

БАЙГАЛИЙН БОЛОН ХҮНИЙ ХҮЧИН ЗҮЙЛИЙН НӨЛӨӨЛЛИЙГ ТООЦООЛОН ГАЗРЫН ДОРОЙТОЛ, ЦӨЛЖИЛТИЙГ ҮНЭЛЭХ НЬ

Д.Сайнбаяр^{*1}, Б.Сайнбуян¹, Д.Алтантуяа¹, Б.Нарангэрэл¹, Г.Данзанчадав¹

¹ШУА-ийн Газарзүй-Геоэкологийн Хүрээлэн, Зурагзүй Газарзүйн

Мэдээллийн Системийн Салбар

*e-mail: sainaa_dd@yahoo.com

Abstract

Land degradation and desertification is a comprehensive concept that depends on many factors. To detecting early of land degradation is a significant issue of social and environmental. In this study, climate and remote sensing data were used to estimate change period 2000 to 2014 and accessed it's for effecting on degradation over last 15 years. In addition to, Land degradation possible degradation land is mapped by all integrated indicators and based on spatial pattern of human influence. Pasture use issue is a factor that affecting to the land degradation much in Mongolia with livestock husbandry. Therefore, Land where livestock grazing was used to access area spatially, one of the parameters of human influence factor, was newly issued aspect of our research. In this study, it is shown that non degraded land is 30.07%, severely and moderately and slightly degraded land is 69.93% of study total area.

Түлхүүр үг: ургамалжилын нормчилсон индекс, хуурайшлын индекс, хур борооны бүтээмжит байдал, хүний нөлөөлөл

Нэг. Оршил

НҮБ-ын Цөлжилттэй тэмцэх конвенцид "Уур амьсгалын өөрчлөлт, хүний үйл ажиллагаа зэрэг олон янзын хүчин зүйлийн нөлөөгөөр хуурай, хуурайвтар, чийг дутмаг нутаг оронд газрын доройтол болохыг цөлжилт гэнэ" хэмээн тодорхойлсон байдаг [4,16,18]. Конвенцид 195 орон нэгдэн орсон бөгөөд өнөө үеийн байгаль орчны тулгамдсан асуудал бол газрын доройтол, цөлжилт гэдгийг санал нэгтгэйгээр хүлээн зөвшөөрсөн [11,12]. 1981-2003 оны хооронд дэлхийн 24 %-нь газрын доройтолд өртөөд байгаа бөгөөд үүний 20-25%-нь бэлчээрийн газар байна гэсэн тоо баримт байдаг.

Газрын доройтол, цөлжилтийг үгийн утгаар нь авч үзвэл эх газрын экосистем алдралд орж эсвэл бүтээгдэхүүн буурч, улмаар цөл болох гэсэн утгыг илтгэж байна [13,15]. Өөрөөр хэлбэл экосистем буюу амьд биес тэдгээрийн амьдрах орчны нэгдэл алдралд орно гэсэн үг. Энэ нь уур амьсгалын (ган, цаг уурын элементийн экстремал үзэгдэл нэмэгдэх), гидрогеологийн (гүний усны түвшин буурах), хөрсөн бүрхэвчийн (хөрс давсжих), ургамал нөмрөгийн (ургамал нөмрөг алдрах), биологийн төрөл зүйл алдралын (төрөл зүйл хорогдох, устах) зэрэг динамик үйл явцын өөрчлөлтөөр илэрдэг [15]. Байгалийн хүчин зүйл дээр хүний нөлөөлөл орж ирснээр доройтлын явцыг эрчимжүүлж цөлжилтинд хүргэх нөхцлийг бүрдүүлнэ. Хуурай газар оронд газрын доройтол болоход энэ нь яг цөл шиг нөхцлийг бий болгодог [13] шалтгаан нь хөрсний чийг хангамж бага, хур тунадас хязгаарлагдмал, улирлын температурын хэлбэлзэл их байдагтай холбоотой. Иймээс хуурай, хуурайвтар, чийг дутмаг нутаг орон нь байгалийн болон хүний сөрөг нөлөөлөлд эмзэг нутаг орон юм. Энэ нь эцсийн дүндээ биологийн бүтээгдэхүүн буурснаар эдийн засгийн чадавхийг бууруулж, ядуурал, хоол тэжээлийн хомсдолд бий болох нөхцөлд хүргэнэ.

НҮБ-ийн Хүнс Хөдөө Аж Ахуйн Газрын Хуурай бүс нутагт Газрын Доройтлыг Үнэлэх /UN/FAO, LADA/ хөтөлбөрөөс гаргасан индикаторуудыг сонгон улс орон, орон нутгийн түвшинд газрын доройтлыг үнэлэх судалгааг олон эрдэмтэд хийсэн (Z.G.Bai, D.L.Dent, Thomas P.Higginbottom, R.Pance, Joseph P.Spruce гм). Монгол орны хувьд ган цөлжилтийн талаар олон эрдэмтэд судалгаа хийсэн байдаг [21]. Судлаачдын судалгаагаар цөлжилт хүчтэй болон нэн хүчтэй илэрсэн тухайн газар нутагт байгалийн

хүчин зүйл 56 %, хүний үйл ажиллагааны нөлөө 44 % -г эзэлж байна [14]. Уур амьсгалын хүчин зүйлийн талаас нь цөлжилтийг Л.Нацагдорж, Ж.Дуламсүрэн, Ц.Цацрал нар нэлээд цар хүрээтэй судалгааг хийсэн байна [18]. Мөн Д.Даш ургамлын индекс /NDVI/-ийн сүүлийн 10 жилийн өөрчлөлтөөр цөлийн бүсийн эзлэх талбай 3.4%-иар нэмэгдэж, дунд зэргээс маш хүчтэй цөлжилт илэрсэн гэжээ. Мөн NDVI-олон жилийн дунджаар авч газрын доройтолд цөлжилтийн судалгаанд ашигласан байдаг [8]. Энэ нь бүтээгдэхүүний хандлагыг илэрхийлэхгүй учраас тийм ч тохиромжтой биш юм.

Газрын доройтлын судалгаанд өгөгдлийн тасралтгүй байдал, нарийвчилал зэрэг нь хамгийн чухал төдийгүй олон хүчин зүйлээс хамаарсан нийлмэл үйл явц юм. Үүнийг хангах өгөгдөл бол зайнаас тандангийн технолги дээр суурилсан “Earth observation” буюу дэлхий ажиглалтын мониторинг сүлжээний мэдээллийн өгөгдөл юм. Энд ургамалжилын нормчилсон индекс /NDVI/, ургамлын цэвэр бүтээмж /NPP/ -ийг ашиглахад тохиромжтой [10]. Ургамал бүрхэвч нь хөрсөнд органик бодисыг хуримтлуулахаас гадна хөрс үүсэх үйл явцад механик үйлчилгээ үзүүлдэг. Үүнээс ургамал бүрхэвчийн өөрчлөлт нь эргээд хөрсний элэгдэл эвдрэлд нөлөөлдөг. Мөн NDVI-нь хур тунадасны өөрчлөлт, гангийн индекс, газрын бүрхэвчийн өөрчлөлт, хөрсний алдрал зэрэгтэй харилцан хамааралтай газрын доройтлын индикатор [4] гэдгийг FAO/LADA-техникийн тайланд дурьдсан байдаг. Тэгвэл ургамал бүрхэвчийн өөрчлөлтийн шалтгаан юу вэ. Энд уур амьсгалын өөрчлөлт болон хүний үйл ажиллагаа нь ургамал бүрхэвчийн өөрчлөлтийн гол шалтгаан. Судлаачид MODIS хиймэл дагуулын NDVI-ийн урт хугацааны мэдээг ашиглан түүний шугаман регрессийн налалтын өнцгөөр хандлагыг гаргаж газрын доройтол цөлжилтийн судалгааг хийсэн байдаг [1,2,10,18].

Цөлжилтийг илрүүлэхээс гадна түүнийг үнэлж чадамжийг нь тодорхойлох хамгийн чухал. Газрын доройтлын илрэлийн зэрэг нь цөлжилтийн эрчмийг илэрхийлдэг [13]. Энд газрын доройтлын илрэл (цөлжилтийг зэрэглэлээр)-ээр сул, дунд зэрэг, хүчтэй гэсэн 4 зэрэглэлээр нэгдсэн үнэлгээг гаргадаг [15]. Газрын доройтолд хүний хүчин зүйл болон уур амьсгалын хүчин зүйл салангид ойлголт хэвээр байгаа нь гол бэрхшээл болсоор байна [3]. Иймээс судалгаандаа газрын доройтлыг байгалийн болон хүний хүчин зүйлийн нөлөөг тооцон эдгээрийг давхцуулан газрын доройтлыг үнэлэн улмаар газрын доройтол цөлжилтөнд өртөж байгаа газрын оронзайн загварыг гаргахыг зорилоо.

Хоёр. Судалгаанд ашигласан мэдээ, боловсруулалт, аргазүй

Судалгааны талбай: Булган аймаг Монгол орны хойд захад далайн төвшнөөс дээш 950-2000 гаруй метрт өргөгдсөн, газар нутгийн хэмжээ 48733 км² буюу улсын нийт нутаг дэвсгэрийн 0.3 хувийг эзлэн оршино. Нийт 16 сум, 75 багтай. 2014 оны байдлаар аймгийн нийт хүн амын тоо 57508, малын тоо 3 132 786 байна. Байгалийн бүс бүслүүрийн хувьд нутгийн хойд хэсгээсээ урагшаа чиглэсэн уулын тайга, уулын ойт хээр, хуурайвтар хээр гэсэн бүсүүдэд [16] орших бөгөөд үүгээрээ онцлог аймаг юм. 2005, 2014 онуудад бэлчээр ашиглалтын ургамал, хөрсний хээрийн судалгаа явагдсан [20]. Тайлангаас дурьдвал:

- Ургамлын хээрийн судалгаанд 2005 оны зуны судалгаагаар дунд ашиглагдсан бэлчээрийн дундаж ургац 10.1 ц/га байсан бол 2014 оны судалгаагаар дунд ашиглагдсан бэлчээрийн ургац дунджаар 4.4 ц/га болж буурсан байна.
- Хөрсний хээрийн судалгаанд хүний болон малын хөлийн нөлөөгөөр эвдрэлд орж талхагдалд өртсөн талархаг газрын элсэнцэр хархүрэн ба хүрэн хөрсний ялзмагийн хэмжээ 0.737-2.835%, харин голын хөндийн аллювийн элсэнцэр бараан хөрсний хөрсний ялзмагийн хэмжээ 0.352-2.193% байсан ба эдгээр

доройтолд өртсөн нутгууд нь сумын төвийн ойр орчимд болон ил задгай усан сан бүхий газруудад хөрсний доройтлын хэмжээ ихтэй байна.

- Зарим газруудад элсжсэн талбайн хэмжээ нэмэгдэж, хөрс үржил шимээр ядуурч байгаа. Суурин газрын орчим элсэн хуримтлал үүсч эхэлсэн.
- Орхигдсон тариалангийн талбайнуудад ихэнхдээ хөл газрын ургамал ургаж, үр нь орчны бэлчээрийн талбайд тархаж бэлчээрийн ургамлын доройтлыг бий болгож байна.
- Сум, суурин газрууд орчмын бэлчээрийн газар мөн ил задгай усан сан бүхий газруудын 1-3 км радиуст мал усалгааны улмаас хөрс тодорхой хэмжээгээр эвдрэлд орсон.

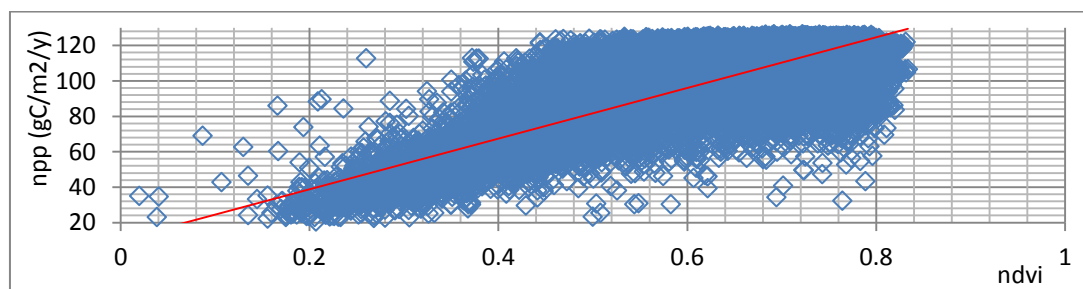
Тайлангаас үзвэл Булган аймаг нь газрын доройтолд өртөж байгаа бөгөөд цаашлаад доройтол эрчимшиж цөлжилтөнд өртөх эрсдэлтэй нь судалгааны талбай болгон сонгон авах үндэс болсон.

Судалгаанд ашигласан мэдээ, материал

Уур амьсгалын мэдээ. Монгол орны газар нутгийг жигд хамарсан цаг уурын 60 станцын 2000-2014 оны 6, 7, 8-р сарын агаарын дундаж температурын мэдээ, нийлбэр хур тунадасны мэдээг хуурайшлын индексийг тооцоолоход ашигласан. Судалгаанд орон зайн анализ хийхэд станцын хур тунадасны мэдээ хангалтгүй. Иймээс NASA болон Японы сансар судлалын төвийн хамтран хөөргөсөн TRMM хиймэл дагуулын 0.25° грид нарийвчлалтай TRMM 3b43- гадаргын хур тунадасны мэдээг net CDF форматаар татаж Монгол орны хилээр тасдан, түүнийг point (5341)–руу хөрвүүлж цаг уурын станцын мэдээтэйгээ нэгтгэн он тус бүр дээр орон зайн хуваарилалтын зураг гаргаж хур борооны бүтээмжит байдлын оронзайн тархалтын анализ хийхэд ашигласан.

Ургамлын нормчилсон индекс /NDVI/: MODIS хиймэл дагуулын MOD13A3 бүтээгдэхүүн болох 1 км-ийн нарийвчлалтай 2000-2014 оны 6, 7, 8-р сарын NDVI- ийн мэдээг ашигласан.

Ургамлын цэвэр бүтээмж /NPP/: NDVI –нь биомасс биш бөгөөд шууд NPP утгаар авч болохгүй гэсэн байдаг [10]. Иймээс “CASA model”-ийг ашиглан 1 км-ийн нарийвчлалтайгаар тооцоолсон ургамлын цэвэр бүтээмж (NPP)-ийг авч ашиглалаа [19]. Газрын доройтлын судалгаанд мэдээний тасралтгүй байдал чухал. Иймээс 2000-2010 оны 6, 7, 8-р сарын дундаж NPP болон NDVI-н хоорондын хамаарлаар NPP –г тооцоолох шугаман регрессийн тэгшитгэлийг 55503 цэг дээрхи утгаар гарган авсан. Энд: $y=142.63756x+10.41169$ ($R=0.77$ $R^2=0.6048$ $p=0.0000$). Уг тэгшитгэлийг ашиглан 2000-2014 оны 6, 7, 8-р сарын дундаж NPP –г тооцоолон гаргаж хур тунадасны бүтээмжит байдлын тооцоонд ашиглалаа (зураг1).



Зураг 1. NPP болон NDVI –ийн хоорондын хамаарлын регрессийн тэгшитгэлийг тооцоолсон цэгэн диаграмм

Вектор өгөгдөл: Булган аймгийн зам, хүн ам суурьшсан газар болон газар ашиглалтын бусад хэлбэр болох хөдөө аж ахуйн эдэлбэр буюу тариалангийн газар, атаршсан газрын вектор өгөгдлийг Landsat ETM 2010 оны зургийг ашиглан ялган зурж вектор өгөгдлийг ашигласан. Мөн 2014 оны хээрийн судалгаанаас малчин өрхийн өвөлжөө хаваржааны байршлийн координатыг оруулан оронзайн анализ хийхэд ашигласан.

Судалгааны индикаторуудын тодорхойлолт, боловсруулалт

Цөлжилтийн тодорхойлолтоос харахад цөлжилт нь хүний үйл ажиллагаа болон уур амьсгал зэрэг олон хүчин зүйлээс хамаарахаас гадна хамгийн гол нь нэлээн урт хугацааны үйл явц юм. Мөн өмнө өгүүлж байсныг үндэс болгон газрын доройтлыг илрүүлэхэд хуурайшлын индекс, ургамалжилын нормчилсон индекс, хур борооны бүтээмжит байдал болон хүний нөлөөллийн индексүүдийг индикатораар авлаа.

Хуурайшлын индекс: Цаг уурын 60 станцын 2000-2014 оны 6, 7, 8-р сарын нийлбэр хур тунадасны мэдээ, агаарын дундаж температурын мэдээг ашиглан он тус бүр дээр De Martonne томъёогоор тооцоолсон [7, 9]:

$$I = \frac{P}{(T_m + 10)} \quad (1)$$

Энд P - нь сарын нийлбэр хур тунадас, T_m – нь сарын дундаж температур LADA-аас гаргасан тодорхойлолтоор хуурайшлын индекс нь тухайн газар нутгийн уур амьсгалын хуурайшлын зэргийг тоон утгаар илэрхийлэх индикатор гэсэн байдаг [4]. Түүнчилэн энэ нь экосистемийн нэг характеристик болох хөрсний чийг багтаамжийг тодорхойлогч нэг үзүүлэлт юм. Хөрсний чийг нь ургамлын ургалтын байдал, тархалт, хөрсний микробиолын үйл явц, хөрсний элэгдэл, салхины элэгдэл болон хөрсний шинж чанарт ихээхэн нөлөөлдөг бөгөөд хуурай бүс нутагт газрын доройтлын үнэлгээний салшгүй нэг хэсэг юм.

Ургамалжилын нормчилсон индекс /NDVI/: Цөлжилтийн үнэлгээнд зайнаас тандан судлалын хэрэглээ нь ихэвчлэн ургамлын нягтшил дээр суурилсан нийлмэл процессуудын дүн шинжилгээ байдаг. Хамгийн тохиромжтой индекс бол NDVI юм. Энэ нь ногоон ургамал гэрлийг улаан гэрлийн мужид ихээр шингээж, нил улаан туяаны ойрын мужид ихээр ойлгодог спектр шинж дээр тулгуурласан ургамлан нөмрөгийн нормчилсан утга. NDVI -нь газрын доройтлыг үнэлэх [1,2,4], цувааны анализ хийхэд тохиромжтой бүтээгдэхүүн юм [1,6]. Зайнаас тандан судлалаар ургамлын индексийг тодорхойлно гэдэг нь газрын нөхцөл болон хур тунадаснаас хамааран ургамлын идэвхижилийн үнэлгээний хамгийн өндөр чадамжийг илрүүлэх явдал юм [3]. Энэ индекс нь газрын 50 болон түүнээс илүү хувь нь ургамлаар бүрхэгдсэн байхад ашиглахад илүү тохиромжтой, харин түүнээс бага байх тусам хиймэл дагуулын хүлээн авч байгаа радиац нь нүцгэн хөрснөөс ирж байгаа радиац давамгайлдаг [4]. Урт хугацааны турш дахь ургамлын индексийн үргэлжилсэн бууралт нь цөлжилт болох дохио болдог (Lantieri, 2003) гэсэн байдаг. Иймээс хугацааны анализ хийж өгөгдсөн хугацаан дахь хандлагыг тодорхойлох нь доройтлыг илрүүлэхэд чухал индикатор болно.

Хур борооны бүтээмжит байдал /RUE/: RUE –нь ургамлын цэвэр бүтээмжийг хур тунадас харьцуулсан харьцааг хэлнэ [4]. Үүнийг дараах томъёогоор тодорхойлдог (2):

$$RUE = \frac{NPP_{summer}}{R_{summer}} \quad (2)$$

NPP_{summer} - NPP -н тухайн жилийн 6,7,8 -р сарын нийлбэр утга, R_{summer} - тухайн жилийн 6,7,8 –р сарын нийлбэр хур тунадас. Өөрөөр хэлбэл ургамлын ургалтанд шаардагдах хур тунадасны хэмжээ гэж хэлж болно. Түүнчилэн хур борооны бүтээмжит байдал

болох ургац, хур тугадасны хамаарал нь газрын доройтолд үзүүлэх хүний үйл ажиллагааны нөлөө, түүгээр тодорхойлогдох доройтлын нийтлэг үйл явцыг илтгэж чадна гэж үзсэн байдаг [2].

Хүний нөлөөллийн индекс: Газрын доройтолд байгалийн хүчин зүйлээс гадна хүний үйл ажиллагааны нөлөөлөл их байдаг. Үүнийг газар ашиглалтын өөрчлөлтөөр үнэлдэг. Гэхдээ манай орны хувьд жижиг масштабын зургийг гаргахад газар ашиглалтын хэлбэрүүд ихээхэн тойм эзлэх талбай тун бага гарна. Харин газрын доройтол, цөлжилтөнд хамгийн их талбайг хамран нөлөөлж байгаа гол хүчин зүйл бол бэлчээрийн мал аж ахуй юм. Бэлчээрийн мал аж ахуй нь газар ашиглалтын хувьд мал бэлчээрлэх өргөн талбайг хамардаг бөгөөд үүнийг тооцох нь төвөгтэй асуудал юм. Мал хэт их бэлчээрлэснээр ургамлын төрөл зүйл буурах, хөрсний механик бүтцэд өөрчлөлт орж улмаар газар доройтож, цөлжилт болох их үндэс болдог. Иймээс мал бэлчих оронзайгаар нь авах нь оновчтой гэж үзлээ. Иймд хүний үйл ажиллагааны нөлөөллийг Сандерсоны 2002 онд гаргасан тодорхой оронзай гарган үнэлж экосистемд хүний үзүүлэх нөлөөллийг тооцох аргагүй [5] дээр үндэслэн тооцоог хийлээ. Монгол оронд тохируулан хүний нөлөөллийн индексийг тооцоолохдоо малчин өрхийн өвөлжөө, хаваржааны байршлийн нягтшил, тариалан, атаршсан газар, улсын болон орон нутгийн чанартай зам, хүн ам төвлөрсөн суурин газар гэсэн вектор өгөгдлийг сонгон авсан. Доройтолд үзүүлэх нөлөөллөөр оронзайн бүсчилэл үүсгэн 0-3 оноогоор үнэлж, нэгтгэн хүний нөлөөллийн оронзайн зургийг гаргасан. Үүнд:

- 0 – нөлөөлөлгүй
- 1 – бага зэрэг нөлөөлөлтэй
- 2 – дунд зэрэг нөлөөлөлтэй
- 3 – их нөлөөлөлтэй

Энд малчдын хамгийн удаан хугацаагаар байрших өвөлжөө, хаваржааны байршлыг оруулан түүний 1 км кв талбайд ногдох нягтшилаар нь үнэлсэн (хүснэгт 1). Үүнд:

Хүснэгт 1. Малчин өрхийн өвөлжөө, хаваржааны байршилийн 1 км² талбайд ногдох тооны үнэлгээ

Нягтшил	Доройтолд үзүүлэх нөлөө оноо
0-0.034	0
0.0341-0.1	1
0.11-0.17	2
0.171-0.32	3

Харин таралангийн талбайг 3-аар, хадлангийн талбайг 1 – оноогоор, бусад өгөгдлийг тодорхой зайд оронзайн бүсчилэл үүсгэн нөлөө үзүүлэх эрэмбээр 0-3 оноогоор үнэлсэн. Үүнд аймгийн төвийн суурьшлаас 5 км хүртэлх зайг хамгийн их нөлөөтэй буюу 3 оноогоор, 5-10 км хртэлх зайг 1 оноогоор, сумын төвийн суурьшлаас 5 км хүртэлх зайг 1 –оноогоор авсан. Замын нөлөөллийг доорх хүснэгтэнд үзүүлснээр авлаа [4]. (хүснэгт 2)

Хүснэгт 2. Замаас алслагдах зайцаар газрын доройтолд үзүүлэх нөлөөг үнэлсэн үнэлгээ

Замын ашиглагдах төрөл	Үнэлэгдэх зайц			
	0-90 м	90-500 м	500-1000 м	1000 м<
Улсын чанартай зам	3	2	1	0
Орон нутгийн зам	2	1	0	0

Судалгааны аргазүй

Судалгааны аргазүй нь хугацааны анализ, нэгдсэн үнэлгээ гэсэн үндсэн 2 хэсгээс бүрдэнэ. Газрын доройтлыг гаргахдаа AI-н өгөгдсөн хугацааны дундажийг, NDVI болон RUE –н өгөгдсөн хугацааны өөрчлөлт болон хандлагыг, хүний нөлөөллийн индексийг газрын доройтолд үзүүлэх оронзайн нөлөөллөөр нь тус тус тооцож, тэдгээрийг доройтлын зэрэглэлээр үнэлж, нэгтгэн газрын доройтол, цөлжилтийн нэгдсэн зураг гаргалаа.

1. *Хугацааны анализ*: Хуурайшлын индекс /AI/ нь уур амьсгалыг тодорхойлогч хүчин зүйл учраас судалгаанб талбайн 2000-2014 оны хооронд дунджаар нь авч оронзайн анализ хийлээ. Харин ургамалжилын нормчилсон индекс /NDVI/, хур борооны бүтээмжит байдал /RUE/ -ийн өгөгдсөн хугацааны жилийн дундаж өөрчлөлтийн хувийг доорх томъёогоор тооцлоо (3):

$$\text{Average annual \% Change in Indicator} = \frac{(\sum_{i=2}^n \frac{Ind_i}{Ind_{baseline}} - 1) * 100\%}{n-1} \quad (3)$$

Энд Ind –сонгон авсан үзүүлэлт, n –судалгаанд хамрагдсан жилийн тоо, i – эхний жил, $Ind_{baseline}$ -индикаторын суурь он буюу 2000 оны (x;y) байршил дээрх утга. Дээрхи томъёогоор тооцоолсноор тухайн индикаторын 2000 онтой харьцуулахад өгөгдсөн хугацааны турш хаана бууралт, өсөлт байгааг гаргаж доройтол болж байгаа газрыг илрүүлнэ. Өөрөөр хэлбэл дээрхи томъёогоор тодорхойлсон хэмжигдэхүүний эерэг тэмдэг нь өссөн хандлагыг, сөрөг тэмдэг нь буурсан хандлагыг илэрхийлнэ.

2. *Доройтлын нэгдсэн үнэлгээ*: Сонгон авсан индикаторуудын оронзайн хуваарилалтын утгыг газрын доройтол, цөлжилтөнд үзүүлэх нөлөөллөөр ангилан 0-3 оноогоор үнэлэн нэмж газрын доройтол, цөлжилтийн нэгдсэн зургийг гаргалаа. Үүнийг томъёолвол (4):

$$IA = AAI + ANDVI + ARUE + ANII \quad (4)$$

Энд IA – нэгдсэн үнэлгээ, AAI –үнэлэгдсэн хуурайшлын индекс, ANDVI- үнэлэгдсэн ургамалжилын нормчилсон индекс, ARUE –үнэлэгдсэн хур борооны бүтээмжит байдал, ANII –үнэлэгдсэн хүний нөлөөллийн индекс. Ургамалжилын нормчилсон индекс болон хур борооны бүтээмжит байдлыг ангилахдаа судалгааны хугацаанд өссөн буюу эерэг утгаас буурсан буюу сөрөг утгаруу нь харгалзан 0-3 оноогоор үнэлж ангилсан. Харин хүний нөлөөллийн индекс болон хуурайшлын индексийг утгын өсөх дарааллаар харгалзан үнэлсэн. Үнэлэхдээ доройтлын илрэл нь цөлжилтийн эрчмийг илтгэнэ гэж үзээд дараах шалгуурыг баримтлан үнэлгээ өглөө. Үүнд:

0 - газрын доройтол илрээгүй (цөлжилт явагдаагүй)

1 - газрын доройтол бага зэрэг илэрсэн (цөлжилтөнд өртөх боломжтой)

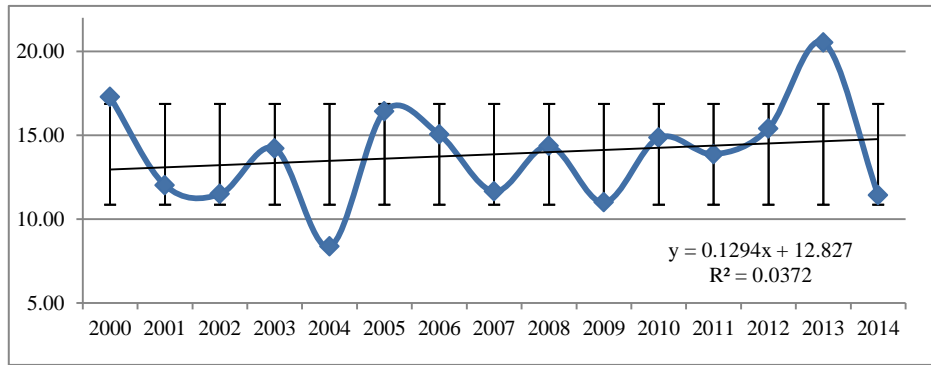
2 - газрын доройтол дунд зэрэг илэрсэн (бага зэрэг цөлжилтөнд өртөж байгаа)

3 - газрын доройтол хүчтэй илэрсэн (цөлжилтөнд өртөж байгаа)

Гурав. Үр дүн

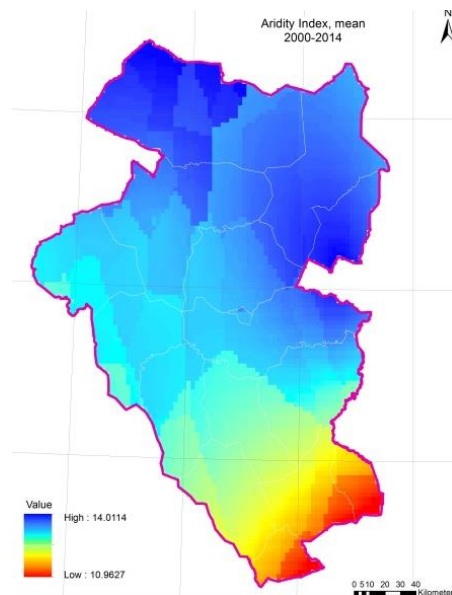
1. Хуурайшлын индекс

De Martonne-ийн тодорхойлсноор хуурайшлын индексийг судалгааны талбайд байрлах Булган станц дээр тооцож үзэхэд утга нь De Martonne-ийн уур амьсгалын ангиллаар хуурай, хагас хуурайгаас бага чийглэг гэсэн ангилалд хамаарч байна. Энэ нь өмнө нь дурьдчиланчлан хөрсөн дэх микробиолийн явцад сөргөөр нөлөөлж цаашлаад хөрс нүцгэрэх явцыг түргэсгэнэ. Мөн хуурайшлын индексийн динамикуыг авч үзвэл сүүлийн 15 жилийн хугацаанд хуурайшил ерөнхийдөө буурах хандлагатай байна (Зураг 2).



Зураг 2. Булган станц дээр тооцоолсон De Martonne-ийн хуурайшлын индекс

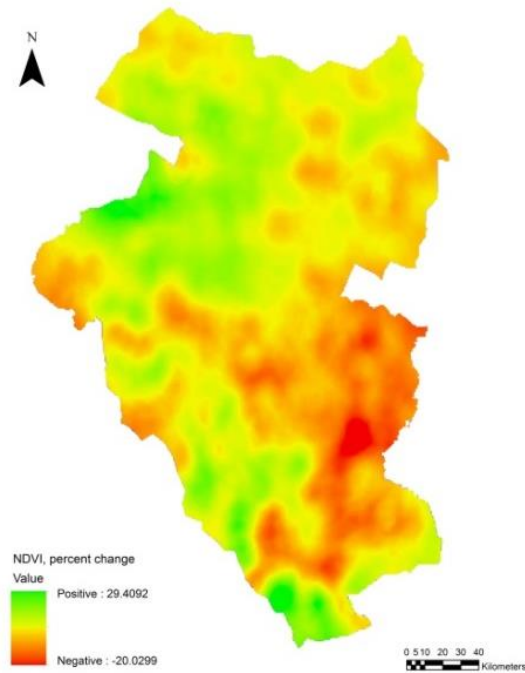
Хуурайшлын сүүлийн 15 жилийн дундажийн оронзайн хуваарилалтаас харахад судалгааны талбай өмнөд хэсэгт буюу хуурай хээрийн бүсэд хуурайшилт ихтэй, газрын доройтол явагдаж цөлжилтөнд хамгийн ихээр өртөх эрсдэлтэй нь харагдаж байна (зураг 3).



Зураг 3. De Martonne –ийн хуурайшлын индексээр тооцоолсон хуурайшлын индексийн оронзайн зураг (2000-2014оны дунджаар)

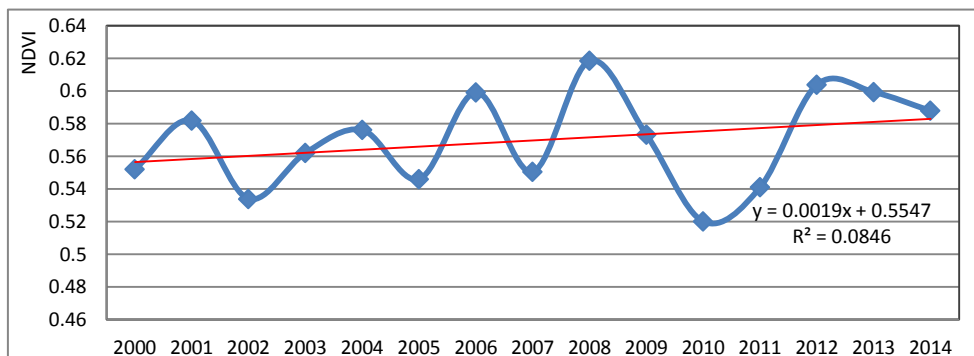
2. NDVI өөрчлөлтийн хувь (2000-2014)

Судалгааны талбайн NDVI-ийн өөрчлөлтийн хувийг 2000-2014 оны хооронд (x;y) пиксел бүр дээр өөрчлөгдсөн өөрчлөлтийг олж тооцоолон гаргахад нийт пикселийн 63.44 % дээр нь эерэг буюу өссөн, 36.55 % дээр сөрөг буюу буурсан гарлаа. (Зураг 4)



Зураг 4. Булган аймаг. NDVI-ийн жилийн дундаж өөрчлөлтийн хувь (2000-2014 оны 6, 7, 8-р сарын өгөгдлөөр)

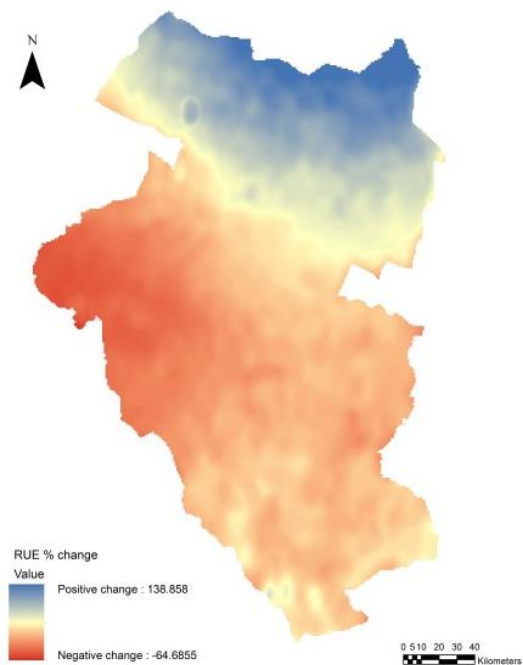
Зургаас харахад нутгийн зүүн өмнөд хэсгээр NDVI-ийн утга 2000-онтой харьцуулахад 15 жилийн хугацаанд жилээс жилд буурсаар хамгийн багадаа 20.02%-аар буурсан буюу эдгээр буурсан газар нутагт газрын доройтолд өртөж байна. Харин хойд болон баруун хэсгээр эерэг хандлага үзүүлсэн буюу NDVI-ийн утга хамгийн ихдээ 29.4 %-аар өссөн. Энэ нь ургамал бүрхэвч өссөн боловч газар доройтоогүй гэсэн үг биш юм. Үүнийг хээрийн судалгаагаар ургамлын төрөл зүйлийн хэмжилтээр шалгах болно. Судалгааны талбайг хамарсан 926.77 м-ийн нарийвчилалтай 56515 цэгийн судалгааны хугацаан дахь дунджаар нь динамикийг авч үзвэл өссөн хандлагатай байна (зураг 5).



Зураг 5. Судалгааны талбайн ургамлан бүрхэвчийн нийт пикселийн дундажын өөрчлөлт

3. Хур борооны бүтээмжит байдлын өөрчлөлтийн хувь

Хур борооны бүтээмжит байдал нь биомассын бүтээгдэхүүнд хур тунадасны хэлбэлзэл хэрхэн нөлөөлж байгааг илэрхийлсэн параметр юм. Энэ хэмжигдэхүүний эерэг хандлага нь газрын сэргэлтийг сөрөг хандлага нь газрын доройтлыг илэрхийлдэг (зураг 6).

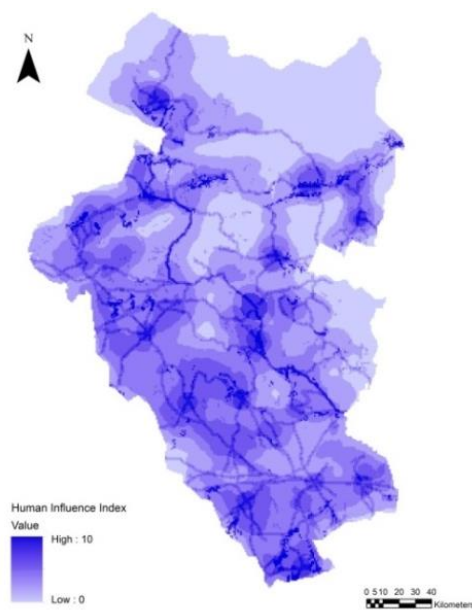


Зураг 4. Булган аймаг. хур борооны бүтээмжит байдлын жилийн өөрчлөлтийн хувийн орон зайн хуваарилалт (6-8-р сарын утгаар тооцоо хийгдсэн), 2000-2014он

Зургаас харахад нутгийн хойт хэсэг буюу тайга, ойт хээрийн бүсэд эерэг өөрчлөлттэй, харин хуурай хээрийн бүсэд сөрөг өөрчлөлттэй гарсан байна. Нийт судалгааны талбайн (x;y) пикселийн байршил бүр дээрх өөрчлөлтийг авч үзвэл нийт пикселийн 54.5 % дээр нь эерэг буюу өсөж хамгийн ихдээ 138.85 % өссөн, нийт пикселийн 45.5 % дээр сөрөг буюу буурч хамгийн багадаа 64.68 %-д хүрчээ.

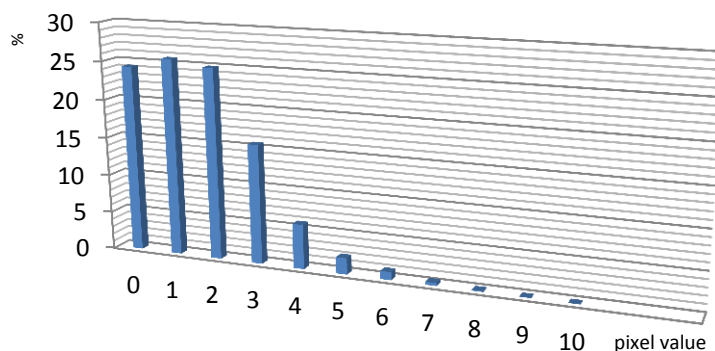
4. Хүний үйл ажиллагааны нөлөөлөл

Хүний нөлөөллийн индексийн дараах оронзайн хуваарилалтын зураг гарлаа (зураг 7).



Зураг 7. Хүний үйл ажиллагааны нөлөөллийн оронзайн тархалт

Зургаас харахад тус судалгааны талбайд хамгийн ихдээ 3-4 хэмжигдэхүүн давхцсан. Энд аймаг сумын төвийн ойролцоох бэлчээр, тариалангийн талбайн давхцал хамгийн их, нийт давхцлын жингийн талбайн хуваарилалтаар нь харвал мал бэлчээрлэх талбай ихээхэн нөлөөлж байгаа нь харагдаж байна. Пикселийн утгаар эзлэх хувийг авч үзвэл хүний нөлөөлөлд өртөөгүй газар нь 24.3 % (пикселийн утга 0), ямар нэг хэмжээгээр хүний үйл ажиллагааны нөлөөлөлд 75.7 % (пикселийн утга 1-10 оноо)- өртөж эдгээр газрууд доройтолд орж цөлжилтөнд өртөх магадлалтай юм (зураг 8).



Зураг 8. Хүний үйл ажиллагааны индексийн пикселийн утгын эзлэх хувь

Өөрөөр хэлбэл судалгааны нийт талбайн 75.7 % нь их бага хэмжээгээр газрын доройтолд өртөж байгаа бөгөөд цөлжилтөнд өртөж болзошгүй гэж ойлгож болно.

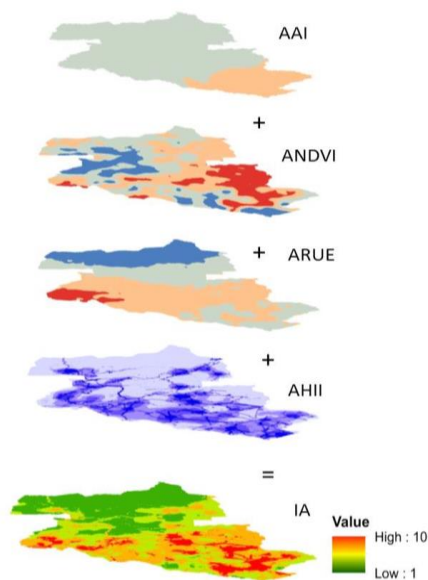
5. Газрын доройтол, цөлжилтийн нэгдсэн үнэлгээ

Бидний сонгон авсан индикаторуудыг газрын доройтол, цөлжилтийн зэрэглэлд зөв ангилах нь хамгийн чухал. Нэгдсэн үнэлгээний зургийг бусад үнэлэгдсэн индикаторуудын зурагтай хамаарлыг тооцоход корреляци коэффициент нь 0.3-0.7 гарлаа (хүснэгт 3).

Хүснэгт 3. Нэгдсэн үнэлгээ ба үнэлэгдсэн индикаторуудын хоорондох хамаарал

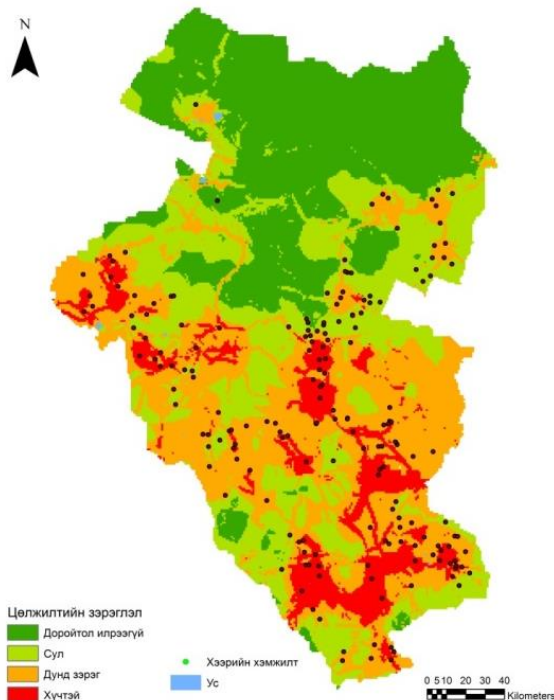
Layer	Нэгдсэн үнэлгээ (IA)	Үнэлэгдсэн индикаторууд			
		AI	NDVI	RUE	HII
IA	1	0.3	0.6	0.7	0.7
AAI	0.3	1	0.1	0.1	0.2
ANDVI	0.6	0.1	1	0.3	0.0
ARUE	0.7	0.1	0.3	1	0.3
AHII	0.7	0.2	0.0	0.3	1

Ингээд үнэлэгдсэн индикаторуудыг нэгтгэж газрын доройтол, цөлжилтийн нэгдсэн зургийг гаргалаа (зураг 9).



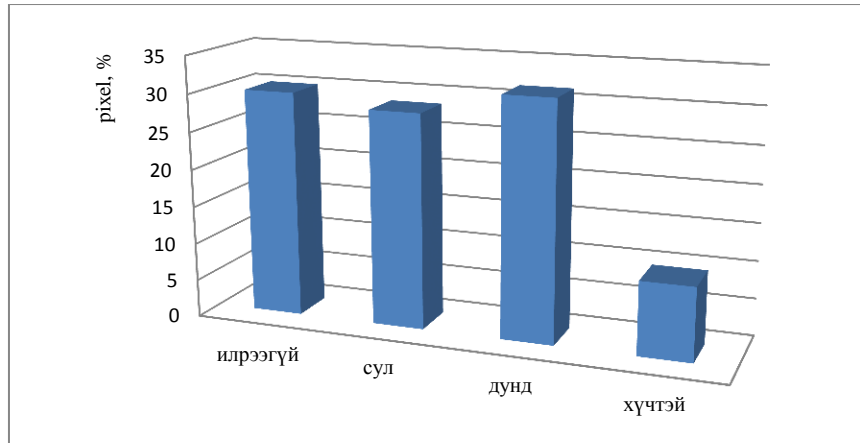
Зураг 9. Үнэлэгдсэн индикаторууд ба газрын доройтол-цөлжилтийн нэгдсэн зураг

Нэгдсэн зургаас харахад пиксел хамгийн ихдээ 10 гарсан нь 3-аар үнэлэгдсэн дор хаяж 3 индикаторын давхцал байна. Газрын доройтол, цөлжилтийн нэгдсэн зургийг 0-3 оноогоор үнэлж зэрэглэлд хуваавал дараах зураг гарсан (зураг 10).



Зураг 10. Нэгдсэн үнэлгээ, хээрийн хэмжилтийн цэгийн байршил

Дээрхи зургаас харвал доройтолд өртөөгүй газрын ихэнхи хэсэг нь ойн сан бүхий газар байна. Нэгдсэн зураглалын доройтол, цөлжилтийн зэрэглэлд харгалзах пикселийн эзлэх хувиар нь авч үзвэл судалгааны талбайн нийт пикселийн 30.07 % -д нь доройтол илрээгүй, 28.55 %-д нь газрын доройтол бага илэрсэн (цөлжилтөнд өртөх боломжтой), 31.61 %-д газрын доройтол дунд зэрэг илэрсэн (бага зэрэг цөлжилтөнд өртөж байгаа), харин 9.77 %-д нь газрын доройтол хүчтэй илэрсэн (цөлжилтөнд өртөж байгаа) гэж гарлаа (зураг 11).



Зураг 11. Доройтлын зэрэглэлд pixel-н утгын эзлэх хувь

Нэгдсэн үнэлгээнээс нийт газар нутгийн 69.93 % их бага хэмжээгээр газрын доройтолдо орж цөлжилтөнд өртөж байна.

Ургамал нөмрөгийн хээрийн хэмжилт болон ажлын нарийвчилал

2014 онд судалгааны талбарт ургамлан нөмрөгийн хээрийн хэмжилт хийсэн. Нийт 192 цэг дээр ургамлан нөмрөгийн тусгагийн бүрхэц, 1 м^2 талбай дахь ургамлын зүйлийн тоо, биомасс, биомассд эзлэх ургамлын төрөл зүйлийн хувь зэргийг тодорхойлсон. Газрын доройтлыг ургамал бүрхэцийн тусгагийн бууралтаас харж болохоос гадна ургамлан нөмрөгийн бүтцээр тодорхойлдог. Хээрийн хэмжилтээр газрын доройтлын 3 зэрэглэл илэрсэн бөгөөд эдгээр бүх цэг дээр газар их бага хэмжээгээр доройтсон байна. Ургамлан нөмрөгийн хээрийн хэмжилтээр доройтсон газрыг тодорхойлвол:

- Бага доройтсон газрын ургамал нөмрөгийн тусгагийн бүрхэц дунджаар 58.1-82.8%. Энэ бүлгэмдлүүдийн 1 м^2 талбайд дунджаар 10-20 зүйл ургамалтай. Нийт биомасс нь 45.3-86.3 г/ м^2 байна. Ургацын бүтцийг авч үзвэл үетэний биомасс нийт биомассын 58-85%-ийг эзэлж байгаа онцлог ажиглагдав. Алаг өвсний биомассын хэмжээ 23-40% их байна. Судалгааны цэгүүдэд улалжны биомасс (1-8%) болон буурцагтны биомасс (1-3%), шарилжны биомасс (5-10%) тус тус бага байна. Нийт биомассын хэмжээ ургац бүрдүүлэгч ургамлын амьдралын хэлбэрээс ихээхэн хамаарч байна.
- Дунд зэрэг доройтсон газрын ургамал нөмрөгийн тусгагийн бүрхэц дунджаар 51.7-64.5%, зүйлийн тоо 10-15 ширхэг тус тус хэлбэлзэж байна. Нийт биомасс нь 22.9-56.6 г/ м^2 байна. Ургамал бүлгэмдлийн бүтэц бүрэлдэхүүний үзүүлэлтүүд бага доройтсон бэлчээрийнхээс буурсан байна. Үетэн, алаг өвсний биомасс багасч шарилжны биомасс нэмэгдсэн байна.
- Их доройтсон газрын ургацын бүтэц бүрэлдэхүүн бага ба дунд доройтсон бэлчээрийнхээс их өөрчлөгдөлд орсон байна. Зүйлийн тоо цөөрч, нийт биомассад нэг зүйл ургамал (Шарилж) буюу мал иддэггүй, бэлчээрийн доройтолдо тэсвэртэй ургамлын эзлэх хувь нэмэгддэг зүй тогтолыг илрүүлэв. Ургамал нөмрөгийн тусгагийн бүрхэцийн хувь бага ба дунд доройтсон бэлчээрийнхээс багассан зүйл тогтол ажиглагдаж байгаа хэдий ч бүлгэмдэлд ургамал доройтсоноос их намхан ургасан учир тусгагийн бүрхэц шигүү (73.2%) байна. Үүний дараа хэт их доройтлын зэрэгт шилжиж ургамал бүлгэмдэлд халцгай газар үүсэх үе шатанд шилжих болно.

Доорх хүснэгтээр хээрийн хэмжилтээс гарсан үр дүнг мөн тухайн цэгүүд дээрх үнэлэгдсэн индикаторуудын зэрэглэлийн тоог үзүүлэв (хүснэгт 4).

Хүснэгт 4. Хээрийн хэмжилтийн цэгүүд дээрхи хэмжилтийн үр дүн мөн доройтлын зэрэглэлээр үнэлэгдсэн индикаторуудын утга

оноо	Доройтлын зэрэглэл	ургамлын хээрийн хэмжилт	пикселийн утгын тоо		
			нэгдсэн үнэлгээ	NDVI	RUE
0	илрээгүй	0	1	13	26
1	бага	10	41	35	47
2	дунд	93	95	98	73
3	их	89	55	46	46

Хээрийн хэмжилтээр 10 цэг дээр газар бага доройтсон, 93 цэг дээр дунд зэрэг, 89 цэг дээр газар их доройтсон гэж гарсан. Түүнчилэн өмнө өгүүлж байсанчилан зайнаас тандангаар ургамлан нөмөргийн индекс их гарч байгаа газарт газар доройтоогүй гэсэн үг биш бөгөөд хээрийн хэмжилтээс харахад бүлгэмдэл багасаж намхан ургаснаас бүрхэц шигүү болж доройтолд өртөж байгааг илтгэлээ. Ургамлан нөмрөгийн хээрийн хэмжилт болон ургамлан нөмрөгтэй холбоотой үнэлэгдсэн индикаторуудын хоорондын хамаарлыг авч үзье (хүснэгт 5).

Хүснэгт 5. Хээрийн хэмжилт болон индикаторуудын зэрэглэлийн тоон хамаарал

индикатор	Корреляцийн коэффициент
нэгдсэн үнэлгээ	0.85
NDVI	0.81
RUE	0.74

Хамаарлаас харахад нэгдсэн үнэлгээний зураг нь хээрийн хэмжилттэй 0.85 хамаарлын коэффициенттэй гарч байна. Энэ нь судалгааны ажиллыг практикт ашиглах боломжтойг харуулж байна.

Дөрөв. Хэлэлцүүлэг

Хуурайшлын индекс нь уур амьсгалын доройтолд үзүүлэх нөлөөг илтгэх бөгөөд хуурайшил ихтэй газар хөрсний чийг дутагдалтай энэ нь хүний хүчин зүйлтэй хавсарснаар газрын доройтолд өртөх үндэс болж байна. Судалгааны талбайн өмнөд хэсэг хуурай хээрийн бүсэд хамгийн их доройтолд өртөх боломжтой гарлаа.

NDVI-ийн олон жилийн бууралтын хамгийн их давтагдал нь газрын доройтлын дунд зэргийн болон хүчтэй доройтлын зэрэглэлийн үе шатанд өндөр хамааралтай байна. Иймээс NDVI –г газрын доройтлын индикаторт ашиглахдаа илүү олон жилийн бууралтаар авах тусам доройтсон газрыг хамгийн сайн илрүүлнэ. NDVI нь ургамлын нөмрөгийн бүрхэцийг илтгэхээс доройтсон газрын ургамлын зүйлийн өөрчлөлтийг илрүүлэхгүй бөгөөд NDVI өндөртэй газар доройтлыг хээрийн хэмжилтийн ургамлын зүйлээр тодорхойлох нь зүйтэй.

Хур борооны бүтээмжит байдал нь ургамлын ургалтын чадамжийг заах бөгөөд олон жилийн бууралт нь судалгааны талбайд орж байгаа тунадас ургамлын ургалтанд эерэгээр нөлөөлж байгаа ч биомасс зохих хэмжээндээ хүрэхгүй байгааг харуулж байна. Энэ нь өөрөөр хэлбэл судалгааны талбайд гадны буюу хүний нөлөөлөл байгааг баталж байгаа хэрэг юм.

Хүний хүчин зүйлийн нөлөөллийн индексийг тодорхой оронзай үүсгэн авснаар доройтолд өртөж байгаа хамгийн их боломжит газрыг тодорхойлох боломжийг олгосон

бөгөөд ялангуяа манай орон шиг бэлчээрийн мал аж ахуйтай оронд хамгийн тохиромжтой. Учир нь бэлчээрийн мал аж ахуй нь их газар нутгийг хамрах бөгөөд оронзайн хувьд нарийвчилан тогтоох төвөгтэй.

Нэгдсэн үнэлгээний зургийг гаргахдаа индикаторуудтай 0.3-0.7 корреляци хамааралтайгаар гаргасан нь сайн үнэлэгдсэн эцсийн бүтээгдэхүүн болж чадсан. Нэгдсэн үнэлгээний зургийг ургамлын хээрийн хэмжилтээр баталгаажуулсан. Нэгдсэн үнэлгээгээр нийт судалгааны газар нутгийн 30.07 % -д нь доройтол илрээгүй (цөлжилт явагдаагүй), 28.55 %-д нь сул (цөлжилтөнд өртөх боломжтой), 31.61 %-д дунд зэрэг (бага зэрэг цөлжилтөнд өртөж байгаа) , харин 9.77 %-д нь доройтол хүчтэй илэрсэн (цөлжилтөнд өртөж байгаа) гэж гарлаа.

Тав. Дүгнэлт

Энэхүү судалгааны ажил нь байгалийн болон хүний хүчин зүйлийг нэгтгэн дүгнэснээрээ ач холбогдолтой төдийгүй ургамлын хээрийн хэмжилтээр баталгаажуулагдсанаараа давуу талтай. Нэг үгээр хэлбэл зайнаас тандан судлалын мэдээ, оронзайн анализыг хээрийн хэмжилттэй хослуулж чадсанаараа онцлог юм. Тус судалгааны ажлыг хээрийн судалгаагаар баталгаажуулсан нь практикт хэрэглэх боломжтойг харуулж байна. Мөн хүний үйл ажиллагааны нөлөөллийг тооцохдоо мал бэлчээрлэх оронзай болон хугацааг нарийвчилан тогтоож ашиглавал илүү үр дүнтэй. Цаашид газрын доройтол цөлжилтийг оронзайгаар үнэлсэн учраас доройтлын зэрэглэл бүрт таарсан арга хэмжээг авах хэрэгтэй. Тухайлвал доройтолд өртсөн газрыг хашаалж тэжээлийн ач холбогдолтой үр тарих мөн байгалийн жамаараа нөхөн сэргэх боломж олгох (бэлчээрийн газрыг хуваарьтай ашиглах) зэрэг арга хэмжээг авч болох юм.

Талархал

Энэхүү судалгааны ажлыг гүйцэтгэхэд үнэтэй зөвлөгөө, заавар өгч байсан Зурагзүй Газарзүйн Мэдээллийн Системийн Салбарын эрхлэгч С.Шийрэв-Адъяа болон хамт олондоо талархал дэвшүүлье.

Ашигласан ном, зохиол

- [1] Bai ZG and Dent DL., June 2006. *Global assessment of land degradation and improvement: pilot study in Kenya*. ISRIC Report, Wageningen.
- [2] Bai ZG and Dent DL., January 2008. *Global assessment of land degradation and improvement: pilot study in Argentina. 1. Identification by remote sensing*. ISRIC Report, Wageningen.
- [3] Evans J, Geerken R., 2004. *Discrimination between climate and human-induced dryland degradation*. J. Arid Environ, 535–554.
- [4] FAO/UN., 2008. *Land degradation assessment in drylands (LADA): Biophysical indicator toolbox*. Technical Report.
- [5] Gillian Woolmer, Stephen C. Trombulakl., 2008. *Rescaling the Human Footprint: A tool for conservation planning at an ecoregional scale*. Landscape and Urban Planning 87, 42-53.
- [6] Joseph P. Spruce et al., 2011. *Assessment of MODIS NDVI time series data products for detecting forest defoliation by gypsy moth outbreaks*. Remote Sensing of Environment 115, 427-437
- [7] Marius Lungu, Liliana Panaitescu, Simona Niță., 2011. *Aridity, climatic risk phenomenon in Dobrudja*. Present environment and sustainable development, VOL5, no 1

- [8] Munkhdulam.O, Sainbayar.D., 2012. *Assesment of land degradation Taats river basin in Mongolia using satellite image and socio economic data*. Proceedings of Workshop called "Mini Project", Geoinformatics Center, Asian Institute Technology, Bangkok, Thailand
- [9] R. Maliva and T. Missimer., 2012. *Arid Lands Water Evaluation and Management*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg
- [10] Thomas P. Higginbottom and Elias Symeonakis., 2014. *Assessing Land Degradation and Desertification Using Vegetation Index Data: Current Frameworks and Future Directions*. Remote Sensing, 6, 9558-9575; doi:10.3390/rs6109552
- [11] UNCCD., 1994. *United Nations Convention to Combat Desertification in Those Countries Experiencing Serious Drought and/or Desertification, Particularly in Africa*; UN: Paris, France
- [12] UNCCD., 2002. *Recommendations and Conclusions of the African Regional Conference Preparatory to the First Session of the Committee for the Review of the Implementation of the United Nations Convention to Combat Desertification (UNCCD–CRIC1)*; Secretariat of the Convention to Combat Desertification: Windhoek, Namibia
- [13] UNCCD publications., 2012. *Desertification: a visual synthesis*. <http://www.unccd.int/>
- [14] БОНХЯ, 2014. *Байгаль орчны төлөв байдлын тайлан 2013-2014*. http://www.eic.mn/DLDBase/.../4/20150616_6685_4.pdf
- [15] Д.Даш, 2010. *Монгол орны ландшафт-экологийн асуудлууд*. Улаанбаатар
- [16] Монгол Улсын Засгийн газрын 2010 оны 90 дүгээр тогтоолын 1-р хавсралт., 2010. *Цөлжилттэй тэмцэх үндэсний хөтөлбөр*. <http://www.legalinfo.mn>
- [17] Монгол Улсын Шинжлэх Ухааны Академи, Газарзүйн Хүрээлэн., 2009. *Монгол Улсын Үндэсний Атлас*.
- [18] Л.Нацагдорж., 2009. *Монгол орны нутаг дэвсгэр дээрх цөлжилтийн уур амьсгалын хүчин зүйлсийн үнэлгээний асуудалд*. Улаанбаатар
- [19] Б.Сайнбуян., 2012. *MODIS хиймэл дагуулын мэдээ ашиглаж монголын өндөрлөгийн ургамлын анхдагч цэвэр бүтээмжийг үнэлэх нь*. Хүрэлтогоот – 2012: Газарзүй, геологийн салбарын залуу эрдэмтэн, судлаачдын бүтээлийн эмхэтгэл, 77-86
- [20] ШУА-ийн Геоботаникийн Хүрээлэн, Газарзүйн хүрээлэн., 2014. *Булган аймгийн бэлчээрийн ургамал, хөрсний доройтол, түүнд нөлөөлж буй хүчин зүйлийн суурь судалгааны тайлан*
- [21] ШУА-ийн Геоэкологийн Хүрээлэн, Байгаль Орчны Мэдээллийн Төв., 2010. *Монгол орны цөлжилтийн атлас*