

# Spatio-temporal changes of pasture land in Selenge River Basin using spectral indices

Uyanga Batbold<sup>1,2</sup>, Bayartungalag Batsaikhan<sup>3</sup>, Altansukh Ochir<sup>1,\*</sup>,  
Davaadorj Davaasuren<sup>4</sup>

<sup>1</sup>*Environmental engineering laboratory, National University of Mongolia, Ulaanbaatar, Mongolia*

<sup>2</sup>*Division of Land Resource and Land Use, Institute of Geography and Geoecology, Mongolian Academy of Sciences, Ulaanbaatar, Mongolia*

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

<sup>4</sup>*Department of Geography, School of Science, National University of Mongolia, Ulaanbaatar, Mongolia*

\*Corresponding author email: [altansukh22@yahoo.com](mailto:altansukh22@yahoo.com)

Received: 30 April 2024 / Accepted: 17 November 2024 / Published online: 29 November 2024

## ABSTRACT

Changes in pasture land cover in the Selenge River Basin were processed using Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) vegetation spectral indices from 2000 to 2020 at 5-year intervals. The study determined relationships between air temperature, precipitation, population, and number of animals during the growing season of those years. Spatial and temporal changes in Mongolian grassland and hay classification were graphically and quantitatively processed using the Google Earth Engine (GEE) platform and map processing software. Factors influencing changes in plant indices that represent plant growth from June to August were evaluated by correlation assessment. During the study period, the maximum value of NDVI was observed in 2020 and the minimum value was observed in 2000. Considering the average value of them, it was 0.64 in 2000 and 0.7 in 2020. But in 2005 and 2015, the average value decreased to 0.57. When developing the EVI, the average value between 2000 and 2015 was consistent and between  $0.33 < \text{EVI} < 0.35$  but increased to 0.42 in 2020. Rainfall had fluctuated for the 20 years, but it increased for the last 10 years, while the average temperature increased to 20.6 in 2015. In the last 20 years, the human population increased by 2 times, while the number of animals increased by 2.5 times. All developed indicators had low inter-correlations for each year, and inter-indicator correlations were calculated by differentiating pasture type. As a result, it was observed that the number of animals was inversely related to the values of spectral indices of all plants. Also, Leaf area index (LAI) values increased in high mountain pastures when rainfall increased during the vegetation period.

**Keywords:** Selenge River Basin, Vegetation indices, Pasture land, MODIS

# Ургамлын индекс ашиглан Сэлэнгэ мөрний сав газрын бэлчээрийн ургамлан нөмрөгийн орон зай, цаг хугацааны өөрчлөлтийг тодорхойлох нь

Уянга Батболд<sup>1,2</sup>, Баяртунгалаг Батсайхан<sup>3</sup>, Очир Алтансүх<sup>2,\*</sup>,  
Даваадорж Даваасүрэн<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Хүрээлэн буй орчны инженерчлэлийн лаборатори, Инженер, технологийн сургууль, Монгол Улсын Их Сургууль, Улаанбаатар, Монгол

<sup>2</sup>Газрын нөөц, газар ашиглалтын салбар, Газарзүй, геоэкологийн хүрээлэн, Шинжлэх Ухааны Академи, Улаанбаатар, Монгол

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

<sup>4</sup>Газарзүйн тэнхим, Шинжлэх ухааны сургууль, Монгол Улсын Их Сургууль, Улаанбаатар, Монгол

\*Холбоо барих зохиогчийн цахим хаяг: [altansukh22@yahoo.com](mailto:altansukh22@yahoo.com)

Хүлээн авсан: 2024 оны 04 сарын 30 өдөр / Зөвшөөрөгдсөн: 2024 оны 11 сарын 17 өдөр /

Нийтлэгдсэн: 2024 оны 11 сарын 29 өдөр

## ХУРААНГУЙ

Сэлэнгэ мөрний сав газар дахь бэлчээрийн хэв шинжийн өөрчлөлтийг Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) хиймэл дагуулын ургамлын спектрийн индексүүдийг ашиглан 2000-2020 оны ургамал ургалтын хугацааны мэдээг 5 жилийн давтамжтайгаар боловсруулсан. Тус мэдээг сонгосон онуудын ургамал ургалтын хугацааны агаарын температур, хур тунадас, хүн амын тоо, малын тоо зэргийн өөрчлөлт, хоорондын хамаарлыг тодорхойллоо. Харин Монгол орны бэлчээр, хадлангийн ангиллыг Google Earth Engine (GEE) платформ болон газрын зургийн боловсруулалтын программыг тус тус ашиглан орон зайн болон цаг хугацааны өөрчлөлтийг зурган, тоон байдлаар боловсруулалт хийсэн. Ургамал ургалтын оргил үе болох 6-аас 8-р саруудын ургамлын индексүүдийн өөрчлөлтөд нөлөөлөгч хүчин зүйлүүдийг коррелиацийн үнэлгээгээр үнэллээ. Судалгааны хугацаанд ургамлын нормчлогдсон ялгаврын индекс (NDVI)-ийн хамгийн их утга 2020 онд байсан бол хамгийн бага утга нь 2000 онд байв. Үүнийг дундаж утгаар нь авч үзэхэд 2000 онд NDVI=0.64, 2020 онд NDVI=0.7 гэсэн утгуудыг өгч байсан. Харин 2005 болон 2015 онуудад дундаж утга нь NDVI=0.57 болтлоо буурсан үзүүлэлттэй гарсан. Сайжруулсан ургамлын индекс (EVI)-ийг тооцоход 2000-2015 онуудад дундаж утга нь тогтмол  $0.33 < EVI < 0.35$  хооронд хэлбэлзэж байсан бол 2020 онд EVI=0.42 болж өссөн. Судалгааны хугацаанд сүүлийн 10 жилд хур тунадас нэмэгдэх хандлагатай байсан бол агаарын дундаж температур 2015 онд хамгийн их буюу 20.6°C хүрсэн байна. Хүн амын тоо сүүлийн 20 дунджаар 2 дахин нэмэгдсэн бол малын тоо 2.5 дахин нэмэгдсэн

үзүүлэлттэй байна. Боловсруулсан бүх үзүүлэлтийг харьцуулахад хоорондын хамаарал бага байсан бөгөөд бэлчээрийн хэв шинжид ялгаж үзүүлэлт хоорондох хамаарлыг тооцсон. Үүний үр дүнд малын тоо үзүүлэлт бүх ургамлын спектрийн индексүүдийн утгуудтай урвуу хамааралтай байгаа нь ажиглагдсан. Мөн ургамал ургалтын хугацааны хур тунадас нэмэгдэхэд өндөр уулын бэлчээрт навчны талбайн индекс (LAI)-н утга өссөн үзүүлэлттэй байна.

*Түлхүүр үгс: Сэлэнгэ мөрний сав газар, Ургамлын индекс, Бэлчээрийн газар, MODIS*

## 1. ОРШИЛ

Монгол орны бэлчээр, мал аж ахуйн салбар нь уур амьсгалын өөрчлөлтөд өртөмтгий бөгөөд тухайн улиралд ашиглах бэлчээр, бэлчээрийн усан хангамжийн нөөцөөс шууд хамааралтай байдаг [1]. Хүрээлэн буй орчин, бэлчээрийн газрыг хамгаалах, хадгалах, зохистой ашиглах мөн нөхөн сэргээх нь улс орны тогтвортой хөгжлийн хамгийн чухал зорилтуудын нэг юм [2]. Манай улсын бэлчээрийн экологийн бүс нь Сибирийн шилмүүст ой, Төв Азийн хад чулуурхаг цөл, зүүн хойд Хятадын Манжуурын толгодын дунд оршдог, дэлхий дээрх хамгийн том, бүрэн бүтэн бэлчээрийн экосистемийн нэг юм [3]. Мөн манай орны бэлчээр нь хур тунадас, ургамалжилт, газарзүйн байрлал зэргээс хамаарч уур амьсгал, экологи, уламжлалт соёлыг хадгалсан олон ашиглалтын хэлбэрийг өөртөө агуулж байдаг онцлогтой [4]. Энэ нь өргөн уудам газар нутгийг эзэлж орших ба байгалийн олон хэв шинжийг агуулсан цогцолбор бөгөөд мал, амьтан идээшилдэг өвс ургамалтай хөдөө аж ахуйн газар юм [5]. Бэлчээрийн биомасс нь бэлчээрийн бүтээмжийн илэрхийлэл бөгөөд бэлчээрийн экосистем, түүний нөөцийн менежментийн чухал үндэс болдог [6].

Монгол Улсын нэг хүнд ногдох газар нутгийн хэмжээ 2000 онд 66 га байсан бол 2020 онд 48 га болж буурсан байна [7]. Түүнчлэн нэг хонин толгойнд ноогдох бэлчээрийн талбай 2000 онд 2.67 га байсан бол 2020 онд 1.04 га болж мөн буурсан

[8]. Мөн улсын нийт малын тоо 2000 онд 30.2 сая байсан бөгөөд 2020 онд 67.1 сая толгойд хүрсэн [9] ба бэлчээрийн газрын талбай 130 мянган га талбайгаас 110.3 мянган га талбай болж буурсан байдаг [10]. Газрын хэрэглээ, менежментээс хамаарч бэлчээрийн газрын ашиглалтын талбай буурах, газрын төлөв байдлыг тогтмол, давтамжтай хянах, мониторинг хийх хэрэгцээ шаардлага жилээс жилд нэмэгдэж байна. Бэлчээрийн мониторингийн уламжлалт арга нь хээрийн судалгаанд суурилдаг тул зардал ихтэй, цаг хугацаа их шаарддаг. Ижил цаг хугацаанд өргөн уудам нутаг дэвсгэрийг хамарсан судалгаа хийхэд хүн, хүч, эдийн засгийн өндөр чадамж шаардагддаг [11], [6].

Сэлэнгэ мөрний сав газар нь Монгол орны хойд хэсэгт орших бөгөөд газарзүйн онцлогийн хувьд уулархаг, ойт хээрийн бүсийг хамарсан Монгол орны экосистемийн чухал бүрдлийн нэг юм [12]. Сэлэнгэ мөрний сав газар нь Монголын эдийн засгийн төвлөрсөн бүс бөгөөд Орос-Монгол-Хятад гурван улсыг холбосон дэд бүтэц, эдийн засгийн коридорын чухал хэсэг юм. Дэлхийн дулаарал, бэлчээрийн даац хэтрэх, хүний зохисгүй үйл ажиллагааны нөлөөгөөр Сэлэнгэ мөрний сав газарт бэлчээрийн ургамлын зүйлийн баялаг, газар дээрх ургамлын биомасс буурч байгаа тоо баримт байдаг [13], [14]. 2019 оны малын бэлчээрийн даац тооцох нэгдсэн аргачлалд бэлчээрийн экологийн хэв шинжээс хамааран дундаж ургацыг итгэлцүүрээр тооцдог [15]. Үүнээс үзэхэд

ургамлын хэв шинжээс хамааран ургамлын индексүүд өөр өөр байх боломжтой. Ургамлын индексүүд нь газрын гадарга дээрх ургамлын идэвхжилийг хэмждэг эмпирик хэмжүүр юм [16].

Энэхүү судалгаагаар ургамлын индексүүдийг ашиглан статистик шинжилгээний аргуудаар бэлчээрийн ургамлан бүрхэвчийн динамик өөрчлөлтийг ургамлын спектрийн индексүүдээр тодорхойлон түүнд нөлөөлөх хүчин зүйлсийн хамаарлыг судлахад гол зорилго оршино. Ургамлын индекс болон ургамлын бүрхэвч нь экосистемийн өөрчлөлтийг харуулах газрын гадаргын ургамлын ургалтын төлөв, тархалтыг тодорхойлох гол үзүүлэлт юм [17]. Эдгээр үзүүлэлтүүдийг боловсруулснаар дараах зорилтыг дэвшүүлсэн. Үүнд:

1. Судалгааны талбайн ургамлын индексүүдийг 2000-2020 онуудад 5 жилийн давтамжтай боловсруулах;
2. Сэлэнгэ мөрний сав гарын хүн ам, малын тоон өсөлт, хур тунадас, агаарын температурын статистик мэдээллийг 2000-2020 онуудын 5 жилийн давтамжтайгаар өөрчлөлт гаргаж, зураглах;
3. Дээрх үзүүлэлтийн хоорондын хамаарал болон сүүлийн 20 жилийн цаг хугацаа, орон зайн өөрчлөлтийг тодорхойлох.

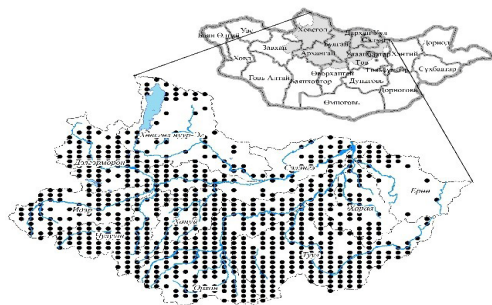
## 2. СУДАЛГААНЫ ТАЛБАЙ

Бид судалгааны талбайгаар Сэлэнгэ мөрний сав газрыг сонгож авсан (Зураг 1). Сэлэнгэ мөрний сав газар нь физик газарзүйн мужлалаар Хангайн мужид хамрагдах [18] бөгөөд тус газар нутагт Улаанбаатар хот, Сэлэнгэ, Дархан-Уул, Төв, Булган, Архангай, Өвөрхангай, Хөвсгөл, Завхан аймгуудын газар нутгийн зарим хэсэг буюу 117 сум багтах ба Монгол улсын эдийн засгийн бүсийн Төвийн болон Хангайн бүсэд багтдаг [19]. Сэлэнгэ

мөрний сав газар нь газар ашиглалт, хүн ам, мал аж ахуй, газар тариалангийн төв бүс нутагт багтана. Тус сав газарт Хөвсгөл нуур, Эг, Сэлэнгэ, Ерөө, Хануй, Идэр, Чулуут, Туул, Дэлгэрмөрөн, Хараа, Орхон голын сав газар гэсэн нийт 10 дэд сав газрууд багтдаг [20]. Сэлэнгэ мөрний сав газарт Хөвсгөл нуур, Сэлэнгэ мөрөн, Хараа, Ерөө, Дэлгэрмөрөн, Эг, Идэр, Орхон, Туул, Шарын голууд хамрагдах бөгөөд далайн түвшнээс дээш 600-3500 м-ийн өндөрт хойд өргөргийн 46°30'-51°45', зүүн уртрагийн 96°50'-109°20'-ын хооронд баруун хойноос зүүн тийш сунаж 298.7 мянган км<sup>2</sup> талбайг эзлэн оршдог. Олон жилийн дунджаар агаарын температур нь (-8)-0°C хэмийн хүйтэн, хур тунадасны жилийн нийлбэр хэмжээ нь дунджаар 300-450 мм байдаг [21]. Тус бүс нутаг нь бэлчээрийн ургамлын экологийн хэв шинжээр ихэнх хэсгийг дундаж болон нам, бэсрэг уулын бэлчээр болон тал хээрийн бэлчээр эзэлдэг [22].

Газар ашиглалтын хувьд Монгол улсын хамгийн олон төрлийн газар ашиглалтууд нэг дор байдаг. Хөдөө аж ахуйн газар үүнээс бэлчээрийн газар хамгийн их талбайг эзлэх хэдий ч хүн амын ихэнх хувийг хот, тосгон бусад суурины газарт оршдог байна. Мөн Монгол орны нийт тариалангийн газрын 66%, ойн сан бүхий газрын 54% Сэлэнгэ мөрний сав газарт багтаж байна. Хамгийн их талбайг эзэлж буй хөдөө аж ахуйн газраас бэлчээрийн газар нь нийт газар нутгийн 62.5%-ийг эзэлж байна. Харин тариалангийн газар нь ердөө 1.7%-ийг эзэлж байгаа нь бэлчээрийн газрын төлөв байдал, өөрчлөлт Монгол орны нийгэм, эдийн засаг, байгаль орчинд хамгийн их нөлөөлж байгааг харуулж байна. Сэлэнгэ мөрний сав газар дахь малын тоо 1970-2005 оны хооронд 11-17 сая толгойд хүрч байсан ба 2015 онд тус тоо хоёр дахин нэмэгдэж 34 сая, 2020 онд малын тоо 38.6 сая толгой болж өссөн нь тухайн хугацаанд Монгол Улсын нийт

малын 58%-ийг эзэлж байна [9]. Бүс нутгийн хүн ам 2000 онд 1.78 сая, 2010 онд 2.18 сая байсан бол 2020 онд 2.56 сая болж (Монгол Улсын нийт хүн амын 79% хамрагддаг) аажмаар нэмэгдэж байна [7]. Сав газарт байгаа мал, хүн амын тоо нэмэгдэж буйтай холбогдуулан Сэлэнгэ мөрний сав газрын бэлчээрт мал аж ахуйн үйл ажиллагаанаас үзүүлэх нөлөөлөл нэмэгдэж байна.

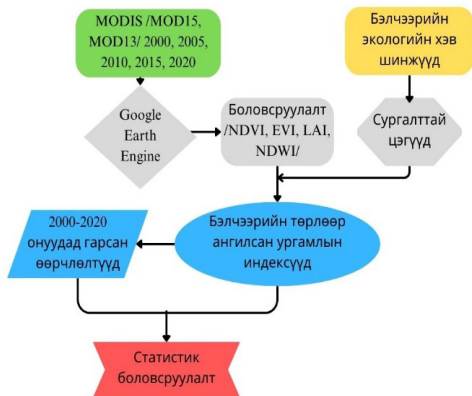


Зураг 16. Судалгааны талбайн байршил

### 3. СУДАЛГААНЫ АРГАЗҮЙ

Ургамлын индекс болон ургамлан бүрхэвч нь ургамлын экосистемийн өөрчлөлтийг үр дүнтэйгээр тусгах боломжтой ургамлын өсөлтийн төлөв, тархалтыг тодорхойлох гол үзүүлэлт юм. Энэхүү судалгаанд Сэлэнгэ мөрний сав газрын бэлчээрийн газрын өөрчлөлтийг Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) хиймэл дагуулын 2000-2020 оны хооронд тав таван жилийн давтамжтайгаар өөрчлөлтийг ургамал ургалтын хугацаа (6-8 сарууд)-ны ургамлын индексийн бүтээгдэхүүн болох MOD13, MOD15 бүтээгдэхүүнийг Google Earth Engine (GEE) платформыг ашиглан боловсруулсан. GEE нь үүлэн технологид суурилсан платформ бөгөөд маш том гео орон зайн өгөгдлийн багцыг боловсруулах өндөр хүчин чадалтай тооцооллын системд хандахад хялбар болгож, одоо байгаа мэдээллийн технологийн механик бэрхшээлийг шийдвэрлэсэн өндөр түвшний

дэвшилтэт арга юм [23]. Тус каталог нь 20 петабайт бүхий зайнаас тандан судлалын мэдээ, газарзүйн мэдээллүүдэд дүн шинжилгээний хийх олгож байна [24]. Мөн GEE-г ашиглан өндрийн тоон загварын Suttle Radar Topography Mission (SRTM)-ын 30 м-ийн орон зайн нарийвчлал бүхий мэдээг ашигласан.



Зураг 17. Аргазүйн схем

Судалгааны бүс нутгийн бэлчээрийн экологийн хэв шинжийн ургамалжилтын ангиллыг ландшафтын зарчмыг баримтлан 1989 онд боловсруулсан “Байгалийн бэлчээр хадлангийн судалгаа, зураглалын ажлын заавар” болон 2019 онд батлагдсан “Бэлчээрийн газрын төлөв байдал, чанарын улсын хянан баталгааны ажлын аргачилсан заавар”-т ангилсан Монгол орны бэлчээрийн хадлангийн ангиллаар ангилсан [25], [26]. Үүнд Сэлэнгэ мөрний сав газрын бэлчээрийн газрыг:

- Ө - Өндөр уулын бэлчээр,
- ӨХ - Өндөр уулын хоорондын нуга хөндий,
- У - Дундаж өндөр болон нам, бэсрэг уулын бэлчээр,
- Х - Тал хээрийн бэлчээр,
- Н - Бүс дундын голын хөндий, нам хотосын нугын бэлчээр гэж 5 ангилсан байна.

Сэлэнгэ мөрний сав газрын дээрх

бэлчээрийн хэв шинжид тулгуурлан 10х10 км-ийн торлол бүхий сургалттай 829 цэгийг сонгон авч (Зураг 1) бэлчээрийн ангилалд ургамлын индексүүдийн динамик өөрчлөлт, тухайн оны ургамал ургалтын хугацааны агаарын дундаж температур, хур тунадасны нийлбэрийн хэлбэлзэл хамаарлыг тодорхойлсон.

Бэлчээрийн газрын өөрчлөлт ихтэй бүс нутгуудын ургамлын хэв шинжийн мониторинг хийх болон урьдчилсан тооцоололд ургамлын нормчлогдсон ялгаврын индекс (NDVI), зайнаас тандан судлалын технологийн бүтээгдэхүүн, ургамлын параметруудийг өргөн ашигладаг [27]. Навчны талбайн индекс (LAI) нь экосистем дэх навчны талбайн хэмжээг тодорхойлдог бөгөөд фотосинтез, агаарын температур, хур тунадас зэрэг үйл явц нь ихээхэн нөлөө үзүүлдэг

хувьсагч юм [28]. Мөн биомассын утга өндөр бүс нутгуудад мэдрэгчийг сайжруулж, тусгаг бүрхцийн долгионыг салгаж, агаар мандлын нөлөөг бууруулах замаар ургамлын мониторинг хийхэд боловсруулсан “Сайжруулсан” ургамлын индекс (EVI)-ийг ашигладаг [16]. Усны нормчлогдсон ялгаврын индекс (NDWI) нь ургамлын бүрхэвч дэх усны агууламжийн өөрчлөлтөд мэдрэг байдаг. NDWI нь сансраас ургамлын усны байдал, ногоон ургамал, хуурай болон хөрсний тусгалын шинж чанар, агаар мандлын хий, аэрозолийн шингээлт, тархалтын шинж чанарыг зайнаас тандан судлах боломжтой [29]. Судалгаанд ашигласан мэдээлэл мэдээлэл болон ургамлын индексүүдийн томъёо болон хугацааг Хүснэгт 1-т үзүүлэв.

Тус боловсруулсан өгөгдлүүдийн корреляцийн шинжилгээний аргаар

тооцож, хоорондын хамаарлыг бэлчээрийн экологийн хэв шинжээр боловсруулан гаргасан.

**Хүснэгт 10.** Ашигласан мэдээний жагсаалт

№	Ашигласан мэдээ	Томъёо	Хугацаа	Эх сурвалж
1	Бэлчээрийн экологийн хэв шинж	Бэлчээрийн газрын төлөв байдал, чанарын улсын хянан баталгааны ажлын тайлан	2015	[22]
2	Гадаргын тоон загвар	SRTM Digital Elevation 30 m	2014	[30]
3	Уур амьсгал	Хур тунадас, агаарын температур		ЦУОШГ*
4	Терра хиймэл дагуулын МОДИС мэдрэгч	250 метрийн орон зайн шийдтэй, 16 өдрийн цаг хугацааны MOD13Q1.061 ургамлын индексийн бүтээгдэхүүн	2000-2020	[31]
5		$NDVI = \frac{NIR-Red}{NIR+Red} \quad (1)$		
6		500 метрийн орон зайн шийдтэй 8 өдрийн цаг хугацааны шийдтэй MOD15A2H.061 ургамлын талбайн индексийн бүтээгдэхүүн	$EVI = 2.5 \frac{NIR-Red}{NIR+24Red+1} \quad (2)$	
7		Ургамлын навчны чийгийн агууламжийн индекс	$LAI = \frac{1}{x_s \cdot y_s} \int_V u_L(r) dr \quad (3)$	
		$NDWI = \frac{NIR-SWIR}{NIR+SWIR} \quad (4)$		[33]

\*Цаг уур, орчны шинжилгээний газрын архив

#### 4. СУДАЛГААНЫ ҮР ДҮН

Судалгааны бүс нутгийн хэмжээнд газрын гадарга, хүн ам, малын тоо, ургамлын индексүүдийг ашиглан бэлчээрийн газрын орон зайн болон цаг хугацааны өөрчлөлтүүдэд дүн шинжилгээ хийлээ.

##### 4.1. Бэлчээрийн газрын гадаргын өндөржилт болон зүг зовхисын хамаарал

Монгол улс нь төв болон зүүн хойд Азийн тэгш өндөрлөгт далай тэнгисээс алслагдсан байрлалтай, уул нурууд зонхилсон гадаргатай. Манай орны байгаль-газарзүйн энэхүү байршил нь экологийн хувьд өвөрмөц тогтолцоог бүрдүүлдэг.

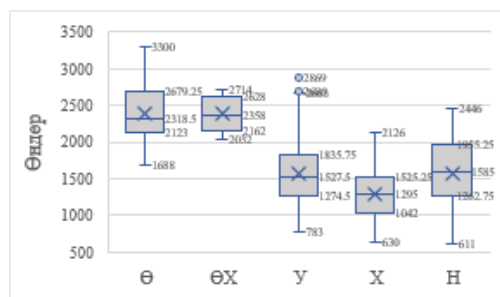
Газрын гадаргын хотгор гүдгэр нь хөрс, ургамлан нөмрөг болон газар ашиглалтын

байдалд онцгой ач холбогдолтой. Газрын гадаргын ерөнхий төрх байдлаар нь хотгор гүдгэр, тэгш гэсэн үндсэн хэсэгт хуваах бөгөөд эдгээр нь хөрс, ургамлын гарал үүсэл, тархалтад ихээхэн нөлөөтэй. Газрын гадаргын өндөржилтийг 30 м-ийн орон зайн нарийвчлалтай өндрийн тоон загварыг GEE ашиглан боловсруулсан. Тус нутаг дэвсгэр нь далайн төвшнөөс дээш 588-3536 м-ийн өндөрт оршиж байна. Сургалттай цэгүүдийг үндэслэн өндрийг тооцоолоход өндөр уулын бэлчээр (Ө) 1688-3300 метрийн өндөрт, өндөр уулын хоорондын нуга хөндийн бэлчээр (ӨХ) 2032-2714 м-т, дундаж өндөр болон нам, бэсрэг уулын бэлчээр (У) 1274.5-1835.7 м-т, тал хээрийн бэлчээр (Х) 1042-1525 м-т, бүс дундын голын хөндий, нам хотосын нугын бэлчээр (Н) 1262-1955 м-т байх бөгөөд энэ нь өөр өөр өндөрт хамрагдаж байгааг Зураг 3-д харуулж байна.

Хүснэгт 11. Бэлчээрийн газрын гадаргын өндөржилтийн мэдээлэл

№	Бэлчээр	Цэг	Хамгийн нам	Хамгийн өндөр	Дундаж	Дундаж хазайлт	Хэлбэлзэл
1	Ө	96	1688	3300	2384.69	364.30	132717.18
2	У	404	783	2869	1563.47	399.75	159798.58
3	ӨХ	15	2032	2714	2384.73	230.45	53110.07
4	Х	190	630	2126	1300.43	338.18	114368.57
5	Н	120	611	2446	1561.37	442.59	195883.95

Судалгаанд хамрагдаж буй бүс нутаг нь Монгол орны физик газарзүйн мужлалаар Хангайн-Хэнтийн уулархаг их мужид хамрагдах [18] бөгөөд Хангайн нурууны зүүн, зүүн өмнөд хэсэгт орших бэсрэг болон нам уулс, цав толгод, тэдгээрийн хоорондох голын хөндийгөөс бүрдэж байна. Уул нуруудын чиглэл нь ихэнхдээ баруунаас зүүн тийш өргөрөг дагасан байрлалтай байна. Тус нутагт нам уулс, цав толгод, нуурын хурдаст хотгор, гүвээрхэг хэвгий тал, голын хөндий, элсэн хуримтлал зэрэг хотгор гүдгэрийн хэв шинжүүд хослон оршино.



Зураг 18. Бэлчээрийн хэв шинжийн өндөржилтийн ялгаа (м)

Газрын гадаргын зүг зовхис нь бэлчээрийн улирлын ашиглалтын байдлыг тодорхойлох, газар тариалан, аж ахуй,

бизнесийн үйл ажиллагаа эрхлэхэд чухал ач холбогдолтой хүчин зүйл болдог тул зүг зовхисын мэдээллийг боловсруулж гаргасан. Учир нь салхины чиглэл, хурд, хур тунадасны хангамж, нар гийгүүлэлт, гадаргын температур, хөрс, ургамлын хэв шинжийн тархалт зэрэг нь зүг зовхисоос хамааралтай байдаг. Сэлэнгэ мөрний сав газрын гадаргын зүг зовхисыг зургийг боловсруулсан бөгөөд тэгш гадарга, баруун, зүүн, урд, хойд зүгүүдэд хувааж талбайн хэмжээг тодорхойлсон. Нийт бэлчээрийн газрын 42.5 % нь урд зүгт, 23.7 % нь зүүн зүгт, 19.3 % нь хойд зүгт, 14.3 % нь баруун зүгт тус тус чиглэсэн байна. Өмнөд хажуу нь дулааны горим их учир хөрсөнд агуулагдах чийг их хуримтлагдах бөгөөд жилийн турш нарны цацрагийн шууд тусгалын нөлөөн дор оршино [34].

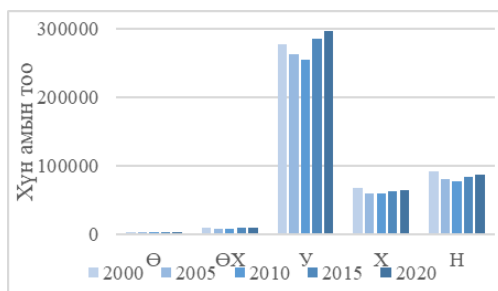
**Хүснэгт 12.** Бэлчээрийн газрын зүг зовхист эзлэх талбайн хэмжээ, хувиар

Зүг зовхис	Ө	ӨХ	У	Х	Н	Нийт
Тэгш гадарга	0.1	0.1	0.1	0.1	1.1	0.2
Хойд	22.0	22.0	18.3	18.3	21.9	19.3
Баруун	13.9	13.9	14.4	14.4	14.3	14.3
Урд	41.5	41.5	43.4	43.4	38.4	42.5
Зүүн	22.5	22.5	23.9	23.9	24.3	23.7

**4.2. Хүн ам, малын тоон өөрчлөлт**

Судалгааны бүс нутагт хамрагдаж буй 117 сумын хэмжээнд 1990 онд 475,335 хүн ам байсан бол 2020 онд 2,203,024 хүн амтай болж өссөн байна. Сүүлийн 30 жилийн хугацаанд 4.6 дахин өссөн байна. Аймгуудын хэмжээнд авч үзвэл Завхан, Өвөрхангай, Төв аймгуудын хүн амын тоо 1-10 %-иар буурсан байна. Харин Хөвсгөл, Сэлэнгэ, Дархан-Уул, Орхон, Архангай, Булган аймгууд 10,000-30,000 хүн амаар нэмэгдсэн үзүүлэлттэй байна. Улаанбаатар хот мөн судалгааны бүсэд хамрагдах бөгөөд 1990 оны хүн амаас 40.2 хувиар нэмэгдэж 2020 онд 1,465,335 хүн амтай болж өссөн байна.

Хүн амын тоог 2000-2020 оны хооронд 5 жилийн интервалтайгаар Зураг 4-д үзүүлэв.



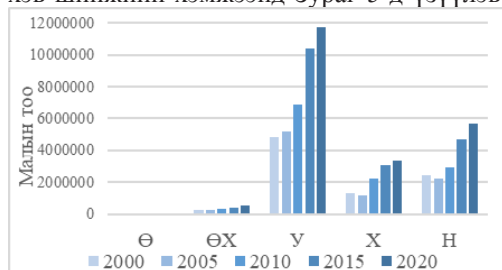
**Зураг 19.** 2000-2020 онуудын хүн амын тоо /Бэлчээрийн ангиллаар/

Үүнийг бэлчээрийн хэв шинжээр ангилж үзвэл (Ө)-д Архангай аймгийн Цахир сум, Завхан аймгийн Идэр сум, Хөвсгөл аймгийн Баянзүрх сумд, (ӨХ)-д Хөвсгөл аймгийн Ханх сум, (У)-д хамгийн их газар нутаг хамрагдах бөгөөд Архангай аймгийн 7 сум, Булган аймгийн 6 сум, Дархан-Уул аймгийн 1 сум, Завхан аймгийн 2 сум, Орхон аймгийн 1 сум, Өвөрхангай аймгийн 5 сум, Сэлэнгэ аймгийн 7 сум, Төв аймгийн 10 сум, Хөвсгөл аймгийн 14 сум, (Х)-д Булган аймгийн 3 сум, Завхан аймгийн 1 сум, Өвөрхангай аймгийн 1 сум, Сэлэнгэ аймгийн 7 сум, Төв аймгийн 6 сум, (Н)-д Архангай аймгийн 10 сум, Булган аймгийн 2 сум, Дархан-Уул аймгийн 1 сум, Өвөрхангай аймгийн 1 сум, Сэлэнгэ аймгийн 2 сум, Төв аймгийн 3 сум, Хөвсгөл аймгийн 3 сум тус тус хамрагдаж байна.

Хөдөөгийн хүн ам болон суурины хүн амын харьцааг авч үзвэл Завхан, Өвөрхангай, Булган, Архангай, Хөвсгөл, Төв, Сэлэнгэ аймгуудын хөдөөгийн хүн ам хотын хүн амаас их тоотой байна. Харин өсөлтөөр нь авч үзвэл Орхон, Хөвсгөл, Дархан-Уул аймгийн хотын хүн амын тоо сүүлийн 20 жилд тасралтгүй нэмэгдсэн бол Өвөрхангай, Архангай, Сэлэнгэ аймгуудад хотын хүн ам багассан байна. Нийт аймгийн хэмжээнд хөдөө хүн амын тоо 2000-2010 буурч байсан бол 2010 хойш нэмэгдсэн үзүүлэлттэй байна. Мөн бэлчээрт үзүүлж буй нөлөөллөөр малын



тоон 2000-2020 оны статистик үзүүлэлтийг авч үзсэн. 2000 онд аймгуудын дунджаар авч үзэхэд 1.1 сая орчим байсан бөгөөд хамгийн их малтай аймаг Хөвсгөл аймаг буюу 2,244,120 толгой малтай байсан. Үүнд 139 мянган адуу, 158 мянган үхэр, 1,050 мянган хонь, 585 мянган ямаа, 8.7 мянган тэмээ тус тус тоологдсон байна. Харин 2020 оны байдлаар малын тоо 2.35 дахин өссөн бөгөөд хамгийн бага малтай Орхон аймаг 175,329, хамгийн их малтай Хөвсгөл аймаг 5,662,001 болж өссөн байна. Нийт аймгийн дундаж малын тоо 2020 онд 2.7 сая болж нэмэгдсэн. Үүнийг тооцож үзвэл 2000 оныхоос нийт малын 10 сая толгой өссөн, их малтай аймаг 2.5 дахин нэмэгдсэн үзүүлэлттэй байна. Бэлчээрийн хэв шинжээр нь авч үзвэл (У)-д малын тоо хамгийн их байх бөгөөд сүүлийн жилүүдэд малын тоо ихээр нэмэгдсэн байна (Зураг 5). 2000, 2005, 2010, 2015, 2020 онуудын нийт малын тоог бэлчээрийн хэв шинжийн хэмжээнд Зураг 5-д үзүүлэв.

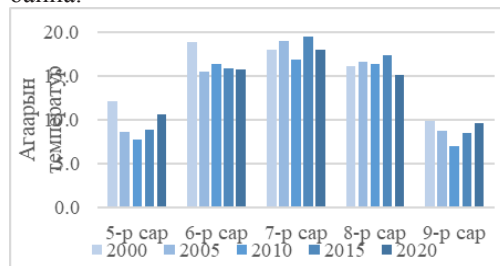


**Зураг 20.** Судалгаанд хамрагдсан бүс нутгийн 2000-2020 онуудын малын тоо

#### 4.3. Агаарын температур, хур тунадасны өөрчлөлт

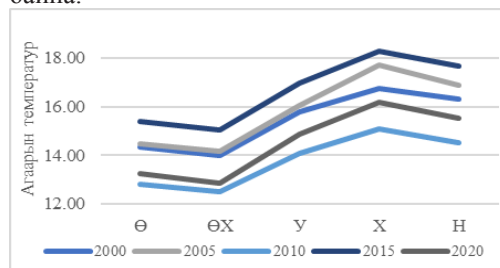
Уур амьсгалын үндсэн элемент болох агаарын температур, хур тунадас бөгөөд хөдөө аж ахуйн ургамлын өсөлт хөгжлийн шаардагдах дулааны болон чийгийн горим ихээхэн ач холбогдолтой [18]. Судалгааны бүс нутаг нь уур амьсгалын мужлалаар дулаавтар зунтай, хагас чийглэг муж болон дулаан болон дулаан зунтай чийгээр дутмаг мужид хамрагдана. Температурын нөхцөл жил бүр харилцан адилгүй +5°C-аас

дээш температуртай үед ургамал ургалт эхлэх бөгөөд вегтацын хугацаа үүгээр эхэлнэ. Энэ нь манай оронд 80-130 хоног үргэлжилдэг [35]. Тус цаг хугацааны мэдээг 20 цаг уурын станцын мэдээг ашиглан сүүлийн 20 жилийн динамик үзүүлэлтийг ургамал ургалтын хугацаагаар гаргасан. Сүүлийн 20 жилийн хугацаанд 7, 8-р саруудад агаарын температур бага зэрэг нэмэгдсэн бол 6-р сард буурсан байна. Харин 5 болон 9-р саруудад 2010 онд сэрүүн зун болсон бол сүүлийн 10 жилд агаарын температур нэмэгдсэн үзүүлэлттэй байна.



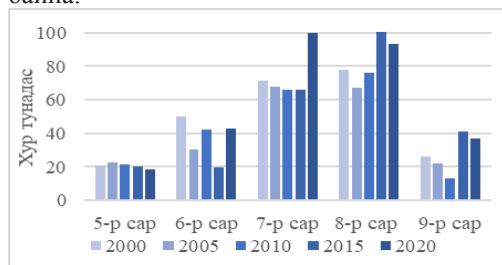
**Зураг 21.** Ургамал ургалтын хугацааны агаарын дундаж температур /2000-2020/

Бэлчээрийн хэв шинжээр нь авч үзвэл (Х) болон (Н) бэлчээрт дулаан байдаг бол (ӨХ)-д тогтмол сэрүүнд байдаг байна. Ургамал ургамлын хугацаанд (Х)-д 2000-2020 онуудад хамгийн дулаан байсан (Зураг 7). Судалгааны бүс нутагт сүүлийн 20 жилд 5-р сарын дундаж температур 9.7°C, 6-р сард 16.1°C, 7-р сард 18°C, 8-р сард 15.6°C, 9-р сард 9.1°C температуртай байна.



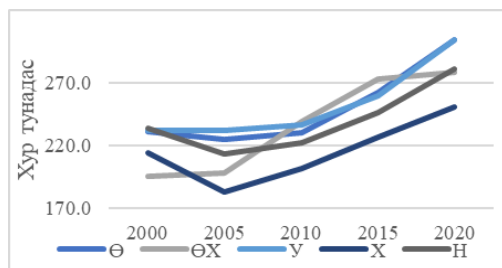
**Зураг 22.** Бэлчээрийн хэв шинжүүд дэх ургамал ургалтын хугацааны агаарын дундаж температур /2000-2020/

Манай оронд хур тунадас бага унадаг хэдий ч газрын гадаргын байрлал, хэлбэрээс шалтгаалан харилцан адилгүй байдаг [36]. Судалгааны бүс нутаг нь манай орны хамгийн их хур тунадас унадаг бүс нутаг бөгөөд ургамал ургалтын хугацаанд Сэлэнгэ мөрний сав газарт 246-290 мм хур тунадас унасан байна. Жилийн туршид 8-р сард хамгийн их хур тунадас унадаг бөгөөд дунджаар 80 мм гаруй хур тунадас унадаг байна.



**Зураг 23.** Ургамал ургалтын хугацааны хур тунадасны нийлбэр /2000-2020/

Зураг 8-д харуулснаар сүүлийн 20 жилд 5-7 саруудад хур тунадас буурсан бол 8-р сард сүүлийн жилүүдэд огцом өсөлттэй байна. Харин 7-р сард 2020 онд 100 мм хүрсэн бол 8-9-р саруудад мөн нэмэгдсэн үзүүлэлттэй байна. Энэ нь бэлчээрт нөлөөлөх байдлаар үзвэл зуны сүүлийн сарууд ургамал ургахад нөлөө багатай.



**Зураг 24.** Бэлчээрийн хэв шинжүүд дэх ургамал ургалтын хугацааны хур тунадасны нийлбэр /2000-2020/

Бэлчээрийн 5 ангиллын хувьд сарын дундаж хур тунадасны хуваарилалтыг тооцож үзэхэд сүүлийн 10 жилд хур тунадас нэмэгдсэн бөгөөд (Ө) болон (Н)-

д хамгийн их унасан байна. Агаарын температураас ялгаатай нь (Х)-д хур тунадас бага унасан үзүүлэлттэй байгаа нь гадаргын өндөржилтөөс хамаарах тохиолдол гардаг байна.

#### 4.4. Ургамлын индексийн өөрчлөлт

Тус судалгаанд MODIS хиймэл дагуулын ургамлын индексийн 2000-2020 оны мэдээг боловсруулж, бэлчээрийн хэв шинжээр нь ангилан өөрчлөлтүүдийг гаргасан.

Ургамлын индексийг бодуулхаас өмнө NDVI-ийн утгыг сүүлийн 20 жилээр цаг хугацааны цувааг GEE-г ашиглан бодуулж үзэхэд жил бүрийн 7-р сард хамгийн их утгыг буюу  $0.6 < NDVI < 0.7$  гэсэн утгуудыг өгч байна. Өвлийн улиралд хамгийн бага буюу хасах утгуудыг үзүүлж байсан. Үүнээс үндэслэн бусад ургамлын индексүүдийг 7-р сарын дундаж мэдээгээр боловсруулалт хийсэн.

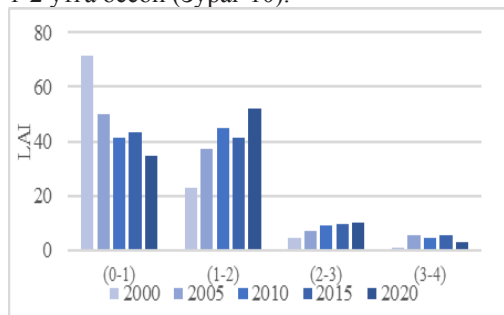
Таван жилийн давтамжаар ургамлын индексийн мэдээг боловсруулахдаа мөн адил бэлчээрийн газрын ангиллаар сонгон авсан цэгүүдээр NDVI, EVI, LAI, NDWI гэсэн ургамлын индексүүдийн утгуудыг гарган авсан.

Ургамлын нормчлогдсон ялгаврын индекс (NDVI), сайжруулсан ургамлын индекс (EVI)-г 250 метрийн орон зайн нарийвчлалтай 16 хоногийн мэдээг ашиглан GEE-д боловсруулсан. Судалгааны хугацаанд NDVI-ийн хамгийн их утга 2020 онд байсан бол хамгийн бага утга нь 2000 онд байсан байна. Үүнийг дундаж утгаар нь авч үзэхэд 2000 онд 0.64, 2020 онд 0.7 гэсэн утгуудыг өгсөн байна. Харин 2005 болон 2015 онуудад дундаж утга 0.57 болтлоо буурсан үзүүлэлттэй байна. Талбайн хэмжээгээр нь авч үзвэл 0.6-0.8 эзэлж буй 2000 онд 35.9% буюу хамгийн их талбайг эзэлж байсан. 2005 онд 0.2-0.4 утгад нийт 33% нь хамрагдаж байна. 2010 онд нийт талбайн 33% 0.4-0.6 утгад

хамрагдаж байсан бол 2015 онд 30.2 болж буурсан. Мөн 2020 онд 0.4-0.6-д 33.3%, 0.6-0.8-д 31.7% болж өссөн үзүүлэлттэй гарсан (Зураг 14). Бэлчээрийн хэв шинжийн ангиллаар авч үзвэл өндөр уулын нуга болон бүс дундын нугын бэлчээрийн утгууд өндөр үзүүлэлтийг үзүүлсэн байна. Харин тал хээрийн бэлчээрийн дундаж утгууд бүх онуудад хамгийн бага утгыг өгсөн.

Сайжруулсан ургамлын индекс (EVI)-н утгыг боловсруулахад 2000-2015 онуудад дундаж утга тогтмол 0.33-0.35 хооронд байсан бол 2020 онд 0.42 болж өссөн байна. Талбайн хэмжээгээр авч үзвэл 0.4-0.5-д 2000 онд 21.5%, 2005 онд 19.4%, 2010 онд 22.9%, 2015 онд 20.2%, 2020 онд 25.1% талбайг эзэлж байх бөгөөд өсөлт бууралт хэлбэлзэлтэй байгаа нь харагдаж байна (Зураг 15). Бэлчээрийн хэв шинжид (Н) бэлчээрийн утга хамгийн их хэлбэлзэлтэй байх бөгөөд (У)-н утга нь 20 жилийн утга хамгийн буюу 0.18-0.23 гэсэн утгыг тогтмол үзүүлсэн байна. (Х)-т бүх онуудад хамгийн бага утгыг өгсөн, (Ө) нь тогтмол 0.2-0.4 гэсэн утгыг үзүүлсэн.

Навчны талбайн индекс (LAI) 500 м-ийн орон зайн нарийвчлал бүхий 8 хоногийн мэдээг мөн GEE-г ашиглан талбайн болон бэлчээрийн хэв шинж дэх 2000-2020 оны мэдээг боловсруулсан (Зураг 16). Үүнд 0-1 гэсэн утга 2000-2020 онуудад багассан бол 1-2 утга өссөн (Зураг 10).



Зураг 25. 2000-2020 онуудын LAI-н утгуудын өөрчлөлт

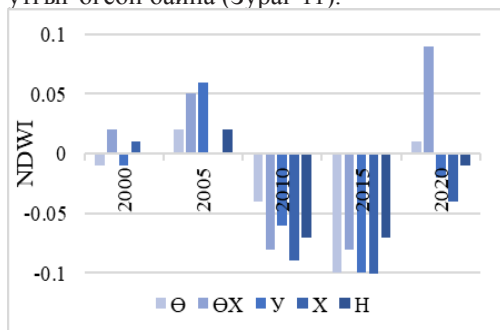
Олон жилийн өөрчлөлтөөр нь бэлчээрийн ангилалд талбайн хэмжээг тооцоолоход (У), (Н)-д 1.38-1.40 гэсэн утгууд үзүүлсэн. Түүнчлэн (ӨХ)-д дундаж утга нь бага байсан, (Н)-д хамгийн их хэлбэлзэлтэй байна.

Усны нормчлогдсон ялгаврын индекс (NDWI) боловсруулахад -0.1-0.1 хоорондох утгууд нийт онуудад хамгийн өндөр утгуудыг өгсөн байна (Хүснэгт 4). Боловсруулсан зургаас үзэхэд 2005 онд усны утга судалгааны нутгийн төв хэсгээр их байсан бол 2015 онд нийт хэсгээр хасах утгатай талбай нэмэгдсэн байна (Зураг 17).

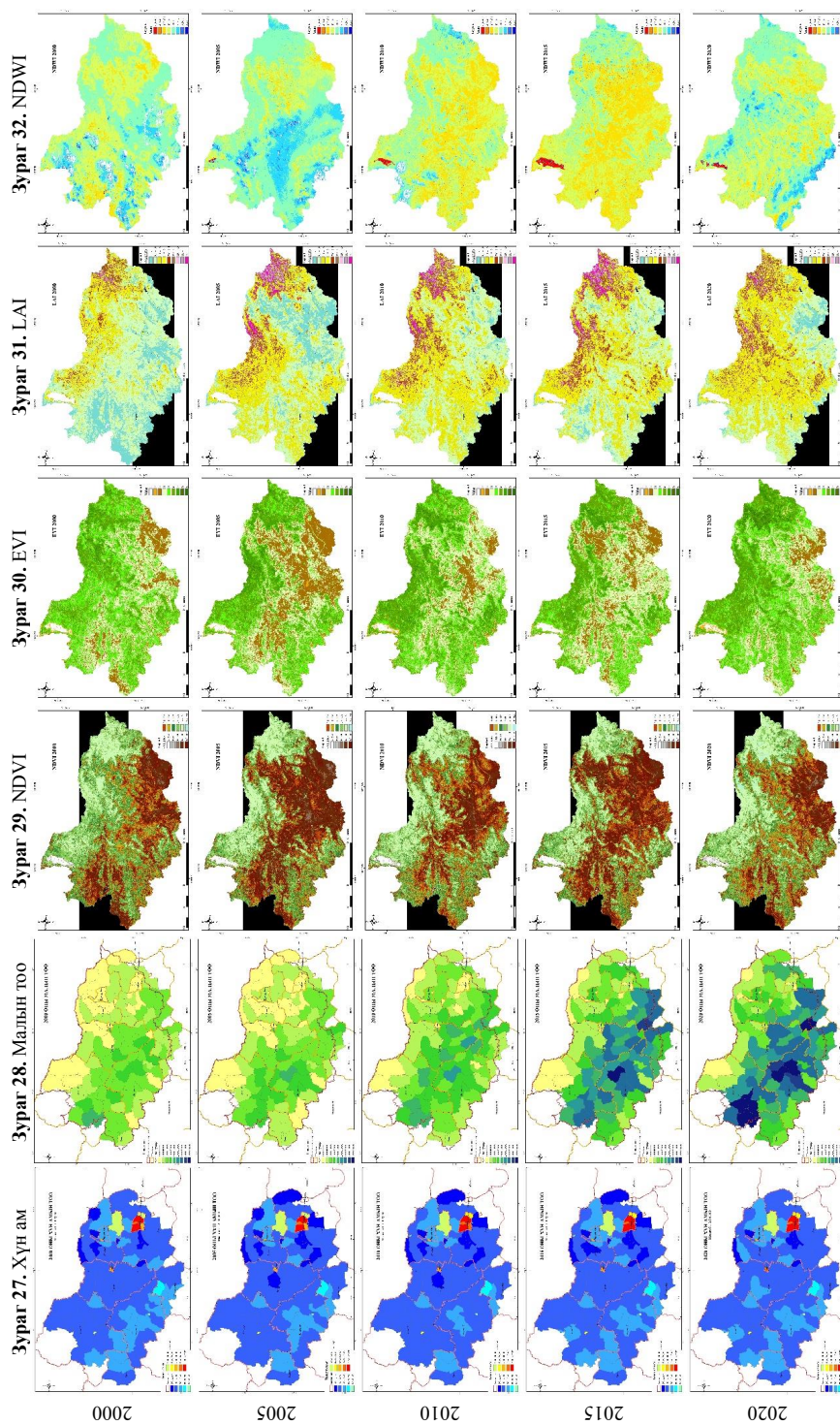
Хүснэгт 13. 2000-2020 онуудын NDWI-н утга

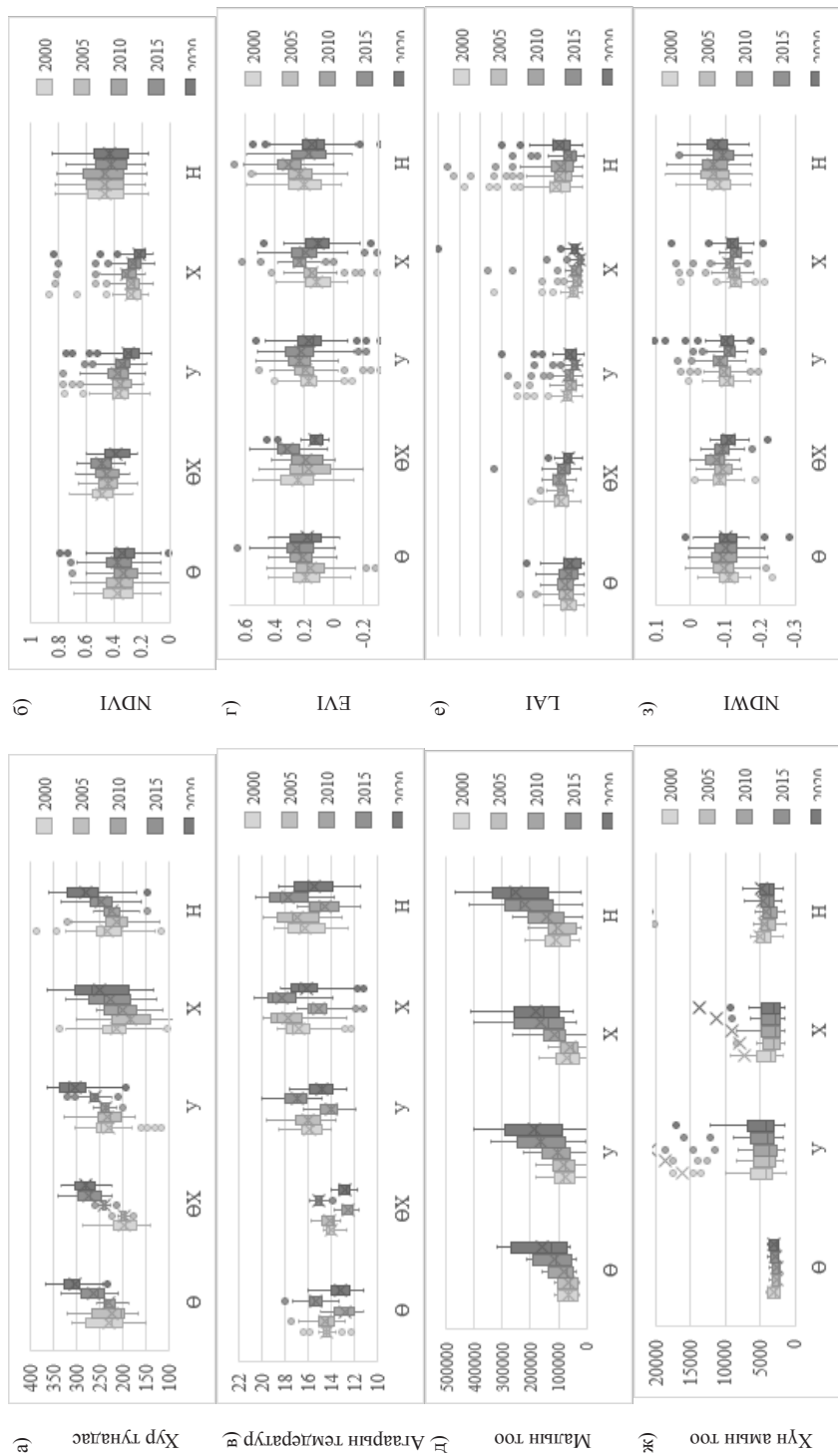
NDWI	2000	2005	2010	2015	2020	
Хэвийнээс бага	(-1--0.3)	0.03	0.07	0.37	0.86	0.30
	(-0.3--0.2)	0.07	0.07	0.34	0.69	0.19
	(-0.2--0.1)	6.41	3.16	24.58	36.40	8.62
Хэвийнтэй ойр	(-0.1-0)	43.77	24.33	47.50	44.49	43.60
	(0-0.1)	40.49	54.46	24.90	16.43	40.05
Хэвийнээс өндөр	(0.1-0.2)	8.31	16.76	2.16	0.99	6.47
	(0.2-0.3)	0.80	1.08	0.10	0.05	0.65
	(0.3-1)	0.11	0.07	0.05	0.08	0.11

Бэлчээрийн хэв шинжээр нь тодорхойлоход судалгааны 2010, 2015 онуудад бүх хэв шинжээр хасах утга үзүүлсэн байна. Бусад онуудад хэлбэлзэл ихтэй байсан ч (ӨХ)-д 2020 онд өндөр утгыг өгсөн байна (Зураг 11).



Зураг 26. NDWI-н утгын өөрчлөлт





**Зураг 33.** Сэлэнгэ мөрний сав газрын 2000–2020 оны статистик өөрчлөлт: а) Хур тунадас, б) NDVI, в) Агаарын температур, г) EVI, д) Малын тоо, е) LAI, ж) Хүн амын тоо, з) NDWI

#### **4.4. Бэлчээрийн экологийн хэв шинжээр ургамлын индексүүдийн өөрчлөлт, хүчин зүйлүүдийн хоорондын хамаарал**

Судалгааны явцад гарсан бүх үзүүлэлтийн ерөнхий мэдээллийг боловсруулж Зураг 18-д үзүүлэв. Үүнд ургамлын индексүүдийн дундаж утгууд сүүлийн жилүүдэд багассан байгаа нь ажиглагдав. Харин хур тунадас хэлбэлзэлтэй байсан ч сүүлийн 10 жилд нэмэгдсэн бол агаарын дундаж температур 2015-нд их буюу 20.6 болж нэмэгдсэнтэй холбоотой байх магадлалтай. Хүн амын тоо сүүлийн 20 жилийн дунджаар 2 дахин нэмэгдсэн бол малын тоо 2.5 дахин нэмэгдсэн үзүүлэлттэй байна. Үүнээс үзэхэд ургамлын индексийг хүн ам, малын тоотой харьцуулахад урвуу хамааралтай байна. Мөн ургамлын индекс уур амьсгалын үзүүлэлт хооронд шууд хамаарал ажиглагдсан.

Боловсруулсан бүх үзүүлэлтийг жил бүрээр хоорондын хамаарал бага байсан бөгөөд бэлчээрийн хэв шинжид ялгаж үзүүлэлт хоорондох хамаарлыг тооцсон. (Ө)-д EVI, хүн ам, малын тоон үзүүлэлтүүд урвуу ( $R^2=-0.366$ ) хамааралтай, хур тунадас ургамлын индексүүд мөн урвуу ( $R^2=-0.5$ ) хамааралтай байна. Агаарын температур LAI хооронд шууд хамаарал ажиглагдсан бөгөөд энэ нь ( $R^2=-0.343$ ) хүртэл хамааралтай байсан. Өндөржилтийн хувьд бүх ургамлын индексүүдийн үзүүлэлтэй урвуу хамааралтай байна. Энэ нь хүн амын малын тоо нэмэгдэх тусам сайжруулсан ургамлын индексийн үзүүлэлт буурсан.

(ӨХ)-д ургамлын индекс уур амьсгалын мэдээтэй урвуу хамааралтай байгаа бол хүн ам, малын тоо үзүүлэлттэй шууд хамааралтай байна. Гэвч энэ нь 2000-2010 онууд буюу эхний онуудтай илүү хамааралтай гарсан. (ӨХ)-д малын тоо болон хүн амын тоо бусад бэлчээрийн хэв шинжээс бага тоон үзүүлэлттэй байгаа нь

ургамлын индекстэй шууд хамааралтай нь гол шалтгаан болж байна. Харин хур тунадас, агаарын температур болон хур тунадасны үзүүлэлттэй жил бүр өөр өөр утга өгч тогтмол хамаарал ажиглагдаагүй.

(У)-н хувьд малын тоо өсөлт ургамлын индексүүдтэй их хэмжээгээр урвуу хамааралтай байгаа ба уур амьсгалын хур тунадас ургамлын индексүүд шууд хамааралтай гарсан. Хүн амын тоо болон ургамлын индекс хоорондын хамаарал нь бага хувиар шууд хамааралтай байв.

(Х)-ийн малын тоо ургамлын индекс ялангуяа NDVI, LAI-н жил бүрийн үзүүлэлттэй урвуу хамаарал их байв. Хур тунадас NDVI-тай шууд хамааралтай байгаа бол LAI агаарын температур хоорондоо урвуу хамааралтай байна. Мөн малын тоо өсөлт нь ургамлын индексүүдтэй их хувиар урвуу хамааралтай байна. Энэ нь малын тоо их тохиолдол ургамлын үзүүлж буй индексийн утга багасаж байгааг харуулж байсан.

(Н) малын тоо ургамлын индекс ялангуяа NDVI, LAI, NDWI-н утгууд жил бүрийн үзүүлэлттэй урвуу хамаарал их байна. Хур тунадас NDVI-тай шууд хамааралтай байгаа бол LAI агаарын температур хоорондоо урвуу хамааралтай байна. Ингэхэд (Н)-д нийт нутгийн малын хамгийн их хувийг эзэлж буй бэлчээр учраас илүү их утгуудыг өгч байна.

### **5. ХЭЛЭЛЦҮҮЛЭГ**

Зайнаас тандан судлалын аргаар ургамлын биомассыг тодорхойлох, олон жилийн өөрчлөлтийг тодорхойлсон судалгааг манай орны судлаачид сүүлийн жилүүдэд тогтмол хийгдсэн байна. Үүнд:

Бямбадолгор нар [37] Монгол орны ойт хээр ба хээрийн бүсийн бэлчээрийн биомассыг MODIS хиймэл дагуулын ургамлын индексээр өргөн хэрэглэдэг 30 индексийг бэлчээрийн ургацын дээжийн цэгүүдтэй харьцуулан тооцоолоход ойт

хээр болон хээрийн бүсэд ( $R^2=0.887$ ) хоорондын хамаарал өндөр гарсан. Бидний судалгааны бэлчээрийн хэв шинжээр ургамлын индекс гаргасан боловсруулалт нь дээрх судалгаагаар хамааралтай байгаа нь ажиглагдав.

Мөнхдулам нар [38] газрын хэмжилтийн биомасстай ургамлын спектрийн индексүүдийг харьцуулахад CLgreen, SR, WDRVI, EVI1, NDVI, MSAVI2-ын утгууд өндөр хамаарлыг үзүүлснээр бид ургамлын бүрхцийн судалгаанд дээрх индексүүдээр боломжтойг харуулж байсан.

Өнөрням [39] 2023 оны судалгаандаа 2000-2020 оны NDVI-ийн урт хугацаан мэдээнд ургамлан нөмрөгт гарч буй өөрчлөлтийг тооцоолсон. Ингэхэд судалгааны талбайн уулс, цав толгод тэдгээрийг заагласан хөндий, хужир мараат хотгор газраар ургамлын индексийн утга хэлбэл ихтэй байсан. Түүнчлэн бидний хийсэн судалгаанд тухайн онуудад (Н) бэлчээрт  $0.2 < NDVI < 0.6$  байгаа нь мөн хэлбэлзэл ихтэйг харуулж байна.

Мандах нарын [40] хийсэн цөлжилтийн судалгаанд уур амьсгалын өөрчлөлттэй холбоотой ургамлын номрчлогдсон индексийн утгууд сүүлийн 10 жилд буурсан үзүүлэлтэй гарсан бөгөөд бидний судалгаанд хамгийн өндөр NDVI-н утга өссөн хэдий ч дундаж утга олон жилийн дунджаар буурсан.

Лиан нарын [41] Казакстан улсын ургамалжилтын өөрчлөлтийг 1982-2015 оны хооронд МОДИС хиймэл дагуулын NDVI мэдээгээр тодорхойлсон байна. Ингэхэд 1982-1992 онуудад NDVI өссөн, 1993-2007 онуудад буурсан, 2008-2015 онуудад дахин нэмэгдсэн үзүүлэлтэй байгаа адил хэлбэлзэлтэй байсан.

Рэвадекар нарын [42] Энэтхэг улсад 1981-2010 онуудын судалгаагаар халуун улиралд (3-5-р сар) NDVI нь хамгийн

бага утгыг харуулдаг бөгөөд 6-р сард зуны муссоны эхэн үеэс нэмэгддэг байна. Судалгаанаас үзэхэд NDVI нь тус улсын баруун өмнөд болон зүүн хойд хэсэгт орсон муссоны хур тунадастай эерэг хамааралтай байна.

## 6. ДҮГНЭЛТ

Сэлэнгэ мөрний сав газрын хэмжээнд ургамлын индексүүдэд орон зай болон цаг хугацааны өөрчлөлтийн судалгааг 2000-2020 оны хооронд боловсрууллаа. Мөн судалгааны бүс нутаг дэх хүн ам, малын тоо, агаарын температур, хур тунадасны 20 жилийн мэдээг боловсруулсан үр дүнгээс дараах дүгнэлтийг гаргалаа. Үүнд:

1. Ургамлын спектрийн олон жилийн өөрчлөлтийг харьцуулахад 2005 болон 2015 онуудад индексийн утгууд хамгийн бага үзүүлэлтийг өгсөн.
2. Судалгааны бүс нутгаар 2000-2020 онуудын хооронд уур амьсгалын тухайн цаг хугацааны мэдээтэй харьцуулахад 2005 ба 2015 онуудад агаарын температур хамгийн өндөр, хур тунадас бага унасан жилүүд байв. Мөн хүн амын тоо, малын тоон өсөлтүүд нь 2005 оноос хойш тасралтгүй өсөлттэй байгаа нь ургамлын индексийн утгуудтай (X)-т хамаарагдах ургамлын индексийн утгуудтай шууд хамааралтай байсан.
3. Бэлчээрийн экологийн хэв шинжээр нь ялган ургамлын индексүүдийн өөрчлөлтийг боловсруулснаар өөрчлөлтөд нөлөөлөгч хүчин зүйлсийг тодорхойлж гаргахад тодорхой хэмжээний хамаарлууд ажиглагдсан.

## ТАЛАРХАЛ

Энэхүү судалгааг ШУТС-ийн санхүүжилтээр 2022-2024 оны хооронд

хэрэгжиж буй NSFC2022/01 дугаартай “Монгол улсын Сэлэнгэ мөрний сав газар дахь мал аж ахуйн зохицуулалтын оновчтой аргачлал ба веб платформ боловсруулалт” төслийн санхүүжилтийн хүрээнд хийсэн.

## АШИГЛАСАН МАТЕРИАЛ

- [1]. S. Schmidt and C. Yeager, Making grasslands sustainable in Mongolia: adapting to climate and environmental change. Mandaluyong City, Metro Manila, Philippines: Asian Development Bank, 2013.
- [2]. «Mongolia’s Amazing Grasslands», The Nature Conservancy. Accessed: 3 Дөрөвдүгээр сар 2024. [Online]. Available at: <https://www.nature.org/en-us/about-us/where-we-work/asia-pacific/mongolia/stories-in-mongolia/mongolia-s-amazing-grasslands/>
- [3]. «Mongolian-Manchurian Grassland», One Earth. Accessed: 3 Дөрөвдүгээр сар 2024. [Online]. Available at: <https://www.oneearth.org/ecoregions/mongolian-manchurian-grassland/>
- [4]. «The Grasslands of Mongolia». Accessed: 3 Дөрөвдүгээр сар 2024. [Online]. Available at: <https://seeingthewoods.org/2014/01/22/the-grasslands-of-mongolia/>
- [5]. Д.Аваадорж, С.Бадрах, Я.Баасандорж, Бэлчээрийн хөрсний физик шинж чанар ба ургамлан нөмрөг, тэдгээрийн өөрчлөлт. Улаанбаатар: Хөх судар принтинг ХХК, 2006.
- [6]. G. Li et al., «Spatial and Temporal Variations in Grassland Production from 2006 to 2015 in Mongolia Along the China–Mongolia Railway», Sustainability, vol 11, no 7, Art. no 7, 1-p сар 2019, <https://doi.org/10.3390/su11072177>.
- [7]. Үндэсний С. Хороо, «ЖИЛИЙН ДУНДАЖ ХҮН АМЫН ТОО, бүс, аймаг/нийслэлээр», Үндэсний Статистикийн Хороо. Accessed: 18 Гуравдугаар сар 2024. [Online]. Available at: [https://www2.1212.mn/tablesdata1212.aspx?tbl\\_id=dt\\_nso\\_0300\\_002v1&ln=mn](https://www2.1212.mn/tablesdata1212.aspx?tbl_id=dt_nso_0300_002v1&ln=mn)
- [8]. «ГНС2020.pdf».
- [9]. Үндэсний С. Хороо, «МАЛЫН ТОО, аймгаар, төрлөөр /мян.тол/», Үндэсний Статистикийн Хороо. Accessed: 3 Дөрөвдүгээр сар 2024. [Online]. Available at: [https://www2.1212.mn/tablesdata1212.aspx?tbl\\_id=dt\\_nso\\_0100\\_01t04&ln=mn](https://www2.1212.mn/tablesdata1212.aspx?tbl_id=dt_nso_0100_01t04&ln=mn)
- [10]. Ц. Цэрэнбалжир, Газрын кадастр. Улаанбаатар: Урлах эрдэм ХХК, 2004.
- [11]. B. Sun, B. Y. Wang, J. Feng, J. C. Jiang, D. R. Pan, H. Wang, H. X. Wang, and T. H. Han, "Monitoring models of the grass yield for grassland in Gansu Province," Pratacultural Science, vol. 32, pp. 1988–1996, 2015.
- [12]. J. Hao et al., «Spatial–Temporal and Driving Factors of Land Use/Cover Change in Mongolia from 1990 to 2021», Remote Sensing, vol 15, no 7, p 1813, 3-p сар 2023, <https://doi.org/10.3390/rs15071813>.
- [13]. S. Xu, J. Wang, O. Altansukh, and T. Chuluun, «Spatial-temporal pattern of desertification in the Selenge River Basin of Mongolia from 1990 to 2020», Front. Environ. Sci., vol 11, 3-p сар 2023, <https://doi.org/10.3389/fenvs.2023.1125583>.
- [14]. M. Zorigt, G. Battulga, G. Sarantuya, S. Kenner, N. Soninkhishig, and M. Hauck, «Runoff dynamics of the upper Selenge basin, a major water source for Lake Baikal, under a warming climate», Reg Environ Change, vol 19, no 8, pp 2609–2619, 12-p сар 2019, <https://doi.org/10.1007/s10113-019-01564-x>.



- [15]. Малын бэлчээрийн даац тооцох нэгдсэн аргачлал, Аргачлал, 2019.
- [16]. A. Huete, C. Justice, and W. van Leeuwen, «ALGORITHM THEORETICAL BASIS DOCUMENT».
- [17]. Y. Guo, Y. Huang, J. Li, S. Ouyang, L. Wu, and W. Qi, «Study on the influence of mining disturbance on the variation characteristics of vegetation index: A case study of Lingwu Mining Area», *Environmental Development*, vol 45, p 100811, 3-p cap 2023, <https://doi.org/10.1016/j.envdev.2023.100811>.
- [18]. Ш.Цэгмид, Монгол орны физик газарзүй. Улаанбаатар: Улсын хэвлэлийн газар, 1969.
- [19]. Монгол улсын бүсчилсэн хөгжлийн үзэл баримтлал, 2001.
- [20]. Байгаль орчин, аялал жуулчлалын сайдын 2009 оны 11-р сарын 332 тоот тушаал, «Монгол орны усны сав газрууд», 2009.
- [21]. Г. Намхайжанцан, «Агаарын температур», in Монгол улсын үндэсний атлас, Улаанбаатар: Шинжлэх Ухааны Академи, 2022, pp 96–97.
- [22]. Газрын харилцаа, барилга, геодези, зураг зүйн газар, «Төв, Сэлэнгэ, Дархан-Уул, Булган, Хөвсгөл, Архангай аймгуудын бэлчээр, хадлангийн газрын төлөв байдал, чанарын хянан баталгааны тайлан», Улаанбаатар, 2009.
- [23]. N. Gorelick, M. Hancher, M. Dixon, S. Pyushchenko, D. Thau, and R. Moore, «Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone», *Remote Sensing of Environment*, vol 202, pp 18–27, 12-p cap 2017, <https://doi.org/10.1016/j.rse.2017.06.031>.
- [24]. «Earth Engine Data Catalog», Google for Developers. Accessed: 8 Дөрөвдүгээр сар 2024. [Online]. Available at: <https://developers.google.com/earth-engine/datasets/catalog>
- [25]. В.М.Прислонов, А.С.Бакумов, С.Бадрах, Г.Цолмон, «Байгалийн бэлчээр хадлангийн судалгаа, зураглалын ажлын заавар». Улсын газар зохион байгуулалтын хайгуул зураг төслийн институт, 1989.
- [26]. Барилга, хот байгуулалтын сайдын 2019 оны 34 тоот тушаалын нэгдүгээр хавсралт, Бэлчээрийн газрын төлөв байдал, чанарын улсын хянан баталгааны ажлын аргачилсан заавар.
- [27]. P. Mutti, P. Lúcio, V. Dubreuil, and B. Bezerra, «NDVI time series stochastic models for the forecast of vegetation dynamics over desertification hotspots», *International Journal of Remote Sensing*, vol 41, pp 2759–2788, 4-p cap 2020, <https://doi.org/10.1080/01431161.2019.1697008>.
- [28]. H. Fang, F. Baret, S. Plummer, and G. Schaepman-Strub, «An Overview of Global Leaf Area Index (LAI): Methods, Products, Validation, and Applications», *Reviews of Geophysics*, vol 57, no 3, pp 739–799, 2019, <https://doi.org/10.1029/2018RG000608>.
- [29]. B. Gao, «NDWI—A normalized difference water index for remote sensing of vegetation liquid water from space», *Remote Sensing of Environment*, vol 58, no 3, pp 257–266, 12-p cap 1996, [https://doi.org/10.1016/S0034-4257\(96\)00067-3](https://doi.org/10.1016/S0034-4257(96)00067-3).
- [30]. T. G. Farr et al., «The Shuttle Radar Topography Mission», *Reviews of Geophysics*, vol 45, no 2, 2007, <https://doi.org/10.1029/2005RG000183>.
- [31]. K. Didan and A. B. Munoz, «MODIS Vegetation Index User’s Guide (MOD13 Series)».

- [32]. M. Weiss, F. Baret, G. J. Smith, I. Jonckheere, and P. Coppin, «Review of methods for in situ leaf area index (LAI) determination: Part II. Estimation of LAI, errors and sampling», *Agricultural and Forest Meteorology*, vol 121, no 1, pp 37–53, 1-p cap 2004, <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2003.08.001>.
- [33]. «NDWI: Normalized Difference Water Index». JRC European Commission, DESERT Action-LMNH Unit, 2011.
- [34]. Т.Рэнчинмядаг, «Ландшафтын үндсэн хэв шинжийн тогтвортой байдал», in Монгол орны ландшафтын экологийн чадавх, Улаанбаатар: Намнан Дизайн ХХК, 2020, pp 225–227.
- [35]. Л. Товуу, Газар тариалан. Улаанбаатар: БНМАУ-ын сайд нарын зөвлөлийн улсын дээд, тусгай дунд, техник-мэргэжлийн боловсролын хорооны хэвлэл, 1980.
- [36]. О. Мөнхдулам, Ж.Сэрсмаа, «Уур амьсгалын хүчин зүйл», in Монгол орны ландшафтын экологийн чадавх, Улаанбаатар: Намнан Дизайн ХХК, 2020, pp 38–59.
- [37]. Б. Бямбадолгор, Д. Амарсайхан, Э. Нямжаргал, «MODIS дагуудын мэдээ ашиглах Монгол орны ойт хээр болон хээрийн бүсийн ургамлын биомассыг үнэлэн зураглах нь», Монгол орны газарзүй-геоэкологи сэтгүүл, vol 44, pp 144–157.
- [38]. О. Мөнхдулам, Ж. Сэрсмаа, «Ургамлын экологийн чадавхын үнэлгээ», in Монгол орны ландшафтын экологийн чадавх, Улаанбаатар: Намнан Дизайн ХХК, 2020, pp 208–214.
- [39]. Ж. Өнөрням, «MODIS хиймэл дагуулын NDVI мэдээг ашиглан ургамал нөмрөгийн өөрчлөлтийн үнэлэх нь: Говьсүмбэр аймгийн Баянтал сумын жишээн дээр», Монгол орны газарзүй-геоэкологи сэтгүүл, vol 44, pp 93–105, 2023.
- [40]. Н. Мандах, Д. Даш, Т. Энэрэл, Д. Баясгалан, Л. Нацагдорж, «Хөхморьт сумын цөлжилтийн төлөв байдал», Монгол орны геоэкологийн асуудал, vol 9, pp 187–201, 2012.
- [41]. L. Liang, D. Wenpeng, Y. Huimin, Z. Lin, and D. Yu, «Spatio-Temporal Patterns of Vegetation Change in Kazakhstan from 1982 to 2015», *Journal of Resources and Ecology*, vol 8, no 4, pp 378–384, 7-p cap 2017, <https://doi.org/10.5814/j.issn.1674-764x.2017.04.009>.
- [42]. J. V. Revadekar, Y. K. Tiwari, and K. R. Kumar, «Impact of climate variability on NDVI over the Indian region during 1981–2010», *International Journal of Remote Sensing*, vol 33, no 22, pp 7132–7150, 11-p cap 2012, <https://doi.org/10.1080/01431161.2012.697642>.