



МОНГОЛ УЛСЫН ИХ СУРГУУЛЬ
ШИНЖЛЭХ УХААНЫ СУРГУУЛЬ
ГАЗАРЗҮЙН ТЭНХИМ

Газарзүйн асуудлууд

Geographical Issues

Volume 24 (01)

ISSN: 2312-8534

2024

Улаанбаатар хот

Монгол орны ургамлын цэвэр анхдагч бүтээгдэхүүнд нийгэм эдийн засгийн хүчин зүйлсийн нөлөө (2000-2021)

The influence of socio-economic factors on net primary products of Mongolia during 2000-2021

©Тэгшжаргал Нямаа¹, Баярсайхан Сайнбуян^{2,5*}, Цэрэн Наранцацрал^{2,3}, Аялан^{2,4}, Мандах Уртнасан³, Буянтогтох¹, Гантөмөр Бямбахуу²

©Nyamaa Tegshjargal¹, Sainbuyan Bayarsaikhan^{2,5*}, Narantsatsral Tseren^{2,3}, Ai Lan², Urtnasan Mandakh³, Taogetao Baoyin¹, Byambakhuu Gantumur^{2,5}

¹Бэлчээрийн экологийн төв лаборатори, Экологи, Байгаль орчны сургууль, Өвөр Монголын Их Сургууль, Хөх хот 010021, БНХАУ

²Газарзүйн тэнхим, Шинжлэх Ухааны Сургууль, Монгол Улсын Их Сургууль, 210646, Монгол Улс

³Газарзүйн Мэдээллийн систем, Зайнаас Тандан Судлалын салбар, Газарзүй-Геоэкологийн Хүрээлэн, Шинжлэх Ухааны Академи, Улаанбаатар 15170, Монгол Улс

⁴Өвөр Монголын Зайнаас тандан судлал, Газарзүйн мэдээллийн системийн төв лаборатори, Хөх хот, 01002, БНХАУ

⁵Зайнаас тандан судлал, газарзүйн мэдээллийн системийн судалгааны лаборатори, Ахисан түвшиний сургууль, Монгол Улсын Их Сургууль, 210646, Монгол Улс

¹Key Laboratory of Grassland Ecology, School of Ecology and Environment, Inner Mongolia University, Hohhot 010021, China

²Department of Geography, School of Art and Sciences, National University of Mongolia, Ulaanbaatar 210646, Mongolia

³Division of GIS and Remote Sensing, Institute of Geography and Geoecology, Mongolian Academy of Sciences, Ulaanbaatar 15170, Mongolia

⁴Inner Mongolia Key Laboratory of Remote Sensing & Geography Information System, Hohhot 010022, China

⁵Research Laboratory of Geo-Informatics (GEO-iLAB), Graduate school, National University of Mongolia, 210646, Mongolia

*Харилцагч зохиогч: sainbuyan.b@num.edu.mn

*Corresponding author: sainbuyan.b@num.edu.mn

Хүлээн авсан: 2024.03.05

Засварласан: 2024.04.20

Зөвшөөрөгдсөн: 2024.04.22

Хураангуй

Ургамлын цэвэр анхдагч бүтээгдэхүүн (УЦАБ) нь тухайн бүс нутгийн ургамлын динамик, нүүрстөрөгчийг шингээх чадварыг илэрхийлдэг чухал үзүүлэлт юм. Хүн ба байгалийн хосолсон систем (ХБХС)-ийн гол ойлголт бол хүн ба байгаль нь орон зайн болон цаг хугацааны хэмжүүрээр харилцан уялдаатай бүхэл бүтэн дэд системүүд болон зохион байгуулагдахыг хэлнэ. ХБХС үзэл баримтлалыг хэрэгжүүлэхэд тулгарч буй сорилтуудыг тоймлон авч үзээд Монгол Улсын хэмжээнд тус системийн динамикийг судлахын тулд УЦАБ, дотоодын нийт бүтээгдэхүүн, хүн амын тоо, малын тоо, тэдгээрийн харьцаа зэрэг нийгэм, эдийн засаг, экологийн тогтолцооны өргөн боломжтой хэмжүүрүүдийг ашиглалаа. Энэхүү судалгаанд экосистемийн Carnegie-Ames-Stanford Approach (CASA) загварыг ашиглан 2000-2021 оны хугацаан дах УЦАБ-ийг тооцож, Mann-Kendall чиг хандлагын тест, вариацийн тогтвортой байдлын шинжилгээг УЦАБ-ий орон зай,

©Зохиогчийн оруулсан хувь нэмэр: Т.Нямаа: Аргагүй боловсруулалт, өгөгдлийн дүн шинжилгээ, Б.Сайнбуян, Ц.Наранцацрал: Онолын үндэслэл, үндсэн бичвэрийн үр дүнгийн хяналт, засвар, Г.Бямбахуу, М.Уртнасан: Эх бичвэр, Аялан, Буянтогтох: Өгөгдлийн дүн шинжилгээ.

2312-8534/© 2024 Зохиогчийн бүх эрх хуулиар хамгаалагдсан

цаг хугацааны хэлбэлзлийг шинжлэхэд, УЦАБ болон нийгэм, эдийн засгийн хүчин зүйлсийн хоорондын хамаарлыг орон зайгаар болон хугацааны цуваагаар гаргахад хэсэгчилсэн корреляцийн шинжилгээг ашигласан. Судалгаа хийсэн 22 жилийн хугацаанд Монгол орны УЦАБ, хүн амын тоо, малын тоо, ДНБ ($0.77 \text{ g C m}^{-2} \text{ yr}^{-1}$, 49416 хүн/жил, 2.0 сая.тол/жил, 2 их наяд/жил) нэмэгдсэн байв. Бид судалгаандаа орон зайн хувьд тэдгээр хүчин зүйлүүд хэрхэн нөлөө үзүүлж байгааг тооцсон. УЦАБ нэмэгдсэн хугацаанд малын тоо нэмэгдэж байсан бөгөөд үүнийг дагаад ДНБ өссөн, харин хүн амын тоон өсөлт малын тоо, ДНБ-тэй хамааралгүй байв. Орон зайн хувьд УЦАБ нь ДНБ-тэй $R=0.3$, хүн амын тоотой $R=0.15$ эерэг сул хамаарал, малын тоотой сөрөг $R=0.04$ сул хамаарал үзүүлсэн юм. Сүүлийн жилүүдэд хур тунадас нэмэгдэж УЦАБ өссөн бөгөөд үүнийг даган малын тоо толгой өссөн байв. Хөдөө орон нутагт шилжилт хөдөлгөөн их байсан хэдий ч энэ нь малын тоонд нөлөөлөөгүй байв. Цаашид нүүрстөрөгчийн шингээлт, хуримтлалыг нэмэгдүүлэх нь хөдөө аж ахуй, нийгэм эдийн засагт үзүүлэх нөлөөг нэмэгдүүлэх чухал хүчин зүйл тул бэлчээрийн мал аж ахуй эрхэлдэг Монгол орны хувь зайлиггүй нарийвчлан судлах хүчин зүйл юм.

Түлхүүр үгс: Ургамлын цэвэр анхдагч бүтээгдэхүүн (УЦАБ); Нийгэм эдийн засгийн хүчин зүйлс; Малын тоо толгой; Хүн ам; Дотоодын нийт бүтээгдэхүүн.

Abstract

The Net Primary Productivity (NPP) of vegetation is a crucial metric for understanding plant dynamics and carbon sequestration capacity in a specific region. According to the Coupled Human and Natural Systems (CHANS) framework posits that human societies and natural ecosystems operate as cohesive subsystems intricately linked across spatial and temporal scales. This research aims to elucidate the dynamics of the CHANS in Mongolia by utilizing widely available indicators encompassing social, economic, and ecological dimensions, including NPP, Gross Domestic Product (GDP), population, livestock count, and their respective ratios. In this study, the ecosystem Carnegie-Ames-Stanford Approach (CASA) model was used to compute NPP from 2000 to 2021. The Mann-Kendall trend test and variance stability analysis were conducted to examine the spatiotemporal variability of NPP and its interplay with societal dynamics. Additionally, partial correlation analysis was performed to elucidate the association between economic factors across spatial and temporal series. Over the 22-year study period, Mongolia experienced increases in NPP, population, livestock count, and GDP ($0.77 \text{ g C m}^{-2} \text{ yr}^{-1}$, 49,416 people/year, 2.0 million heads/year, and 2 trillion/year, respectively). Our investigation highlights the spatial influences impacting NPP, particularly the positive correlation between NPP and livestock count during periods of NPP escalation, which stimulates GDP growth. Interestingly, there is no discernible correlation between population expansion and either livestock count or GDP. Spatially, NPP exhibits a modest positive correlation with GDP ($R=0.3$, $R=0.15$) and a negative correlation ($R=0.04$) with livestock count. Recent years have witnessed a rise in NPP, precipitation and livestock numbers, despite considerable rural migration. Looking ahead, increasing carbon absorption and accumulation is crucial for enhancing agricultural productivity and fostering socioeconomic development. Therefore, a detailed exploration of these dynamics holds significance for pastoral Mongolia.

Keywords: NPP; Socio-economic factors; Number of livestock; Population; Gross Domestic Product.

Оршил

Хуурай газрын экосистем нь нүүрстөрөгчийг шингээгчийн үүргийг гүйцэтгэдэг ба дэлхийн нүүрстөрөгчийн тэнцвэрт байдалд чухал нөлөө үзүүлдэг (Chaohua et al., 2023; Luo et al., 2020). Ургамлын фотосинтезийн ач холбогдол нь нүүрстөрөгчийн эргэлтийн цэг болдог (Lingtong et al., 2021).

Аж үйлдвэржилтийн хувьсгал эрчимтэй явагдаж, хүний байгальд үзүүлэх нөлөө улам ихсэж байгаа нь хүлэмжийн хийн ялгарлын хэмжээг нэмэгдүүлж, дэлхийн уур амьсгалын өөрчлөлт болон байгаль орчны тэнцвэрт байдал алдагдахад хүргэж байна (Bayarsaikhan et al., 2020). Тухайлбал 1992-2020 он хүртэлх хугацаанд нүүрсхүчлийн хийн (CO_2) агууламж олон жилийн дундажтай харьцуулахад 16.5 хувиар буюу 58.8 ppm-аар өсжээ (БОАЖЯ., 2019-2020). Монгол орны нутаг дэвсгэр дээр хүлэмжийн хийн агууламж тасралтгүй өсөж байгааг дээрх тооцоо харуулж байна (БОАЖЯ, 2019-2020).

Хүлэмжийн хийн ялгаруулалт, экосистемийн тэнцвэргүй байдал үүсэх, биологийн олон янз байдал алдагдах, хоол хүнс, эрчим хүч, усан хангамжийн тогтворгүй байдал зэрэг нь дэлхийн цаг уурын өөрчлөлтөөс гадна хүн ба байгалийн хосолсон систем (ХБХС)-ийг зохицуулах механизмыг орон зай, цаг хугацааны янз бүрийн хэмжээсээр илүү сайн ойлгох шаардлагатай байгааг харуулдаг (Chen et al., 2015).

Агаар мандал дах хүлэмжийн хий болох нүүрсхүчлийн хий нь ургамал, хөрсөнд шингэн үлддэг боловч хүний үйл ажиллагааны нөлөөгөөр ой, бэлчээр зэрэг ногоон ургамал бүхий газрын хэмжээ багасах нь нүүрстөрөгчийн шингээлтийг бууруулж, улмаар агаар мандалд ялгаруулах шалтгаан болдог. Нүүрстөрөгчийн хуримтлал, шингээлтийг олон эх сурвалжийн өгөгдөл, зайнаас тандан судлалын олон арван загварчлалуудыг ашиглан тооцож байна. Ургамлын гэрэл ашиглалтын хэмжээг өөрчилж сайжруулсан “Carnegie-Ames-Standford Approach” (CASA) загвар

нь байгаль орчны нөхцөл, ургамлын шинж чанарыг бүрэн харгалзан үздэг ургамлын фотосинтезийн ашигт үйлийн коэффициент (0.389 g C/MJ)-ын загвар юм. Энэ загвар нь экосистемийн судалгаанд ашиглагдаж, УЦАБ-ийг тооцож, үнэлэлт, дүгнэлт хийхэд чухал үүрэг гүйцэтгэж байна (Qiang et al., 2017). УЦАБ (Net Primary Productivity-NPP) нь ургамлын үйл ажиллагааны гол үзүүлэлт буюу фотосинтезийн аргаар ногоон ургамлын шингээж буй нүүрстөрөгчийн цэвэр хэмжээг илэрхийлнэ (McNaughton et al., 1989; Potter et al., 1993; Christopher et al., 1995). Мөн УЦАБ нь бэлчээрт хуримтлагдан хадгалагдаж мал амьтны идэш тэжээлийн хэлхээ болж, экосистемийн тэнцвэрт байдлыг хадгалахад гол үүрэг гүйцэтгэдэг.

Бэлчээрийн УЦАБ буурахад уур амьсгалын хүчин зүйл, газар ашиглалт, малын тоо толгой, бэлчээрийн даацаас үүдэлтэй үр дүнгүүдийг үзүүлсэн судалгаанууд нэлээд байдаг (Wang et al., 2013; Qiang et al., 2017; Chaohua et al, 2023). Монгол орны нутгийн төв хэсэг нь малын тоо толгой, нягтшил ихтэй бөгөөд энэ бүсэд ургамлын ургалтыг шимт тэжээлээр хангах замаар, ургамлын ашиг шимийг нэмэгдүүлэх боломжтой юм (Chaohua et al, 2023). Монголын тэгш өндөрлөгийн УЦАБ-д нөлөөлж буй хамгийн их хамааралтай хүчин зүйл нь малын тоо толгой, нягтшил юм. Харин УЦАБ болон хүн амын хоорондын хамаарал харьцангуй бага болохыг тогтоосон (Wang et al., 2013).

Байгалийн бэлчээр нь Монгол орны хувьд байнга нөхөн төлжиж сэргээгдэж байдаг үндэсний баялаг-мал сүргийн тэжээлийн үндсэн эх үүсвэр бөгөөд мал аж ахуйн салбарын тогтвортой хөгжлийг тодорхойлогч гол хүчин зүйл юм. Мал аж ахуй нь нийт газар нутгийн 71.6%-ийг ашиглаж, ДНБ-ний 11.6%- ийг үйлдвэрлэдэг эдийн засгийн 2 дахь том салбар юм (ҮСХ, 2024).

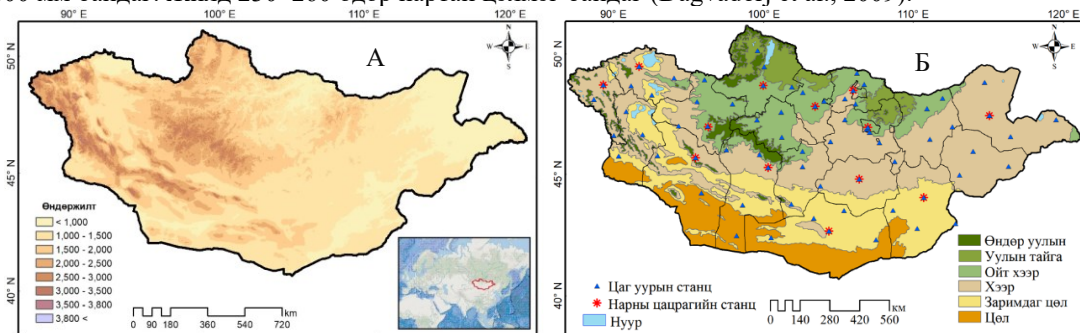
Монголын бэлчээрийн уламжлалт мал аж ахуй олон зууны туршид газар-мал-хүн гээсэн үйлдвэрлэлийн хүчин зүйлсийн харилцан шүтэлцээтэйгээр бие биеэ тэтгэн хөгжиж ирсэн түүхтэй. Монгол орны хөдөөгийн иргэдийн амьжиргааны гол эх үүсвэр төдийгүй эдийн засагт зонхилох үүрэг гүйцэтгэдэг. Монгол улсын хүн амын тоон болон орлогын өсөлтөөс үүдэн мал аж ахуйн бүтээгдэхүүний эрэлт нэмэгдэж 2000 оноос хойш малын тоо толгой, нягтшил ихээхэн нэмэгдсэн байдаг (Thomas et al., 2014).

Монгол орны хувьд сүүлийн 20 гаруй жилийн хугацаанд хүн ам, малын тоо толгой өсөж, хот суурин газрын тэлэлт эрчимтэй явагдаж, хөдөө аж ахуй, ойн сан бүхий газрын хэмжээ багасаж буйг дараах тоо баримтаас харж болно. Газрын нэгдмэл сангийн 2001 оны дүнг 2022 оны дүнтэй харьцуулахад хөдөө аж ахуйн газар 16606.4 га, ойн сан бүхий газар 4372.1 га орчмоор тус тус багасаж; хот, суурины газар 585.7 га-аар нэмэгдсэн байна (ГЗБГЗЗГ, 2001, 2022). Энэ нь газар ашиглалтаас үүдэн бэлчээрийн талбай багасаж нүүрстөрөгчийн хуримтлал буурах шалтгаан болж байна. Ус Цаг Уур, Орчны Судалгаа Мэдээллийн Хүрээлэн (2020)-ээс Монгол орны цөлжилтийн төлөв байдлыг үнэлэхэд нийт нутаг дэвсгэрийн 76.9 хувь их, бага хэмжээгээр газрын доройтол, цөлжилтөд өртсөн бөгөөд үүнээс 4.7 хувь нэн хүчтэй, 18.6 хувь хүчтэй, 22.1 хувь дунд, 31.5 хувь нь сул өртсөн дүнтэй гарсан (БОАЖЯ., 2019-2020). Мөн 2000-2022 оны хугацаанд Монгол улсад оршин суугаа нийт хүн амын тоо 994 мянга гаруйгаар, малын тоо толгой 40.9 сая гаруйгаар тус тус өссөн байна (ҮСХ, 2000-2022).

Сүүлийн жилүүдэд хүний үйл ажиллагаа буюу газар ашиглалт, мал аж ахуй зэргээс улбаалсан байгаль орчинд нөлөөлөх байдлын судалгаа голчлон хийж байна. Гэвч одоогийн байдлаар Монгол орны УЦАБ-д нөлөөлж буй нийгэм, эдийн засгийн хүчин зүйлсийн судалгаа ховор байна. Иймээс бид Монгол орны УЦАБ болон хүн ам, малын тоо толгой, дотоодын нийт бүтээгдэхүүн (ДНБ)-ий харилцан хамаарлыг судлах зорилгоор энэхүү судалгааг хийсэн. Судалгааны үр дүн нь ургамлын нүүрстөрөгч шингээлтийг нэмэгдүүлэхийн тулд хүний үйл ажиллагаа болон байгаль хамгаалах үйл ажиллагааг төлөвлөх, зохицуулалт хийхэд нэмэр болох юм. Судалгаанд Монгол орны хэмжээнд УЦАБ-ий хэмжээ болон тархалтыг зайнаас тандан судлалын аргад тулгуурлан тооцож, нийгэм эдийн засгийн хүчин зүйлс болох хүн ам, малын тоо толгой, ДНБ-ий тоо мэдээг сүүлийн 22 жилээр боловсруулан, статистикийн болон чиг хандлагын шинжилгээний аргыг ашиглан хоорондын хамаарал, цаашдын хандлагыг тодорхойлов.

Судалгааны талбай

Монгол Улс нь Сибирийн их тайгын өмнөд хэсгээс Төв Азийн их хуурай цөлийн хойд хэсэг хүртэлх (41°35'-52°09' N, 87°44'-119°56' E) өргөн уудам нутгийг хамран оршдог (Цэгмид, 1969). Монгол орон нийт 1564.1 мян.км² газар нутагтай бөгөөд далайн түвшнээс дээш дунджаар 1580 метр өндөрт, далай тэнгисээс алслагдан оршдог (Газарзүй, геоэкологийн хүрээлэн, 2022). Нутгийн баруун болон хойд хэсэгтээ өндөр уул нуруудын тогтолцоотой, өмнөд хэсэгтээ уудам тал, говь нутагтай. Монгол орон эх газрын эрс тэс, хатуу ширүүн уур амьсгалтай ба жилийн дөрвөн улирлын ялгаа ихтэй, энэ чанараараа агаарын температурын хэлбэлзэл өндөр, хур тунадас бага байдаг. Монгол орон богино хуурай зун (VI сараас VIII сарын дунд хүртэл үргэлжлэх), ихээхэн хүйтэн, урт (XI сараас IV сар хүртэл үргэлжлэх) өвөлтэй, хавар намрын улирлын үргэлжлэх хугацаа жилээс жилд өргөн хүрээнд хэлбэлздэг онцлогтой. Жилийн дундаж температур өндөр уулархаг нутгаар -7.8°C, говийн нутгаар +8.5°C орчим байна (Nandintsetseg et al., 2007; Wurihan et al., 2022; Bayarsaikhan et al., 2020). Хур тунадасны хэмжээ орон зай, цаг хугацаанд харилцан адилгүй, жилийн нийлбэр хур тунадас Хангай, Хэнтий, Хөвсгөлийн уулархаг нутгаар 300-400 мм, Монгол Алтай, ойт хээрийн бүсэд 250-300 мм, хээрийн бүсэд 150-250 мм, говь, цөлийн бүсэд 50-100 мм байдаг. Жилд 230-260 өдөр нартай цэлмэг байдаг (Dagvadorj et al., 2009).



Зураг 1. Судалгааны талбай, А. Монгол орны гадаргын өндөржилтийн зүй тогтол, Б. Байгалийн бүс, бүслүүр болон цаг уурын станцуудын байршил

Судалгааны материал, аргазүй

Хиймэл дагуулын өгөгдөл: УЦАБ-ийг тооцоходоо ургамлан бүрхэвчийн MOD13A3 болон тооцооллын үр дүнг хээрийн хэмжилтийн мэдээтэй баталгаажуулалт хийж хамаарлыг гаргах зорилгоор УЦАБ-ий MOD17A3 MODIS хиймэл дагуулын бүтээгдэхүүнүүдийг НАСА-гийн газрын гадаргын бүтээгдэхүүний (<https://lpdaac.usgs.gov/products/mod17a2hgvf006/>) цахим хуудаснаас татаж боловсруулсан.

MOD13A3 бүтээгдэхүүн нь орон зайн нарийвчлал 1000 м, цаг хугацааны шийд 30 хоног бөгөөд 2000-2021 оны ургамал ургах хугацаа (IV-X сар)-ны мэдээг авч ашиглав. Ургамал ургах хугацааны мэдээний агаар мандал болон үүлний бохирдлын үзүүлэх нөлөөг арилгахын тулд хамгийн их утга бүхий нийлмэл “Maximum Value Composite” (MVC) аргыг ашиглан тооцсон.

Цаг уурын өгөгдөл: Монгол орны цаг уурын 70 станцын мэдээг Цаг уур, Орчны шинжилгээний газрын мэдээний сангаас авсан. 2000-2021 оны ургамал ургах хугацаа (сарын дундаж температур, °C), сарын нийлбэр хур тунадас (мм), нарны нийлбэр цацрагийн (MJ/m² мэдээг авч боловсруулан УЦАБ-ийг тооцоход ашигласан.

Нийгэм, эдийн засгийн өгөгдөл: Малын тоо толгой, хүн амын тоо, дотоодын нийт бүтээгдэхүүний мэдээг Үндэсний статистикийн хорооны “Статистикийн нэгдсэн мэдээллийн сан”-гаас хугацааны цуваагаар, аймаг, сум тус бүрээр авч ашигласан. Нийт малын тоо толгойг хонин толгойд шилжүүлэн тооцов. Малын тоо толгой, хүн амын тоо, дотоодын нийт бүтээгдэхүүнд үзүүлэх УЦАБ-ий хамаарлыг орон зайн болон цаг хугацааны дүн шинжилгээ хийж, үнэлэлт өгсөн.

“CASA” загвар

“CASA” загвар нь ургамлын фотосинтезийн ашигт үйлийн коэффициент дээр суурилсан бөгөөд хиймэл дагуулын мэдээн дээр тулгуурлан УЦАБ-ийг тооцоолоход хэрэглэдэг загвар юм (Potter et al., 1993).

$$NPP(x, t) = APAR(x, t) \times \varepsilon(x, t) \quad (1)$$

Энд, $APAR(x, t)$ (Absorbed Photosynthetically Active Radiation) ургамалд шингэсэн фотосинтезийн идэвхтэй цацрагийн хэмжээ, (Хэмжих нэгж: $MJ \cdot m^{-2} \cdot time^{-1}$), $\varepsilon(x, t)$ бол нэгж талбайд нэгж хугацаан дахь ургамлын фотосинтезийн ашигт үйлийн коэффициентын бодит хэмжээ (Хэмжих нэгж: $g C/MJ$) юм.

$$APAR(x, t) = SOL(x, t) \times FPAR(x, t) \times 0.5 \quad (2)$$

$SOL(x, t)$ бол цаг уурын станцын хүлээж авсан сар бүрийн нарны нийлбэр цацрагийн мэдээ ($SOL, MJ \cdot m^{-2} \cdot month^{-1}$), $FPAR(x, t)$ фотосинтезийн идэвхтэй цацрагийн шингээх хэмжээ ба Los (1998); Bao нар (2016)-ын санал болгосон арга дээр тулгуурладаг. Түүнчлэн 0.5 бол нарнаас ирж байгаа цацрагийн ургамал шингээж чадах хэмжээг илэрхийлэх тогтмол утга юм. $0.38-0.71 \mu m$ долгионы ургад ургамал ургах, хөгжиж бойжих, амьдрах хугацааных нь үндсэн нөхцөл юм (Bao et al., 2016).

Ургамлын гэрлийн бодит хэмжээ нь гол төлөв температур, хөрсний чийгээр хязгаарлагддаг. Тооцооллын томьёо нь дараах байдалтай байна.

$$\varepsilon(x, t) = \varepsilon_{max} \times T_{\varepsilon}(x, t) \times W_{\varepsilon}(x, t) \quad (3)$$

Энд ε нь хамгийн тохиромжтой нөхцөлд ургамлын гэрлийн энергийг ашиглах хамгийн их хэмжээ, $T_{\varepsilon}(x, t)$ нь гэрлийн эрчим хүчний ашиглалтын түвшин дэх температурын стрессийн коэффициент, $W_{\varepsilon}(x, t)$ нь усны стрессийн коэффициентыг (x, t) илэрхийлнэ (WenQuan et al., 2006).

Статистик шинжилгээний арга

Сүүлийн жилүүдэд малын тоо толгой нэмэгдэж, бэлчээрийн даац хэтэрснээс бэлчээрийн талхагдал, доройтол улам эрчимжиж байна. Байгалийн бүс бүслүүрийн хэмжээнд малын тоо толгой, УЦАБ-д хэрхэн нөлөө үзүүлж байгааг тооцсон. Малын тоо толгойн статистик мэдээг Үндэсний статистикийн хорооны Статистикийн мэдээллийн нэгдсэн сангаас авч ашиглав. Нийт малын тоо толгойг хонин толгойд шилжүүлэн тооцсон.

Судалгаанд Пирсоны корреляцийн коэффициент, Чиг хандлагын шинжилгээний Тейл-Сены налуу болон Манн-Кендаллын ач холбогдлын шинжилгээний аргууд ашигласан бөгөөд орон зайн тооцоолол хийхэд Matlab, статистик тооцоо хийхэд R болон SPSS 23 программ хангамжийг ашигласан.

Пирсоны корреляцийн коэффициент: Загварчлалаар тооцсон болон хээрийн хэмжилтийн үр дүнгээр гаргасан УЦАБ-ий баталгаажуулалт, бүтээгдэхүүний хуримтлал, өөрчлөлтөд цаг уурын хүчин зүйлсийн үзүүлэх хамаарлыг тооцсон. Корреляцийн коэффициентын аргын ач холбогдлыг шалгахын тулд t-тестийг ашигласан бөгөөд үүнийг дараах томьёогоор тооцдог (Freedman et.al, 2007; Wurihan et al., 2022).

$$r_{xy} = \frac{\sum_{i=1}^n [(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})]}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 + \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} \quad (4)$$

Энд: y_i - корреляцийн коэффициент, x_i - үл хамаарах хувьсагч, \bar{x} – үл хамаарах хувьсагчийн дундаж, y_i - хамааран хувьсагч, \bar{y} - хамааран хувьсагчийн дундаж юм. Тус томьёонд \bar{x} болон \bar{y} хоёр хүчин зүйлсийн түүврийн утгуудын дундаж утга болох $r_{xy} > 0$ нь эерэг хамаарлыг илэрхийлж, $r_{xy} < 0$ нь сөрөг хамаарлыг илэрхийлдэг. Корреляцийн коэффициент их байх тусам хүчин зүйлс хоорондын хамаарал илүү хүчтэй болно. Энэ хоёрын ач холбогдлыг үнэлэх тест болон хамаарлыг “Matlab” программ дээр тооцоолж энэ судалгаанд дурдсан ач холбогдлын түвшин дунджаар 0.05 байна.

Чиг хандлагын шинжилгээ: Тейл-Сены налуу болон Манн-Кендаллын ач холбогдлын шинжилгээний аргууд нь статистик шинжилгээгээр тодорхой өөрчлөлтийн чиг хандлагыг тооцдог. Хугацааны цуваанд “Matlab” программ хангамжийг ашиглан тус 2 аргыг хослуулан УЦАБ-ий өгөгдлийн цуваанд гарсан өөрчлөлтийг тодорхойлов. Тейл-Сены налууугийн тооцоо нь хэвийн тархалтын таамаглалыг хангахын тулд цаг хугацааны цувааны дундаж утга дээр суурилсан параметрийн бус чиг хандлагын шинжилгээ юм (Akritas et al., 1995). Тооцооллын арга нь дараах байдалтай байна.

$$\beta = \text{Median} \left(\frac{NPP_j - NPP_i}{j-i} \right), 2000 \leq i < j \leq 2021 \quad (5)$$

Энд, β нь бүх өгөгдлийн өөрчлөлтийн чиг хандалга. Хэрэв $\beta > 0$ бол УЦАБ өөрчлөлт өсөх хандлагатай, $\beta < 0$ бол УЦАБ өөрчлөлт буурах хандлагатай байна. NPP_i ба NPP_j нь i ба j хугацааны үеийн “NPP” хувьсагчийн утга бөгөөд дундаж утгыг илэрхийлнэ.

Манн-Кендаллын ач холбогдлын шинжилгээ нь Тейл-Сены налууугийн статистикийг нөхдөг параметрийн бус туршилтын арга бөгөөд хугацааны цувааны чиг хандлагын ач холбогдлыг шалгахад ашигладаг. Тооцооллын арга нь дараах байдалтай байна.

$$Z = \begin{cases} \frac{S-1}{\sqrt{\text{var}(S)}}, S > 0 \\ 0, S = 0 \\ \frac{S+1}{\sqrt{\text{var}(S)}}, S < 0 \end{cases} \quad (6)$$

$$S = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n \text{sign}(NPP_j - NPP_i) \quad (7)$$

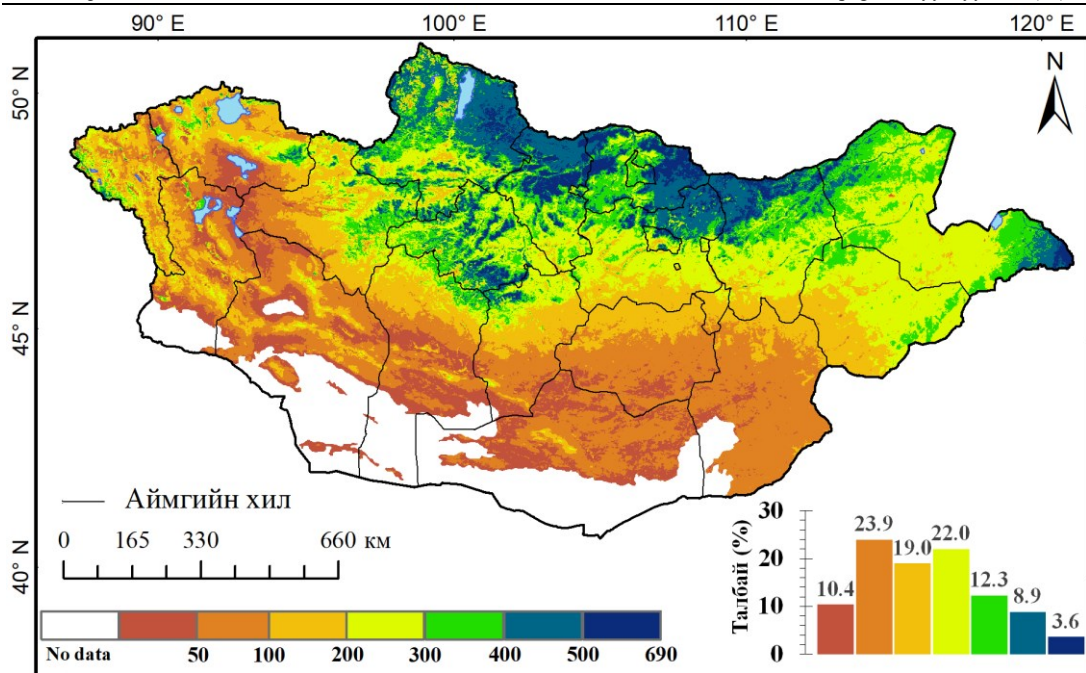
$$\text{var}(S) = \frac{n(n-1)(2n+5)}{18} \quad (8)$$

$$\text{sign}(NPP_j - NPP_i) = \begin{cases} 1, NPP_j - NPP_i > 0 \\ 0, NPP_j - NPP_i = 0 \\ -1, NPP_j - NPP_i < 0 \end{cases} \quad (9)$$

Энд Манн-Кендаллын ач холбогдлын туршилтын аргын Z утгыг “NPP”-ийн өөрчлөлтийн чиг хандлагын ач холбогдлыг шалгахад ашигладаг (Yinqiao et al., 2023). NPP_i ба NPP_j нь i ба j хугацааны хувьсагчийн утгууд, n нь хугацааны цувааны урт, sign нь ач холбогдлын үзүүлэлтийн функц. Z -ийн абсолют утга $> 1.65, 1.96, 2.58$ бол чиг хандлага нь 90%, 95%, 99% ач холбогдлын түвшинд статистикийн ач холбогдолтой гэж үздэг. $Z < 0$ бол буурах хандлагыг илэрхийлнэ; харин $Z > 0$ өсөх хандлагыг харуулдаг. Энэхүү судалгаанд $\alpha = 0.05$ болон $|Z| > 1.96$ үед өгөгдөл 95%-ийн ач холбогдлын түвшингээр тохируулсан.

Судалгааны үр дүн ба хэлэлцүүлэг

УЦАБ-ий тархалтын зүй тогтол: Монгол орны 2000-2021 оны хоорондох УЦАБ-ий дундаж тархалтыг тооцоолж зураглав (Зураг 2). Монгол орны сүүлийн 22 жилийн хугацаанд УЦАБ нутгийн хойд, зүүн хойд хэсгээр хамгийн их $400-690 \text{ g C m}^{-2} \text{ yr}^{-1}$ хэмжээтэй гарсан нь нийт нутгийн 12.5 хувь, нутгийн төв, зүүн хэсгээр $200-400 \text{ g C m}^{-2} \text{ yr}^{-1}$ хэмжээтэй гарсан нь нийт нутгийн 34.3 хувь, баруун хойд, өмнөд хэсгээр $200 \text{ g C m}^{-2} \text{ yr}^{-1}$ -аас бага хэмжээтэй гарсан нь нийт нутгийн 53.3 хувийн тус тус эзэлж байв. Монгол орны УЦАБ-ий тархалтаас харахад өндөр уулын нуга, уулын тайга, уулын ойт хээрийн бүсэд хамгийн өндөр хэмжээтэй байгаа бол нугажуу хээр, хуурайвтар хээрийн бүсэд шилжихэд УЦАБ-ий хэмжээ багассан зүй тогтол ажиглагдаж байсан. Харин заримдаг цөл буюу цөлжүү хээр, хээржүү цөлийн бүс болон нуггийн өмнөд хэсэг, Их нууруудын хөндий хэсгээр хамгийн бага буюу $18.2 \text{ g C m}^{-2} \text{ yr}^{-1}$ хэмжээтэй болж огцом буурч байв. Монгол орны УЦАБ-ий орон зайн тархалт байгалийн бүс бүслүүр, хур тунадсаас хамаарч нутгийн хойд хэсгээс урагшлах тусам буурах зүй тогтолтой байдаг (Bayarsaikhan et al., 2020; Lkhagvadorj et al., 2021; Yang et al., 2022) нь бидний гаргасан үр дүнтэй тохирч байсан юм. 2015-2021 оны хээрийн судалгааны хэмжилтийн мэдээ, УЦАБ хоорондын хамаарлын коэффициент ($R^2=0.66, p<0.001$) ба харьцангуй дундаж квадрат алдаа (RMSE) нь 9.26 gC/m^{-2} үр дүнг үзүүлээ.



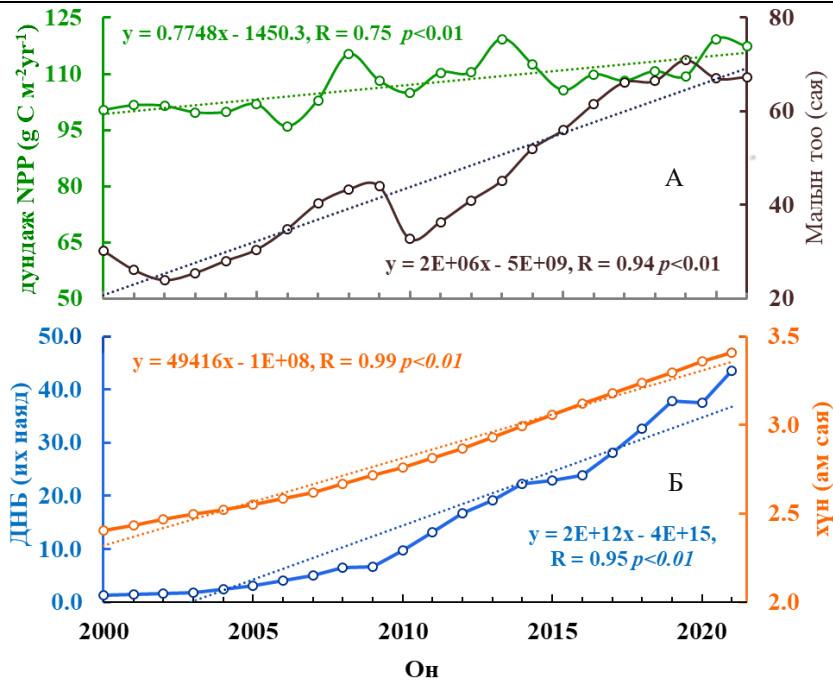
Зураг 2. Монгол орны 2000-2021 оны жилийн дундаж УЦАБ-ий тархалт

УЦАБ болон малын тоо толгой, хүн ам, ДНБ-ий жилийн дундаж өөрчлөлтийн чиг хандлага: 2000-2021 оны хугацаанд Монгол орны УЦАБ тасралтгүй өссөн хандлага үзүүлсэн бөгөөд жилд $0.77 \text{ g C m}^{-2} \text{ yr}^{-1}$ -ээр нэмэгджээ. 2008, 2013, 2020, 2021 онуудад УЦАБ-ий утга хамгийн өндөр байсан ($115.2; 119.3; 119.2; 117.3 \text{ g C m}^{-2} \text{ yr}^{-1}$) бол хамгийн бага нь 2003, 2004, 2006 онуудад ($99.7; 99.8; 95.9 \text{ g C m}^{-2} \text{ yr}^{-1}$) тохиолдож, бусад онуудад $100.3-110.7 \text{ g C m}^{-2} \text{ yr}^{-1}$ хооронд хэлбэлзэж байв.

Харин малын тоо толгойн хувьд 2000-2021 оны хугацаанд 2002, 2010, 2020 онд тус тус буурсан (2.2 сая, 11.3 сая, 3.9 сая) бол бусад үед дунджаар жилд 2 сая тоо толгойгоор өссөн байв. Монгол орны хэмжээнд малын тоо толгой 2000 онд 30.2 сая байснаас 2021 онд 67.3 саяд хүрч 37.1 сая толгойгоор өссөн бөгөөд 2019 онд хамгийн их буюу 70.9 саяд хүрчээ.

Хүн амын тоо 2000 онд 2.4 сая гаруй байсан бол 2021 онд 3.4 саяд хүрч, жилд дунджаар 49.4 мянгаар өссөн байв.

ДНБ 2000 онд 1.2 их наяд төгрөг, 2021 онд 43.6 их наяд төгрөг болж жилд дунджаар 2 их наяд төгрөгөөр өсжээ. Харин 2020 онд ДНБ 386 тэрбум төгрөг орчмоор буурсан бол бусад онуудад тасралтгүй өссөн дүнтэй байв. 2017 оноос малын тоо буурахад УЦАБ нэмэгдсэн зүй тогтолтой байсан юм (Зураг 3).



Зураг 3. Монгол орны 2000-2021 оны хүчин зүйлүүдийн хугацааны чиг хандлага: А. УЦАБ болон малын тоо толгой Б. Хүн ам ба ДНБ-ий өсөлт

УЦАБ болон хүн ам, малын тоо, ДНБ-ий чиг хандлагын орон зайн шинжилгээ: Бид УЦАБ болон малын тоо, хүн ам, ДНБ-ий чиг хандлагын шинжилгээг хийсэн. Сүүлийн 22 жилийн хугацаанд бүх үзүүлэлтүүд өсөх хандлагатай байсан юм (Зураг 4А). УЦАБ-ий өсөлтийн хандлага нийт нутаг дэвсгэрийн талбайн 87.8%-д ажиглагдсан ба үүний 26% нь ($p < 0.05$) ач холбогдлын түвшин өндөртэй байв. Ач холбогдлын түвшин өндөр ($p < 0.05$) гарсан нутгуудын жилийн дундаж өсөлтийн хэмжээ харилцан адилгүй байлаа. Тухайлбал Хангай, Хэнтийн нуруу, Хэрлэн, Улз голын сав газар, Монголын Дорнод тал, Сүхбаатар аймгийн зарим хэсэгт УЦАБ $3.88 \text{ g C m}^{-2} \text{ yr}^{-1}$ хүртэл өсөлттэй байв. Харин Дундговь, Дорноговь, Өмнөговь 3 аймгийн хил залгаа нутаг болох Загийн усны хоолой, Загийн усны хөндий орчимд УЦАБ-ий хэмжээ ач холбогдлын түвшин өндөр үзүүлэлттэй буюу жилд $0.3 \text{ g C m}^{-2} \text{ yr}^{-1}$ хүртэл байсан.

Ургамлан бүрхэвч бүхий талбайн 12.2%-д УЦАБ буурч, тус талбайн 0.5% ($p < 0.05$)-д мэдэгдэхүйц эрс багассан байв. Тухайлбал Хөвсгөл нуурын баруун хэсэг, Увс нуурын эргэн тойронд, Төв аймгийн зүүн хойд, Сэлэнгэ аймгийн зүүн урд, Хэнтий аймгийн баруун хойд хэсгийн зарим нутгаар УЦАБ жилд $2.79 \text{ g C m}^{-2} \text{ yr}^{-1}$ хүртэл буурсан. Түүнчлэн Ховд аймгийн Булган сумын урд хэсэг, Говь-Алтай аймгийн Алтай, Цогт, Эрдэнэ сумын урд хэсгээр $0.3 \text{ g C m}^{-2} \text{ yr}^{-1}$ хүртэл буурсан байв.

Ийнхүү УЦАБ-ий орон зайн тархалтын үр дүнгээс өсөлттэй талбай нь буурсан талбайгаас илүү байсан нь Монгол орны ургамлын нүүрстөрөгч шингээх чадвар 22 жилийн хугацаанд нэмэгдсэн болохыг харуулж байв. Энэ судалгааны үр дүнгүүд Chaohua (2023) нарын 2000-2019 оны хоорондох Монголын тэгш өндөрлөгийн УЦАБ-ий тархалт, өөрчлөлтийг судалсан судалгааны үр дүнтэй тохирч байв (Chaohua et al., 2023).

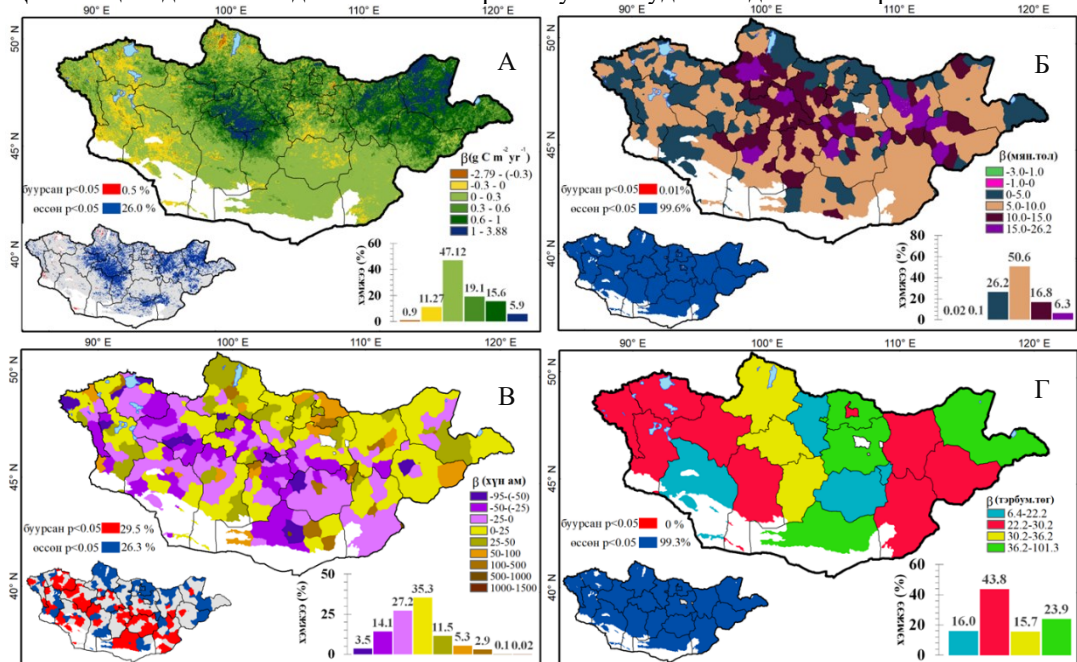
Малын тоо толгой судалгааны хугацаанд зөвхөн Орхон аймгийн Баян-Өндөр суманд 3000 хүртэл тоо толгойгоор буурсан хандлагатай гарсан нь судалгааны талбайн зөвхөн 0.12%-ийг эзэлж байв. Үүний 0.01% ач холбогдлын түвшин өндөр байсан ($p < 0.05$). Харин нийт газар нутгийн 99.6%-д малын тоо толгой өссөн хандлагатай байсан юм. Үүнээс Хөвсгөл, Архангай, Булган, Өвөрхангай, Баянхонгор, Төв, Хэнтий, Сүхбаатар аймгийн зарим сумдад 10-26 мянган толгой малаар өссөн нь нийт талбайн 23.1%, Дорноговь болон баруун таван аймгуудын зарим сумдаар

малын тоо 10 мянган толгой хүртэл өссөн нь нийт талбайн 76.8%-ийг тус тус эзэлж байлаа (Зураг 4Б).

Монгол орны хэмжээнд хүн амын тоо судалгааны нийт талбайн 55.2%-д өссөн хандлагатай байсан ба 26.3% нь ач холбогдлын түвшин өндөр байв ($p < 0.05$). Орхон аймгийн Баян-Өндөр сумын хүн ам жилд дунджаар 1000-1500-аар нэмэгдсэн нь хамгийн өндөр үзүүлэлт үзүүлэв. 25 хүртэлх хүн амаар өссөн дүнтэй сумд нийт талбайн хамгийн их буюу 35.3%-ийг эзэлж байсан. Судалгааны талбайн 44.8% нь дунджаар 95 хүртэлх хүн амаар буурсан хандлагатай байснаас 29.5% нь $p < 0.05$ буюу ач холбогдлын түвшин өндөр гарав (Зураг 4В).

ДНБ-ий орон зайн тархалт 22 жилийн хугацаанд тасралтгүй өссөн ($p < 0.05$) хандлагатай байсан. Судалгааны талбайн 23.9%-д буюу Орхон, Сэлэнгэ, Төв, Өмнөговь, Дорнод аймгуудад ДНБ 36.2-101.3 тэрбум/жил төгрөгөөр өссөн нь хамгийн их үзүүлэлтийг зааж байв. Харин 16%-д буюу Булган, Говь-Алтай, Дундговь, Говьсүмбэр аймагт 22.2 тэрбум/жил хүртэл төгрөгөөр өссөн нь хамгийн бага үзүүлэлтийг харуулсан. Судалгааны талбайн 43.8%-д ДНБ 22.2-30.2/жил тэрбум төгрөгөөр өссөн нь хамгийн их талбайг эзэлж байв. Харин нийт талбайн 15.7%-д ДНБ 30.2-36.2 тэрбум/жил төгрөгөөр өссөн нь хамгийн бага талбайг эзэлж байсан юм (Зураг 4Г).

Улаанбаатар хот нь хүн амын хэт төвлөрөлтэй, ДНБ-ий өсөлт харьцангуй өндөр, мал аж ахуй эрхлэхийг хориглосон бүс учир бусад аймаг, сумын үзүүлэлттэй харьцуулах боломжгүй, мөн УЦАБ тооцоход ач холбогдол багатай гэж үзсэн тул энэ судалгаанд ашиглаагүй болно.

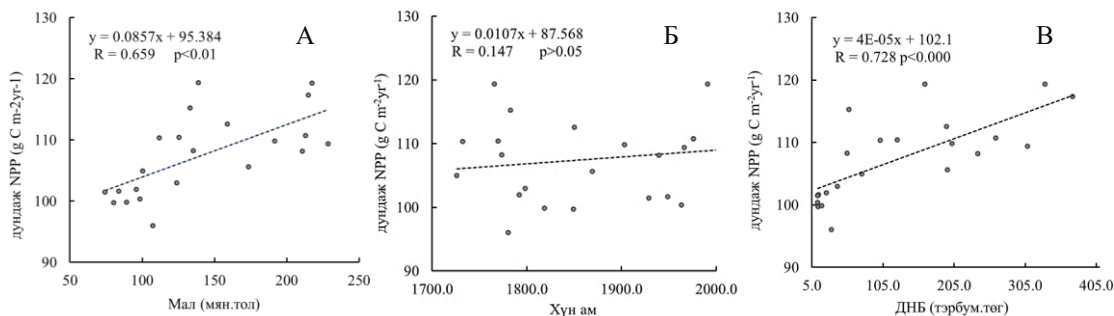


Зураг 4. 2000-2021 оны хугацааны чиг хандлага, А.УЦАБ-ий өөрчлөлт, Б. Малын тоо толгойн өөрчлөлт, В.Хүн амын тоон өөрчлөлт, Г.ДНБ-ий өөрчлөлт

Хүн амын тоо 22 жилийн хугацаанд нийт нутгийн 44.8%-д буурсан бол тус бүс нутгаар малын тоо тасралтгүй өссөн нь малын тоо толгойн өсөлт хүн амаас хамааралгүй болох нь тогтоогдсон.

УЦАБ болон малын тоо толгой, ДНБ, хүн амын харилцан хамаарал: Судалгааны бүс дэх 2000-2021 оны жилийн дундаж УЦАБ, малын тоо толгой, ДНБ, хүн амын өөрчлөлтийн хугацааны хамаарлыг тооцлоо (Зураг 5). Үр дүнгээс харахад Монгол орны жилийн дундаж УЦАБ:малын тоо, УЦАБ:ДНБ хооронд хүчтэй эерэг хамааралтай ($R=0.672$, $R=0.728$) байсан ба ач холбогдлын түвшин ($p < 0.001$; $p < 0.000$) байв. Харин УЦАБ:хүн амын тоо мэдэгдэхүйц эерэг хамааралтай ($R=0.18$, $p > 0.05$) болохыг харуулсан (Зураг 5А,Б,В). УЦАБ болон малын тоо толгойн харилцан хамаарлыг сум тус бүрээр тооцоход сөрөг хамааралтай, ач холбогдлын түвшин багатай ($R=0.097$,

$p > 0.05$) байв. Тус судалгаанд УЦАБ-ийг тооцохдоо “NDVI”-д суурилсан ургамлан бүрхэвчийн тооцоог ашигласан. Харин ургамлын төрөл зүйлээр ялган тооцоогүй нь судалгааны үр дүнг нарийвчлахад хязгаарлах хүчин зүйл болсон. Хугацааны цуваагаар авч үзэхэд хүчин зүйлүүд өсөх хандлагатай байсан нь хоорондын хамаарлыг нэмэгдүүлж байв.



Зураг 5. А) УЦАБ болон малын тоо толгойн цаг хугацааны харилцан хамаарал, Б) УЦАБ болон малын тоо толгойн харилцан хамаарал (сумын хэмжээнд), В) УЦАБ болон ДНБ-ий цаг хугацааны харилцан хамаарал

Хүчин зүйлүүдийн чиг хандлагын шинжилгээний орон зайн онцлогыг харгалзан хамаарлыг тооцоход УЦАБ:малын тоо толгойтой өндөр хамааралтай, харин УЦАБ:хүн амтай мэдэгдэхүйц сул хамааралтай байсан. Энэ нь Монгол орны хувьд газар нутагтайгаа харьцуулахад хүн амын тоо харьцангуй цөөн нягтрал ($1 \text{ км}^2 = 2.2$ хүн) бага байгаатай холбоотой юм.

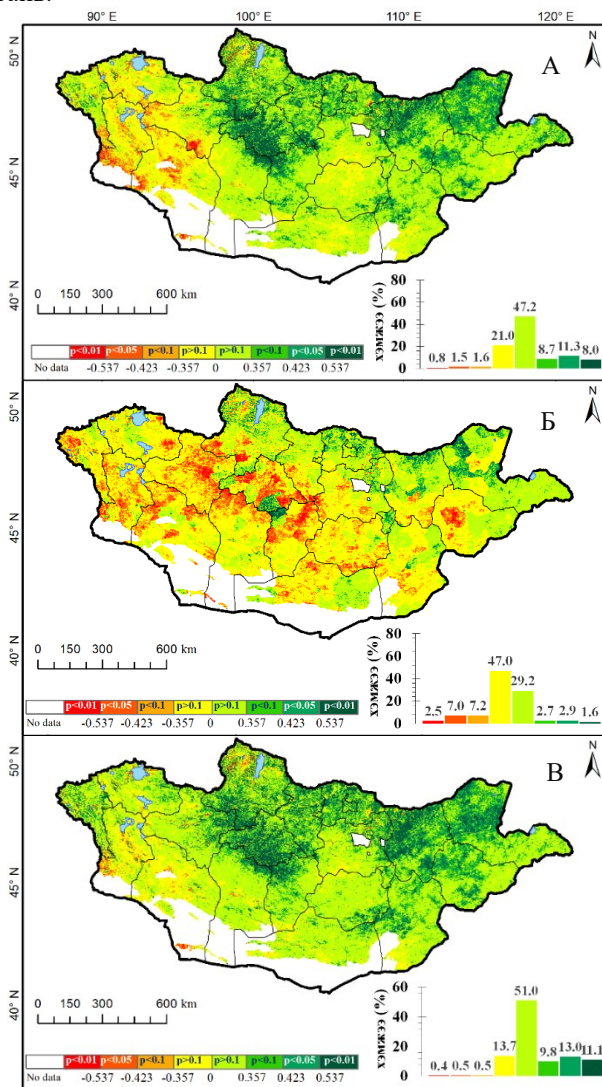
УЦАБ:малын тоо нь нийт талбайн 75.1%-д эерэг хамааралтай, үүний 19.3%-д нь $p < 0.05$ буюу статистикийн хувьд ач холбогдолтой, хамаарал $R = 0.42$ байв. Хангай, Хэнтий нуруу, Хэрлэн, Улз голын сав, Монголын Дорнод тал, Архангай, Хэнтий, Дорнод, Хөвсгөл, Булган, Сэлэнгэ, Төв аймаг болон Сүхбаатар, Дорноговь аймгийн зарим нутагт УЦАБ өсөхөд малын тоо өссөн үзүүлэлттэй байсан. Харин 24.9%-д сөрөг хамааралтай байсан ба үүний 2.3% болох Завхан аймгийн баруун, баруун өмнөд хэсэг, Говь-Алтай аймгийн төв, баруун өмнөд болон Ховд аймгийн өмнөд хэсгээр сөрөг хамааралтай $R = 0.42$, $p < 0.05$ статистикийн хувьд ач холбогдолтой байв (Зураг 6А).

УЦАБ:ДНБ-ий орон зайн хамаарлыг тооцоход нийт талбайн 84.9%-д эерэг хамааралтай байсан ба үүний 24.1% нь статистикийн хувьд ач холбогдолтой ($R = 0.423$, $p < 0.05$) байлаа. Архангай, Хэнтий, Дорнод, Хөвгөл, Булган, Сэлэнгэ болон Сүхбаатар, Дорноговь, Өвөрхангай аймгийн зарим нутагт УЦАБ өсөхөд ДНБ мөн өссөн. Харин 15.1% нь сөрөг хамааралтай байсны 0.9% нь статистикийн хувьд ач холбогдолтой ($R = 0.42$, $p < 0.05$) бөгөөд Хөвсгөл, Ховд, Говь-Алтай, Увс, Хэнтий, Сэлэнгэ аймгуудын зарим нутагт тархсан байв (Зураг 6Б). Үүнээс харахад УЦАБ:малын тоо, УЦАБ:ДНБ-ий хоорондын хамаарал орон зайн хувьд ойролцоо тархалттай байв.

Газар ашиглалтыг авч үзвэл 2022 оны байдлаар Монгол орны нийт нутаг дэвсгэрийн 72.6 хувийг хөдөө аж ахуйн газар, үүнээс 96.1 хувийг бэлчээрийн газар эзэлж байв (ГЗБГЗЗГ., 2022). Малын тэжээлийн 98 хувийг байгалийн бэлчээр, хадлангаар хангадаг ба бэлчээр нь мал сүргийн тэжээлийн үндсэн эх үүсвэр, мал аж ахуйн салбарын тогтвортой хөгжлийг тодорхойлогч, үйлдвэрлэлийг дэмжигч хамгийн гол хүчин зүйл юм (БОАЖЯ., 2019). Энэхүү харилцан уялдаа бүхий нөхцөл нь бидний судалгаанд УЦАБ болон малын тоо толгой, ДНБ-ий хамаарал өндөртэй газрууд давхцах боломжтойг харуулсан юм.

УЦАБ:хүн амын харилцан хамаарал орон зайн хувьд тооцоход нийт талбайн 36.4%-д эерэг хамааралтай байсан ба үүний зөвхөн 4.5% нь хүчтэй эерэг ($R = 0.423$, $p < 0.05$) хамааралтай байв. Харин 63.6% нь сөрөг хамааралтай гарсны 9.5% нь хүчтэй сөрөг ($R = 0.423$, $p < 0.05$) хамааралтай байсан. УЦАБ:хүн амын тоо эерэг хамааралтай талбай Монгол орны нутгийн хойд болон зүүн хэсэг, Хөвсгөл, Булган, Сэлэнгэ, Хэнтий, Дорнод, Төв аймгийн нутгийн хойд хэсгээр тархалттай байв. УЦАБ болон хүн амын тоо сөрөг хамааралтай гарсан талбай нутгийн баруун, баруун өмнөд

болон өмнөд хэсгээр голчлон тархсан байв (Зураг 6В). Хүн амын тоо буурч, шилжих хөдөлгөөн их байсан хэдий ч малын тоо өссөн нь малчин өрхийн тооноос бус өрхийн малын тоо толгой өссөнтэй холбоотой байв.



Зураг 6. УЦАБ болон хүчин зүйлүүдийн хамаарал А.УЦАБ: малын тоо, Б. УЦАБ: ДНБ, В. УЦАБ: хүн амын хамаарал

Дүгнэлт

Монгол орны УЦАБ болон малын тоо толгой, хүн ам, ДНБ-ий цаг хугацаа, орон зайн тархалт, хамаарлыг тооцсон энэхүү судалгааны үр дүнд дараах дүгнэлтийг хийж болохоор байна. Үүнд: 2000-2021 оны хоорондох 22 жилийн хугацаанд Монгол орны УЦАБ жилд дунджаар $0.77 \text{ g C m}^{-2} \text{ yr}^{-1}$ -ээр өссөн бөгөөд орон зайн хувьд нутгийн баруун өмнөд хэсгээс зүүн хойд хэсэг рүү шилжих тусам аажмаар өссөн хандлагатай байв.

Сүүлийн 22 жилийн хугацаанд УЦАБ, малын тоо, хүн амын тоо, ДНБ тасралтгүй өссөн бөгөөд энэхүү үзүүлэлт нь газар нутаг, орон зайн хувьд харилцан адилгүй байсан юм.

Статистикийн хувьд хугацааны цуваагаар өсөлтийг харж болох ч газарзүйн байршлаар дүн шинжилгээ хийж өөрчлөлтийг гарган хоорондын хамаарлыг тооцсон нь энэхүү судалгааны шинэлэг тал болсон. УЦАБ:малын тоо, УЦАБ:ДНБ цаг хугацааны хувьд шууд хамааралтай, орон зайн хувьд Хангай, Хэнтий нуруу, Булган, Сэлэнгэ, Дорнод, Хөвсгөлийн өмнө хэсгээр хамаарал өндөр байв. Харин УЦАБ:хүн ам хооронд харилцан хамааралгүй байв.

Энэ нь тус гурван хүчин зүйл хоорондоо харилцан уялдаатай болохыг илтгэж байв. Түүнчлэн УЦАБ буюу ургамлын бүтээмж нэмэгдэхэд малын тоо толгой өсөж, улмаар ДНБ нэмэгдсэн үзүүлэлттэй гарсан. УЦАБ-ий хэмжээ багатай газарт малын тоо болон ДНБ-ий өсөлт бага байсан нь ажиглагдлаа. Харин Өмнөговь, Орхон, Сэлэнгэ зэрэг уул уурхай, газар тариалан, үйлдвэр үйлчилгээ харьцангуй сайн хөгжсөн аймгуудад ДНБ-ий өсөлт өндөр байв. Бэлчээрийн гарц сайтай үед малчид малаа өсгөх таатай нөхцөл бүрддэг нь УЦАБ болон малын тоо толгой харилцан хамаарал өндөр гарахад нөлөөлсөн байж болох юм.

Судалгааны үр дүнгээр 2000 оноос хойш Монгол орны ургамалжилт сайжирч, ургамлын нүүрстөрөгч шингээх чадвар нэмэгдсэн болох нь харагдаж байгаа ч энэ нь ургамлын бүрхэвчийг үзүүлэх тул цаашид ургамлын шинж чанарыг илтгэх индексүүдийг нарийвчлан тодорхойлж, ургамлын цэвэр анхдагч бүтээмжийг тооцох шаардлагатай юм.

Ном зүй

1. Байгаль Орчин, Аялал Жуулчлалын яам. (2019). “Монгол орны бэлчээрийн тулгамдсан асуудал: гарц ба шийдэл”, Улаанбаатар
2. Байгаль Орчин, Аялал Жуулчлалын яам. (2019-2020). “Монгол орны байгаль орчны төлөв байдлын тайлан”, Улаанбаатар
3. Газарзүй, геоэкологийн хүрээлэн. (2022). *Монгол Улсын Үндэсний Атлас*. Улаанбаатар хот, Соёмбо принтинг, 240-241.
4. Газар зохион байгуулалт, геодези, зураг зүйн газар. (2001, 2022). “Газрын нэгдмэл сангийн тайлан”, Улаанбаатар
5. Үндэсний Статистикийн Хороо. (2000, 2022, 2024). “Статистикийн нэгдсэн мэдээллийн сан”, <https://www.1212.mn/>
6. Цэгмид, Ш. (1969). *Монгол орны физик газарзүй*. Улаанбаатар хот, Улсын хэвлэлийн газар, 3-7.
7. Akritas, M. G., Murphy, S. A., & LaValley, M. P. (1995). The Theil-Sen Estimator with Doubly Censored Data and Applications to Astronomy. *Journal of the American Statistical Association*, 90(429), 170–177. <https://doi.org/10.2307/2291140>
8. Banzragch Nandintsetseg, J. Scott Greene, Clyde E.Goulden. (2006). Trends in extreme daily precipitation and temperature near lake Hövsgöl, Mongolia. *International Journal of Climatology* 27, (3):341-347. <https://doi.org/10.1002/joc.1404>
9. Bao, Gang, Yuhai Bao, Zhihao Qin, Xiaoping Xin, Yulong Bao, Sainbuyin Bayarsaikan, Yi Zhou, and Bilegtmandakh Chuntai. (2016). Modeling Net Primary Productivity of Terrestrial Ecosystems in the Semi-Arid Climate of the Mongolian Plateau Using LSWI-Based CASA Ecosystem Model. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* (46): 84–93.

<https://doi.org/10.1016/j.jag.2015.12.001>

10. Dagvadorj, D., Natsagdorj, L., Dorjpurev, J., Namkhainyam, B. (2009). *Mongolia: Assessment Report on Climate Change 2009*. Ulaanbaatar, Mongolia
11. Du, Lingtong, Yijian Zeng, Longlong Ma, Chenglong Qiao, Hongyue Wu, Zhongbo Su, and Gang Bao. (2021). Effects of Anthropogenic Revegetation on the Water and Carbon Cycles of a Desert Steppe Ecosystem. *Agricultural and Forest Meteorology* 300: 108339. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2021.108339>
12. Field, Christopher B., James T. Randerson, and Carolyn M. Malmström. (1995). Global Net Primary Production: Combining Ecology and Remote Sensing. *Remote Sensing of Environment* 51, no. 1. 74–88. [https://doi.org/10.1016/0034-4257\(94\)00066-V](https://doi.org/10.1016/0034-4257(94)00066-V)
13. Freedman, D.R., Pisani, R. and Purves, R. (2007). *Statistics*. 4th Edition, W. W. Norton & Company, New York, 415-424, 488-495, 523-540
14. Hilker, Thomas, Alexei I. Lyapustin, Compton J. Tucker, Forrest G. Hall, Ranga B. Myneni, Yujie Wang, Jian Bi, Yhasmin Mendes De Moura, and Piers J. Sellers. (2014). Vegetation Dynamics and Rainfall Sensitivity of the Amazon. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 111, no. 45: 16041–46. <https://doi.org/10.1073/pnas.1404870111>.
15. Jiquan Chen, Ranjeet John, Yaoqi Zhang, Changliang Shao, Daniel G. Brown, Ochirbat Batkhishig, Amartuvshin Amarjargal, Zutao Ouyang, Gang Dong, Dan Wang, Jiaguo Qi. (2015). Divergences of Two Coupled Human and Natural Systems on the Mongolian Plateau. *BioScience*, 65 (6), 559–570. <https://doi.org/10.1093/biosci/biv050>
16. Luo, M., Sa, C., Meng, F., Duan, Y., Liu, T., & Bao, Y. (2020). Assessing extreme climatic changes on a monthly scale and their implications for vegetation in Central Asia. *Journal of Cleaner Production*, 271, 122396. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122396>
17. McNaughton SJ, Oesterheld M, Frank DA, Williams KJ. (1989). Ecosystem-level patterns of primary productivity and herbivory in terrestrial habitats. *Nature*, 341(6238):142-4. [doi: 10.1038/341142a0](https://doi.org/10.1038/341142a0). [PMID: 2779651](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/2779651/)
18. Nanzad, Lkhagvadorj, Jiahua Zhang, Gantsetseg Batdelger, Til Prasad Pangali Sharma, Upama Ashish Koju, Jingwen Wang, and Mohsen Nabil. (2021). Analyzing NPP Response of Different Rangeland Types to Climatic Parameters over Mongolia. *Agronomy* 11, (4):647. <https://doi.org/10.3390/agronomy11040647>
19. Potter, C. S., J. T. Randerson, C. B. Field, P. A. Matson, P. M. Vitousek, H. A. Mooney, and S. A. Klooster. (1993). Terrestrial ecosystem production: A process model based on global satellite and surface data. *Global Biogeochem. Cycles*, 7(4), 811–841, <https://doi.org/10.1029/93GB02725>
20. S. Bayarsaikhan., U. Mandakh, A. Dorjsuren, B. Batsaikhan, Y. Bao, Z. Adiya, and P. Myagmartseren. (2020). Variations of vegetation net primary productivity and its responses to climate change from 1982 to 2015 in Mongolia. *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences* V-3–2020: 347–53. <https://doi.org/10.5194/isprs-annals-V-3-2020-347-2020>
21. Wang, J., Brown, D.G. & Chen, J. (2013). Drivers of the dynamics in net primary productivity across

- ecological zones on the Mongolian Plateau. *Landscape Ecol* 28, 725–739. <https://doi.org/10.1007/s10980-013-9865-1>
22. Wurihan, Bao, Bayarsaikhan Sainbuyan, and Vandansambuu Battsengel. (2022). Spatiotemporal variations of Vegetation change and its response to Climate change in Mongolia during 1982-2015: Монгол орны ургамлын бүрхэвчийн цаг хугацаа, орон зайн өөрчлөлтийн онцлог, уур амьсгалд үзүүлсэн нөлөөлөл (1982-2015). *Geographical Issues* 22, (02): 44–55. <https://doi.org/10.22353/v22i02.1286>
23. Yang, S., Bai, Y., Alatalo, J. M., Wang, H., Tong, J., Liu, G., Zhang, F., & Chen, J. (2022). Spatial-temporal pattern of cultivated land productivity based on net primary productivity and analysis of influencing factors in the Songhua River basin. *Land Degradation & Development*, 33(11), 1917–1932. <https://doi.org/10.1002/ldr.4273>
24. Yin, Chaohua, Xiaoqi Chen, Min Luo, Fanhao Meng, Chula Sa, Shanhu Bao, Zihui Yuan, Xiang Zhang, and Yuhai Bao. (2023). Quantifying the Contribution of Driving Factors on Distribution and Change of Net Primary Productivity of Vegetation in the Mongolian Plateau. *Remote Sensing* 15, no. 8: 1986. <https://doi.org/10.3390/rs15081986>
25. Zhou, Yinqiao, Ming Shao, and Xiong Li. (2023). Temporal and Spatial Evolution, Prediction, and Driving-Factor Analysis of Net Primary Productivity of Vegetation at City Scale: A Case Study from Yangzhou City, China. *Sustainability* 15, (19): 14518. <https://doi.org/10.3390/su151914518>
26. Zhu, Qiang, Jianjun Zhao, Zhenhua Zhu, Hongyan Zhang, Zhengxiang Zhang, Xiaoyi Guo, Yunzhi Bi, and Li Sun. (2017). Remotely Sensed Estimation of Net Primary Productivity (NPP) and Its Spatial and Temporal Variations in the Greater Khingan Mountain Region, China. *Sustainability* 9, (7): 1213. <https://doi.org/10.3390/su9071213>
27. Zhu, WenQuan, YaoZhong Pan, XiaoQiong Yang, and GuoBao Song. (2007). Comprehensive Analysis of the Impact of Climatic Changes on Chinese Terrestrial Net Primary Productivity. *Chinese Science Bulletin* 52, (23): 3253–60. <https://doi.org/10.1007/s11434-007-0521-5>