

Assessing changes in vegetation cover using time-series MODIS NDVI data: A case study of Bayantal soum in Govisumber Province

Unurnyam Jugnee^{1,*}

¹Division of Environmental and Natural Resource Management, Institute of Geography and Geocology, Mongolian Academy of Sciences, Ulaanbaatar, Mongolia

**Corresponding author email: unurnyamj@mas.ac.mn*

<https://orcid.org/0000-0003-0700-8809>

Received: 29 September 2023 / Accepted: 22 December 2023 / published online: 28 December 2023

ABSTRACT

Determining the pattern of changes in vegetation cover is vital for understanding the environmental change and its influencing factors, as well as for planning and implementing optimal management for mitigation and adaptation. This study aimed to determine the changes in the vegetation cover of the Bayantal soum in Govisumber province, located in transition zones between the steppe and the Gobi. We obtained MODIS NDVI data with a spatial resolution of 250 m and spanning June, July, and August of 2000 to 2020 from the NASA EOS. We applied Sen's slope and Mann-Kendal test to detect spatial-temporal changes in vegetation cover and its trend. According to the results, average NDVI values ranged between 0.2 to 0.4 in Bayantal soum. During the past 21 years, the number of NDVI pixels with values of 0.2-0.3 significantly decreased, whereas, the number of NDVI pixels with values of 0.3-0.4 increased. Long-term NDVI series data indicated that vegetation cover in the soum had a positive change or increasing tendency. A significant increase in the NDVI was observed and accounted for 46.3% of the total area of the soum. The decrease in NDVI was estimated at 0.1 percent of the total area of the soum but it was not significant. The remaining areas of the soum experienced variations in NDVI. The analysis revealed that vegetation cover increased by 0.0056 units per year. Overall, the vegetation cover in the Bayan soum increased over the past 21 years, which conflicts with other studies indicating the deterioration. Therefore, remote sensing data and field monitoring surveys are recommended to detect robust changes in vegetation cover.

Keywords: *Vegetation dynamics, trends in vegetation, MODIS NDVI, Bayantal soum in Govisumber province*

MODIS хиймэл дагуулын NDVI мэдээг ашиглан ургамал нөмрөгийн өөрчлөлтийг ҮНЭЛЭХ НЬ:

Говьсүмбэр аймгийн Баянтал сумын жишээн дээр

Өнөрням Жүгнээ^{1,*}

¹Хүрээлэн буй орчин, байгалийн нөөцийн менежментийн салбар, Газарзүй, геоэкологийн хүрээлэн, Шинжлэх ухааны Академи, Улаанбаатар, Монгол

**Холбоо барих зохиогчийн цахим хаяг: unurnyamj@mas.ac.mn*

Хүлээн авсан: 2023 оны 09 сарын 29 өдөр / Зөвшөөрөгдсөн: 2023 оны 12 сарын 22 өдөр /
Нийтлэгдсэн: 2022 оны 12 сарын 28 өдөр

ХУРААНГУЙ

Ургамал нөмрөгийн өөрчлөлтийг судлах нь байгаль, экологид гарч буй өөрчлөлт, түүнд нөлөөлөх хүчин зүйлсийг танин мэдэх, цаашилбал тэрхүү байгаль экологийн өөрчлөлтийг сааруулах, дасан зохицоход чиглэгдсэн менежментийн оновчтой арга хэмжээг төлөвлөх, хэрэгжүүлэхэд чухал ач холбогдолтой юм. Энэхүү судалгааны ажлын хүрээнд, хээрийн бүсээс говийн бүсэд шилжих экотон бүс нутагт орших Говьсүмбэр аймгийн Баянтал сумын ургамал нөмрөгт гарч буй өөрчлөлтийг тодорхойлохыг зорьсон болно. Судалгаанд MODIS хиймэл дагуулын 2000-2020 оны 6, 7, 8-р саруудын 250 м-ийн орон зайн шийдтэй ургамлын нормчлогдсон ялгаврын индекс (NDVI)-ийн бүтээгдэхүүнийг АНУ-ын Сансар судлалын агентлагийн Эх дэлхийг ажиглах системийн (NASA EOS) мэдээллийн серверээс татан авч ашигласан. NDVI-ийн урт хугацааны цуваа мэдээнд тулгуурлан ургамал нөмрөгт гарч буй өөрчлөлтийг Тейл-Сений налуугийн аргаар, өөрчлөлтийн хандлагыг Манн-Кендаллын аргаар тооцсон. Хуурай хээрийн бүсэд орших Баянтал сумын хэмжээнд ургамлын индексийн зонхилох утга 0.2-0.4 хэлбэлзэж байна. Сүүлийн 21 жилийн хугацаанд NDVI-ийн 0.2-0.3 утгатай пикселийн тоо алгуур багасаж, 0.3-0.4 утгатай пикселийн тоо нэмэгдэх хандлага ажиглагдсан. NDVI-ийн урт хугацааны цуваа мэдээнд хийсэн дүн шинжилгээнээс үзвэл, судалгааны талбайн хэмжээнд NDVI-ийн утга өсөх хандлагатай байгаа хэдий ч, $p < 0.05$ статистик үнэмшлийн түвшинд авч үзвэл, нийт нутгийн 46.3%-д статистикийн ач холбогдолтой өсөх, 0.1%-д статистикийн ач холбогдолгүй NDVI-ийн буурах хандлага ажиглагдсан бол сумын бусад нутагт NDVI-ийн өөрчлөлт статистикийн ач холбогдолгүй байна. Судалгааны талбайн хэмжээнд ургамал нөмрөг 0.0056 нэгж/жилээр өссөн дүнтэй байна. Хиймэл дагуулын 21 жилийн цуваа мэдээнд тулгуурлан тооцоход тус сумын ургамал нөмрөгт сайжрах хандлага илэрч байгаа хэдий ч, бусад судлаачдын уламжлалт хээрийн судалгааны аргаар хийж гүйцэтгэсэн судалгааны үр дүн ургамал нөмрөг доройтсон болохыг харуулж байна. Иймээс тандан судалгааны аргаар тооцоолсон ургамал нөмрөгийн төлөв байдал, өөрчлөлт, хандлагыг тодорхойлох судалгааны үр дүнг хээрийн мониторинг судалгаагаар нарийвчлан судлах нь зүйтэй юм.

Түлхүүр үгс: Баянтал сум, ургамлын нормчилсон ялгаврын индекс (NDVI), ургамал нөмрөгийн өөрчлөлт

1. ОРШИЛ

Ургамал нөмрөг нь дэлхийн биогеохимийн эргэлтэд (нүүрстөрөгчийн, усны, азотын) чухал үүрэг гүйцэтгэдэг [1] бөгөөд ландшафтын орчинг бүрдүүлэгч, хамгаалагч, тогтворжуулах онцгой хүчин зүйл болдог [2]. Ургамал нөмрөгийн өөрчлөлт нь экосистем ба агаар мандлын хооронд явагдах харилцан шүтэлцээт үзэгдэл, үйл явцад нөлөөлж байдаг [3]. Иймээс ургамал нөмрөгийн өөрчлөлтийг судлах нь байгаль, экологид гарч буй өөрчлөлтийг танин мэдэхэд чухал ач холбогдолтой юм [4].

Манай улсын нийт нутаг дэвсгэрийн 70 гаруй хувийг эзлэх 109.6 сая га бэлчээрийн газар [5] нь мал сүргийн жилийн хэрэгцээт гэжээлийн 98%-ийг хангахын зэрэгцээ, биологийн олон янз байдлын оршин тогтнох талбар болдог [6]. Бэлчээрийн ургамлын төлөв байдал нь байгаль, цаг уурын болон хүний хүчин зүйлээс хамааран байнгын хэлбэлзэл өөрчлөлтөнд оршин байдаг [7]. Тухайн нутаг орны экологийн төлөв байдал, өөрчлөлтийг тодорхойлох, үнэлэх нэг индикатор нь ургамал нөмрөг бөгөөд ургамал нөмрөгийн өөрчлөлтөөр газрын доройтол, цөлжилтийн үйл явцыг ихэвчлэн тодорхойлдог [8].

Зайнаас тандах аргаар тодорхойлсон ургамлын тухай мэдээллийг хүрээлэн буй орчны мониторинг, биологийн олон янз байдлын хамгаалал, хөдөө аж ахуй, ойн аж ахуй, хотын ногоон байгууламжийн төлөвлөлт, мониторинг зэрэг олон чиглэлийн судалгаа шинжилгээний ажилд ашиглаж байна [9]. Хиймэл дагуулын мэдээг боловсруулах замаар гарган авсан олон төрлийн ургамлын тухай мэдээлэл байдгаас ургамлын нормчилогдсон ялгаврын индекс (NDVI) хамгийн өргөн

ашиглагддаг [9], [10]. Тухайлбал ургамлын физиологийн болон биофизикийн шинж чанарын орон зайн тархалтыг зураглах, цаг хугацаан дахь өөрчлөлтийг илрүүлэх, мониторинг хийх болон бусад олон төрлийн судалгаанд энэхүү индексийг ашиглаж байна.

NDVI-ийн урт хугацааны цуваа мэдээнд дүн шинжилгээ хийх замаар ургамал нөмрөгт үзүүлэх уур амьсгалын болон хүний хүчин зүйлийн нөлөөллийг үнэлэх, ургамал нөмрөгт гарч буй өөрчлөлт, түүний чиг хандлагыг тодорхойлох чиглэлээр олон улсын [11]–[13], бүс нутгийн [14]–[16], орон нутгийн [17]–[19] түвшнийг хамарсан олон судалгааны ажлууд хийгджээ.

NDVI-ийн мэдээг ашиглан манай орны ургамал нөмрөгийн төлөв байдал, өөрчлөлтийг тодорхойлох, ургамал бүрхэвч ба уур амьсгалын хүчин зүйлүүдийн хоорондын хамаарлыг тооцох, газрын доройтолыг үнэлсэн судалгааны ажлууд нилээд хийгдсэн байдаг. Тухайлбал, Монгол орны бэлчээрийн ургамлын төлөв байдлыг зайнаас тандсан мэдээгээр үнэлэх, зураглах, өөрчлөлтийг тодорхойлох арга зүй, технологи боловсруулахад чиглэгдсэн онол-практикийн чухал ач холбогдолтой судалгааны ажлыг Ц.Адъяасүрэн [20], М.Эрдэнэтуяа [21] нар хийсэн. MODIS хиймэл дагуулын NDVI-ийн урт хугацааны мэдээг ашиглан цөлжилт, газрын доройтлыг илрүүлэх, үнэлэх чиглэлийн судалгааг Eckert нар [22], Lamchin нар [4], Мандах [8], Munkhdulam нар [25]; байгалийн бүс бүслүүрийн дэх ургамал нөмрөгийн өөрчлөлтийн хандлагыг илрүүлэх, уур амьсгалийн хүчин зүйлс ба NDVI-ийн хоорондын хамаарлыг тодорхойлох судалгааг Сайнбаяр нар [23], Воа нар [24], Meng нар [26] хийжээ.

Монгол орны нийт нутаг дэвсгэрийг хамран хийгдсэн дээрх судалгааны ажлууд болон бусад ажлуудын үр дүнд манай орны ургамал нөмрөгт гарч буй өөрчлөлт, хандлага, түүнд нөлөөлж буй хүчин зүйлсийн талаарх судалгааны сурвалж материал хуримтлагдсаар байна. Энэхүү судалгааны ажлын хүрээнд, орон нутгийн түвшинд ургамал нөмрөгт гарч буй өөрчлөлт, хандлагыг хиймэл дагуулын урт хугацааны өгөгдөл болон статистик шинжилгээний аргуудыг ашиглан тодорхойлохыг зорьсон.

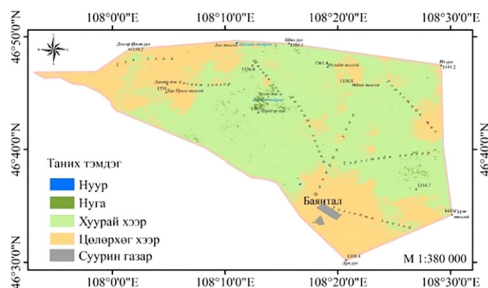
Судалгааны талбай болгон Говьсүмбэр аймгийн Баянтал сумын нутгийг сонгон авсан ба энэ нь газрын доройтолд эмзэг экотон бүс нутгийн [27] ургамал нөмрөгт гарч буй өөрчлөлт, түүний хандлагыг танин мэдэх, цаашилбал орон нутгийн шийдвэр гаргах эрх бүхий байгууллагуудыг экологийн нөхөн сэргээлт, газрын тогтвортой менежментийн арга хэмжээг зайлшгүй авч хэрэгжүүлэх шаардлагатай газар орны талаарх орон зайн мэдээллээр хангах ач холбогдолтой юм.

2. СУДАЛГААНЫ АРГА ЗҮЙ

2.1 Судалгааны талбай

Говьсүмбэр аймгийн Баянтал сум нь хуурай хээрийн бүсэд орших ба газрын гадаргад дтд 1250-1500 метрийн өндөрт өргөгдсөн цав толгод, ухаа гүвээт тал зонхилдог. Сумын газар нутгийн хэмжээ 91606 га, үүний 95.2% буюу 87209.45 га талбайг бэлчээрийн хэлбэрээр ашигладаг. Баянтал сумын агаарын температур, хур тунадасны олон жилийн дундаж үзүүлэлтийг зэргэлдээх Чойр станцын мэдээгээр авч үзвэл, жилийн дундаж агаарын температур 1.6°C (1-р сарын агаарын дундаж температур -19.9°C , 7 сарын агаарын дундаж температур 20.7°C), жилийн нийлбэр хур тунадасны хэмжээ 144.8 мм байна [28]. Баянтал суманд дунд

шавранцар, хөнгөн шавранцар, элсэнцэр механик бүрэлдэхүүнтэй хар хүрэн, хүрэн хөрс зонхилон тархсан байдаг [29]. Ургамал газарзүйн мужлалаар Дундад халхын хээрийн тойрогт хамрагддаг. Судалгааны талбай, түүн дээрх газрын бүрхэвчийн ангиудыг Зураг 1-д үзүүлэв.



(Зургийн эх сурвалж [30]).

Зураг 1. Баянтал сумын нутаг

2.2 Судалгааны арга зүй

Энэхүү судалгаанд MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) хиймэл дагуулын 2000–2020 оны 6–8 сарын 250 метрийн орон зайн нарийвчлалтай NDVI-ийн мэдээг NASA Earth Observation System мэдээллийн серверээс татан авч ашигласан. NDVI-ийн 16 хоногийн мэдээний хамгийн их утгаар тухайн сарын мэдээг; 6, 7, 8 сарын мэдээний дундаж утгаар тухайн жилийн мэдээг гарган авч дараагийн шатны дүн шинжилгээг хийсэн. NDVI-ийн мэдээний сөрөг утга нь усан гадаргыг илтгэдэг учир сөрөг утга бүхий пикселүүдийг тооцоонд оруулаагүй. NDVI-ийн утгыг ургамалгүй ($0 < \text{NDVI} < 0.2$), сийрэг ургамалтай ($0.2 < \text{NDVI} < 0.4$), дунд зэргийн ургамалтай ($0.4 < \text{NDVI} < 0.6$), ургамалтай ($0.6 < \text{NDVI} < 0.8$), шигүү ургамалтай ($0.8 < \text{NDVI} < 1$) гэсэн ангилалд ангилсан бөгөөд ингэхдээ Хауленбек нар [30]-ын судалгааны ажилд тулгуурласан болно.

Ургамал нөмрөгийн өөрчлөлтийн хандлагыг тодорхойлох: MODIS хиймэл

дагуулын урт хугацааны ургамлын тандан судалгааны мэдээнд тулгуурлан ургамал нөмрөгт гарч буй өөрчлөлт, түүний хандлагыг Тейл-Сений налуу, Манн-Кендаллын аргаар тооцсон. Тейл-Сений арга, Манн-Кендаллын арга нь параметрын бус статистикийн арга бөгөөд Манн-Кендаллын аргын давуу тал нь өгөгдлийн тархалтыг нормаль тархалттай байхыг шаарддаггүй ба мэдээний аномаль (outlier) утга болон хугацааны цувааны бүрэн бус (хугацааны цуваа орхигдсон утгатай байх) байдалд мэдрэг биш байдаг [31].

MODIS хиймэл дагуулын ургамлын индексийн урт хугацааны мэдээний пиксел тус бүрийн утгад нэгж хугацаанд гарч буй өөрчлөлтийн хэмжээ (магнитуд)-г Тейл-Сений налууугийн аргаар (томъёо 1) тооцоолсон.

$$Q_i = \text{Median} \left(\frac{x_j - x_i}{j - i} \right)_{j=1, 2, 3 \dots n} \quad (1)$$

$x_j, x_i - j$ ба $i (j > i)$ хугацаанд ажиглагдсан өгөгдлийн утга, n - цувааны урт, x өгөгдлийн n хугацааны цуваа бүхий түүврийн утга гэвэл $Q - N = n(n-1)/2$ удаа тооцох боломжтой. Сений налууугийн утга нь Q_i -гийн n урттай цувааны утгуудын медиан бөгөөд хэрэв n нь сондгой тоо бол

$$Q_{\text{median}} = Q_{\frac{n+1}{2}} \quad (2)$$

хэрэв n нь тэгш тоо бол

$$Q_{\text{median}} = \frac{1}{2} (Q_{\frac{n+1}{2}} + Q_{\frac{n}{2}}) \quad (3)$$

Манн-Кендаллын аргаар ургамал нөмрөгт гарч буй өөрчлөлтийн хандлагыг дараах томъёогоор тодорхойлсон.

$$S = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n \text{sgn}(x_j - x_i) \quad (4)$$

S - Манн-Кендаллын S статистик, n - цувааны урт, $x_j - j$ хугацаанд ажиглагдсан утга, $x_i - i$ хугацаанд ажиглагдсан утга, $j = i + 1$, sgn - функц нь дараах байдлаар тодорхойлогдоно.

$$\text{sgn}(x_j - x_i) = \begin{cases} 1 & \text{хэрэв } (x_j - x_i) > 0 \\ 0 & \text{хэрэв } (x_j - x_i) = 0 \\ -1 & \text{хэрэв } (x_j - x_i) < 0 \end{cases} \quad (5)$$

Хугацааны цувааны урт $n \geq 8$ үед томъёо (1)-р тооцсон S нь тэг дундажтай нормаль тархалттай ойролцоо болох ба S статистикийн вариацийг дараах томъёогоор тодорхойлно:

$$V(S) = \frac{n(n-1)(2n+5) - \sum_{i=1}^n t_i(t_i-1)(2t_i+5)}{18} \quad (6)$$

m - бүлгийн тоо, $t_i - i$ бүлэгт хамаарах ажиглалтын тоо.

Манн-Кендаллын S статистикийн стандартчилалдсан Z утгыг томъёо (7) - р тооцно.

$$Z = \begin{cases} \frac{S-1}{\sqrt{\text{Var}(S)}} & \text{хэрэв } S > 0 \\ 0 & \text{хэрэв } S = 0 \\ \frac{S+1}{\sqrt{\text{Var}(S)}} & \text{хэрэв } S < 0 \end{cases} \quad (7)$$

Z утга эерэг бол өсөх хандлагыг, сөрөг бол буурах хандлагыг илтгэнэ. Хугацааны цувааны өөрчлөлтийн хандлагын Z утга нь $Z < Z_{1-\frac{\alpha}{2}}$ нөхцөлд α статистик ач холбогдолын түвшинд тэг таамаглал (Но: $\beta = 0$ буюу хугацааны цуваанд өсөх/буурах хандлага илрэхгүй) батлагдах бол $Z > Z_{1-\frac{\alpha}{2}}$ нөхцөлд тэг таамаглал няцаагдана. Энэхүү судалгаанд ургамлын нормчилогдсон ялгаврын индексийн утгад гарч буй өөрчлөлт, хандлагыг $\alpha = 0.05$ түвшинд тооцсон.

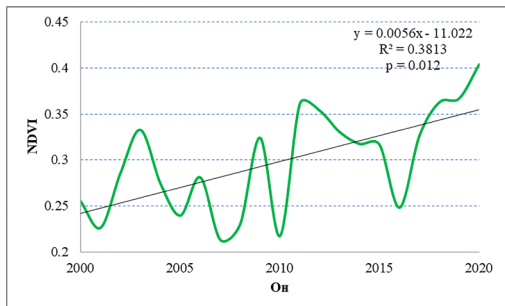
Хүрээлэн буй орчны хүчин зүйлсийн нөлөөгөөр NDVI-ийн утга хугацааны туршид харилцан адилгүй, өөрчлөгдөн хэлбэлзэж байдаг. Судалгааны талбайн NDVI-ийн хэлбэлзлийг тодорхойлох үүднээс ургамлын индексийн урт хугацааны мэдээний пиксел тус бүр дээр вариацийн коэффициентийг томъёо (8)-оор тооцсон.

$$V_{\delta} = \frac{\delta}{\bar{x}} \quad (8)$$

V_{δ} - вариацийн коэффициент, δ -стандарт хазайлт, \bar{x} - дундаж хэмжигдэхүүн

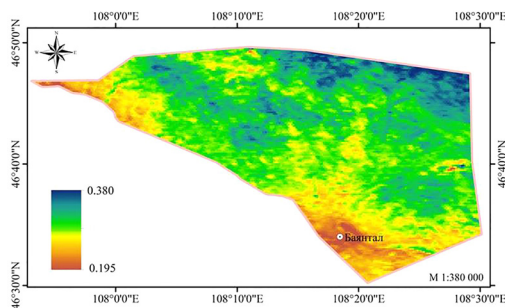
3. СУДАЛГААНЫ ҮР ДҮН

MODIS хиймэл дагуулын ургамлын индексийн 2000-2020 оны мэдээний дунджаар тооцоолж үзвэл судалгааны талбайн олон жилийн дундаж NDVI-ийн утга 0.3 байгаа ба сүүлийн 21 жилийн турш жилийн дундаж NDVI-ийн утга 0.21-0.4 хооронд хэлбэлзэж байжээ (Зураг 2).



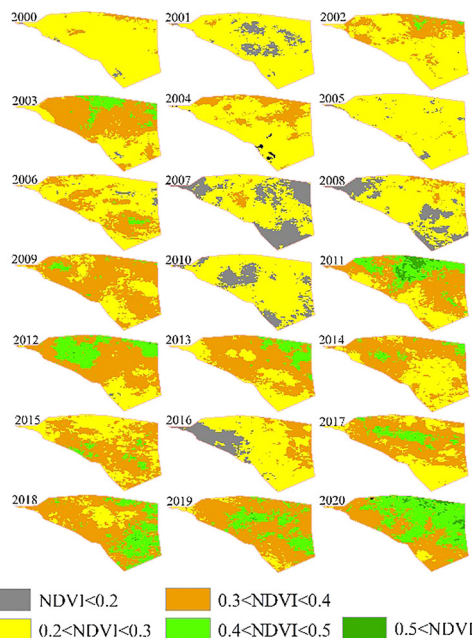
Зураг 2. Судалгааны талбайн NDVI-ийн өөрчлөлт

Судалгааны хугацаанд NDVI-ийн хамгийн их утга 2020 онд, хамгийн бага утга 2007 онд ажиглагдсан. Олон жилийн дундаж NDVI-ийн утга нутгийн хойд, зүүн хойд захад орших Шил уул (дтд 1389м), Их уул (дтд 1444м)-аас баруун өмнөд хэсэгрүү аажмаар буурч сумын төвийн орчимд хамгийн бага утгатай байна (Зураг 3). Олон жилийн дундаж NDVI-ийн утга сумын нийт нутгийн 48.5%-д 0.2-0.3, 51.5%-д 0.3-0.4 байна.



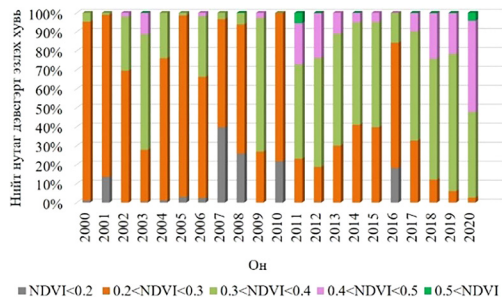
Зураг 3. Судалгааны талбайн олон жилийн дундаж NDVI-ийн орон зайн тархалт

Ургамалгүй (NDVI<0.2), сийрэг ургамалтай (0.2<NDVI<0.4), дунд зэргийн ургамалтай (0.4<NDVI<0.6) газрын сумын нийт нутаг дэвсгэрт эзлэх хувь жил бүр харилцан адилгүй байна (Зураг 4).



Зураг 4. Судалгааны талбайн NDVI

Судалгааны талбайн хэмжээнд ургамлын индексийн зонхилох утга 0.2-0.4 хооронд хэлбэлзэж байгаа нь тус сумын ургамал нөмрөг ерөнхийдөө сийрэг болохыг харуулж байна (Зураг 5). Ургамалгүй халцгай газар 2001, 2007, 2008, 2010, 2016 онд сумын нийт нутаг дэвсгэрийн 10-аас дээш хувийг, үүнээс 2007 онд хамгийн их буюу 39.6%-ийг эзлэж байжээ. NDVI-ийн 0.4-өөс дээш утга сумын нийт нутаг дэвсгэрийн 10 буюу түүнээс дээш хувьд тооцоологдсон жилүүд ерөнхийдөө 2010 оноос хойш байна.

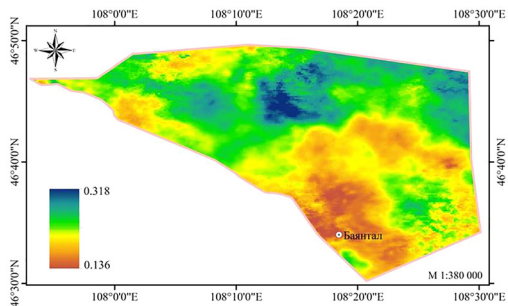


Зураг 5. Ургамалгүй (NDVI<0.2), сийрэг ургамалтай (0.2<NDVI<0.4), дунд зэргийн ургамалтай (0.4<NDVI<0.6) газрын сумын нийт нутагт эзлэх хувь

Судалгааны талбайн хэмжээнд NDVI-ийн 0.2-0.3 утгатай пикселийн тоо алгуур багасах ($R^2=0.53$, $p<0.05$), 0.3-0.4 утгатай пикселийн тоо нэмэгдэх ($R^2=0.33$, $p<0.05$) хандлага ажиглагдаж байна.

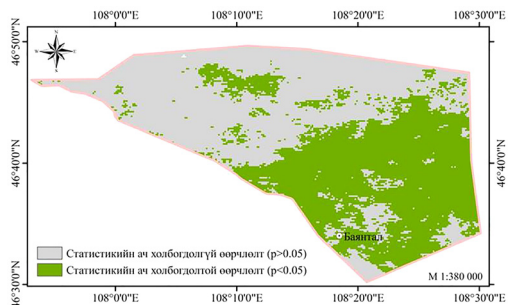
Сүүлийн 21 жилийн хугацаанд NDVI-ийн утга хамгийн их хэлбэлзэлтэй байсан газар нутгийг орон зайн хувьд тодорхойлох үүднээс вариацийн коэффициентийг пиксел тус бүр дээр тооцоолсон. Судалгааны талбайн хэмжээнд вариацийн коэффициентийн дундаж утга 0.22, хамгийн бага утга 0.136, хамгийн их утга 0.318 байна (Зураг 6). Ерөнхийдөө тачир сийрэг ургамалтай (NDVI-ийн утга 0.3–аас бага) сул долгиорхог хэвгий талын хотгор гүдгэр зонхилсон сумын өмнөд, баруун хэсгийн цөлөрхөг хээрээр ургамлын индексийн утга харьцангуй хэлбэлзэл багатай байсан бол дунд зэргийн ургамалтай (NDVI-ийн утга 0.3-аас их) нутгийн зүүн, зүүн хойд хэсгийн хуурай хээрээр ургамлын индексийн утга харьцангуй хэлбэлзэл ихтэй байна. Их уул, Шил уул, Өлзийт толгой, Эрээн дов, Хар Ирмэг толгой, Шилийн ухаа зэрэг нам уулс, цав толгод, тэдгээрийг өөр хооронд заагласан Далхайн хоолой, Аяганы хонхор, Ногоон тойром зэрэг хөндий хотгороор

вариацийн коэффициентийн утга 0.28–аас их байгаа нь эдгээр газруудын ургамлын бүрхэцийн хэмжээ жил бүр харилцан адилгүй ихээхэн өөрчлөлттэй байсныг илтгэж байна. Ялангуяа Эрээн дов, Ногоон тойром орчмын нам хотсоор вариацийн коэффициентийн утга хамгийн их (0.318) байна.



Зураг 6. Судалгааны талбайн NDVI-ийн вариацийн коэффициентийн орон зайн тархалт

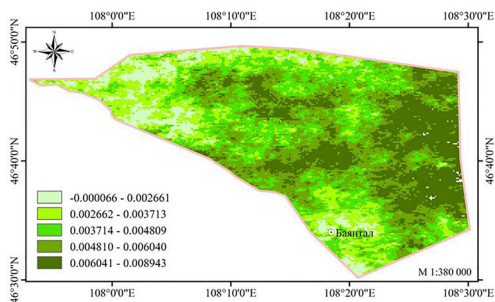
2000-2020 оны NDVI-ийн урт хугацааны цуваа мэдээнд хийсэн дүн шинжилгээнээс үзвэл тус сумын ургамал нөмрөгт эерэг өөрчлөлт буюу өсөх хандлага ажиглагдаж байна.



Зураг 7. Судалгааны талбайн $p<0.05$ үнэмшлийн түвшин дэх NDVI-ийн өөрчлөлтийн хандлага

Энэхүү хандлагын статистик үнэмшлийг $p<0.05$ түвшинд шалгахад нийт нутгийн 46.3%-д статистикийн ач холбогдолтой өсөх хандлага илэрч

байна (Зураг 7). Ургамал нөмрөгт гарч буй өөрчлөлтийн хэмжээг тооцоолон үзвэл судалгааны талбайн хэмжээнд ургамал нөмрөг жилд дунджаар 0.0056 ($p=0.012$) нэгжээр өсжээ. Өөрчлөлтийн утга -0.00006 – 0.00894 нэгжийн хооронд хэлбэлзэж байна. Сумын нийт нутгийн 0.1%-д буюу Шилийн тойром орчмын 101.2 га газарт NDVI-ийн буурах хандлага илэрсэн. NDVI-ийн өөрчлөлтийн хэмжээ судалгааны талбайн хүрээнд харилцан адилгүй байна. NDVI-ийн өөрчлөлтийн хэмжээг ArcGIS программ хангамжийн өгөгдлийг ангилгах стандарт ангиллын аргуудын нэг болох Natural Breaks Jenks аргаар $-0.000066 < a < 0.002661$, $0.002662 < a < 0.003713$, $0.003714 < a < 0.004809$, $0.004810 < a < 0.006040$, $0.006041 < a < 0.008943$ гэсэн 5 ангид ангилан орон зайн тархалтыг Зураг 8-д үзүүллээ. $-0.000066 < a < 0.002661$ ангилалд багтах пикселүүд сумын баруун хойд хэсгийн Гүн ухаа, Хөх толгой, Шилийн тойром орчим, баруун өмнөд хэсгийн Лүн уул орчим, сумын төвийн эргэн тойронд зонхилон тархжээ. Энэ ангилалд сумын нийт нутаг дэвсгэрийн 5.9% буюу 5430 га талбай орж байна. $0.002662 < a < 0.003713$ ангилалд хамаарах пикселүүд нутгийн баруун хойд, баруун өмнөд хэсгээр зонхилон тархсан байна. Нийт 17526 га талбайг хамрах нутаг энэ ангилалд орж байна. $0.003714 < a < 0.004809$ ангилалд багтах пикселүүд нийт 22487 га талбайг хамран ихэвчлэн нутгийн төв, хойд, өмнөд хэсгээр тархсан бол $0.004810 < a < 0.006040$ ангилалд хамаарах пикселүүд нутгийн төв, зүүн хэсгээр зонхилон тархжээ.



Зураг 8. Судалгааны талбайн ургамал нөмрөгийн өөрчлөлтийн хэмжээ

Ургамлын бүрхэцийн хэмжээ ($0.006041 < a < 0.008943$) нутгийн зүүн, төв хэсгийн Тэрэгтийн хонхор, Тэрэгтийн тал, Далхайн хоолой, Эрээн дов, Шилийн ухаа орчмоор хамгийн их нэмэгджээ. Энэ ангилалд 18836 га талбай хамаарч байна. Статистикийн ач холбогдолтой ($p < 0.05$) ургамал нөмрөгийн эерэг өөрчлөлт буюу өсөх хандлага илэрч буй газруудад Толгодын хоолой, Цахирын ухаа, Тэрэгтийн хонхор, Тэрэгтийн хонхор, Шилийн ухаа зэрэг нутгийн зүүн өмнөд, өмнөд хэсгээр орших газрууд орж байна.

4. ХЭЛЭЛЦҮҮЛЭГ

NOAA хиймэл дагуулын NDVI-ийн мэдээнд тулгуурлан тооцоолсноор Монгол орны хээрийн бүсийн ургамлын нормчилогдсон ялгаврын индексийн дундаж утга 0.3-0.45, цөлөрхөг хээрийн бүсэд 0.15-0.3 хооронд байдаг [32]. MODIS хиймэл дагуулын NDVI-ийн мэдээнд хийсэн дүн шинжилгээнээс үзвэл, хуурай хээрийн бүсэд орших Баянтал сумын ургамлын нормчилогдсон ялгаврын индексийн зонхилох утга 0.2-0.4 хооронд хэлбэлзэж байна. Судалгааны хугацаанд NDVI-ийн утга өсөх хандлага ажиглагдаж байгаа нь Otgontsetseg нар [27]-ын судалгааны үр дүнтэй нийцэж байна. Otgontsetseg нар [27] Говьсүмбэр аймгийн хэмжээнд сийрэг ургамалтай газрын талбай алгуур багасаж, шигүү ургамалтай газрын талбай аажим

нэмэгдэж байгааг тэмдэглэжээ. Судалгааны талбай болох Баянтал сумын хувьд сийрэг ургамалтай газрыг илтгэх NDVI-ийн 0.2-0.3 утгатай пикселийн тоо алгуур буурч ($R^2=0.53$, $p<0.05$), 0.3-0.4 утгатай пикселийн тоо өсөж ($R^2=0.33$, $p<0.05$) байгаа боловч дунд зэргийн ургамалтай ($0.4<NDVI<0.6$) газрыг илтгэх пикселийн тоо зарим жилүүдэд нэмэгдэж байсан ч статистикийн ач холбогдолтой өсөлт ажиглагдаагүй болно. Түүнчлэн дээрх судлаачид Говьсүмбэр аймгийн өмнөд, баруун хойд хэсгээр NDVI-ийн утга буурах хандлагатай байна гэж үзсэн бол ургамлын нормчилогдсон ялгаврын индексийн 21 жилийн цуваа мэдээнд хийсэн шинжилгээгээр аймгийн баруун хойд хэсэгт орших тус сумын нутагт ургамлын доройтох хандлага илрээгүй байна. Сумын хэмжээнд NDVI-ийн сөрөг утгатай өөрчлөлт 26 пиксел (нийт нутгийн 0.1% буюу 101.2 га талбайд) дээр тодорхойлогдсон ч энэ нь $p<0.05$ түвшинд статистикийн ач холбогдолгүй байна.

Зайнаас тандан судлах аргаар цуглуулсан ургамлын индексийн 2000-2020 оны мэдээнд тулгуурлан тооцоолбол, Баянтал сумын ургамлын бүрхэцийн хэмжээ нэмэгдэж ургамал нөмрөг сайжирч байгаа ерөнхий дүр зураг харагдаж байгаа ч, өөр өөр цаг хугацаанд уламжлалт хээрийн хэмжилт судалгааны аргаар хийж гүйцэтгэсэн Хауленбек нар [30], Отгонцэцэг нар [33], Баасандорж нар [29], Бадрах нар [34]-ын судалгааны үр дүн ургамал нөмрөг доройтсон болохыг харуулж байна. Баянтал сумын бэлчээрийн газар малын хөлд талхлагдан бэлчээрийн ургамлын зүйлийн бүрэлдэхүүн цөөрч, ургац буурсан төдийгүй ургамлын экологийн бүлгийн харьцаанд өөрчлөлт орсон болохыг Бадрах нар [34], Баасандорж [29] нарын 2005, 2010 онд явуулсан судалгааны үр дүн харуулсан. Отгонцэцэг нар [33]-ын 2020 оны судалгаагаар маш хүчтэй болон хүчтэй доройтсон бэлчээрийн ургамлын тусгаг

бүрхэц буурч, зүйлийн бүрдэл өөрчлөгдөж байгаа бол дунд зэрэг доройтсон бэлчээрийн газрын дээрх биомассын хэмжээ хэвийн боловч хуурай хээрийн үндсэн ургамлын зүйлийн бүрэлдэхүүн цөөрч доройтлыг илэрхийлэгч ургамлууд түрж ургах хандлагатай байгааг тогтоосон. Баянтал сумын нутаг дэвсгэрийн 95.2%-ийг бэлчээрийн хэлбэрээр ашигладаг. Нийт бэлчээрийн газарт талхлагдсан бэлчээрийн эзлэх хувь 2005 онд 26.1% [34], 2010 онд 76.9% [29] байсан бол 2020 онд сумын газар нутаг бүхэлдээ доройтолд оржээ [30]. Малын тоо толгойн өсөлт, худаг уст цэгийн хүрэлцээ хангалтгүй (нийт нутгийн 36.9% усжуулагдсан), зэргэлдээх Дундговь, Төв аймгийн малчид отроор ирж нутагладаг зэрэг хүчин зүйлс бэлчээрийн доройтолд нөлөөлж байна [29], [30].

Хиймэл дагуулын мэдээнд тулгуурлан Баянтал сумын ургамал нөмрөгт гарч буй өөрчлөлт, түүний хандлагыг тооцсон үр дүн нь дээрх судлаачдын уламжлалт хээрийн хэмжилт судалгааны аргаар хийж гүйцэтгэсэн судалгааны үр дүнгээс зөрүүтэй байгааг ургамлын индексийн мэдээгээр ургамлын төрөл зүйлийн өөрчлөлтийг илрүүлэх боломжгүй [23], мөн хээрийн бүсэд талхлагдлыг илэрхийлэгч ургамлууд NDVI-ийн утгыг өсгөдөг [35]-тэй холбон тайлбарлаж болох юм. Түүнчлэн NDVI-ийн урт хугацааны цуваа мэдээнд тулгуурлан Амур мөрний ай сав газрын ургамал нөмрөгийн хавар, зун, намрын улирлын динамикийг судалсан Чу нар [36] тус сав газрын Монголын нутаг дэвсгэрт хамаарах хэсэгт ажиглагдсан ургамал нөмрөгийн эерэг өөрчлөлт нь бэлчээрийн олон наст ургамлууд нэг наст ургамлуудаар солигдон ургамлын бүрхэцийн хэмжээг нэмэгдүүлсэнтэй холбоотой байж болохыг тэмдэглэсэн байдаг. Иймээс тандан судалгааны аргаар тооцоолсон ургамал нөмрөгийн төлөв байдал, өөрчлөлтийг мониторинг судалгаагаар нарийвчлах, ургамал

нөмрөгт гарч буй өөрчлөлт, хандлагыг уур амьсгалын өөрчлөлт, нийгэм эдийн засгийн хүчин зүйлстэй харьцуулан судлах шаардлагатай.

5. ДҮГНЭЛТ

MODIS хиймэл дагуулын NDVI-ийн урт хугацааны (2000-2020 оны) цуваа мэдээ болон статистик шинжилгээний аргуудыг ашиглан Говьсүмбэр аймгийн Баянтал сумын ургамал нөмрөгт гарч буй өөрчлөлтийг тооцоолсон. Баянтал сумын хэмжээнд ургамлын нормчилгдсон ялгаврын индексийн зонхилох утга 0.2-0.4 хооронд хэлбэлздэг. NDVI-ийн утга нутгийн хойд, зүүн хойд хэсгээс өмнөд, баруун өмнөд хэсэгрүү аажмаар буурч сумын төвийн орчимд хамгийн бага утгатай байна. Сүүлийн 21 жилийн хугацаанд NDVI-ийн 0.2-0.3 утгатай пикселийн тоо алгуур буурч ($R^2=0.53$, $p<0.05$), 0.3-0.4 утгатай пикселийн тоо нэмэгдэх ($R^2=0.33$, $p<0.05$) хандлага ажиглагдсан. Судалгааны талбайн хэмжээнд NDVI-ийн вариацийн коэффициентийн дундаж утга 0.22 (max 0.318, min 0.136) байна. Тачир сийрэг ургамалтай, сул долгиорхог хэвгий талын хотгор гүдгэр зонхилсон цөлөрхөг хээрт (нутгийн баруун, өмнөд хэсгээр) ургамлын индексийн утга харьцангуй хэлбэлзэл багатай байсан бол нутгийн зүүн, зүүн хойд хэсгийн нам уулс, цав толгод тэдгээрийг заагласан хөндий, хужир мараат хотгор газраар ургамлын индексийн утга харьцангуй хэлбэлзэл ихтэй байжээ. Баянтал сумын нийт нутгийн 46.3%-д статистикийн ач холбогдолтой ($p<0.05$), 53.6%-д статистикийн ач холбогдолгүй ($p>0.05$) NDVI-ийн өсөх, 0.1%-д NDVI-ийн буурах хандлага ажиглагдсан. Судалгааны талбайн хэмжээнд авч үзвэл ургамал нөмрөг 0.0056 нэгж/жилээр ($p=0.012$) өссөн дүнтэй байна.

ТАЛАРХАЛ

Судалгааны ажлыг хийж гүйцэтгэхэд тулалцаа үзүүлсэн ШУА-ийн Газарзүй, Геоэкологийн хүрээлэнгийн Хүрээлэн буй орчин, байгалийн нөөцийн салбарын хамт олонд талархал илэрхийлье.

АШИГЛАСАН МАТЕРИАЛ

- [1]. Nakazawa J. Franklin, J. M. Serra-Diaz, A. D. Syphard, and H. M. Regan, "Global change and terrestrial plant community dynamics," *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.*, vol. 113, no. 14, pp. 3725-3734, Apr. 2016, <https://doi.org/10.1073/pnas.1519911113>
- [2]. Авирмэд.Э et al., "Монгол орны байгалийн бүс, бүслүүрийн ландшафтын экологийн чадавхийн үнэлгээ." Accessed: Jul. 07, 2021. [Online]. Available: <http://data.stf.mn/Project/ProjectViewPublic.aspx?id=105567>
- [3]. F. S. Chapin, J. T. Randerson, A. D. McGuire, J. A. Foley, and C. B. Field, "Changing feedbacks in the climate-biosphere system," *Frontiers in Ecology and the Environment*, vol. 6, no. 6, pp. 313-320, Aug. 2008, <https://doi.org/10.1890/080005>
- [4]. M. Lamchin, T. Park, J.-Y. Lee, and W.-K. Lee, "Monitoring of vegetation dynamics in the Mongolia using MODIS NDVIs and their relationship to rainfall by natural zone," *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, vol. 43, no. 2, pp. 325-337, 2015, <https://doi.org/10.1007/s12524-014-0366-8>
- [5]. Газар Зохион Байгуулалт, Геодези, Зурагзүйн Газар (ГЗБГЗГ), "Газрын нэгдмэл сангийн 2021 оны улсын нэгдсэн тайлан," Улаанбаатар, Монгол, 2022.

- [6]. Байгаль орчин аялал жуулчлалын яам, “Монгол орны бэлчээрийн тулгамдсан асуудал: гарц ба шийдэл,” НҮБ-ын Хөгжлийн хөтөлбөр, Байгаль орчин аялал жуулчлалын яам, Улаанбаатар, 2019. [Online]. Available: https://www.undp.org/sites/g/files/zskgke326/files/migration/mn/Pastureland_Mongolia_Report.pdf
- [7]. Мал аж ахуйн эрдэм шинжилгээний хүрээлэн, “Бэлчээрийн урт хугацааны мониторинг’ (2013-2015) сэдэвт онолын суурь судалгааны тайлан,” Улаанбаатар, 2015. [Online]. Available: <http://data.stf.gov.mn/Project/ProjectViewPublic.aspx?id=105963>
- [8]. Н. Мандах, “Монгол орны хэмжээнд цөлжилт, газрын доройтлыг үнэлэх, зураглах аргазүйн асуудалд’ Газарзүйн ухааны боловсролын докторын (Ph.D)-ын зэрэг горилсон бүтээл,” Монгол Улсын Их Сургууль, Улаанбаатар, Монгол, 2017.\
- [9]. J. Xue and B. Su, “Significant Remote Sensing Vegetation Indices: A Review of Developments and Applications,” *Journal of Sensors*, vol. 2017, pp. 1-17, 2017, <https://doi.org/10.1155/2017/1353691>
- [10]. A. Karnieli et al., “Use of NDVI and Land Surface Temperature for Drought Assessment: Merits and Limitations,” *Journal of Climate*, vol. 23, no. 3, pp. 618-633, Feb. 2010, <https://doi.org/10.1175/2009JCLI2900.1>
- [11]. R. Jong, J. Verbesselt, M. E. Schaepman, and S. Bruin, “Trend changes in global greening and browning: contribution of short-term trends to longer-term change,” *Glob Change Biol*, vol. 18, no. 2, pp. 642-655, Feb. 2012, <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2011.02578.x>
- [12]. M. Lamchin et al., “Understanding global spatio-temporal trends and the relationship between vegetation greenness and climate factors by land cover during 1982-2014,” *Global Ecology and Conservation*, vol. 24, p. e01299, Dec. 2020, <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2020.e01299>
- [13]. W. Ye, A. I. J. M. Van Dijk, A. Huete, and M. Yebra, “Global trends in vegetation seasonality in the GIMMS NDVI3g and their robustness,” *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, vol. 94, p. 102238, Feb. 2021, <https://doi.org/10.1016/j.jag.2020.102238>
- [14]. W. Ge, L. Deng, F. Wang, and J. Han, “Quantifying the contributions of human activities and climate change to vegetation net primary productivity dynamics in China from 2001 to 2016,” *Science of The Total Environment*, vol. 773, p. 145648, Jun. 2021, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.145648>
- [15]. M. L. Hossain and J. Li, “NDVI-based vegetation dynamics and its resistance and resilience to different intensities of climatic events,” *Global Ecology and Conservation*, vol. 30, p. e01768, Oct. 2021, <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2021.e01768>
- [16]. P. Lou et al., “Deep learning reveals rapid vegetation greening in changing climate from 1988 to 2018 on the Qinghai-Tibet Plateau,” *Ecological Indicators*, vol. 148, p. 110020, Apr. 2023, <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2023.110020>
- [17]. S. Yang, J. Liu, C. Wang, T. Zhang, X. Dong, and Y. Liu, “Vegetation dynamics influenced by climate change and human activities in the Hanjiang River Basin, central China,” *Ecological Indicators*, vol. 145, p. 109586, Dec. 2022, <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2022.109586>
- [18]. D. Lu et al., “Effects of population

- spatial redistribution on vegetation greenness: A case study of Chongqing, China,” *Ecological Indicators*, vol. 138, p. 108803, May 2022, <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2022.108803>
- [19]. W. Cao, D. Wu, L. Huang, M. Pan, and T. Huhe, “Determinizing the contributions of human activities and climate change on greening in the Beijing-Tianjin-Hebei Region, China,” *Sci Rep*, vol. 11, no. 1, p. 21201, Oct. 2021, <https://doi.org/10.1038/s41598-021-00788-4>
- [20]. Ц. Адъяасүрэн, “Монгол орны хээрийн бүсийн бэлчээрийн ургамлын төлөвийг зайнаас тандан хэмжсэн мэдээллээр үнэлэх нь” дэд докторын зэрэг горилсон бүтээл.” Улаанбаатар, 1989.
- [21]. М. Эрдэнэтуяа, “Бэлчээрийн мониторингийн зайнаас тандах арга технологи” Докторын зэрэг горилсон бүтээл,” Монгол Улсын Их Сургууль, Улаанбаатар, 2004.
- [22]. S. Eckert, F. Hüsler, H. Liniger, and E. Hodel, “Trend analysis of MODIS NDVI time series for detecting land degradation and regeneration in Mongolia,” *Journal of Arid Environments*, vol. 113, pp. 16-28, Feb. 2015, <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2014.09.001>
- [23]. Д. Сайнбаяр, “Байгалийн бүс, бүслүүр дэх ургамалжлын нормчилсон индексийн өөрчлөлт, түүний уур амьсгалын хүчин зүйлээс хамаарах хамаарал,” *Газарзүйн асуудлууд*, vol. 2, no. 17, pp. 55-64, 2017.
- [24]. G. Bao, Y. Bao, A. Sanjjava, Z. Qin, Y. Zhou, and G. Xu, “NDVI-indicated long-term vegetation dynamics in Mongolia and their response to climate change at biome scale: VEGETATION DYNAMICS IN MONGOLIA AND THEIR RESPONSE TO CLIMATE CHANGE,” *Int. J. Climatol.*, vol. 35, no. 14, pp. 4293-4306, Nov. 2015, <https://doi.org/10.1002/joc.4286>
- [25]. O. Munkhdulam, A. Clement, D. Amarsaikhan, S. Yokoyama, S. Erdenesukh, and D. Sainbayar, “Detection of Anthropogenic and Environmental Degradation in Mongolia Using Multi-Sources Remotely Sensed Time Series Data and Machine Learning Techniques,” in *Environmental Degradation in Asia: Land Degradation, Environmental Contamination, and Human Activities*, A. M. F. Al-Quraishi, Y. T. Mustafa, and A. M. Negm, Eds., Cham: Springer International Publishing, 2022, pp. 17-47. https://doi.org/10.1007/978-3-031-12112-8_2
- [26]. X. Meng, X. Gao, S. Li, and J. Lei, “Spatial and Temporal Characteristics of Vegetation NDVI Changes and the Driving Forces in Mongolia during 1982-2015,” *Remote Sensing*, vol. 12, no. 4, p. 603, Feb. 2020, <https://doi.org/10.3390/rs12040603>
- [27]. D. Otgontsetseg, O. Ishtsog, T. Ganchudur, and A. Khaulenbek, “Vegetation cover change detection using remote sensing in Gobisumber province, Mongolia,” in *Environmental science and technology 2023*, Ulaanbaatar, Mongolia, 2023, p. 128.
- [28]. Ус цаг уур, орчны судалгаа, мэдээллийн хүрээлэн, “Уур амьсгалын үйлчилгээний систем.” Accessed: Sep. 01, 2023. [Online]. Available: <http://climate-service.mn/climateservice/index.php>
- [29]. Я. Баасандорж and С. Бадрах, Хээрийн бүсийн бэлчээрийн экологийн зарим асуудал. Улаанбаатар, Монгол: Хөх судар принтинг, 2010.

- [30]. А. Хауленбек et al., “Говь Сүмбэр аймгийн цөлжилт, газрын доройтлын үнэлгээ,” ШУА-ийн Газарзүй, Геоэкологийн хүрээлэн, Улаанбаатар, Монгол, 2020. Accessed: Aug. 29, 2023. [Online]. Available: <https://sudalгаа.gov.mn/pdf/govsmber-aymgiyn-tslzhilt-gazryn-doroytlyn-tlv-baydlyn-nelgee-hu9>
- [31]. Y. Kang, Y. Wang, Y. Bao, Y. Bao, and N. Mandula, “Monitoring vegetation change and its potential drivers in Inner Mongolia from 2000 to 2019,” Remote Sensing, vol. 13, p. 3357, 2021, <https://doi.org/10.3390/rs13173357>
- [32]. М. Баясгалан, “Монгол дахь гангийн мониторинг’ Газарзүйн ухааны докторын зэрэг горилсон бүтээл,” Монгол Улсын Их Сургууль, Улаанбаатар, Монгол, 2005.
- [33]. Д. Отгонцэцэг, А. Хауленбек, О. Шинэбаяр, and Ц. Ганчөдөр, “Говьсүмбэр аймгийн Баянтал сумын ургамлан нөмрөгийн доройтол,” Монгол орны газарзүй геоэкологийн асуудал, vol. 41, pp. 241-246, 2020.
- [34]. С. Бадрах and Э. Ариунболд, “Говьсүмбэр аймгийн бэлчээрийн ургамалжилт, түүний төлөв байдал,” Монгол орны геоэкологийн асуудал, vol. 05, pp. 59-65, 2005.
- [35]. Д. Болормаа et al., “Доройтсон бэлчээрийн экологийг нөхөн сэргээх технологийн хамтарсан судалгаа’ (2017-2019) сэдэвт хамтарсан төслийн тайлан.,” Мал аж ахуйн эрдэм шинжилгээний хүрээлэн, Улаанбаатар, 2019. [Online]. Available: <http://data.stf.gov.mn/Project/ProjectViewPublic.aspx?id=106236>
- [36]. H. Chu, S. Venevsky, C. Wu, and M. Wang, “NDVI-based vegetation dynamics and its response to climate changes at Amur-Heilongjiang River Basin from 1982 to 2015,” Science of The Total Environment, vol. 650, pp. 2051-2062, Feb. 2019, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.09.115>