 хувь 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 тогтоохдоо 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 (Томьёо 1).

$$Бд = \frac{У_{бодит}}{(X * \Theta)} \quad (\text{Томьёо 1})$$

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 (Томьёо 2).

$$Б = \frac{K * (S_j * Y + S_j X_{y * n})}{T * t} \quad (\text{Томьёо 2})$$

Б - бэлчээрийн багтаамж (хонь- өдрөөр)

K - нутаг дэвсгэрийн нөөцийн коэффициент

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

Y - бэлчээрийн ургац (цн/га-д)

X_y - хэнз ургац (цн/га-д)

n - бэлчээрийн хэнзлэлтийн хугацаанд давтан ашиглах тоо

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

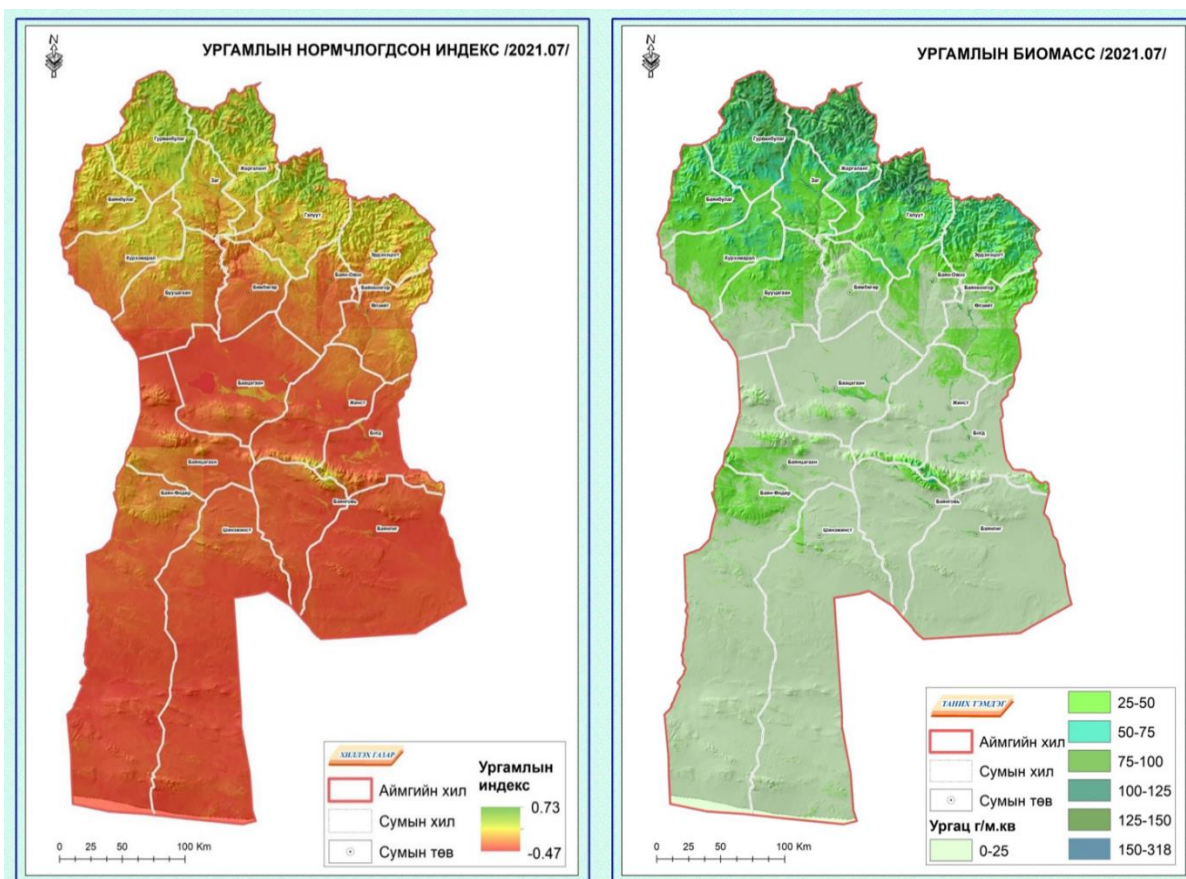
t - бэлчээр ашиглах хугацаа

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 коэффициентийг 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 3,839,880 тоо толгой тоологдож байсан бол 2021 оны жилийн эцэст 3,127,124 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 (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 R²=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 шилжүүлснээр/	Бэлчээрийн чадавх хонь/толгой	Даац ашиглалт %	
				Зун-намар	Өвөл-хавар
1	Баян-Овоо	252,264	135,024	187	204
2	Баян-Өндөр	138,290	185,750	74	82
3	Баянбулаг	136,355	117,950	116	79
4	Баацагаан	247,592	302,984	82	144
5	Баянговь	155,700	79,911	195	141
6	Баянлиг	224,107	234,580	96	174
7	Баянцагаан	127,796	102,980	124	91
8	Богд	186,599	60,733	307	221
9	Бөмбөгөр	323,040	92,625	349	235
10	Бууцагаан	229,943	112,955	204	76
11	Галуут	472,675	103,412	457	208
12	Гурванбулаг	247,779	226,269	110	93
13	Жаргалант	313,802	210,712	149	97

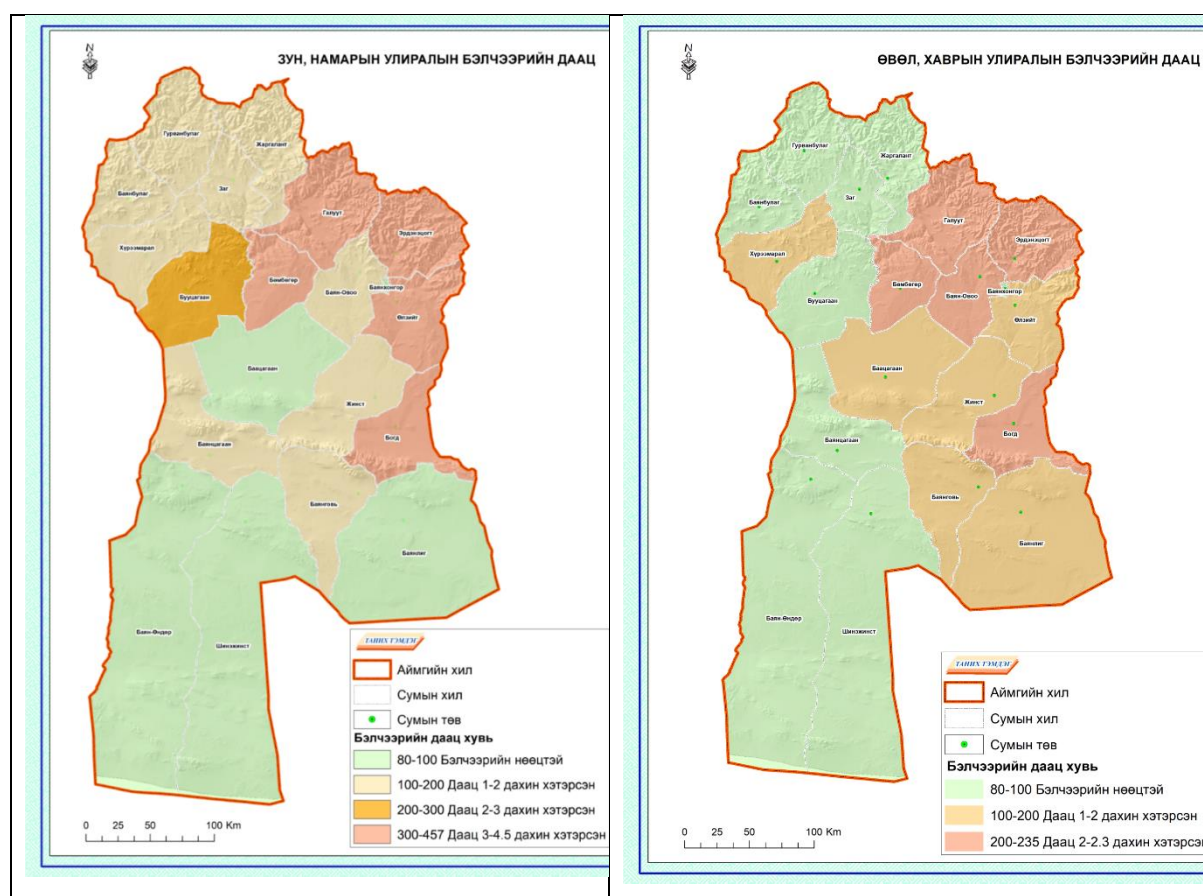
14	Жинст	153,594	111508	138	112
15	Заг	164,023	106,661	154	75
16	Өлзийт	265,856	85,345	312	127
17	Хүрээмарал	199,505	175,795	113	135
18	Шинэжинст	148,676	179,469	83	89
19	Эрдэнэцогт	395,245	108,050	366	222

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).



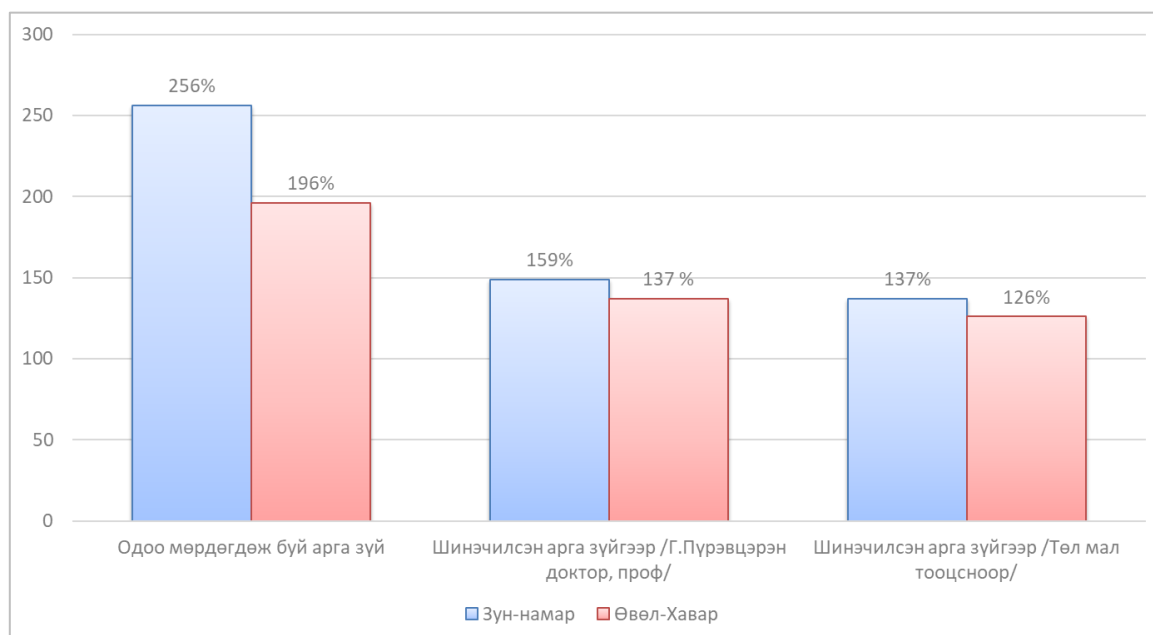
Зураг 2. Баянхонгор аймгийн 2021 оны бэлчээрийн даацын зураг, улирлаар

Хүснэгт 2. 2021 оны Баянхонгор аймгийн бэлчээрийн даац, улирлаар

Аргачлал	Малын тоо хонь толгойд шилжүүлснээр	Бэлчээрийн багтаамж хонь/толгой	Даац ашиглалт /-,+/-	Даац ашигла лт %
Зун-намар /Одоо мөрдөгдөж буй аргачлалаар/	4,740,967	1,849,897	-2,891,070	256
Зун-намар /Г.Пүрэвцэрэнгийн аргачлалаар/	4,938,878	3,321,178	-1,617,700	149
Өвөл-хавар /Одоо мөрдөгдөж буй аргачлалаар/	4,740,967	2,424,113	-2,316,854	196
Өвөл-хавар /Г.Пүрэвцэрэнгийн аргачлалаар/	4,948,304	3,615,993	-1,332,311	137
Төл малыг тооцсоноор Өвөл- хавар /Г.Пүрэвцэрэнгийн аргачлалаар/	4,565,285	3,321,178	-1,244,107	137
Төл малыг тооцсоноор Зун- намар /Г.Пүрэвцэрэнгийн аргачлалаар/	4,565,285	3,615,993	-949,292	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

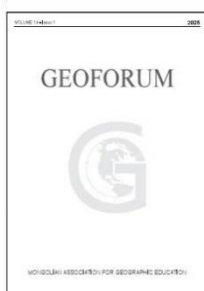
207 хувь тус бүр хэтрэлттэй байна. Өвөл-хаврын улирлын бэлчээрийн даацыг тогтооход Бөмбөгөр сум 235 хувь, Эрдэнэцогт 222 хувь, Богд 221 хувь, Галуут сум 208 хувь, Баян-Овоо сум 204 хувь, Баянлиг сум 174 хувь, Баацагаан сум 144 хувь, Баянговь сум 141 хувь, Хүрээмарал сум 135 хувь, Өлзийт сум 127 хувь,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

- 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, Улаанбаатар. Мөнхийн үсэг хэвлэлийн компани
- Бакей, А., Чимэд-Очир, Б., Кадирбек, Д. (2019). Монгол орны бэлчээрийн тулгамдсан асуудал: гарц ба шийдэл эмхэтгэл. НҮБХХ, БИОФИН төсөл. Улаанбаатар
- 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, Улаанбаатар, 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. Улаанбаатар. 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/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 аргачлалын төсөл
- 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, H., Myagmartseren, P., Battengel, 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, <http://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/>



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



MONGOLIAN ASSOCIATION FOR
GEOGRAPHIC EDUCATION

www.geoforum.mn

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 Division of Innovation Cooperation, Institute of Archaeology, Mongolian Academy of Sciences, Ulaanbaatar 13343, Mongolia

² Mongolian Geo-Information Association, Ulaanbaatar 13343, Mongolia

³ The Institute of Geography and Geocology, Mongolian Academy of Science, Ulaanbaatar 15170, Mongolia

⁴ University of the Academy of Sciences, Mongolian Academy of Sciences, Ulaanbaatar 13330, Mongolia

Article info

Received 13 March.2025

Accepted 25 May.2025

Keywords

Spatial data, Geographic databases, Geoecological spatial databases, UML (Unified Modeling Language) diagrams, Sparx Enterprise Architect

Corresponding author

Ochirkhuyag.L

The Institute of Geography and Geocology,\

E-mail: ochirkhuyag_l@mas.ac.mn

Abstract:

Geoecological 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 geo-ecological 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.

© 2025 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 платформыг 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 Засгийн газар, 2001](#)).

“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.

Судалгааны материал, 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).

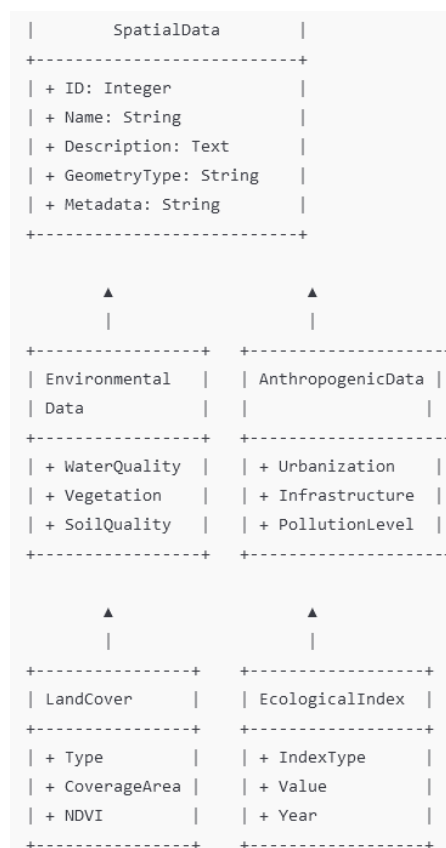
Эдгээр үзүүлэлтүүд нь геоэкологийн оронзайн мэдээллийн сангийн агуулга дахь статистик болон геоэкологийн мэдээллийн харьцааг боловсруулахад ашиглагддаг.

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 (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, 2004). Мэдээллийн сангийн бүтэц болон өгөгдлийн ангиллыг загварчлахад Class Diagram-ийг түлхүү ашигладаг. Судлагдахууны субъектив шинж чанар, өгөгдөл, мэдээллийн сангийн цар хүрээнээс 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 & Neustadt, 2005).

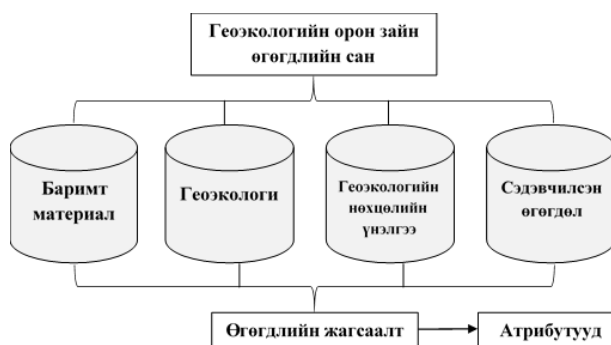


Зураг 1. UML дээрх үндсэн диаграммын загвар

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.

Судалгааны 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 (Зураг 2).



Зураг 2. Геоэкологийн оронзайн мэдээллийн сангийн ерөнхий бүдүүвч

Геоэкологийн оронзайн мэдээллийн сангийн бүтцийг UML Class Diagram-ийг Sparx Systems-Enterprise Architect ашиглан Зураг 3-т 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:



Зураг 3. 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 ном зүй

- 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
- 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.
- Gould, P., Crouch, D., Griffiths, G. (2013). "Geographic Information Systems in Practice". Wiley.
- 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.
- Sparx Systems. (2025). Enterprise Architect User Guide.
- Sullivan, R., Vellinga, A. (2020). "Environmental Risk Assessment and Management". CRC Press
- 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.