



МОНГОЛ УЛСЫН ИХ СУРГУУЛЬ
ШИНЖЛЭХ УХААНЫ СУРГУУЛЬ
ГАЗАРЗҮЙН ТЭНХИМ

Газарзүйн асуудлууд

Geographical Issues

Volume 23 (1)

ISSN: 2312-8534

2023

Улаанбаатар хот

Ой, хээрийн түймрийн шатсан талбай, түүний шаталтын зэрэглэлд нөлөөлөх хүчин зүйлсийн хамаарлын судалгаа

Estimation of the burned area with severity and its influencing factors for wildfire using Sentinel-2 satellite imagery

©Б.Сайнбуян^{1,2*}, В.Батцэнгэл^{1,2}, Г.Бямбахүү^{1,2}, Д.Ганпүрэв¹, В.Батбаяр¹, Ч.Наранцэцэг^{1,2},
Э.Алтанболд¹, Г.Бямбабаяр¹, Б.Нямдаваа¹

Sainbuyan Bayarsaikhan^{1,2*}, Battsengel Vandansambu^{1,2}, Byambakhuu Gantumur^{1,2}, Ganpurev Dashlegtseg¹, Batbayar Vandansambu¹, Narantsetseg Chantsal^{1,2}, Altanbold Enkhbold¹, Byambabayar Ganbold¹, Nyamdavaa Batsaikhan¹

¹Газарзүйн тэнхим, Шинжлэх Ухааны Сургууль, Монгол Улсын Их Сургууль, Монгол Улс
²Зайнаас тандан судлал, газарзүйн мэдээллийн системийн судалгааны лаборатори, Ахисан түвшиний сургууль, Монгол Улсын Их Сургууль, Монгол Улс

¹Department of Geography, School of Arts and Sciences, National University of Mongolia, Mongolia

²Research Laboratory of Geo-Informatics (GEO-iLAB), Graduate school, National University of Mongolia, Mongolia

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

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

Хүлээн авсан: 2023.01.01

Засварласан: 2023.02.18

Зөвшөөрөгдсөн: 2023.02.24

Хураангуй

Дэлхий дахинаа байгаль, нийгэм цаашлаад нийгэм-эдийн засагт асар их хохирол үзүүлж байдаг олон янзын байгалийн гамшиг тохиолддог бөгөөд тэдгээрийн нэг нь ой, хээрийн түймэр юм. Байгалийн гамшигт үзэгдэл, байгалийн нөөцийн судалгаанд зайнаас тандан судалгааны аргыг өргөн ашиглаж, хяналт, мониторинг хийж байна. Ой, хээрийн түймрийн голомтыг цаг тухайд нь зөв тооцоолох нь түймрийн дараах менежмент, шийдвэр гаргахад онцгой ач холбогдолтой. Энэхүү судалгаагаар Европын Сансар Судлалын Агентлагийн (ESA) 'Sentinel-2' хиймэл дагуулын зургийг ашиглан Дорнод аймгийн Баян-Уул болон Баяндун сумдын нутагт гарсан ой, хээрийн түймэрт өртсөн талбайг тооцоолох, шатсан талбарын зэрэглэлийг тогтоох, хүчин зүйлүүдтэй харьцуулан тодорхойлох явдал юм. Судалгаанд нормчилсон шаталтын харьцаа буюу 'NBR', 'NBR+' индексүүдийг түймэр гарахын өмнө болон дараах хиймэл дагуулын зурагт суурилан тооцоолон гаргасан. Нийт 58,131.6 га талбай түймэрт өртсөн бөгөөд тухайн шатсан талбайг АНУ-ын Геологийн албанаас санал болгосон шаталтын зэрэглэлийн ангиллаар тооцоход шаталтын бага зэрэглэлтэй 15,423.7 га буюу 26.3 %, дундаас доогуур зэрэглэлтэй 29,529.4 га буюу 50.4 %, дундааж дээгүүр зэрэглэлтэй 13,160.2 га буюу 22.5 %, өндөр зэрэглэлтэй 18.3 га буюу 0.03 %-ийг эзэлж байна. Нийт шатсан талбайн 7,181.5 га буюу 12.4 %-ийг ойн талбайн эзэлж байна. Түймэрт өртсөн нийт талбайн 87.6 % нь Монгол улсад, 12.4 % нь ОХУ-ын нутаг дэвсгэрт байна. Түймрийн шаталтын зэрэглэлд нөлөөлж болох байгаль, газарзүйн 10 хүчин зүйлийг харьцуулан хамаарлыг Пирсоны корреляцийн коэффициентээр тооцоход 4 хүчин зүйл эерэг сул хамааралтай, 6 хүчин зүйл сул сөрөг хамааралтай гарсан. Түймрийн шаталтын зэрэглэлд бусад хүчин зүйлүүдээсээ хамгийн өндөр нөлөө үзүүлсэн хүчин зүйл ургамлын нормчилсон ялгаврын индекс 'NDVI' 0.4 буюу сул эерэг хамааралтай байсан бол өндөршил 0.23 буюу хамаарал маш сул байна. Харин хур тунадас -0.22 буюу сөрөн сул хамааралтай байна. Түймрийн тархалтад салхи хүчтэй нөлөөлдөг хэдий ч түймрийн шаталттай харьцуулахад нөлөөлөөгүй сөрөг хамаарлыг үзүүлсэн байна. Энэ нь түймэр тархахад салхи нөлөөдөгч шатах материал удаан шатах нөхцөлд салхи эсрэг нөлөө үзүүлдэг нь харагдаж байна. Түймрийн дараа ургамлын төрөл, нөөц хомсдох, ургамлын бүтцэд өөрчлөлт орох, бэлчээрийн нөөц хомсдох, ховор амьтан ургамал устаж үгүй болох, ойн нөөц багасах, хүн болон мал амьтны амь эрсдэх, агаарыг их хэмжээгээр бохирдуулах зэрэг нийгэм-эдийн засаг болон экологид нөхөж баршгүй сөрөг үр дагавар гардаг учир түймрийн шаталт, тархалт, хамрах талбайг судалж, цаашид гарч болох эрсдэлийг тооцоолох, урьдчилсан сэргийлэх нөхцөлийг бүрдүүлэх юм.

Түлхүүр үгс: Ой, хээрийн түймэр, Шаталтын зэрэглэл, Шатсан талбай, Орон зайн өөрчлөлт, Нөлөөлөх хүчин зүйлүүд, Sentinel-2, Баяндун сум, Баян-Уул сум

©Зохиогчийн оруулсан хувь нэмэр: **Б.Сайнбуян, Г.Бямбахүү:** Онолын үндэслэл, аргазүй боловсруулалт, өгөгдөл боловсруулалт, **В.Батцэнгэл, Д.Ганпүрэв:** Судалгааны ажлын нэгтгэл, бичвэр, **Ч.Наранцэцэг, В.Батбаяр:** Сансрын зургийн боловсруулалт, **Г.Бямбабаяр, Б.Нямдаваа:** Хээрийн судалгаа, сэдвийн судлагдсан байдлын шинжилгээ, **Э.Алтанболд:** Үр дүнгийн хяналт, бичвэрийн засвар.

2312-8534/© 2023 Зохиогчийн бүх эрх хуулиар хамгаалагдсан.

Abstract

Wildfire is a natural disaster that harms human and animal habitats and the socio-economy. Remote sensing techniques are commonly used in the research of natural disasters, natural resources and monitoring. Timely and accurate estimation of the location of forest fires is particularly important for post-fire management and decision-making. Sentinel-2 satellite images of the European Space Agency 'ESA' were used to estimate the area affected by forest fires at Bayan-Uul and Bayandun soums in Dornod province, and classified the burn severity levels and comparison with other influencing factors in this study. The normalized burn ratio 'NBR' and indices on pre-fire and post-fire were calculated. The total burned area was calculated as 58,131.6 ha, and low, moderate-low, moderate-high, and high burn severity levels cover 15,423.7 ha (26.3%), 29,529.4 ha (50.4%), 13,160.2 ha (22.5%), and 18.3 ha (0.03%), respectively. The 87.6% of the burned area is situated in Mongolian territory, while the remaining area (12.4%) belongs to the Russian Federation. Comparing 10 natural and geographical factors that can influence the burn severity and calculating the correlation coefficients by Pearson. Four of them related a positive lower, and six of them related negative lower. The weak relationships of Normalized Difference Vegetation Index 'NDVI', elevation were 0.4 and 0.23. However, the precipitation correlation was -0.22 (negative weak). The distribution of wildfire is strongly influenced by the wind, and the correlation coefficient demonstrates a negative correlation with no effect on combustion. The conditions of socio-economic and ecological disastrous consequences such as loss of plant species and resources, changes in plant structure, depletion of pasture resources, extinction of rare animals and plants, reduction of forest resources, and large-scale air pollution resulting in the loss of human and animal in post-fire. Therefore, this research is important to due for studying the burning, distribution and, coverage area of the fire, and create conditions for the prevention of future risks.

Keywords: wildfire, fire hazards, fire recovery, influence factors, Sentinel-2, Bayandun soum, Bayan-Uul soum

Оршил

Дэлхий даяар жил бүр олон мянган ой, хээрийн түймэр гарч, нэг сая гаруй га ой мод шатаж, экологийн тэнцвэрт байдлыг ноцтой алдагдуулж, нийгэм, эдийн засгийн хөгжил, хүний аюулгүй байдалд ихээхэн аюул учруулж байна (Gao, Liao, 2017). Уур амьсгалын өөрчлөлт, дулаарал болон хүний зохисгүй үйл ажиллагааны нөлөөгөөр Монгол оронд хүрээлэн буй орчны бохирдол нэмэгдэж, байгаль орчны төлөв байдал доройтож, ой, хээрийн түймэр, гамшигт үзэгдлийн тоо, давтамж өссөөр байна.

Монгол улсын хойд хэсэг ОХУ-тай хил залгаа нутаг, ойн сан бүхий газраар хавар, намрын улиралд хуурайшилттай, ургамал, модны чийг дутмаг, өдрийн турш хүчтэй салхитай болон хүний буруутай үйл ажиллагааны улмаас ой, хээрийн түймэр жил болгон гарах боллоо (Батбаяр, 2022). Мөн ой, хээрийн түймэр гарах цаг уурын нөхцөл хавар, намрын хуурай улиралд илүүтэй бүрдэнэ. Энэ нь өвөл цас бага унасан, хур бороогүй, хуурай үеийн үргэлжлэх хугацаа урт, хөрсний чийг эрчимтэй ууршиж түргэн хуурайшдаг зэрэг олон хүчин зүйлээс шалтгаантай байна.

Ой, хээрийн түймэр гэнэтийн хүчин зүйл бөгөөд ихэнхдээ урьдчилан таамаглах аргагүй үр дагавартай байдаг. Одоогийн судалгаануудыг тоймлон үзэхэд ой, хээрийн түймрийн шалтгааныг байгалийн аянга, иргэдийн санаатай, санамсаргүй хайхрамжгүй байдал болон бусад шалтгаанаас үүдэлтэй гэж дөрвөн зүйлд ангилж болно (Liding, Bojie., 2000; Yang et al., 2021). Түймрийн нөлөөгөөр ой болон хээрийн ургамлын нөөц хомсдох, түүний төрөл солигдох, ургамлын бүтцэд өөрчлөлт орох, бэлчээрийн нөөц хомсдох, ховор амьтан ургамал устаж үгүй болох, агаарыг бохирдуулах зэрэг экологийн сөрөг үр дагавар бий болдог.

Улсын хэмжээнд сүүлийн жилүүдэд гарсан ой, хээрийн түймрийн давтамжаар тухайн бүс нутгуудын шатамхайн зэрэглэлийг үнэлж үзвэл, Хангай-Хөвсгөлийн бүс нутаг их, Орхон-Сэлэнгэ, Хэнтий-Дорнодын бүс нутаг их болон онцгой өндөр зэрэглэлийн ангилалд тус тус шилжсэн байна. Жилд гарч байгаа түймрийн 90-95 % нь хүмүүсийн гал, түймрээс урьдчилан сэргийлэх болон аюулгүй байдлыг хангаж ажиллаагүй, болгоомжгүй үйлдэлтэй холбоотой гарчээ (Түвшинтогтох, Ургамал, 2004; БОНХЯ, 2019).

Зайнаас тандан судлалын арга, аргачлал хөгжихийн хэрээр түймрийн судалгаануудад ашиглах явдал ихээр нэмэгдэж байна. Дэлхийн цаг уурын өөрчлөлт, үүнтэй холбоотой байгалийн гамшигт үзэгдлүүд ихсэж байгаатай холбогдуулан хиймэл дагуулын ажиглалт, зураглалын технологиор байгаль орчныг хянах, урьдчилан таамаглах, үнэлэх, илрүүлэх боломжтой болсон нь зайнаас тандан судлахын ач холбогдлын тод илрэл юм (Батбаяр, 2022).

Хиймэл дагуулын зургийг ашиглах чухал талбар бол идэвхтэй түймрийн хяналтын мониторинг хийх (Gargiulo et al., 2019), түүний агаарын чанарт үзүүлэх нөлөө (Kaplan & Avdan, 2020), хүрээлэн буй орчинд үлдээсэн бусад ул мөр (Lasaponara et al., 2020; Seydi et al., 2021) шатсан талбайд хяналт мониторинг явуулах явдал юм. Үнэн хэрэгтээ түймрийн менежментийг дэмжих, байгаль орчны өртгийг тооцоолох, төлөвлөлтийн стратегийг тодорхойлох, ургамлыг нөхөн сэргэхэд хяналт тавихад түймэртэй газар нутгийг үнэн зөв, хурдан шуурхай зураглах шаардлагатай байдаг (Filippini, 2018). Зайнаас тандан судлалын арга, техникийг ашиглан

түймрийн шатсан талбайг тодорхойлох нь судалгааг тасралтгүй хөгжүүлэх талбар болж байна (Singh et al., 2021).

Сансар судлалын шинжлэх ухааны хөгжил, технологийн дэд бүтэц, түүний хүчин чадал зэрэг нь дэлхийн ажиглалтын хиймэл дагуулуудын орон зай, цаг хугацааны өндөр нарийвчлал бүхий мэдээг ашиглан түймэрт өртөн талбайг тодорхойлох, түймэрт өртсөн газруудын төлөв байдлыг хянах, мэдээг хадгалах зэрэг боломжийг олгож байна (Costantino et al., 2020; Vetrina et al., 2021).

Түймрийн судалгаанд төрөл бүрийн хиймэл дагуулуудын цахилгаан соронзон долгионы янз бүрийн спектрийн сувгуудыг сонгон ашиглаж байна. Үүнд: 'MODIS' (250-50 м), 'AVHRR' (1,000 м), 'Landsat-8' (30 м, 15 м) зэрэг хиймэл дагуулын мэдээг өргөн ашиглаж байна. Харин уур амьсгалын өөрчлөлтийн хувьд жижиг түймрийн үр дагавар нь томоохон түймрээс ач холбогдол багатай гэж үздэг ч газар ашиглалт болон агаар мандал дах хүлэмжийн хий ялгаруулахад багагүй нөлөө үзүүлэг. Эдгээр хор хөнөөлийг тооцохын тулд сүүлийн үед орон зай болон цаг хугацааны өндөр давтамжтай 'ESA Sentinel-2A/2B' (10 м - 60 м) (Drusch et al., 2012; Immitzer et al., 2016) хиймэл дагуулын өгөгдлийг түлхүү ашиглаж байна. 'Sentinel-2' (S2) хиймэл дагуул дээрх 'MSI' (Multi Spectral Instrument) буюу Олон Бүсчлэлийн Мэдрэгчийг ашиглан орон зайн дунд болон өндөр нарийвчлалтай оптик мэдээлэл хүлээн авч түймрийн дараах нарийвчилсан зураглалыг боловсруулах боломжийг олгож байна. Улааны захын спектрийн муж дахь өгөгдлийг бүртгэх тусгай спектрийн зурвасаар тоноглогдсон 'S2' болон 'MSI' мэдрэгч гарч ирсэн нь ургамлын хлорофиллийн агууламжийн зайнаас тандан судлах хамгийн сайн тодорхойлогчдын нэг болж байгаа (Curran et al., 1990; Fernández-Manso et al., 2016) бөгөөд түймрийн шаталтын зэрэглэлийг ялгах улааны захын спектрийн индексийг үнэлэх боломжийг олгодог.

Сүүлийн үед ойрын нэл улаан туяаны муж 'NIR' болон богино долгионы нэл улаан туяаны 'SWIR' мужийн харьцаагаар тооцсон шаталтын нормчилсон харьцаа 'NBR' нь ургамалд үзүүлэх галын нөлөөг тооцоолоход онцгой үр дүнтэй, түймрийн судалгаанд өргөн ашиглаж байна (Lanorte et al., 2013; Silva et al., 2003).

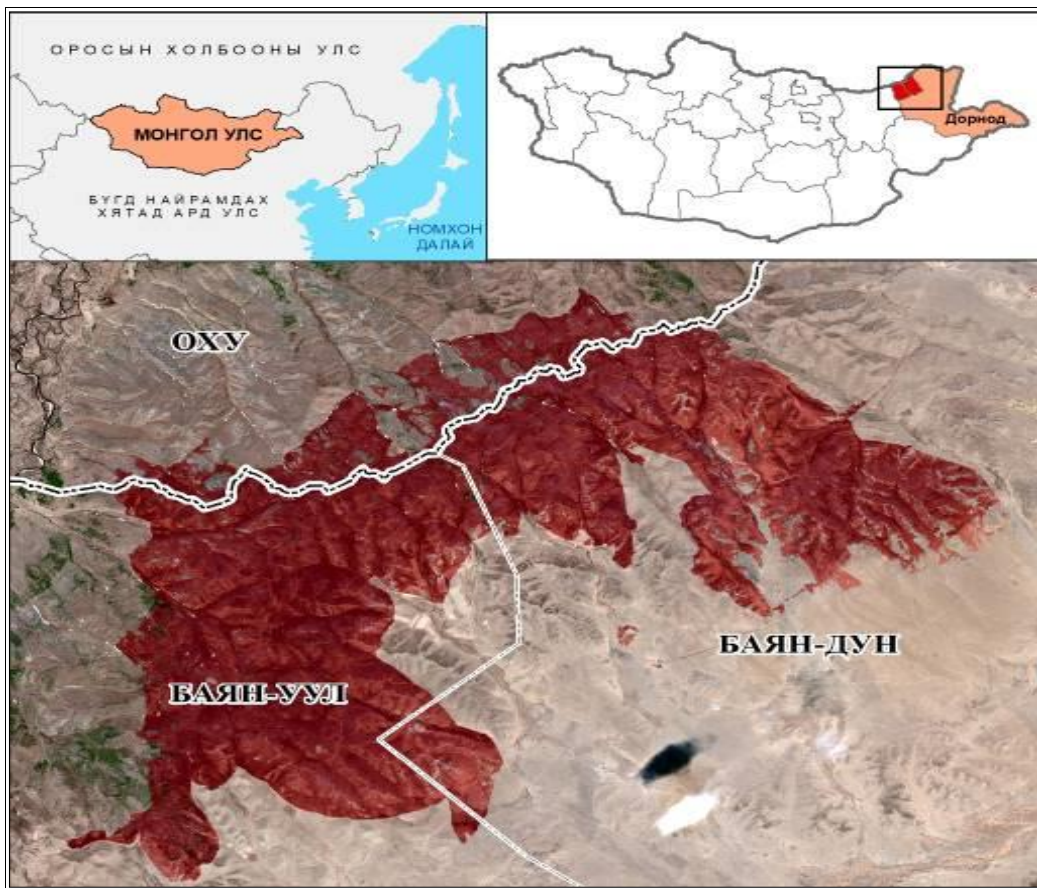
Түймрийн тархалт, шаталтын зэрэглэлийг тогтооход шаталтын нормчилсон харьцааны индекс нь судалгааны чухал арга техникийн нэг бөгөөд түймрийн орон зайн тархалтын хувьд онцгой чухал ач холбогдолтой зураглалын судалгааг хийдэг (García, Caselles, 1991).

Энэхүү судалгаагаар 2020 оны 04-р сарын 15-ны өдөр Монгол улс, ОХУ-ын хилийн зааг Дорнод аймгийн Баяндун болон Баян-Уул сумдын нутагт гарсан ой, хээрийн түймрийн тархалт, шатсан газрыг зайнаас тандан судлалын аргаар тодорхойлж, түймрийн эрсдэл, шаталтыг зэрэглэлийг тогтоохыг зорив. Түймрийн эрсдэлийн ангилахдаа шаталтын нормчилсон харьцаа 'NBR', шаталтын нормчилсон харьцааны ялгавар ' ΔNBR ', харьцангуй шаталтын харьцаа 'RBR'-ны спектрийн шаталтын индексүүдийг ашигласан.

Судалгааны талбай

Монгол улс, ОХУ-ын хил дамнасан ой, хээрийн түймэр 2020 оны 04-р сарын 15-ны өдөр Баян-Уул сумын төвөөс зүүн хойш 20 км, Баяндун сумын төвөөс баруун хойш 30 гаруй километр зайд дэгдэж ойт хээр, хээрийн бүсийг хамарсан. Энэхүү түймэрт өртсөн талбайг судалгааны объектоор сонгон авсан.

Судалгааны талбайн нийт хэмжээ 160,821 га бөгөөд ХӨ 49°30'49.72, ЗУ 112°52'10.3 хооронд оршино (Зураг 1). Гадаргын өндрийн хувьд далайн түвшнээс дээш 900-1,100 м өргөгдсөн, Хан Хэнтийн их нурууны захын бэсрэг салбар уулсын үргэлжлэл Эрээний нурууны төгсгөл хэсэг, ойт хээрийн бүсэд оршдог. Тус нутгийн 1 дүгээр сарын агаарын дундаж температур -22°C, 7 дугаар сарын агаарын дундаж температур +18°-20°C байдаг бөгөөд нутгийн хойд хэсгээр хахир өвөл өмнөд хэсгээр хахирдуу өвөл зонхилно. Судалгааны талбайн ихэнх хэсгээр 250-400 мм тунадас унах бөгөөд жилд унах хур тунадасны хэмжээ дунджаар 391.4 мм, үүний 85 орчим хувь нь хур борооны хэлбэрээр унана.



Зураг 1. Судалгааны талбайн байршил

Судалгааны талбар нь ургамал газар зүйн мужлалаар (Юнатов, 1950) Евразийн шилмүүст ойн мужийн Өвөр байгалийн уулын тайгын болон Дагуур-Монголын хээрийн муж, Төв Хэнтийн уулын тайгын тойрог, Улзын уулын хээрийн тойргийн Улз, Ононгийн районд, Харин Өлзийхутаг (1989)-ын мужлалаар Монгол-Дагуурын уулын хээрийн тойрогт хамардаг.

Үндэслэг ишт үетэнт, дэгнүүлт үетэнт, үетэн-алаг өвст, улалжит, алаг өвст, жижиг улалжит зэрэг бүлгийн улалжит, улалж-улаан толгойт, улалж-алаг өвст, улалжит, улалж-улаан толгойт, улалж-алаг өвст, бургас улиаст, улиас-бургаст, үетэн-шарилж-алаг өвст, жижиг улалж-алаг өвст, цахилдаг-үетэнт хэв шинжийн бүлгэмдэл тархана (Дэлхийн Байгаль Хамгаалах Сан, 2010; Дасан Зохицох Сан, 2015). Судалгааны талбайд ойн нөөцийг багасгаж, ойн экосистемд онцгой сөрөг нөлөө үзүүлж байгаа хүчин зүйл нь түймэр бөгөөд асар их хэмжээний модлог ургамал шатаж устахаас гадна ойд байсан олон зүйлийн сөөг, өвслөг ургамлууд устаж, орогнон байрлах олон зүйл амьтан нүүдэллэж байгаа талаар судалгааны өмнөх тайлангуудад тусгагдсан байна (Дэлхийн Байгаль Хамгаалах Сан, 2010; Дасан Зохицох Сан, 2015).

Судалгааны материал, аргазүй

Хиймэл дагуулын өгөгдөл: Европын Сансар Судлалын Агентлаг нь байгаль орчны судалгаанд зориулсан ‘Sentinel’ цувралын ‘Sentinel-2’ (Оптик) хиймэл дагуулаас өндөр нарийвчлал бүхий мэдээг нээлттэйгээр дэлхийн даяар өргөн хэрэглэж байна. ‘Sentinel-2 MSI’ нь Коперникийн хөтөлбөрийн нэг хэсэг болох орон зайн өндөр нарийвчлалтай, спектрийн олон сувгийн өгөгдөл цуглуулдаг ‘2A’ болон ‘2B’ гэсэн хос хиймэл дагуулуудаас бүрдэх бөгөөд цахилгаан соронзон долгионы спектрийн үзэгдэх гэрлийн, ойрын болон богино долгионы нил улаан туяаны мужуудад (0.35-13 микрометр) нийт 13 сувагт хуваан 10, 20, 60 (Хүснэгт 1) метрийн орон зайн нарийвчлалтайгаар цаг хугацааны хувьд 5 өдрийн давтамжтайгаар өгөгдөл цуглуулж хэрэгдэгчдэд хүргэдэг.

Хүснэгт 1. ‘Sentinel-2’ хиймэл дагуулын спектрийн сувгуудын үзүүлэлт

Сентинел-2 сувгууд	ЦСД спектрийн мүүж (μм)	Орон зайн нарийвчлал (м)
Band 1 – Coastal aerosol	0.443	60
Band 2 – Blue	0.490	10
Band 3 – Green	0.560	10
Band 4 – Red	0.665	10
Band 5 – Vegetation red edge	0.705	20
Band 6 – Vegetation red edge	0.740	20
Band 7 – Vegetation red edge	0.783	20
Band 8 – NIR	0.842	10
Band 8A – Narrow NIR	0.865	20
Band 9 – Water vapor	0.945	60
Band 10 – SWIR – Cirrus	1.375	60
Band 11 – SWIR	1.610	20
Band 12 – SWIR	2.190	20

Коперникийн хөтөлбөр нь ‘Sentinel’ хиймэл дагуулын тусламжтайгаар дэлхийг тасралтгүй хянах зорилготой, газарзүйн өгөгдөл мэдээлэл, тэдгээрийг хадгалах, Коперникийн геомэдээллийн санг бүрдүүлэх гол сурвалж болж байна (Falchi, 2017). Судалгаанд ‘Sentinel-2’ хиймэл дагуулын зургийг ашигласан бөгөөд түймэр гарахын өмнөх үеийн 2020 оны 04 дүгээр сарын 11-нээс түймэр гарсны дараах 2020 оны 08 дугаар сарын 21-ний хоорондох үүлэн бүрхцийн хэмжээ 20 % хүртэлх 8 зургийг татаж, ашигласан (Хүснэгт 2).

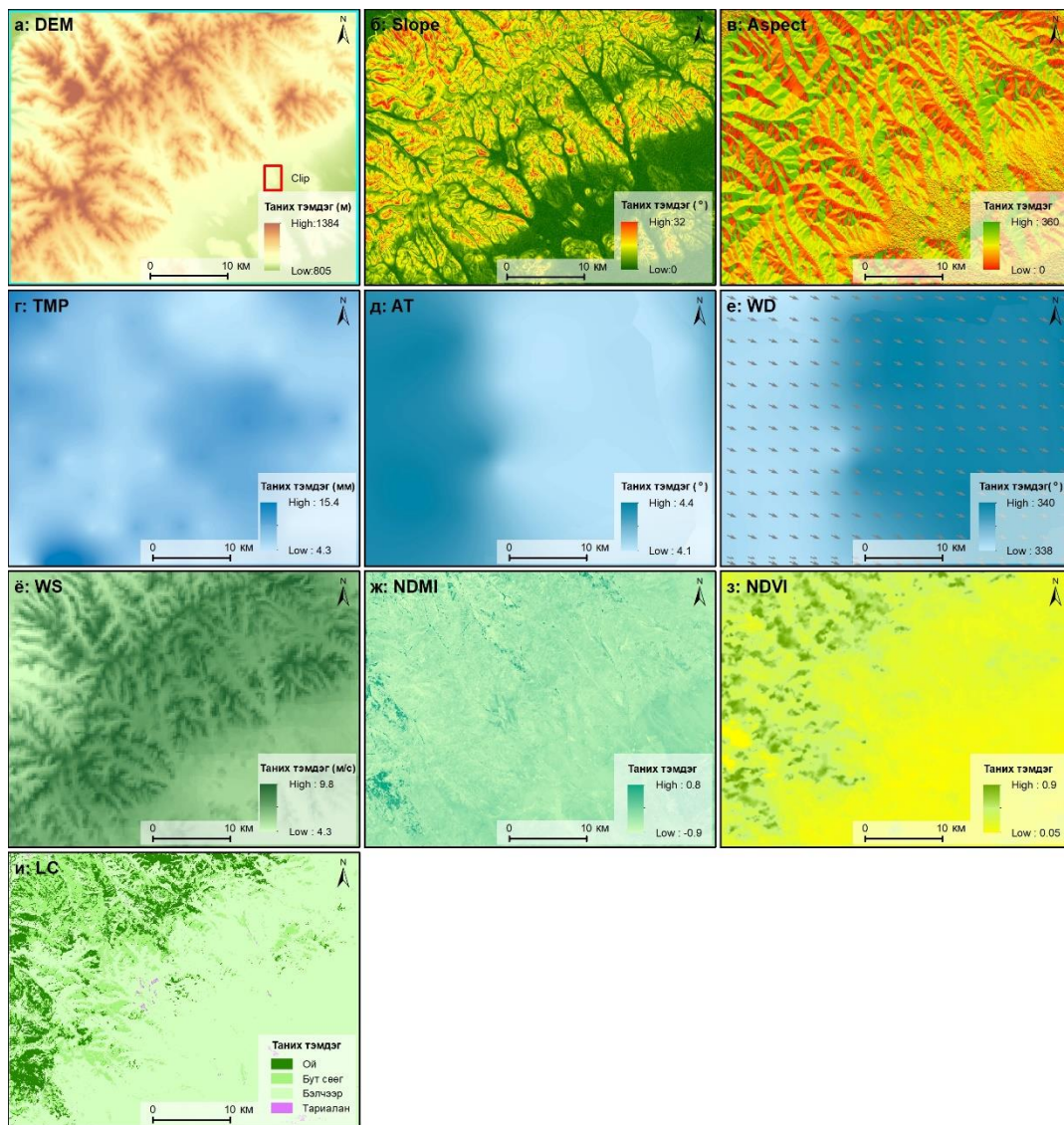
Хүснэгт 2. Судалгаанд ашигласан ‘Sentinel-2’ хиймэл дагуулын мэдээний огноо

№	Огноо
1	2020 оны IV сарын 11
2	2020 оны IV сарын 16
3	2020 оны IV сарын 23
4	2020 оны V сарын 01
5	2020 оны V сарын 08
6	2020 оны VI сарын 20
7	2020 оны VII сарын 22
8	2020 оны XIII сарын 21

Нөлөөлөх хүчин зүйлүүд ба боловсруулалт: Ой, хээрийн түймрийн эрсдэлийн үнэлгээний нэг хэсэг түймрийн эрсдэлээс хамгаалах системийг бий болгох, гал түймрээс урьдчилан сэргийлэх ажлыг удирдан чиглүүлэх шинжлэх ухааны үндэслэл боловсруулах явдал юм. Түймэр гарах шалтгаан болон гарах нөхцөлийг судлаачид олон талаас нь судалсан байдаг. Ой, хээрийн түймэр гарах гол хүчин зүйлүүдэд газарзүйн байршил, гадаргын нөхцөл, уур амьсгал, хүн ам, нийгмийн үзүүлэлтүүд, шатах материалын төрөл /ургамал/-ийг зэргийг тооцож эрсдэлийн үнэлгээг тооцож байна (Liu et al., 2011; Nasanbat et al., 2018).

Монгол Улсын “Гамшгийн эрсдэлийн үнэлгээ хийх заавар”-т түймрийн эрсдэлийн үнэлгээг байр зүй, цаг уур, газрын гадарга, ургамлан бүрхэвч болон бусад хүчин зүйлүүдийг тооцон эрсдэлийн үнэлгээ хийнэ гэж заасан (Онцгой Байдлын Ерөнхий Газар, 2019).

Судалгаанд түймэр гарсан талбайн шалтгааныг хэд хэдэн хүчин зүйлтэй харгалзуулан үзэж шаардлага тулгарч байна. Түймрийн нөхцөлтэй харьцуулан тооцох хүчин зүйлүүдийг тухайн хугацааны буюу 2020 оны хаврын цаг хугацааны хүчин зүйлүүдийг тооцож гаргасан. Үүнд газрын гадаргын нөхцөл (өндөр, налуу, зүг зохис)-ийн өгөгдлийг <https://dwtkns.com/srtm30m/> сайтаас, цаг уурын нөхцөл (сарын нийлбэр хур тунадас, агаарын дундаж температур, салхины зүг, чиглэл, чийгшил)-ийн өгөгдлийг Цаг уур, Орчны Шинжилгээний Газар болон <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer>, ургамлын нөхцөл (ургамлан бүрхэвчийн индекс, газрын бүрхэвчийн ангилал) <https://scihub.copernicus.eu> болон <https://viewer.esa-worldcover.org> цахим сангаас татан авч боловсруулсан. Орон зайн өгөгдлүүдийг нэгдсэн нэг ижил координатын системд оруулж, орон зайн нарийвчлалыг ‘Sentinel-2’ зургийн адил 10 м нарийвчлалтайгаар ‘ArcGIS 10.8’, ‘SNAP’ болон ‘ENVI’ программ хангамжуудыг ашиглан индексүүдийг тооцож, орон зайн бус өгөгдлүүдийг газарзүйн координатын системд оруулан “Kriging” аргаар интерполяци хийж растер өгөгдөл болгон орон зайн тархалтыг тооцож ашигласан. Түймрийн шаталтын зэрэглэлд нөлөөлөх хүчин зүйлүүдийн хамгийн бага, хамгийн их, дундаж утга, эзлэх талбайн хэмжээ, хувийг харуулав (Хүснэгт 3).



Зураг 2. Ой, хээрийн түймэрт нөлөөлөх хүчин зүйлсийг дараах байдлаар үзүүлэв.
 (а) Өндрийн тоон загвар; (б) гадаргын налуу; (в) Зүг зовхис; (г) Сарын нийлбэр хур тунадас;
 (д) Агаарын дундаж температур; (е) салхины чиглэл; (ё) Салхины хурд; (ж) Чийгийн индекс;
 (з) Ургамлын индекс; (и) Газрын бүрхэвч

Хүснэгт 3. Түймэрт нөлөөлөх газарзүйн хүчин зүйлс

№	Төрөл	Хүчин зүйл	Товчлол	Өгөгдлийн үзүүлэлтүүд			
				Хамгийн бага	Хамгийн их	дундаж	Стандарт хазайлт
1	Газрын гадарга	Өндөр (м)	DEM	804.6	1383.7	1021.3	120.4
2		Гадаргын налуу (°)	Slope	0	32	6.6	4.9
3		Зүг зовхис (°)	Aspect	0	360	166	99
4	Цаг уур	Сарын нийлбэр хур тунадас (мм)	TMP	4.3	15.4	7.2	1.4
5		Агаарын дундаж температур (C°)	AT	4.1	4.4	4.2	0.1
6		Салхины чиг	WD	338.4	339.9	339.3	0.5
7		Салхины хурд (м/с)	WS	4.3	9.8	6.8	0.8
8		Чийгийн индекс	NDMI	-0.8	0.9	-0.2	0.05
9	Ургамлын байдал	Ургамлын индекс	NDVI	0.05	0.9	0.2	0.06
10		Газрын бүрхэвч	LC	Ой, бэлчээр, бут сөөг, тариалангийн талбай,			

Судалгааны арга: Түймэрт шатсан талбайг зайнаас тандан судлалын уламжлалт аргаар оптик өгөгдөл дээр суурилан богино болон урт хугацаанд түймрийн улмаас үүссэн ургамлын спектрийн өөрчлөлт дээр тулгуурлан тооцож ашиглаж байна. Зайнаас тандан судлалын судалгаанд хамгийн өргөн ашиглагддаг индекс бол ургамлын нормчлогдсон ялгаврын индекс бөгөөд дараах томъёогоор тооцно.

$$NDVI = (NIR - RED) / (NIR + RED) \quad (1)$$

‘NDVI’ тооцоолол нь ногоон ургамлын цахилгаан соронзон долгионы ойрын нэл улаан туяаны мужид ‘NIR’ нарны энергийг ихээр ойлгож, үзэгдэх улаан гэрлийн мужид ‘RED’ дийлэнх энергийг ихээр шингээдэг чанар дээр үндэслэдэг бөгөөд ургамлын бүрхэц, биомассыг тодорхойлоход ашигладаг. Идэвхтэй ургаж буй эрүүл ургамлууд нь улаан туяаг маш эрчимтэй шингээж, нэл улаан туяаны спектрийг эрчимтэй ойлгодог. Ургамлын төрөл мөн ургамлын ургах үе шатнаас хамаараад улаан туяаг шингээх, хэт улаан туяаг ойлгох хэмжээ нь ялгаатай байдаг (Lanorte et al., 2013). Ургамлын индексийн өндөр утга нь эрүүл ургамлын ихээхэн хэмжээгээр бүрхэгдсэн пикселийг тодорхойлдог. ‘NDVI’ нь ургамлын фотосинтезийн үйл ажиллагааг илтгэдэг бөгөөд Ургамлын навчны талбайн индексийн ‘Leaf Area Index’ болон ургамалд шингэсэн фотосинтезийн идэвхтэй цацрагийн хэмжээтэй холбоотой болохыг тогтоожээ (Сайнбуян, 2019).

Ойрын нэл улаан туяаны муж ‘NIR’ болон богино долгионы нэл улаан туяаны ‘SWIR’ мужийн харьцаагаар тооцсон шаталтын нормчилсон харьцаа ‘NBR’ нь ургамалд үзүүлэх галын нөлөөг тооцсон бөгөөд шаталтын нормчилсон харьцаа ‘NBR’-ийг дараах томъёогоор тооцоолно.

$$NBR = (NIR - SWIR) / (NIR + SWIR) \quad (2)$$

‘NBR’ нь түймрийн дараа үүсэх ногоон ургамлын хэмжээ, чийгшил, хөрсний нөхцөл байдлын өөрчлөлтөд онцгой мэдрэмтгий байдаг. Судалгаанд түймэр гарахын өмнөх = ‘NBR_{prefire}’ болон түймрийн дараах шаталтын нормчилсон харьцаа ‘NBR_{postfire}’-г тооцож, тэдгээрийн хоорондох ялгавраар ‘ΔNBR’ индексийг тодорхойлж гаргадаг (III).

$$\Delta NBR = NBR_{prefire} - NBR_{postfire} \quad (3)$$

‘ΔNBR’ дээр үндэслэн гал түймрийн нийт шатсан талбайг тодорхойлж, түймэрт хүчтэй өртсөн газруудыг тодорхойлж болно (Бямбахүү нар, 2022). Түймрийн өмнөх ‘NBR’ зураг, дараах ‘NBR’ зураг хоорондын зөрүү ‘ΔNBR’ дээр үндэслэн гал түймрийн нийт шатсан талбайг тодорхойлж, түймэрт хүчтэй өртсөн газруудыг тодорхойлж болно (Бямбахүү нар, 2022). Энэхүү судалгаанд шаталтын нормчилсон харьцааны ялгавар ‘ΔNBR’-г ашигласан бөгөөд энэ нь түймрээс үүдэлтэй шинж чанар, орон зайн нарийн төвөгтэй байдлыг илрүүлэхдээ ‘NBR’-ээс илүү сайн байдаг (Pere, Parente, 2018; Lasaponara et al., 2018). ‘ΔNBR’ шаталтын зураг нь шатсан талбайг тодруулж, шаталтын зэрэглэлийг тодорхойлж, биомассын алдагдал, нүүрстөрөгчийн ялгаралтын хувьд галын улмаас үүссэн өөрчлөлтийг харуулдаг. Түймрийн шаталтын зэрэглэлийг газрын гадарга, уур амьсгалын хүчин зүйлүүдтэй хамаарлыг тооцох пирсоны корреляцийн коэффициентыг ашигласан. АНУ-ын Геологийн албанаас санал болгосон шаталтын зэрэглэлийг ангилал ‘ΔNBR’ утгын ангиллыг үзүүлэв (Хүснэгт 4). ‘ΔNBR’ эерэг утга нь ургамалжлын бууралт буюу шатсан талбайг илэрхийлдэг бол сөрөг утга нь ургамлын бүрхэвч нэмэгдсэнийг илэрхийлдэг.

Хүснэгт 4. АНУ-ын Геологийн албаны ангиллын дагуу ΔNBR түлэгдэлтийн зэрэглэлүүд

ΔNBR	Шаталтын зэрэглэл
< -0.25	Сайжирсан дахин өндөр өсөлт (Түймрийн дараа)
-0.25– -0.1	Сайжирсан дахин бага өсөлт (Түймрийн дараа)
- 0.1– +0.1	Шатаагүй
0.1–0.27	Бага зэрэглэлтэй
0.27-0.44	Дундаас доогуур зэрэглэлтэй
0.44– 0.66	Дундаас дээгүүр зэрэглэлтэй
> 0.66	Өндөр зэрэглэлтэй

Пирсоны корреляцийн коэффициент арга: Корреляцийн коэффициентын аргын ач холбогдлыг шалгахын тулд t-тестийг ашигласан бөгөөд тус корреляцийн коэффициентыг дараах томъёогоор тооцдог (Freedman et al., 2007).

$$r_{xy} = \frac{\sum_{i=0}^n [(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})]}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 + \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} \quad (4)$$

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 тестийг 'R' программ дээр хэрэгжүүлсэн бөгөөд энэ судалгаанд дурдсан ач холбогдлын түвшин дунджаар 0.05 байна.

Судалгааны үр дүн ба хэлэлцүүлэг

Түймрийн 80% нь хуурайшилт ихтэй хаврын улиралд, 5.8% нь намар гардаг ба өвөл хавар нь цас их унахад хавар түймэр бага гардаг, хавар-зун хуурайшилт ихтэй бол түймрийн давтагдал нэмэгдэнэ (Чулуунбаатар, 1998). Түймрийн давтагдалд ажиглагдаж байгаа бас нэг өөрчлөлт бол түймэр хавар эрт гарч, намар орой төгсдөг болсноос түймрийн эрсдэлтэй хугацаа уртасч байгаа хандлага илэрхий харагдана. Жилд гарч байгаа түймрийн тоо, шатсан ойн талбай хэмжээг 1963-2015 он хүртэлх хугацааны хаврын хуурайшилт буюу ган-зуншлагын индексстэй $r=0.62$ хамааралтай болохыг тооцсон байдаг (Чулуунбаатар, 1998; БОАЖЯ, 2017).

Судалгааны талбайд 2009 оноос 2020 оны хугацааны 11 удаа ямар нэг хэмжээгээр ой, хээрийн түймэр гарсан байна. Судалгаанаас харахад 2010 онд түймэр гараагүй, бусад онуудад ой, хээрийн түймэртэй гарсан байна. 2020 онд гарсан ой, хээрийн түймрийн энэхүү голомт дээр 2009, 2012, 2015, 2016, 2019, 2020 онуудад 6 удаа түймэр гарсан байна (Байгаль Орчны Мэдээллийн Сан, 2022). Түймэр гарсан газар нь ойт хээр, Монгол дагуурын хээрийн хэв шинж бүхий бургас улиаст, ботууль-алаг өвс, зүр өвс-жижиг дэгнүүлт үетэнт, хялганат-зүр өвс зонхилсон, ургамлан бүрхэвч шигүү ургадаг (Дэлхийн Байгаль Хамгаалах Сан, 2010). Түвшинтогтох нар (2004)-ын судалгаагаар Дорнод Монголын хээрийн ургамлан бүлгэмдлийн бүтэц, бүрэлдэхүүнд бэлчээрлэлтээс илүү түймэр хүчтэй нөлөө үзүүлдэг болохыг туршилт судалгаагаар гаргасан байдаг. 2020 онд гарсан Баян-Уул, Баяндунгийн түймэрт өндөр өвслөг ургамлууд бүгд шатсан ба харин бут сөөг хагас, модны зарим нарийн мөчир, навч, шилмүүс шатсан, зөвхөн бүдүүн мөчир, мод их бие шатаагүй үлдсэн. Моддын доод хэсэг түймэрт өртөж, холтос шатаж харласан байна (Зураг 3).



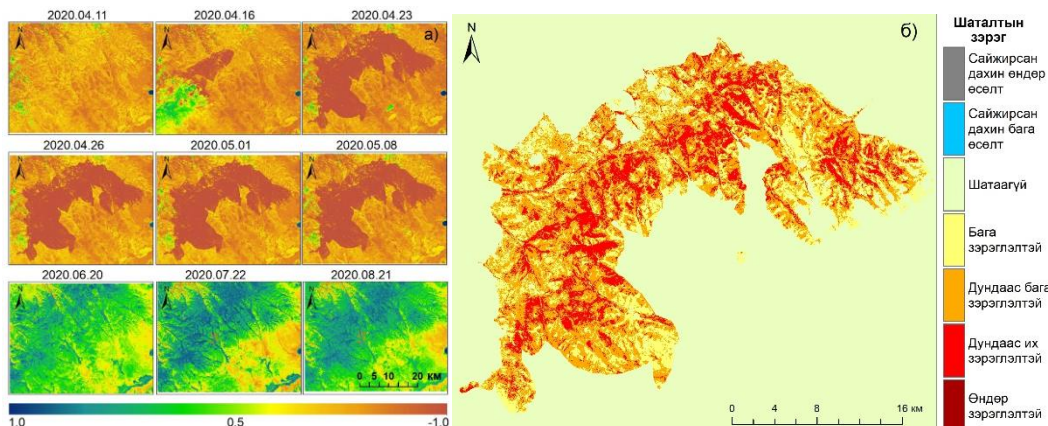
Зураг 3. Баян-Уул сумын орчимд түймэрт өртсөн байдал, Эх сурвалж: Б.Намсрай, 2020

Түймрийн индекс ашиглан түймрийн эрсдэлтэй газрууд болон түймэрт өртсөн ургамлын бүрхэвчийг тодорхойлсон. Энэхүү түймэр нь Монгол улсын нутаг гарсан бөгөөд ОХУ-ын нутгийн хил гаран хойш тархсан байна.

Судалгааны талбайн шатсан талбайг тооцож, шаталтын индексийн үр дүнг пикселийн утгын дагуу ангилж, түймрийн шаталтын зэрэглэлийг тодорхойлсон. Зургийн өнгөний утга улаан өнгөний илэрхийлэгдэх тутам түймрийн шаталтын түвшин өндөр байгааг харуулдаг. Харин

шаргал ногоон өнгөний утга нэмэгдэх тусам ургамал хэвийн ургах нөхцөл рүү шилжиж байгааг харуулж байна (Зураг 4а,б).

4-р сарын 15-наас 23-ны өдөр хүртэл талбайн хэмжээ эрчимтэй нэмэгдээд, 5-р сарын 8-ныг хүртэл түймэр бага хэмжээгээр нэмэгдсэн байна. 5-р сарын дунд үеэс ургамлан бүрхэвч сэргэж түймрийн ул мөр үндсэндээ арилсан байна. Түймэр гарсан талбайг 2017 онд Байгаль Орчин, Аялал Жуулчлалын Яамнаас боловсруулан гаргасан Монгол орны ой, хээрийн түймрийн эрсдэлийн орон зайн тархалтын зурагтай харьцуулан үзэхэд шатсан талбайн давтамж 10-аас дээш удаа гарсан, эрсдэлийн зэрэг нэн өндөр эрсдэлтэй болон өндөр эрсдэлтэй талбайд хамаарагдаж байна (Зураг 4а). Мөн зураг 4б-д үзүүлсэн АНУ-ын Геологийн албаны шаталтын зэрэглэлийг ангилсан ангиллын дагуу авч үзэхэд ой бүхий газар, бут сөөгтэй газраар шаталт илүү хүчтэй буюу өндөр зэрэглэлтэй ангилалд бага талбай буюу 18.3 га талбай, дундаас дээгүүр зэрэглэлтэй ангилалд 13,160.2 га, дунгаас доогуур зэрэглэлтэй 29,529.4 га, бага зэрэглэлтэйд 15,423.7 га талбай, тус тус хамарсан байна (Хүснэгт 5).



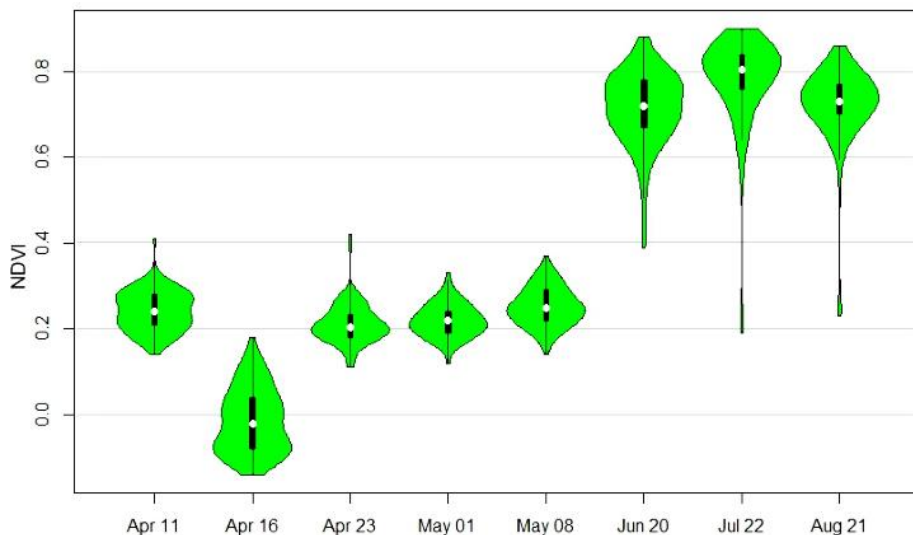
Зураг 4а. Шаталтын нормчилсон харьцаа (NBR)-ны орон зай, цаг хугацааны өөрчлөлт, б. Шаталтын зэрэглэлийн ангилал

Хүснэгт 5. dNBR-ийн утга (10^3) болон шаталтын зэрэглэлийн талбайн хэмжээ, хувь

Шаталтын зэрэглэл	NBR утга		Талбай /га/	Талбай /%/
	Хамгийн бага	Хамгийн их		
Шатаагүй талбай	62.49	100	102,689.4	0.8
0.1–0.27	100	280.6	15,423.7	26.3
0.27–0.44	270	449.6	29,529.4	50.4
0.44–0.66	391.7	659.9	13,160.2	22.5
> 0.66	660.1	1,068.3	18.3	0.0
Шатсан нийт талбай			58,131.6	36.1
Нийт			160,821	100.0

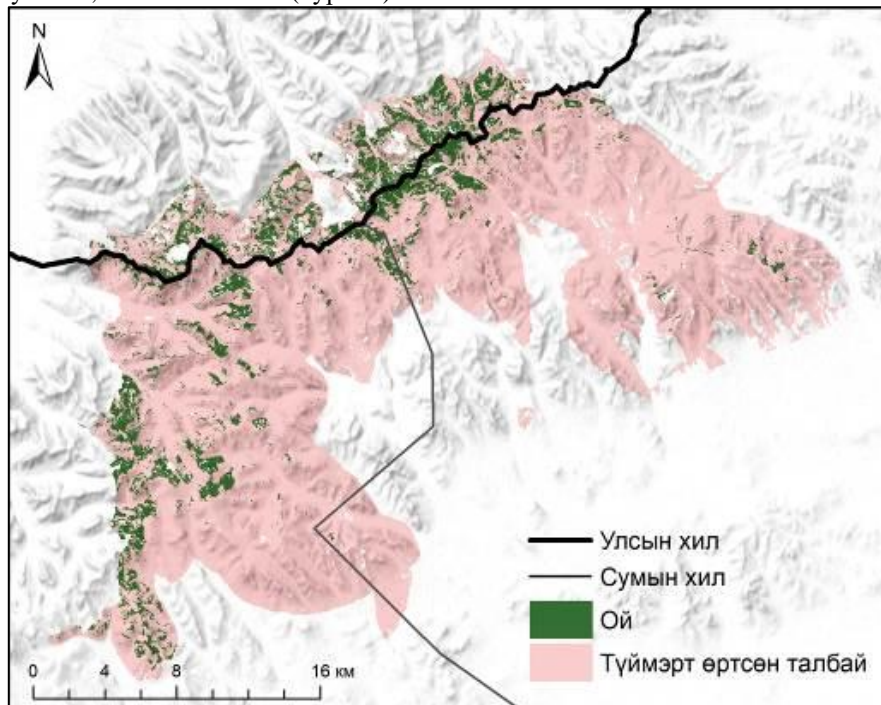
Ургамлан бүрхэвч муудах, сайжрах нь ‘NDVI’-ийн утгаар бүрэн илэрхийлэгдэнэ. Ургамлан бүрхэвчийн индексийн өөрчлөлтийг ‘Violin plot’-оор тодорхойлсон бөгөөд хистограм утга хийл хэлбэрээр илэрхийлэгдэнэ. ‘Violin plot’ нь ‘NDVI’-ийн нягтшил болон хамгийн их, хамгийн утга болон голч утгыг харуулдгаараа онцлог. Түймэр гарахын өмнөх (4-р сарын 11) дундаж ‘NDVI’ утга 0.24 байсан бол түймэр гарсны дараа -0.01 болж буурсан байна. Түймрийн дараагаас ‘NDVI’ буцаад өссөн харагдаж байна (Зураг 5). Судалгааны нийт талбайн 4-р сарын 16-ны өдрийн ‘NDVI’ утгын ‘Violin plot’-ын хистограмаас харахад ихэх хэсэг нь 0-ээс бага буюу хасаг утгыг хамарч түймрийн үед ургамлан бүрхэвч буурсан бөгөөд 4-р сарын 23-аас аажмаар сэргэсэн харагдаж

байна. 'NDVI'-ийн медиан утгатай харьцуулсан хистограммын нягтшил илүү өндөр байгаа нь магадлал өндөр байгааг илэрхийлж байна (Зураг 5).



Зураг 5. Түймэр гарсан талбайн 'NDVI'-ийн өөрчлөлт

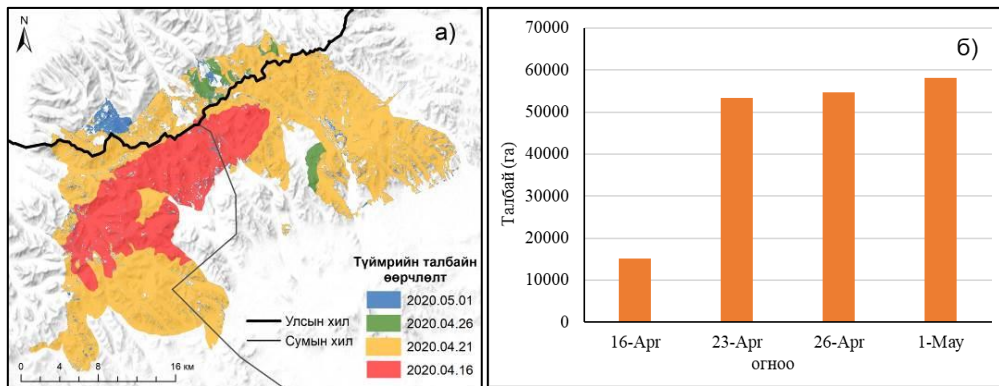
Нийт 58,131.6 га талбай шатсан ба шатсан талбайд шаталтын зэрэглэлийг тус тус тооцсон. Үүнээс бага зэрэглэлтэй 15,423.7 га буюу 26.3 %, дундаас дээгүүр зэрэглэлтэй 29,529.4 га буюу 50.4 %, дундаас доогуур зэрэглэлтэй 13,160.2 га буюу 22.5 %, өндөр зэрэглэлтэй 18.3 га буюу 0.03 %-ийг эзэлж байна. Түймэрт өртсөн нийт талбайн 87.6 % нь Монгол улсад, 12.4 % нь ОХУ-ын нутагт гарсан ба түймрийн улмаас 7,181.5 га ой шатсан бөгөөд үүнээс Монгол улсын нутагт 4,443 га, ОХУ-ын нутагт 2,738.5 ой шатжээ (Зураг 6).



Зураг 6. Түймэрт өртсөн нийт талбай болон ойн талбай

Судалгааны талбайд 2020 оны 04-р сарын 15-ны өдөр ойн түймэр гарч 2020 оны 05-р сарын 01-ний хүртэлх хугацаанд үргэлжилсэн байна. Түймрийн дэгдэлт 04-р сарын 15-нд гарснаас хойш 04-р сарын 16-ны өдөр гэхэд 15,235.44 га талбайд хүрч нэмэгдсэн. 04-р сарын 23-ны өдөр 53,293.8 га

болж 38,058.4 га талбайгаар, 04-р сарын 26-ны өдөр 54,738.8 га болж 1,445 га талбайгаар, 05-р сарын 01-ний өдөр 3,392.8 га талбайд нэмэгдсээр, нийт 58,131.6 га талбайд хүрчээ (Зураг 7).



Зураг 7. Түймрийн талбайн тэлэлт 2020.04.15-2020.05.01-ний хугацаанд, а) Орон зайн өөрчлөлтөөр б) Өөрчлөлт графикаар

Дорнод аймгийн Баян-Уул болон Баяндун сумдын нутагт гарсан томоохон ой, хээрийн түймрийн байгалийн бусад хүчин зүйлтэй орон зайн байршлаар корреляци хамаарлыг тооцож үзлээ. Түймрийн шаталтын зэрэглэлд нөлөөлж болохуйц газрын гадаргын өндөр, зүг зохис, гадаргын налуу, ургамлын нормчилсон ялгаврын индекс ‘NDVI’, чийгийн индекс ‘NDMI’, газрын бүрхэвчийн ангилал ‘Sentinel-2’ (10 м) хур тунадас, агаарын температур зэрэг 10 хүчин зүйлтэй харгалзуулж үр дүнг харуулав (Зураг 8).



Зураг 8. Пирсоны корреляцийн коэффициент дээр үндэслэсэн коррплот (Цагаанаас цэнхэр: эерэг хамаарал; цагаанаас улаан: сөрөг хамаарал, цагаан: хамааралгүй)

Ой, хээрийн түймрийн эрсдэлийн үнэлгээний судалгаанд судлаачид хүний нөлөөллийн хүчин зүйлээс гадна зураг 7-д үзүүлсэн байгаль, газарзүйн хүчин зүйлүүдийг голчлон авч үздэг.

Корреляцийн коэффициент бүхий корреляцийн матрицыг 'R' программ дээр "corrplot" багцыг ашиглан янз бүрийн хувьсагчдын хоорондын хамаарлыг харуулсан Пирсоны корреляцийн коэффициент дээр үндэслэсэн коррплогыг байгуулсан (Зураг 8). Корреляци хамаарлыг тооцож үзэхэд нийт 10 хүчин зүйлээс 4 хүчин зүйл эерэг сул хамааралтай, 6 хүчин зүйл сул сөрөг харалтай гарсан.

Газрын гадаргын нөхцөл, цаг уурын хүчин зүйлүүдийг түймрийн шаталтын зэрэглэлтэй харьцуулан, шаталтын өндөр эрсдэл үүсэн хэсэгт ямар хүчин зүйл илүү нөлөөлсөн байгааг тооцоход түймрийн шаталтын зэрэглэлд бусад хүчин зүйлүүдээсээ хамгийн өндөр нөлөө үзүүлсэн хүчин зүйл ургамлын нормчилсон ялгаврын индекс 'NDVI' 0.4 буюу сул эерэг хамааралтай байсан бол өндөршил 0.23 буюу хамаарал маш сул байна. Харин хур тунадас -0.22 буюу сөрөн сул хамааралтай байна. Бусад хүчин зүйл хамаарлын нөлөө байхгүй болох нь харагдаж байна. Түймрийн шаталтын зэрэглэлд сөрөг хамаарал үзүүлсэн хүчин зүйлүүд чийгшил, салхины хурд, салхины зүг чиг, гадаргын налуу, зүг зовхис, газрын бүрхэвч бөгөөд бүгд маш сул сөрөг буюу бараг хамааралгүй байна. Хамгийн өндөр сөрөг хамаарал нь хур тунадас -0.22 сул сөрөг хамаарал үзүүлсэн байна. Тухайн газар шаталтын зэрэглэл өндөр байгаа нь харьцангуй удаан шатаж, өндөр энерги өгч хиймэл дагуулын сенсорт бүртгэгдсэн байгааг илэрхийлнэ. Түймрийн тархалтад салхи хүчтэй нөлөөлдөг бөгөөд хамаарлын коэффициентоос харахад шаталтад нөлөөлөөгүй сөрөг хамаарлыг үзүүлсэн байна.

Салхины чиглэл, салхины хурд нь түймрийн тархалт, хамрах талбайг нэмэгдүүлэхэд хүчтэй нөлөөлдөг болох нь харагдаж байна. Харин ургамлан бүрхэвчээс гадна гадаргын өндөр эерэг сул хамааралтай (0.23) байсан нь өндөрлөг газарт байх ой, ойн захын бут сөөгийн шаталт шаталтын зэрэглэлд нөлөөлсөн байхыг үгүйсгэхгүй. Эндээс үзэхэд ой, хээрийн түймрийн судалгаанд шатах материал буюу ургамлын нөлөөллийг илүү авч үзэх буюу түймрийн судалгаанд шатах материал (ургамлын төрөл зүйл, бүрхэц, өндөр гэх мэт), хуурайшилтыг чухалчлан тооцож нарийвчлан судлах шаардлагатай байна.

Дүгнэлт

Монгол оронд ой, хээрийн түймэр гарах цаг уурын нөхцөл хавар, намрын хуурай улиралд илүүтэй бүрдэнэ. Энэ нь өвөл цас бага унасан, хур бороогүй, хуурай үеийн үргэлжлэх хугацаа урт, хөрсний чийг эрчимтэй ууршиж түргэн хуурайшдаг зэрэг олон хүчин зүйлээс шалтгаантай байна. Түймэр нь хагас хуурай, эмзэг экосистемтэй Монгол орны хувьд байгалийн томоохон гамшгуудын нэгт тооцогдоно. Сүүлийн үед зайнаас тандан судалгааны арга зүй, технологийг ашиглан түймрийн мониторинг хийх, хохирлыг тооцох, эрсдэлийн үнэлгээг хийх судалгаа ихээхэн хийгдэж байна. Судалгаандаа түймрийн шаталтыг тооцох шаталтын нормчилсон харьцаа (NBR)-г ашиглан тооцоолол хийгдсэн.

Судалгааны бүс нутаг хаврын улиралд гарсан түймэр нь томоохон нутгийг хамарсан түймэр болно. Нийт 58,131.6 га- талбай түймэрт өртсөнөөс 7,181.52 га буюу 12.2 % ойн талбай шатсан байна. Түймрийн шаталтын зэрэглэлд нөлөөлж болох байгаль, газарзүйн 10 хүчин зүйлийг харьцуулан хамаарлыг Пирсоны корреляцийн коэффициентоор тооцоход 4 хүчин зүйл эерэг сул хамааралтай, 6 хүчин зүйл сул сөрөг харалтай гарсан. Түймрийн шаталтын зэрэглэлд бусад хүчин зүйлүүдээсээ хамгийн өндөр нөлөө үзүүлсэн хүчин зүйл ургамлын нормчилсон ялгаврын индекс 'NDVI' 0.4 буюу сул эерэг хамааралтай байсан бол өндөршил 0.23 буюу хамаарал маш сул байна. Харин хур тунадас -0.22 буюу сөрөн сул хамааралтай байна. Түймрийн тархалтад салхи хүчтэй нөлөөлдөг бөгөөд хамаарлын коэффициентоос харахад шаталтад нөлөөлөөгүй сөрөг хамаарлыг үзүүлсэн байна.

Түймэр нь байгальд төдийгүй эдийн засагт ихээхэн хохирол учруулдаг цаашид судалгаанд түймрийн гаралт, шаталтад нөлөөлөх шатамхай материалын төрлийг холбон судлах шаардлагатай байна. Мөн зайнаас тандан судлалын аргыг ашиглан түймрийн эрсдэл, хохирлыг тооцох, эдийн засагт үзүүлсэн хохиролтой холбон дүн шинжил хийх шаардлагатай харагдаж байна.

Талархал ба санхүүжилт

Уг судалгааны ажлыг гүйцэтгэхэд туслалцаа үзүүлсэн Монгол Улсын Их Сургуулийн Газарзүйн тэнхим, Зайнаас тандан судлал, Газарзүйн мэдээллийн системийн судалгааны лаборатори (GEO-iLAB)-ийн судлаач, багш нартаа гүн талархал илэрхийлье. Мөн Засгийн газрын хамтын ажиллагааны хүрээнд БНХАУ-ын Үндэсний Байгалийн Шинжлэх Ухааны Сан, Монгол

улсын Шинжлэх Ухааны Технологийн сангийн санхүүжилтээр хэрэгжүүлж байгаа P2020-3797 тоот “Уур амьсгалын өөрчлөлтийн чиг хандлагад чиг хандлагад уялдсан Монгол тэгш өндөрлөгийн ой хээрийн түймрийн гамшигийн эрсдэлийг урьдчилан сэрэмжлүүлэх платформ байгуулах” төсөл, Ази-Номхон Далайн Сансрын Хамтын Ажиллагааны Байгууллагаас санхүүжүүлэн хэрэгжүүлж буй P2022-4261 тоот “Зайнаас тандан судлалын аргаар Монголын түймрийн байгалийн гамшигт үзэгдлийн мониторинг, түүний эрсдлийн үнэлгээ хийх судалгаа” судалгааны төслийн санхүүжилтээр дэмжиж туслалцаа үзүүлсэнд талархал илэрхийлье.

Ном зүй

1. Байгаль Орчны Мэдээллийн Сан. (2022). *Түймрийн мэдээлэл: Халуун цэгийн мэдээ*. Боломжтой: <https://eic.mn/fire/>, (Нэвтэрсэн:2022.08.20).
2. Батбаяр, В. 2022. “Монгол орны ойт хээр, хээрийн бүсийн түймрийн гамшигт үзэгдлийн газарзүйн харьцуулсан судалгаа /Сүхбаатар, Дорнод аймгуудын жишээн дээр/” магистрын зэрэг горилсон бүтээл. Улаанбаатар: МУИС
3. Бямбахүү, Г., Батцэнгэл, В. Наранцэцэг, Ч. Нямдаваа, Б. Мэндбаяр, О. Сайнбуян, Б. Батбаяр, В. & Фолин Вү. (2022). Шилийн Богд орчмын хээрийн түймрийн шаталтын зэрэглэлийг тооцоолох болон нөхөн сэргэх үйл явцын мониторинг судалгаа. *Газарзүйн асуудлууд*, 22(1): 20-31, <https://doi.org/10.22353/v22i1.530>
4. БОАЖЯ, (2017), *Монгол орны байгаль орчны төлөв байдлын тайлан*, Улаанбаатар, Мөнхийн Үсэг, 55-86
5. Онцгой Байдлын Ерөнхий Газар. (2019). *Гамшигийн эрсдэлийн удирдлагын эрх зүйн баримт бичгийн эмхэтгэл*, Улаанбаатар, 78-80, <http://nema.gov.mn/wp-content/uploads/2019/01/B5-tushaal-togtool.pdf>
6. Дасан зохицох сан. (2015). *Улз голын сав газар Байгаль орчин, нийгэм, биологийн олон янз байдал*, Улаанбаатар, Монголика.
7. Дэлхийн Байгаль Хамгаалах Сан. (2010). *Онон голын сав газрын байгаль орчин, нийгэм эдийн засгийн суурь судалгааны хураангуй*, Улаанбаатар, ДБХС http://awsassets.panda.org/downloads/short_report_orb_mon.pdf
8. Сайнбуян, Б. (2019). *Монгол орны хээрийн бүсийн ургамлын цэвэр анхдагч бүтээгдэхүүн, түүнд нөлөөлөх хүчин зүйл (12 аймгийн жишээн дээр)*, Газарзүйн ухааны докторын зэрэг горилсон бүтээл. Улаанбаатар, МУИС
9. Түвшинтогтох. И., Ургамал. И. (2004). *Дорнод Монголын хээрийн ургамлан нөмрөгт түймрийн үзүүлэх нөлөө*. ШУС-ийн Ботаникийн хүрээлэн. Улаанбаатар, Жинст харгана ХХК-ны хэвлэх
10. Чулуунбаатар. Ц. (1998). *Пожарная опасность в лесах северной части Монголии /Автореферат диссертации с/х наук, 28 с*
11. Өлзийхутаг, Н. (1989). *Монгол орны ургамлын аймгийн тойм*. Улаанбаатар: ШУА-ийн хэвлэл.
12. Юнатов, А.А (1950). *БНМАУ-ын ургамлын нөмрөгийн үндсэн шинжүүд = Основные черты растительного покрова Монгольской Народной Республики*, Труды Монгольской комиссии, вып.39. М.-Л., с.1-283
13. Costantino, D., Guastaferrero, F., Parente, C. & Pepe, M. (2020). Using Images Generated by Sentinel-2 Satellite Optical Sensor for Burned Area Mapping. In: Parente, C., Troisi, S., Vettore, A. (eds) R3 in Geomatics: Research, Results and Review. R3GEO 2019. *Communications in Computer and Information Science*, 1246. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-62800-0_27
14. Curran, P. J., Dungan, J. L. & Gholz, H. L. (1990). Exploring the relationship between reflectance red edge and chlorophyll content in slash pine. *Tree Physiology*, 7(1-2-3-4): 33-48.
15. Drusch, M., Del Bello, U., Carlier, S., Colin, O., Fernandez, V., Gascon, F. & Bargellini, P. (2012). Sentinel-2: ESA's optical high-resolution mission for GMES operational services. *Remote sensing of Environment*, 120: 25-36.

16. Falchi, U. (2017). IT tools for the management of multi—Representation geographical information. *Int. J. Eng. Technol.*, 7: 65-69, <https://doi.org/10.14419/ijet.v7i1.8810>
17. Fernández-Manso, A., Fernández-Manso, O. & Quintano, C. (2016). SENTINEL-2A red-edge spectral indices suitability for discriminating burn severity. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 50: 170-175.
18. Freedman, D., Pisani, R. & Purves, R. (2007). *Statistics* (4th ed.). New York, NY: W.W. Norton & Company.
19. Filipponi, F. 2018. BAIS2: Burned Area Index for Sentinel-2. *The 2nd International Electronic Conference on Remote Sensing*, 2(7): 364.
20. Immitzer, M., Vuolo, F., & Atzberger, C. (2016). First Experience with Sentinel-2 Data for Crop and Tree Species Classifications in Central Europe. *Remote Sensing*, 8(3): 166, <http://dx.doi.org/10.3390/rs8030166>
21. Kaplan, G. & Avdan, Z. Y. (2020). Space-Borne Air Pollution Observation from Sentinel-5p Tropomi: Relationship Between Pollutants, Geographical and Demographic Data. *International Journal of Engineering and Geosciences*, 5(3): 130-137, <https://doi.org/10.26833/ijeg.644089>
22. Gao, X. P. & Liao, S. Z. (2017). Design and Implementation of Forest Fire Probability Prediction System Based on Bayesian Network. *Comput. Eng. Appl.*, 53(13): 246–251, [10.3778/j.issn.1002-8331.1509-0166](https://doi.org/10.3778/j.issn.1002-8331.1509-0166)
23. García, M. L. & Caselles, V. (1991). Mapping burns and natural reforestation using thematic Mapper data. *Geocarto International*, 6(1): 31-37, <https://doi.org/10.1080/10106049109354290>
24. Gargiulo, M., Giuseppe, D. A., Iodice, A., Riccio, D. & Ruello, G. (2019). A CNN-Based Super-Resolution Technique for Active Fire Detection on Sentinel-2 Data. *ArXiv*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1906.10413>
25. Lanorte, A., Danese, M., Lasaponara, R. & Murgante, B. (2013). Multiscale mapping of the burn area and severity using multisensor satellite data and spatial autocorrelation analysis. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 20: 42-51, <https://doi.org/10.1016/j.jag.2011.09.005>
26. Lasaponara, R., Tucci, B. & Ghermandi, L. (2018). On the Use of Satellite Sentinel 2 Data for Automatic Mapping of Burnt Areas and Burn Severity. *Sustainability*, 10(11): 3889, <http://dx.doi.org/10.3390/su10113889>
27. Lasaponara, R., Proto, A. M., Aromando, A., Cardettini, G., Varela, V. & Danese, M. (2020). On the Mapping of Burned Areas and Burn Severity Using a Self Organizing Map and Sentinel-2 Data. In *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*, 17(5): 854-858, <https://doi.org/10.1109/LGRS.2019.2934503>
28. Liding, C., & Bojie, F. (2000). Ecological significance, characteristics and types of disturbance. *Acta Ecologica Sinica*, 20(4): 581-586.
29. Liu, Z.H.; Yang, J.; He, H.S.; Chang, Y. (2011). Spatial point analysis of fire occurrence and its influence factor in Huzhong forest area of the Great Xing 'a Mountains in Heilongjiang Province, China. *Acta Ecol. Sin.*, 31: 1669–1677.
30. Nasanbat, E., Lkhamjav, O., Balkhai, A., Tseeve-Oirov, C., Purev, A. & Dorjsuren, M. (2018). A Spatial Distribution Map of the Wildfire Risk in Mongolia Using a Decision Support System. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XLII42:(XLII-3/W4), <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-3-W4-357-2018>
31. Pepe, M. & Parente, C. (2018). Burned Area Recognition by Change Detection Analysis Using Images Derived from Sentinel-2 Satellite: The Case Study of Sorrento Peninsula, Italy. *Journal of Applied Engineering Science*, 16(2): 522, 225-232. <https://doi.org/10.5937/jaes16-17249>

32. Seydi, S. T., Akhoondzadeh, M., Amani, M. & Mahdavi, S. (2021). Wildfire Damage Assessment over Australia Using Sentinel-2 Imagery and MODIS Land Cover Product within the Google Earth Engine Cloud Platform. *Remote Sensing*, 13(2): 220, <https://doi.org/10.3390/rs13020220>
33. Silva, J. M., Pereira, J. M., Cabral, A. I., Sá, A. C., Vasconcelos, M. J., Mota, B. & Grégoire, J. M. (2003). An Estimate of the Area Burned in Southern Africa during the 2000 Dry Season Using SPOT-VEGETATION Satellite Data. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 108(D13): 8498, <https://doi.org/10.1029/2002JD002320>
34. Singh, D., Kundu, N. & Ghosh, S. (2021). Mapping Rice Residues Burning and Generated Pollutants using Sentinel-2 Data over Northern Part of India. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 22(3): 100486, <https://doi.org/10.1016/j.rsase.2021.100486>
35. Vetrina, Y., Cochrane, M. A., Priyatna, M., Sukowati, K. A. & Khomarudin, M. R. (2021). Evaluating the accuracy of four MODIS-derived burned area products for tropical peatland and non-peatland fires. *Environmental Research Letters*, 16(3): 035015. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/abd3d1>
36. Yang, X., Jin, X., & Zhou, Y. (2021). Wildfire Risk Assessment and Zoning by Integrating Maxent and GIS in Hunan Province, China. *Forests*, 12(10): 1299, <https://doi.org/10.3390/f12101299>