

ISSN: 27067963

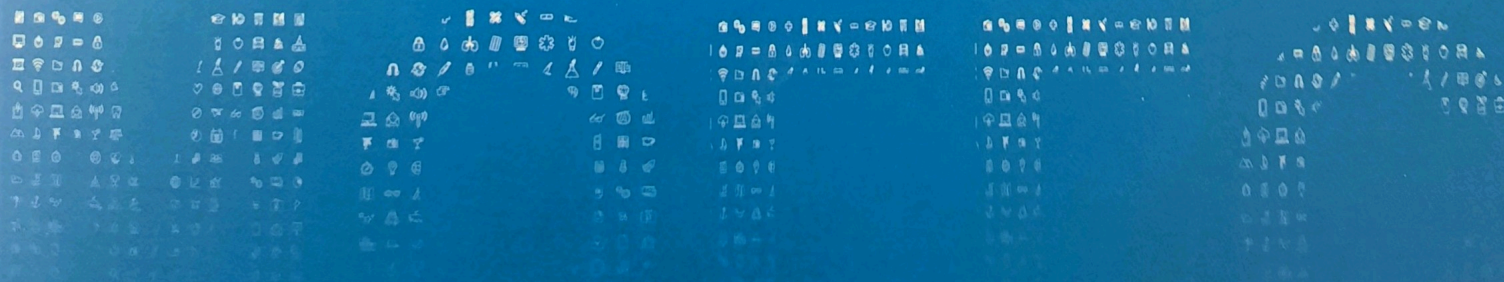


МОНГОЛ УЛСЫН ШИНЖЛЭХ УХААНЫ АКАДЕМИ
ГАЗАРЗҮЙ, ГЕОЭКОЛОГИЙН ХҮРЭЭЛЭН

МОНГОЛ ОРНЫ ГАЗАРЗҮЙ-ГЕОЭКОЛОГИ

ЭРДЭМ ШИНЖИЛГЭЭНИЙ СЭТГҮҮЛ

№42



Улаанбаатар
2021 он

ГАРЧИГ

НЭГДҮГЭЭР БҮЛЭГ. СУУРЬ СУДАЛГАА /Газарзүй, геоэкологи, орчин судлалын суурь судалгааны үр дүн болон судалгааны арга зүйн асуудал/

Хотын газрын бүрхэвчийн өөрчлөлтийг хиймэл оюуны арга, Марковын хэлхээ ашиглан үнэлэх нь Г.Адъяа-Очир, Д.Амарсайхан, Ч.Болорчулуун, Э.Жаргалдалай, А.Мөнх-Эрдэнэ, Г.Цогзол	1
Хангайн нурууны Сангийн Далай, Ойгон, Бүст нууруудын хотгорын хэв шинжид Булнайн хагарлын нөлөө Э.Алтанболд, Х. Уламбадрах, Б.Даариймаа, Н.Мөнх-Оргил, Я.Гансүх, Г.Юмчмаа ...	9
Шарын голын усны горим, урсацын өөрчлөлт Х. Бадарч, Б. Даваажаргал, М.Энхтуяа	24
Ландшафтын төрлийн ангилал, зураглалын аргазүйн асуудал Ц.Батням, М.Пүрэвсүрэн	32
Монгол орны төв хэсгийн хөрсний органикийн өөрчлөлт, уур амьсгал, мал аж ахуйн нөлөө О.Батхишиг, Г.Бямбаа, Т.Тэлмэн, Г.Элбэгзаяа	39
Буянт голын адаг орчмын тариалангийн хөрсний шинж чанар, өөрчлөлт Д.Батцэцэг, Ч.Лхагвасүрэн, О.Батхишиг, Д.Даш, С.Хадбаатар, А.Отгонзориг	48
Бүс нутгийн хүн ам, нийгмийн үндсэн үзүүлэлтүүдийн харьцуулсан судалгаа М.Баяржаргал, Б.Золжаргал	58
Сэлэнгэ аймгийн газрын бүрхэвчийн өөрчлөлт Н.Болдбаатар, А.Хауленбек, Ц.Наранцацрал, Н.Мандах, Д.Сайнбаяр, Г.Данзанчадав	68
Улаанбаатар хотын дулаан арлын оронзайн тархалтын өөрчлөлтийг илрүүлэх нь Б.Бямбадолгор, Г.Одонтуяа, Д.Амарсайхан	75
Төв аймгийн Борнуур сумын бэлчээрийн даац, ургамлын зүйлийн бүрэлдэхүүн Х.Золзаяа, Т.Даваагатан	83
Sentinel-2A хиймэл дагуулын мэдээ ашиглан газрын бүрхэвч болон газар ашиглалтыг машин сургалттай аргаар ангилсан дүн Э.Жаргалдалай, А.Мөнх-Эрдэнэ, Д.Амарсайхан, Г.Адъяа-Очир, Э.Батдорж	79
Хамгийн бага квадратын регрессийн загварыг ашиглан бэлчээрийн биомассын орон зайн тархалтыг тооцох О.Мөнхдулам, Ж.Гантуяа, Ц.Батням, Б.Чимэддорж	100

Ойн түймрийн эрсдэлийн үнэлгээг ЗТС болон ГМС ашиглан зурагласан дүн (Архангай аймгийн Цэнхэр сумын “Үйзэн Хайрхан” ойн нөхөрлөлийн жишээн дээр) Б.Мөнхтуяа, А.Мөнх-Эрдэнэ	113
Улаанбаатар хотын агаар дахь нарийн ширхэглэгт тоосонцрын (PM_{2.5}) химийн найрлага Д.Нармандах, Ө.Билгүүн, Н.Амгалан, Т.Энхдөл, А.Дэлгэржаргал, Б.Бархасрагчаа, Ц.Соёл-Эрдэнэ	123
Радарын мэдээ ашиглан объектод суурилсан аргаар газрын бүрхэвчийг ангилах нь Э.Нямжаргал, Д.Амарсайхан	133
Багануур дүүргийн газар доорх усны чанарын судалгаа Б.Оюун-Эрдэнэ, Г.Үүрийнтуяа, Б.Рэнчинбуд	141
Улаанбаатарын хотын ногоон бүсийн хушин ойн төлөв байдлын судалгааны дүн Б.Удвал, Д.Цэндсүрэн, Г.Батсайхан, А.Баяртулга	151
Монгол орны авто замын сүлжээний орон зайн дүн шинжилгээ Г.Урантамир, М.Алтанбагана	163
Улаанбаатар хотын хотжилтын түвшинд нөлөөлөгч хүчин зүйлсийн судалгаа Д.Цолмон, Г.Гантулга, Ц.Базарханд, Д.Дорлигжав, Э.Алтанболд, Т.Дөлгөөн	173
Хот орчмын ойн моддын төлөв байдал Д.Цэндсүрэн, Н.Цагаанцоож, Г.Нандин-Эрдэнэ, С.Амартүвшин	185
Загийн (<i>Haloxylon ammodendron</i> С.А.Мей) Bunge ex Fenzl үрийн хэмжээ тарьцны өсөлт, биомассын хуримтлалд нөлөөлөх нь Ц.Энхчимэг, Б.Сэр-Оддамба, А.Хауленбек, Л.Жанчивдорж, Ge erma, Г.Гармаа, Н.Батхүү	194

ХОЁРДУГААР БҮЛЭГ. ХАВСАРГА СУДАЛГАА

/Байгаль орчны менежмент, төлөвлөлт болон үнэлгээ/

Монгол улсын радарын атлас хийх аргачлал Д.Амарсайхан, Э.Нямжаргал, Д.Энхжаргал, Г.Цогзол	209
Улсын зэрэглэлтэй Хөгжлийн стратегийн төв хотын нийгэм, эдийн засгийн нөлөөлөл-таталцлын кластерын бүсийг тодорхойлох асуудал: Дархан хотын жишээн дээр М.Алтанбагана, П.Цэенханд, Д.Хишигдорж	217
2045 он хүртэл хүн амын өсөлтийг Улаанбаатар хотод тогтвортой хадгалах, улсын зэрэглэлтэй хөгжлийн стратегийн төв хотуудад түлхүү суурьшуулах хүн амын хэтийн тооцоо М.Алтанбагана, М.Баяржаргал	228

Монгол орны нуурын судалгааны хөгжлийн тойм шинжилгээ Э.Алтанболд, Х.Уламбадрах, Д.Даш	240
Хүн амын нутагшилт, суурьшилд зориулсан экологи-геологийн чадавхын үнэлгээ Т.Даваагатан, Э.Авирмэд	256
Ойжуулалт, ойг нөхөн сэргээх мужлал боловсруулах судалгаа Ц.Дашзэвэг, Э.Батдорж, Б. Хосбаяр, А.Мөнх-Эрдэнэ	265
Цөлжилт, газрын доройтлын үнэлгээнд хөрсний ширхгийн бүрэлдэхүүний (TGSI) индексийг ашиглах нь О. Ишцог, Б. Бямбасүрэн, А. Хауленбек	276
Бага, дунд боловсролын салбарын сургалтын байгууллагын хэв шинж, байршлыг бүсчилсэн хөгжилтэй уялдуулан төлөвлөх асуудалд Ц.Отгонхүү, М.Алтанбагана	283
Газар ашиглалтын хэрэгцээт болон тохиромжтой байдлын үнэлгээнд суурилан хот суурин газрын тэлэлтийг тодорхойлох нь (Дархан-Уул аймгийн жишээн дээр) Ц.Наранцацрал, Ц.Ихбаяр, Н.Болдбаатар, Г.Данзанчадав, А.Түрүүтүвшин	296
Нүүрсхүчлийн хий (CO₂) болон метан (CH₄) хийн агууламжийн орон зайн тархалт А.Саруулзаяа, Д.Сайнбаяр	303

ГУРАВДУГААР БҮЛЭГ. ТЕХНОЛОГИ, ИННОВАЦИЙН СУДАЛГАА

/Байгалийн нөөцийн ашиглалт, хамгаалалт, нөхөн сэргээлтийн технологи, болон инноваци/

Таримал нарсан ойн (<i>Pinus sylvestris</i> L.) нөөц, экологи-эдийн засгийн үр нөлөөг дээшлүүлэх асуудалд Г.Батсайхан, Ж.Цогтбаатар, М.Хишигт, Д.Батдорж, С.Гэрэлбаатар	315
Ойжуулахад тохиромжтой талбайг ЗТС ба ГМС-ийг ашиглан тодорхойлох аргазүйн судалгаа А.Мөнх-Эрдэнэ, Э.Жаргалдалай, Э.Батдорж, Д.Цэндсүрэн, Б.Удвал	326
Улаанбаатар хотын PM_{2.5} буюу нарийн ширхэгт тоосонцрын бохирдлын оргил үеийн тархалтын судалгаанд LUR загвар хөгжүүлэлт Э.Одбаатар, Ч.Сономдагва, Г.Очирбат, Б.Баянжаргал, Х.Золзаяа	337
Бэлчээрийг нөхөн сэргээх туршилт судалгаа /Булган аймгийн Гурванбулаг сумын жишээн дээр/ А.Түрүүтүвшин, М.Уртнасан, Д.Сайнбаяр, Ц.Наранцацрал	347
Туул голын эхийн сав газрын усны нөөцийг InVEST загвараар тооцоолох нь М. Пүрэвсүрэн, Ц.Батням	357

Estimation of the spatial distribution of pasture biomass using the Partial least square regression model

Munkhdulam Otgonbayar^{1,*}, Gantuya Jargalsaikhan², Batnyam Tseveengerel¹, Chimeddorj Buyanaa³

¹*Division of Physical Geography and Environmental Study, Institute of Geography and Geoecology, Mongolian Academy of Sciences, Ulaanbaatar, Mongolia*

²*Research Institute of Animal Husbandry, Mongolian University of Life Sciences, Ulaanbaatar, Mongolia*

³*WWF-Mongolia Programme office, Ulaanbaatar, Mongolia*

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

ABSTRACT

Pasture biomass is one of the most essential environmental factors in animal husbandry, and additionally influences environmental processes such as the hydrological cycle, as well as soil erosion and degradation, especially in semi-arid regions. The aim of this study is to develop a robust statistical model to estimate pasture biomass using environmental variables and the partial least square (PLS) model. The PLS regression model was trained to predict pasture biomass using 16 environmental variables obtained from Landsat 8, Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS), Climate Research Unit-Time Series (CRU-TS), and vector data of soil as an explanatory variable. We selected 8 sub-provinces located in the western part of Mongolia as the study area. The study is a very important number of wild animals and the husbandry of the livestock. For training, reference biomass data sampled from a field survey of 102 sites were used. PLS regression result showed that relationship between field-measured and estimated biomass with a determination coefficient (R^2)=0.68 and Root Mean Square Error (RMSE)=24.5gr/m². Using the developed PLS model, the spatial distribution maps of pasture biomass covering the study area was developed at a spatial resolution of 30 m. This developed model and the spatial distribution maps might be useful in the assessment of pasture carrying capacity.

Keywords: *Pasture biomass, Satellite data, Multivariate regression, Dependent variables, Independent variables*

Хамгийн бага квадратын регрессийн загварыг ашиглан бэлчээрийн биомассын орон зайн тархалтыг тооцох

Мөнхдулам Отгонбаяр^{1,*}, Гантуяа Жаргалсайхан², Батням Цэвээнгэрэл¹, Чимэддорж Буянаа³

¹Физик Газарзүй, Орчин Судлалын Салбар, Газарзүй, Геоэкологийн Хүрээлэн, Шинжлэх Ухааны Академи, Улаанбаатар, Монгол

²Мал Аж Ахуйн Эрдэм Шинжилгээний Хүрээлэн, Хөдөө Аж Ахуйн Их Сургууль, Улаанбаатар, Монгол

³Дэлхийн Байгаль Хамгаалах Сангийн Монгол дах Хөтөлбөрийн Газар, Улаанбаатар, Монгол
*Холбоо барих зохиогчийн цахим хаяг: munkhdulamo@mas.ac.mn

ХУРААНГУЙ

Бэлчээрийн биомасс нь бэлчээрийн мал аж ахуйд чухал ач холбогдолтой хүрээлэн буй орчны хүчин зүйлүүдийн нэг ялангуяа, хагас хуурай бүс нутгийн ургамлын биомасс нь усны эргэлт, хөрсний элэгдэл, доройтол зэрэг хүрээлэн буй орчны процессод нөлөөлдөг. Тус судалгааны үндсэн зорилго нь хүрээлэн буй орчны хувьсагчууд болон хэсэгчилсэн хамгийн бага квадратын регресс (ХБКР)-ийн загварыг ашиглан бэлчээрийн биомассыг оновчтой тооцох загварчлал боловсруулах явдал байсан. Бэлчээрийн биомассыг таамаглах зорилгоор хэсэгчилсэн ХБКР-ийн загварыг сургахад Ландсат 8, МОДИС, цаг уурын судалгааны нэгж-хугацааны цуврал өгөгдөл (CRU-TS) болон хөрсний вектор өгөгдлийг тайлбарлагч хувьсагч болгон ашигласан. Судалгааг Монгол орны баруун хэсэгт орших 8 сумын хэмжээнд хийсэн. Тус судалгаа нь бэлчээрийн болон зэрлэг амьтдын бэлчээрийн нөөц, даацыг үнэлэхэд чухал ач холбогдолтой. Хэсэгчилсэн ХБКР-ийн загварыг сургахад хээрийн судалгааны 102 цэгийн ургамлын биомассын өгөгдлийг лавлагаа өгөгдөл болгон ашигласан. Хэсэгчилсэн ХБКР-ийн загварын үр дүнгээс харахад хэмжсэн болон тооцсон биомассын детерминацын коэффициент (R^2)=0.68, дундаж квадрат санамсаргүй алдаа (RMSE)=24.5 гр/м² байна. Энэхүү судалгаагаар гаргаж авсан хэсэгчилсэн ХБКР-ийн загварыг ашиглан судалгааны талбайг хамарсан бэлчээрийн биомассын орон зайн тархалтын зургийг 30 м-ийн нарийвчлалтайгаар боловсруулсан. Тус судалгаагаар боловсруулсан загвар болон орон зайн тархалтын зураг нь бэлчээрийн даацын тооцоонд ашиглагдах боломжтой.

Түлхүүр үгс: Бэлчээрийн биомасс, хиймэл дагуулын мэдээ, олон хувьсагчийн регресс, хамаарах хувьсагч, үл хамаарах хувьсагч

1. ОРШИЛ

Ургац (биомасс) нь тухайн жилд ургамлын биомасс гэдгийг тухайн цаг бий болгосон ургамлын ногоон массын хугацаанд байгаа бодгалиудын жинг

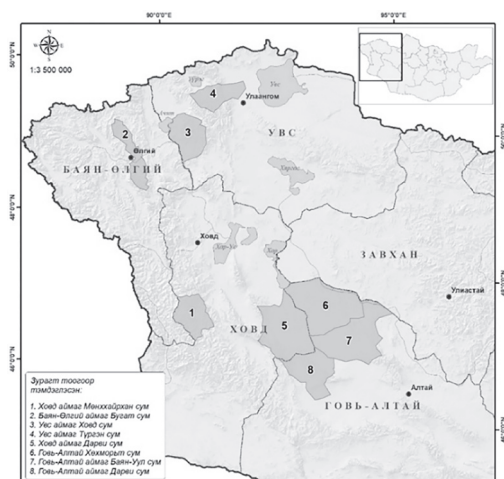
хэмжээ юм [1]. Пиепер [2] бэлчээрийн

илэрхийлнэ гэжээ. Эдийн засаг нь мал аж ахуйн бүтээгдэхүүний үйлдвэрлэлээс ихээхэн хамаардаг Монгол орны хувьд ургамлын биомасс нь бэлчээрийн мал ахуйд чухал ач холбогдолтой хүрээлэн буй орчны хүчин зүйлүүдийн нэг юм [3]. Тандан судалгаанд суурилсан биомассын судалгааны ажил 1980-аад оны эхэн үеэс эхэлсэн гэж үздэг [4; 5; 6]. Төрөл бүрийн ургамлын спектрийн индексүүдийг ашиглаж бэлчээрийн дундаж биомассыг урьдчилан тооцох боломжтой [7] бөгөөд бэлчээрийн биомасс нь ганга эрт илрүүлж, нөлөөллийг үнэлэхэд ач холбогдолтойгоос гадна [8], сүүлийн жилүүдэд биомассын үнэлгээнд суурилан хөрсний органик материалыг тооцох чиглэлийн судалгааны ажлууд ихээхэн хийгдэж байна. Харин агро-экосистемийн биомассын тооцоо нь хүрээлэн буй орчны тогтвортой байдалд зориулсан карбоны солилцоонд тэдний үүргийг ойлгоход чухал ач холбогдолтой [9]. Ургамлын биомассын өөрчлөлтийн нөлөөлөл нь дэлхийн экосистем болон уур амьсгалын өөрчлөлтийн ирээдүйн үйл явцад ихээхэн хамааралтай. Ялангуяа, хагас хуурай бүс нутгийн ургамлын биомасс нь усны эргэлт, хөрсний элэгдэл, доройтол зэрэг хүрээлэн буй орчны процессод нөлөөлдөг. Тиймээс, хагас хуурай бүс нутгуудын биомассын тооцооллыг үнэн зөв, шилжүүлэх боломжтой аргуудыг боловсруулах хэрэгцээ шаардлага их байдаг. Хагас хуурай бүс нутагт оршдог, байгалийн бэлчээрийг ашиглаж нүүдлийн мал аж ахуй эрхэлдэг манай орны хувьд хүрээлэн буй орчны хувьсагчуудыг ашиглан бэлчээрийн биомассыг тодорхойлох аргачлалыг боловсруулах нь усны эргэлт, хөрсний элэгдэл, доройтол, цаашлаад цөлжилтийн үйл явцыг судлах, мөн бэлчээрийн газрыг хянах, ашиглах, төлөвлөх зэрэг асуудлыг зохицуулахад чухал ач холбогдолтой.

Нөгөө талаас, бэлчээрийн биомасс нь бэлчээрийн менежментийн шийдвэр гаргах үндсэн мэдээлэл байж болох юм. Өөрөөр хэлбэл, бэлчээрийн биомасс, ургамлын төрөл зүйлийг байгаль-газарзүйн бүсүүд, улирлын ялгаагаар судлах нь бэлчээрийн мониторингийн тогтолцоог бүрдүүлэх гол хэсэг байж болох юм. Сүүлийн жилүүдэд ургамалан бүрхэвчийн биомассыг тодорхойлох дүн шинжилгээнд ургамлын спектрийн индексүүд болон математик статистик (шугаман болон шугаман бус регрессийн загварууд)-ийн аргуудыг түгээмэл ашиглаж байна. Энэхүү судалгаагаар бид тандан судлалын олон эх сурвалжийн мэдээг олон хувьсагчийн шугаман регрессийн загвартай хослуулан бэлчээрийн ургамлын биомассыг үнэлж, орон зайн тархалтын зураг боловсруулах зорилт дэвшүүлсэн.

2. СУДАЛГААНД ХАМРАГДСАН НУТАГ

Энэхүү судалгааг “Алтай Соёны зорилтот бүс нутгийн бэлчээрийн даац, нөөцийг бодитоор тогтоох, байгаль орчинд ээлтэй бэлчээрийн менежментийн төлөвлөгөөний үлгэрчилсэн загвар боловсруулах” төслийн хүрээнд Говь-Алтай аймгийн Дарви, Хөхморьт, Баян-Уул, Ховд аймгийн Дарви, Мөнххайрхан, Увс аймгийн Ховд, Түргэн, Баян-Өлгий аймгийн Бугат зэрэг 4 аймгийн 8 сумын нутагт хийлээ (Зураг 1). Тус 4 аймгийн 8 суманд нийтдээ 20713 хүн оршин суудаг, 1302.89 мян малтай [10]. Физик газарзүйн мужлалтаар Алтайн их муж болон Говийн их мужид багтах ба дотроо Сийлхэм-Хархираагийн, Монгол Алтайн баруун, Монгол Алтайн зүүн, Их нууруудын хотгорын мужуудад хуваагдана [11]. Уур амьсгалын мужлалтын хувьд ихэнх нутаг нь чийглэгдүү хүйтэвтэр өвөлтэй, гандуу дулаан зунтай бүсэд хамрагдана [12].



Зураг 1. Судалгаанд хамрагдсан нутаг

3. АРГАЗҮЙ, АШИГЛАСАН МЭДЭЭ

Сүүлийн жилүүдэд статистикийн шинжилгээний аргууд нь байгалийн шинжлэх ухааны бүхий л салбарт өргөн ашиглагдах болсон. 20 дугаар зууны эхэн үед уламжлалт аргууд болох энгийн статистик шинжилгээний аргуудыг байгалийн шинжлэх ухааны судалгаанд түгээмэл ашиглагдаж байсан бол орчин үеийн техник, технологийн шинэчлэлтэй уялдан олон хэмжээст, параметрийн бус аргын хэрэглээ нэмэгдэж байна. Энэхүү судалгаанд хамгийн бага квадратын арга (ХБКА)-ыг ашигласан. Олон хувьсагчийн шугам регресс (1)-ийн шинжилгээнд хамгийн түгээмэл хэрэглэгддэг арга бол ХБКА юм [13].

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_k x_k + u \quad (1)$$

Энд, y - хамаарах хувьсагч (dependent variable), x_1, x_2, \dots, x_k - тайлбарлагч буюу үл хамаарах хувьсагч (independent variable), u - алдааны хэсэг (error term/as known residuals), β_0 -огтлогч (intercept), $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_k$ - налалтын коэффициентүүд (slope). ХБКА-ын гол зорилго үлдэгдлүүдийн квадратын нийлбэр хамгийн бага байх нөхцөлийг хангах шулуун шугамыг тодорхойлох

явдал байдаг. Өөрөөр хэлбэл, үлдэгдэл буюу тайлбарлаж чадахгүй байгаа хэсгийг хамгийн бага байлгах аргаар β параметруудыг үнэлэх явдал байсан.

Судалгаанд 2021 оны 07 сарын 10-аас 26-н хүртэл 16 хоногийн хугацаанд явуулсан хээрийн судалгааны 102 цэгийн газрын хэмжилтийн биомассын мэдээнээс гадна газрын чанарыг илтгэх 16 шалгуур үзүүлэлт (үл хамаарах хувьсагч)-ийг ашигласан (Хүснэгт 1). Судалгаанд ашигласан шалгуур үзүүлэлтүүдийн статистик тодорхойлолтыг Хүснэгт 2-д үзүүлэв. Судалгааны арга зүй нарийнаас ерөнхий, ерөнхийгөөс нарийн гэсэн 2 зарчмыг баримтласан.

Судалгаанд хамрагдсан сумдын орон зайн өгөгдөлд дүн шинжилгээ хийж бэлчээрийн биомассыг тархалтын зургийг боловсруулахад нарийнаас ерөнхийд шилжих зарчим нь бүрдүүлсэн өгөгдлийг багцлах, ерөнхийлөн дүгнэх, таамаглал шалгах, сэдэвчилсэн давхарга үүсгэх нөхцлийг бүрдүүлсэн. Тухайлбал, бэлчээрийн биомассын өнөөгийн төлөв байдал болон голлох зүйл ургамлын бүрхэц боломжтой төвшинд байгаа эсэхийг үнэлэхэд ургамлын хээрийн судалгааны 102 цэгийн мэдээллийг ашигласан.

Ерөнхийгөөс нарийвчилсан үнэлгээ хийхэд тандан судалгааны өгөгдлөөс тооцож гаргасан 16 шалгуур үзүүлэлтийг ашигласан. Тандан судалгааны аргаар газрын гадарга, уур амьсгал, ургамал, хөрс зэрэг газрын чанарыг илтгэх хүрээлэн буй орчны шалгуур үзүүлэлтүүдийн бодит мэдээллийг шууд эсвэл тооцооны аргаар гаргаж авахад дараах өгөгдлүүдийг ашигласан (Хүснэгт 2). Үүнд:

- 2015-2020 оны 30 м орон зайн нарийвчлалтай Ландсат 08 хиймэл дагуулын мэдээ 7 сувгийн мэдээ;
- 90 м орон зайн нарийвчлалтай SRTM хиймэл дагуулын мэдээ өндрийн тоон загвар (DEM)-ын мэдээ;

- 2015-2020 оны 250 м, 500 м, 1000 м орон зайн нарийвчлалтай МОДИС Терра хиймэл дагуулын мэдээ;
- Ургамлын индекс-NDVI (MOD13A1);
- Навчны талбайн индекс-LAI (MOD15A1);
- Ургамал нөмрөгийн бүтээмж-GPP (MOD17A1);
- 2015-2020 оны 1000 м орон зайн нарийвчлалтай CHIRPS хиймэл дагуулын хур тунадасны мэдээ;

Хиймэл дагуулын өгөгдлийг боловсруулах үйл явц нь өгөгдлийг татах, засварлах, боловсруулах, бүтээгдэхүүн гаргах, үнэлэх гэсэн 5 үе шатыг

дамжсан. Ихэнх хиймэл дагуулын мэдээ түгээгч байгууллага нь өөрийн гаргаж буй бүтээгдэхүүн, өгөгдөлд тохирсон анхан шатны боловсруулалт хийдэг программ хангамжийг хөгжүүлсэн байдаг. МОДИС хиймэл дагуулын өгөгдлийг боловсруулахад статистикийн R программын MODIS package, GDAL хэрэгслийг ашигласан. Ландсат хиймэл дагуулын радиометрийн болон агаарын мандлын заслуудыг хийхэд нээлттэй эхийн программ хангамжууд болох QGIS, GRASS GIS, газрын чанарын илтгэх сэдэвчилсэн давхаргуудыг үүсгэхэд ENVI, RStudio, хэвлэлийн эхийг бэлтгэхэд ARCGIS зэрэг програм хангамжуудыг ашигласан.

Хүснэгт 1. Газрын чанарыг илтгэх хүрээлэн буй орчны шалгуур үзүүлэлтүүд

Газрын чанарын үнэлгээний үзүүлэлт		Сансрын мэдээллээс гаргаж авах	Сэдэвчилсэн зургуудаас гаргаж авах	Мэдээллийн эх сурвалж
Гадаргын газар	Газрын гадаргын төрх байдал	1. Гадаргын өндөр (м)	-	[14]
		2. Гадаргын налуу (градус)	-	
		3. Зүг зовхис (градус)	-	
Уур амьсгал	Дулаан, хүйтний горим	4. Жилийн дундаж агаарын температур (°C)	-	[15]
		5. Жилийн дундаж нарны цацраг (кЖ/м ²)	-	
	Чийгшлийн горим	6. Жилийн нийлбэр хур тунадас (мм)	-	[16]
		7. Чийгшлийн индекс	-	
	Агаарын даралт, салхины горим	8. Жилийн дундаж усны уурын даралт (кПа)	-	[15]
9. Жилийн дундаж салхины хурд (м/с)		-		
Хөрс	Хөрсний шим тэжээл	10. Хөрсний органик нүүрстөрөгчийн индекс	-	[17]
	Хөрсний бүтэц	11. Механик бүрэлдэхүүний индекс	-	
	Хөрсний ялзмаг	12. Хөрсний ялзмагийн агууламж (%-иар)	Хөрсний зураг	[18]
	Хөрсний чулуулаг	13. Хөрсний чулуулаг (%-иар)		
Ургамал	Ургамал нөмрөгийн биогазарзүйн бүтээмж	14. Навчны талбайн индекс-LAI	-	[19]
		15. Ургамал нөмрөгийн бүтээмж-GPP	-	[20]
	Ургамал нөмрөгийн бүтэц	16. Ургамлын индекс (NDVI)	-	[21; 22]

Хүснэгт 2. Судалгаанд ашигласан шалгуур үзүүлэлтүүдийн статистик

Хувьсагч	n	Хамгийн бага утга	Хамгийн их утга	Дундаж утга	Стандарт хазайлт
Биомасс	102	3.720	466.060	44.414	56.653
Хөрсний ялзмагийн агууламж (%-иар)	102	0.000	14.000	2.528	3.291
Хөрсний органик нүүрстөрөгч	102	4.692	5.245	5.011	0.095
Хөрсний механик бүрэлдэхүүн	102	0.000	0.897	0.762	0.119
Хөрсний чулуулаг (%-иар)	102	0.000	100.000	30.980	12.974
Ургамлын индекс (NDVI)	102	0.072	0.741	0.213	0.113
Ургамал нөмрөгийн бүтээмж (GPP)	102	0.005	3.277	0.324	0.953
Навчны талбайн индекс (LAI)	102	0.013	0.965	0.214	0.161
Жилийн дундаж агаарын температур (°C)	102	-11.967	2.425	-1.738	2.791
Жилийн нийлбэр хур тунадас (мм)	102	72.000	270.000	131.853	43.183
Чийгшлийн индекс	102	0.226	0.856	0.419	0.141
Жилийн дундаж нарны цацраг (кЖ/м ²)	102	12855.100	15084.500	14050.161	580.660
Жилийн дундаж усны уурын даралт (кПа)	102	0.306	0.460	0.389	0.039
Жилийн дундаж салхины хурд (м/с)	102	1.550	3.150	2.198	0.422
Гадаргын өндөр (м)	102	875.000	3190.000	1904.000	522.789
Гадаргын налуу (градус)	102	0.225	37.065	6.578	7.400
Зүг зовхис (градус)	102	4.899	357.510	176.961	108.007

4. СУДАЛГААНЫ ҮР ДҮН

Газрын хэмжилтийн 102 лавлагаа цэгийн биомассын мэдээ болон газрын чанарыг илтгэх хүрээлэн буй орчны 16 шалгуур үзүүлэлт (үл хамаарах хувьсагч)-ийг ашиглан олон хувьсагчийн шугаман регрессийн загварыг боловсруулж (Хүснэгт

3), бэлчээрийн ургамлын биомассын орон зайн тархалтын зургийг сум тус бүрээр боловсруулсан (Зураг 2-9). Олон хувьсагчийн регрессийн шинжилгээгээр детерминацын коэффициент (R^2)= 0.68, дундаж санамсаргүй квадрат алдаа (RMSE)=24.5 гр/м² байсан.

Хүснэгт 3. Регрессийн шинжилгээгээр тодорхойлогдсон загвар

Үл хамаарах хувьсагчид	Загварын параметр
Огтлогч	-143.653
Хөрсний ялзмагийн агууламж (%-иар)	0.020
Хөрсний органик нүүрстөрөгч	45.449
Хөрсний механик бүрэлдэхүүн	21.263
Хөрсний чулуулаг (%-иар)	0.173
Ургамлын индекс (NDVI)	135.313
Ургамал нөмрөгийн бүтээмж (GPP)	0.236
Навчны талбайн индекс (LAI)	95.023
Жилийн дундаж агаарын температур (°C)	-0.799
Жилийн нийлбэр хур тунадас (мм)	0.078
Чийгшлийн индекс	23.259
Жилийн дундаж нарны цацраг (кЖ/м ²)	-0.009
Жилийн дундаж усны уурын даралт (кПа)	97.131
Жилийн дундаж салхины хурд (м/с)	-9.351

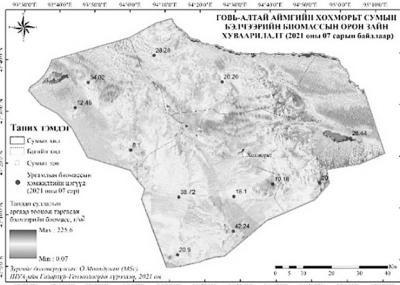
Гадаргын өндөр (м)	-0.009
Гадаргын налуу (градус)	-0.212
Зүг зовхис (градус)	-0.046

Бэлчээрийн биомассын орон зайн тархалтын зургаас харахад:

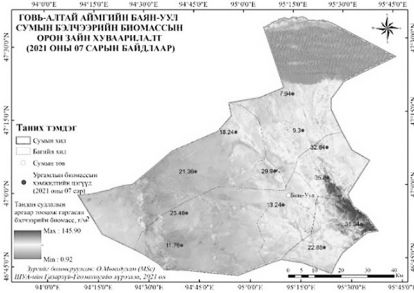
- 2021 оны 07 сарын байдлаар Говь-Алтай аймгийн Хөхморьт сумын бэлчээрийн дундаж биомасс 106.57 гр/м², хамгийн их утга 225.6 гр/м², хамгийн бага утга 0.07 гр/м² байна. Тус сумын нийт нутаг дэвсгэрийн 20.3% нь 100 гр/м²-аас бага ургацтай байхад, 75.0%-д биомасс 100-120 гр/м² хооронд хэлбэлзэж байхад 4.7% нь 150-225.6 гр/м² хооронд хэлбэлзэж байна (Зураг 2).
- 2021 оны 07 сарын байдлаар Говь-Алтай аймгийн Баян-Уул сумын бэлчээрийн дундаж биомасс 45.71 гр/м², хамгийн их утга 145.91 гр/м², хамгийн бага утга 0.92 гр/м² байна. Тус сумын нийт нутаг дэвсгэрийн 16.60% нь 30 гр/м²-аас бага ургацтай байхад, 75.56%-д биомасс 30-70 гр/м² хооронд хэлбэлзэж байхад 7.84% нь 70-145.91 гр/м² хооронд хэлбэлзэж байна (Зураг 3).
- 2021 оны 07 сарын байдлаар Говь-Алтай аймгийн Дарви сумын бэлчээрийн дундаж биомасс 133.49 гр/м², хамгийн их утга 292.06 гр/м², хамгийн бага утга 0.09 гр/м² байна. Тус сумын нийт нутаг дэвсгэрийн 6.32% нь 110 гр/м²-аас бага ургацтай байхад, 74.59%-д биомасс 110-150 гр/м² хооронд хэлбэлзэж байхад 19.08% нь 150-225.6 гр/м² хооронд хэлбэлзэж байна (Зураг 4).
- 2021 оны 07 сарын байдлаар Ховд аймгийн Мөнххайрхан сумын бэлчээрийн дундаж биомасс 124.54 гр/м², хамгийн их утга 218.00 гр/м², хамгийн бага утга 0.01 гр/м² байна. Тус сумын нийт нутаг дэвсгэрийн 3.59% нь 100 гр/м²-аас бага ургацтай байхад, 79.70%-д биомасс 100-150 гр/м² хооронд хэлбэлзэж байхад, 16.71% нь 150-218.00 гр/м² хооронд хэлбэлзэж байна (Зураг 5).
- 2021 оны 07 сарын байдлаар Ховд аймгийн Дарви сумын бэлчээрийн дундаж биомасс 143.94 гр/м², хамгийн их утга 298.61 гр/м², хамгийн бага утга 0.07 гр/м² байна. Тус сумын нийт нутаг дэвсгэрийн 5.20% нь 120 гр/м²-аас бага ургацтай байхад, 65.80%-д биомасс 120-150 гр/м² хооронд хэлбэлзэж байхад, 29.00% нь 150-298.61 гр/м² хооронд хэлбэлзэж байна (Зураг 6).
- 2021 оны 07 сарын байдлаар Баян-Өлгий аймгийн Бугат сумын бэлчээрийн дундаж биомасс 106.57 гр/м², хамгийн их утга 301.46 гр/м², хамгийн бага утга 0.12 гр/м² байна. Тус сумын нийт нутаг дэвсгэрийн 7.62% нь 120 гр/м²-аас бага ургацтай байхад, 86.35%-д биомасс 120-200 гр/м² хооронд хэлбэлзэж байхад, 6.03% нь 200-301.46 гр/м² хооронд хэлбэлзэж байна (Зураг 7).
- 2021 оны 07 сарын байдлаар Увс аймгийн Ховд сумын бэлчээрийн дундаж биомасс 137.52 гр/м², хамгийн их утга 298.32 гр/м², хамгийн бага утга 0.06 гр/м² байна. Тус сумын нийт нутаг дэвсгэрийн 4.30% нь 100 гр/м²-аас бага ургацтай байхад, 90.89%-д биомасс 100-200 гр/м² хооронд хэлбэлзэж байхад, 4.81% нь 200-298.32 гр/м² хооронд хэлбэлзэж байна (Зураг 8).
- 2021 оны 07 сарын байдлаар Увс аймгийн Түргэн сумын бэлчээрийн

дундаж биомасс 113.09 гр/м², хамгийн их утга 250.34 гр/м², хамгийн бага утга 20.19 гр/м² байна. Тус сумын нийт нутаг дэвсгэрийн 45.60% нь 100 гр/м²-аас бага

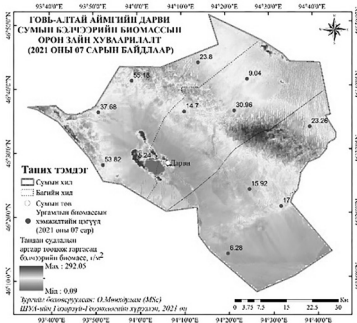
ургацтай байхад, 51.24%-д биомасс 100-200 гр/м² хооронд хэлбэлзэж байхад, 3.16% нь 200-250.34 гр/м² хооронд хэлбэлзэж байна (Зураг 9).



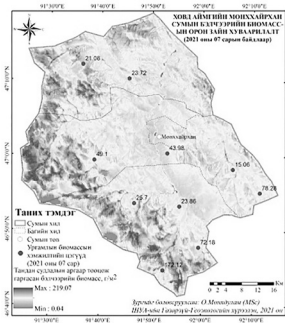
Зураг 2. Говь-Алтай аймгийн Хөхморьт сумын бэлчээрийн биомассын орон зайн хуваарилалт



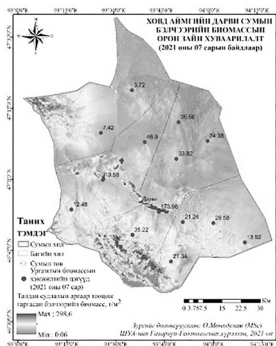
Зураг 3. Говь-Алтай аймгийн Баян-Уул сумын бэлчээрийн биомассын орон зайн хуваарилалт



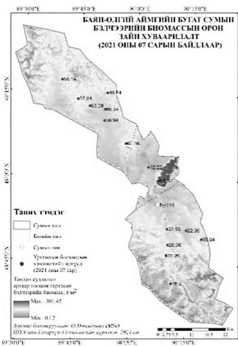
Зураг 4. Говь-Алтай аймгийн Дарви сумын бэлчээрийн биомассын орон зайн хуваарилалт



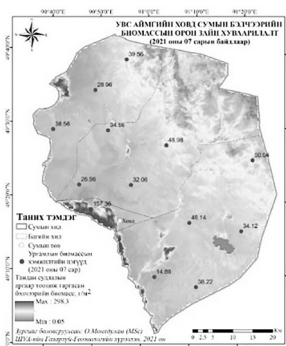
Зураг 5. Ховд аймгийн Мөнххайрхан сумын бэлчээрийн биомассын орон зайн хуваарилалт



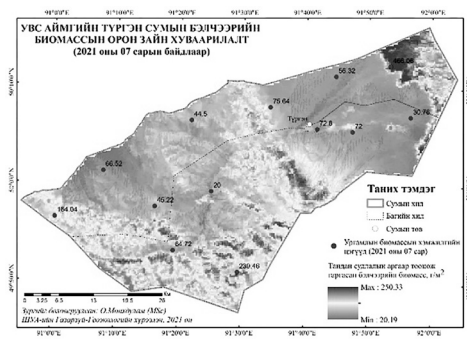
Зураг 6. Ховд аймгийн Дарви сумын бэлчээрийн биомассын орон зайн хуваарилалт



Зураг 7. Баян-Өлгий аймгийн Бугат сумын бэлчээрийн биомассын орон зайн хуваарилалт



Зураг 8. Увс аймгийн Ховд сумын бэлчээрийн биомассын орон зайн хуваарилалт



Зураг 9. Увс аймгийн Түргэн сумын бэлчээрийн биомассын орон зайн хуваарилалт

5. ХЭЛЭЛЦҮҮЛЭГ

Бэлчээрийн ургацыг хээрийн нөхцөлд тодорхойлоход шугаман цэгийн, хадах, трансектийн гэсэн аргуудыг өргөн хэрэглэдэг хэдий ч зайнаас тандах аргаар бэлчээрийн биомассыг тооцох чиглэлээр Монгол орны хэмжээнд хэд хэдэн судалгаа хийгдсэн байна. Үүнд:

- Ганзориг [23] “БНМАУ-ын тал хээрийн ургамалжилтыг агаар сансрын тандан судалгаагаар үнэлэх нь” сэдвийн хүрээнд судалгаа явуулж Монгол орны нөхцөлд анх удаа газрын хэмжилтээр бэлчээрийн ургамлын спектр тодролыг тодорхойлж байсан.
- Адыасүрэн [24] “Монгол орны тал хээрийн бэлчээрийн ургамлын байдлыг үнэлэх зайнаас тандах арга технологи боловсруулах нь” сэдвийн хүрээнд судалгаа явуулж тандан судлалын аргаар бэлчээрийн ургамлын төлөв байдлыг үнэлэх анхны оролдлогыг хийсэн.
- Эрдэнэтуяа [25] “Бэлчээрийн мониторингийн зайнаас тандах арга технологи” сэдэвт бүтээлдээ хиймэл дагуулын мэдээ ашиглан татмын бэлчээрийн даацыг тооцон, бэлчээр түүний доройтлыг үнэлэх

арга, аргачлалыг боловсруулжээ. Тус судалгааны үр дүнд бэлчээрийн ургамлын биомассыг ургамлын нормчлогдсон индекс (NDVI)-ийн мэдээгээр үнэлж, зураглах арга зүй, технологийг боловсруулсан байна.

- Kogan [26] AVHRR (Advanced Very High Resolution Radiometer)-ийн мэдээ болон ургамлын төлөв байдал (эрүүл мэнд)-ын индексийг ашиглан Монгол орны бэлчээрийн биомассыг тооцсон. Судалгаанд нийт 60 лавлагаа цэгээс авсан биомассын мэдээ ашигласан бөгөөд детерминацын коэффициент нь 0.658, алдаа 9.85% байсан.
- Эрдэнэцэцэг, Эрдэнэтуяа нар [27]-ын бэлчээрийн биомассыг тооцоход NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) хиймэл дагуулын NDVI ашиглах нь сэдэвт бүтээлд 2001-2003 оны 8 дугаар сарын 10-20-ны хооронд 16 сумын нутаг 5-10 талбайд хэмжсэн ургацын мэдээ болон мөн хугацааны NOAA/NDVI ашигласан бөгөөд газрын хэмжилтийн биомассын мэдээ болон NDVI хоорондын корреляц хамаарал 0.63-0.74 байжээ.
- Hirano et al [28] зайнаас тандан судлах хиймэл дагуулын өгөгдлийг

ашиглан зуны тэжээлийн зураглалын судалгааг ойт хээрийн бүсэд орших Төв аймгийн Борнуур сумын нутагт хийсэн байдаг.

- Otgonbayar et al [3] хамгийн бага квадратын, санамсаргүй ойн регрессийн аргууд болон Ландсаат 8 хиймэл дагуулын мэдээнээс тооцож гаргасан 17 спектрийн индексүүдийг ашиглан Монгол орны бэлчээрийн биомассыг үнэлэх арга зүйг боловсруулж, орон зайн тархалтын зураглалыг 30 м-ийн нарийвчлалтайгаар боловсруулсан байна.
- Nyamjargal et al [29] QuickBird болон Ландсаат 8 хиймэл дагуулын мэдээнээс тооцож гаргасан 25 спектрийн индексүүд болон санамсаргүй ойн ангиллын аргыг ашиглан Төв аймгийн Борнуур сумын бэлчээрийн биомассын тархалтын зургийг боловсруулсан байна.
- Вауагаа et al [30] гар спектрорадиометр (MS-720) багажийг ашиглан 94 цэгт ургамлын спектрийн хэмжилт хийж 7 төрлийн ургамлын индексийг тооцож улмаар ургамлын бүлгэмдэл (хялгана давамгайлсан бүлгэмдэл, шарилж давамгайлсан бүлгэмдэл, холимог ургамлын бүлгэмдэл)-ийн болоод өвөл, зун, хадсан газрын биомассыг тооцсон байна.

Дээрх судалгааны ажлуудаас харахад ургамлын индексийг ашиглаж бэлчээрийн биомассыг урьдчилан тооцох боломжтойгоос гадна, хиймэл дагуулын мэдээг ашиглан төрөл бүрийн хувьсагчуудыг тооцож улмаар газрын хэмжилтийн биомассын мэдээтэй харьцуулж бэлчээрийн ургацыг үнэлэх боломж нээлттэй байсан. Нөгөө талаас, тандан судалгааны бүтээгдэхүүнүүд нь Хөдөө Аж Ахуй (ХАА)-н салбарыг нарийвчлалтай зургаар цаг тухайд нь

хангах боломжтойгоос гадна, тогтмол давтамжтай өргөн уудам газар нутгийн мэдээллийг цуглуулахад хамгийн тохиромжтой учир бид тандан судлалын олон эх сурвалжийн мэдээнээс газрын чанарыг илтгэх хүрээлэн буй орчны 16 хувьсагчийг гарган авч, газрын хэмжилтийн биомассын мэдээтэй хослуулж хамгийн бага квадратын регрессийн аргаар бэлчээрийн ургамлын биомассын орон зайн тархалтын зургийг боловсруулсан.

6. ДҮГНЭЛТ

Бэлчээрийн биомассыг тооцоход хөрсний ялзмагийн агууламж, хөрсний органик нүүрстөрөгч, хөрсний механик бүрэлдэхүүн, хөрсний чулуулаг, ургамлын индекс, ургамал нөмрөгийн бүтээмж, навчны талбайн индекс, жилийн дундаж агаарын температур, жилийн нийлбэр хур тунадас, чийгшлийн индекс, жилийн дундаж нарны цацраг, жилийн дундаж усны уурын даралт, жилийн дундаж салхины хурд, гадаргын өндөр, гадаргын налуу, зүг зовхис гэсэн 16 шалгуур үзүүлэлт (үл хамаарах буюу тайлбарлагч хувьсагч) болон хээрийн судалгааны 102 цэгийн ургацын мэдээллийг ашигласан. Олон хувьсагчийн регрессийн шинжилгээгээр детерминацын коэффициент (R^2)= 0.68, дундаж санамсаргүй квадрат алдаа (RMSE)=24.5 гр/м² байсан. Үнэлэгдсэн регрессийн загварыг ашиглан бэлчээрийн биомассын орон зайн тархалтын зургийг судалгаанд хамрагдсан сум тус бүрээр тооцсон. Судалгааны үр дүнгээс харахад олон эх сурвалжийн өгөгдлийг газрын хэмжилтийн биомассын мэдээтэй хослуулж нийлмэл аргаар бэлчээрийн биомассыг тооцох боломжтой бөгөөд эдгээр зургуудыг цаашид бэлчээрийн төлөв байдлын үнэлгээ, бэлчээрийн даац, нөөцийн судалгаанд ашиглах боломжтой гэсэн дүгнэлтэд хүрлээ.

ТАЛАРХАЛ

Энэхүү судалгааг “Алтай Соёны зорилтот бүс нутгийн бэлчээрийн даац, нөөцийг бодитоор тогтоох, байгаль орчинд ээлтэй бэлчээрийн менежментийн төлөвлөгөөний үлгэрчилсэн загвар боловсруулах” төслийн хүрээнд хийж гүйцэтгэсэн бөгөөд санхүүжүүлэгч Дэлхийн байгаль хамгаалах сангийн (WWF) Монгол дахь хөтөлбөрийн газрын хамт олонд, үндсэн гүйцэтгэгч ШУА-ийн Мал Аж Ахуйн Эрдэм Шинжилгээний хүрээлэнгийн хамт олонд, мөн гэрээт гүйцэтгэгч ШУА-ийн Газарзүй-Геоэкологийн хүрээлэнгийн хамт олондоо талархал илэрхийлье.

АШИГЛАСАН НОМ, ХЭВЛЭЛ

- [1] Хосбаяр, Ч., & Нарантуяа, Н. (2014). Татмын нугын бүлгэмдлийн биомасс цаг уураас хамаарч өөрчлөгдөх нь. *Proceedings of the Mongolian Academy of Sciences*, 53-61.
- [2] Pieper, R. E. (1979). Euphausiid distribution and biomass determined acoustically at 102 kHz. *Deep Sea Research Part A. Oceanographic Research Papers*, 26(6), 687-702.
- [3] Otgonbayar, Munkhdulam, Clement Atzberger, Jonathan Chambers, and Amarsaikhan Damdinsuren. “Mapping pasture biomass in mongolia using partial least squares, random forest regression and landsat 8 imagery.” *International Journal of Remote Sensing* 40, no. 8 (2019): 3204-3226.
- [4] Santos, J. R., M. P. Lacruz, L. S. Araujo, and M. Keil. 2002. “Savanna and Tropical Rainforest Biomass Estimation and Spatialization Using JERS-1 Data.” *International Journal of Remote Sensing* 23 (7): 1217–1229, doi: 10.1080/01431160110092867.
- [5] Wylie, B. K., D. J. Meyer, L. L. Tieszen, and S. Mannel. 2002. “Satellite Mapping of Surface Biophysical Parameters at the Biome Scale over the North American Grasslands: A Case Study.” *Remote Sensing of Environment* 79 (2–3): 266–278. doi: 10.1016/S0034-4257(01)00278-4.
- [6] Wang, Y., G. Wu, L. Deng, Z. Tang, K. Wang, W. Sun, and Z. Shangguan. 2017. “Prediction of Aboveground Grassland Biomass on the Loess Plateau, China, Using a Random Forest Algorithm.” *Scientific Reports* 7 (1): 1–10. doi: 10.1038/s41598-017-07197-6.
- [7] Verrelst, J., Schaepman, M. E., Koetz, B. and Kneubühler, M. (2008). Angular sensitivity analysis of vegetation indices derived from CHRIS/PROBA data. *Remote Sensing of Environment*, 112(5), 2341-2353. doi: 10.1016/j.rse.2007.11.001
- [8] Eisfelder, C., I. Klein, M. Niklaus, and C. Kuenzer. 2014. “Net Primary Productivity in Kazakhstan, Its Spatio-Temporal Patterns and Relation to Meteorological Variables.” *Journal of Arid Environments* 103: 17–30. doi: 10.1016/j.jaridenv.2013.12.005.
- [9] Abdullah, H. M., T. Akiyama, M. Shibayama, and Y. Awaya. 2011. “Estimation and Validation of Biomass of a Mountainous Agroecosystem by Means of Sampling, Spectral Data and QuickBird Satellite Image.” *International Journal of Sustainable Development & World Ecology* 18 (5): 384–392. doi: 10.1080/13504509.2011.562002.
- [10] Статистикийн мэдээллийн нэгдсэн сан (СМНС) 2020. <https://www.1212.mn/>
- [11] Цэгмид, Ш. (1969). Монгол орны физик газарзүй. Улаанбаатар. ШУА-ийн хэвлэлийн үйлдвэр

- [12] Жамбаажамц, Б. (1989). Монгол орны уур амьсгал. Улаанбаатар. ШУА-ийн хэвлэлийн үйлдвэр
- [13] Эрдэнэбат, Б. (2017). Хугацаан цуваан эконометрик. Улаанбаатар. Адмон Принт ХХК
- [14] NASA Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) (2013). Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) Global. Distributed by OpenTopography, doi: 10.5069/G9445JDF Accessed: 2021-12-17
- [15] Harris, I., Osborn, T. J., Jones, P., & Lister, D. (2020). Version 4 of the CRU TS monthly high-resolution gridded multivariate climate dataset. *Scientific data*, 7(1), 1-18.
- [16] Otgonbayar, M., Sumiya, E., & Tovuuorj, R. (2021). Estimating spatial distribution of aridity and moisture indices of Mongolia using remotely sensed time series data. *Proceedings of the Mongolian Academy of Sciences*, 20-29.
- [17] Otgonbayar, M., Atzberger, C., Chambers, J., Amarsaikhan, D., Böck, S., & Tsogtbayar, J. (2017). Land suitability evaluation for agricultural cropland in Mongolia using the spatial MCDM method and AHP based GIS. *Journal of Geoscience and Environment Protection*, 5(09), 238.
- [18] ШУА-ийн Газарзүйн хүрээлэн (2009). Монгол улсын үндэсний атлас, Улаанбаатар, Монгол
- [19] ORNL DAAC. 2018. MODIS and VIIRS Land Products Global Subsetting and Visualization Tool. ORNL DAAC, Oak Ridge, Tennessee, USA. Accessed June 15, 2021. Subset obtained for MOD15A1 product at Mongolia, time period: 2015-01 to 2020-01, and subset size: 100.25 x 100.25 km, doi: 10.3334/ORNLDAAC/
- [20] ORNL DAAC. 2018. MODIS and VIIRS Land Products Global Subsetting and Visualization Tool. ORNL DAAC, Oak Ridge, Tennessee, USA. Accessed June 15, 2021. Subset obtained for MOD17A1 product at Mongolia, time period: 2015-01 to 2020-01, and subset size: 100.25 x 100.25 km, doi:10.3334/ORNLDAAC/
- [21] ORNL DAAC. 2018. MODIS and VIIRS Land Products Global Subsetting and Visualization Tool. ORNL DAAC, Oak Ridge, Tennessee, USA. Accessed June 15, 2021. Subset obtained for MOD13A1 product at Mongolia, time period: 2015-01 to 2020-01, and subset size: 100.25 x 100.25 km, doi: 10.3334/ORNLDAAC/
- [22] USGS Landsat 8 was accessed on 2015-2020 from <https://registry.opendata.aws/usgs-landsat>
- [23] Ганзориг, М (1985) “Сансарын хөлөг дэхь мэдээлэл хэмжилтийн иж бүрдлээр БНМАУ-ын тал хээрийн ургамалжлыг агаар сансрын тандан судалгаагаар үнэлэх нь” дэд докторын зэрэг горилсон бүтээл
- [24] Адьяасүрэн, Ц (1989) “Монгол орны тал хээрийн бэлчээрийн ургамлын байдлыг үнэлэх зайнаас тандах арга технологи боловсруулах нь” дэд докторын зэрэг горилсон бүтээл
- [25] Эрдэнэтуяа, М (2004) “Бэлчээрийн мониторингийн зайнаас тандах арга технологи” докторын зэрэг горилсон бүтээл, МУИС
- [26] Kogan, F., Stark, R., Gitelson, A., Jargalsaikhan, L., Dugrajav, C., & Tsooj, S. (2004). Derivation of pasture biomass in Mongolia from AVHRR-based vegetation health indices. *International Journal of Remote Sensing*, 25(14), 2889-2896.

- [27] Erdenetsetseg, D., & Erdenetuya, M. (2006). Application of NOAA/NDVI for estimation of pasture biomass. In 36th COSPAR Scientific Assembly (Vol. 36, p. 3611).
- [28] Hirano, A., & Batbileg, B. (2013). Identifying trends in the distribution of vegetation in Mongolia in the decade after its transition to a market economy. *Japan Agricultural Research Quarterly: JARQ*, 47(2), 203-208.
- [29] Nyamjargal E, Bayaraa B, Amarsaikhan D (2021). Application of random forest approach to biomass estimation using remotely sensed data. The 3rd EST International Conference on Environment Science and technology. Virtual Conference. 23-Sep, 2021.
- [30] Bayaraa, B., Hirano, A., Purevtseren, M., Vandansambuu, B., Damdin, B., & Natsagdorj, E. (2021). Applicability of different vegetation indices for pasture biomass estimation in the North-Central region of Mongolia. *Geocarto International*, 1-16.