Газрын Доройтол, Цөлжилтийн Нэгдсэн Үнэлгээ

Б.Сайнбуян, Д.Сайнбаяр, М.Уртнасан, Б.Цогтжаргал
*ШУА-ийн Газарзүй Геоэкологийн Хүрээлэн
e-mail: sainaa_gis@yahoo.com, sainaa_dd@yahoo.com

Хураангуй - **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* – газрын доройтол, цөлжилт, AI, NDVI, NPP, RUE**

1. 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 [4,12,14]. Өөрөөр хэлбэл газрын доройтол нь байгалийн хүчин зүйлс ба аж ахуйн үйл ажиллагааны нөлөөгөөр гандуу хуурай нутгийн экосистем алдралд орж биологийн бүтээмж нь хомсдоно [11]. Хуурай газар оронд газрын доройтол болоход энэ нь яг цөл шиг нөхцлийг бий болгодог [9] шалтгаан нь хөрсний чийг хангамж бага, хур тунадас хязгаарлагдмал, улирлын температурын хэлбэлзэл их байдагтай холбоотой. Энэ нь ургамал таатай ургах нөхцлийг хязгаарлах хүчин зүйл юм. Иймээс газрын доройтлыг илрүүлэх нь цөлжилтийн эрчимийг тодорхойлж байгаа явдал юм.

Монгол орны хувьд ган цөлжилтийн талаар олон эрдэмтэд судалгаа хийсэн байдаг [16]. Судлаачдын судалгаагаар цөлжилт хүчтэй болон нэн хүчтэй илэрсэн тухайн газар нутагт байгалийн хүчин зүйл 56 %, хүний үйл ажиллагааны нөлөө 44 хувийг эзэлж байна [10]. Уур амьсгалын хүчин зүйлийн талаас нь цөлжилтийг Л.Нацагдорж, Ж.Дуламсүрэн, Ц.Цацрал нар нэлээд цар хүрээтэй судалгааг хийсэн байна [14]. Мөн Д.Даш ургамлын нормчилсан индекс /NDVI/-ийн сүүлийн 10 жилийн өөрчлөлтөөр цөлийн бүсийн эзлэх талбай 3.4%-иар нэмэгдэж, дунд зэргээс маш хүчтэй цөлжилт илэрсэн гэжээ.

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 ургамлын нормчилсан индекс /NDVI/, ургамлын цэвэр бүтээмж /NPP/ -ийг ашиглахад тохиромжтой [8]. Судлаачид MODIS хиймэл дагуулын ургамлын нормчилсан индекс /NDVI/-ийн урт хугацааны мэдээг ашиглан түүний шугаман регресийн трендийн налалтын өнцгөөр хандлагыг гаргаж газрын доройтол цөлжилтийн судалгааг хийсэн байдаг [1,2,8,14]. Газрын доройтол, цөлжилтийг илрүүлэхээс гадна түүнийг үнэлж чадамжийг нь тодорхойлох нь хамгийн чухал. Энд газрын доройтлын илрэл (цөлжилтийг зэрэглэлээр)-ээр сул, дунд зэрэг, хүчтэй гэсэн 4 зэрэглэлээр нэгдсэн үнэлгээг гаргадаг [11]. Газрын доройтолд хүний хүчин зүйл болон уур амьсгалын хүчин зүйл салангид ойлголт хэвээр байгаа нь гол бэрхшээл болсоор байна [3]. Иймээс судалгаандаа Булган аймгийн 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.

2. СУДАЛГААНЫ ТАЛБАЙ, МЭДЭЭ МАТЕРИАЛ, АРГАЗҮЙ

2.1. Судалгааны талбай

Булган аймаг Монгол орны хойд захад далайн төвшнөөс дээш 1950-2000 гаруй метрт өргөгдсөн, газар нутгийн хэмжээ 48733 км^2 талбайг эзлэн оршино. Нийт 16 сум, 75 багтай. 2014 оны байдлаар аймгийн 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 [13] орших бөгөөд үүгээрээ онцлог аймаг юм. 2005, 2014 онуудад бэлчээр ашиглалтын ургамал, хөрсний хээрийн судалгаа явагдсан [17].

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 илэрсэн. Энэ хөрс доройтож байгааг илтгэж байна.

Тайлангаас үзвэл Булган аймаг нь газрын доройтол болон цөлжилтөнд өртөх эрсдэлтэй нь судалгааны талбай болгон сонгон авах үндэс болсон.

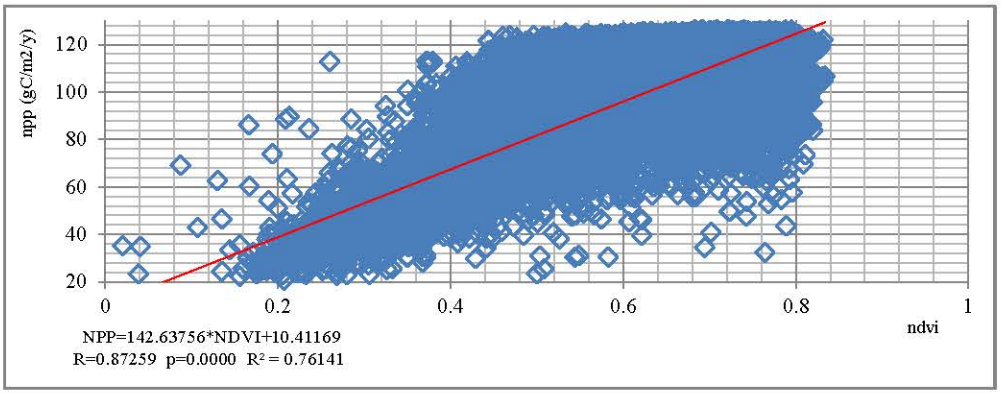
2.2. Судалгаанд ашигласан мэдээ, боловсруулалт

2.2.1. Судалгаанд ашигласан мэдээ

Уур амьсгалын мэдээ: Монгол орны газар нутгийг жигд хамарсан цаг уурын 60 станцын 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 TRMM хиймэл дагуулын 0.25° грид нарийвчлалтай TRMM 3b43- гадаргын хур тунадасны мэдээг ашигласан.

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

Ургамлын цэвэр бүтээмж: NDVI –нь биомасс биш бөгөөд шууд NPP утгаар авч болохгүй гэсэн байдаг [8]. Иймээс Сайнбуянгийн “CASA model”—ийг ашиглан 1 км-ийн нарийвчлалтайгаар тооцоолсон ургамлын цэвэр бүтээмж (NPP)-ийг авч ашиглалаа [15]. 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 тариалангийн газар, атаршсан газрын вектор өгөгдлийг Landsat ETM 2010 оны зургийг ашиглан ялган зурж ашигласан. Мөн 2014 оны хээрийн судалгаанаас малчин өрхийн өвөлжөө хаваржааны байршлийн координатыг оруулан оронзайн анализ хийхэд ашигласан.

2.2.2. Боловсруулалт

Хуурайшлын индекс: Хуурайшлын индексийг De Martonne тодорхойлсноор тооцоолж жил бүрийн оронзайн тархалтын зургийг гарган орон зайн анализ хийхэд ашигласан. De Martonne –ийн хуурайшлын индексийг дараах томьёо (1)-оор тодорхойлдог [6, 7]:

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

Энд P- нь сарын нийлбэр хур тунадас, T_m –нь сарын дундаж температур. Хуурайшлын индекс нь тухайн газар нутгийн уур амьсгалын хуурайшлын зэргийг тоон утгаар илэрхийлдэг. Өөрөөр хэлбэл хуурай газар нутагт хөрс чийгээр дутмаг байх бөгөөд энэ нь ургамал ургах нөхцлийн хязгаарлах хүчин зүйл болно.

Хур борооны бүтээмжит байдал: Хур борооны бүтээмжит байдал гэдэг нь ургамлын цэвэр бүтээмжийг хур тунадаст харьцуулсан харьцааг хэлнэ. Үүнийг дараах томъёогоор тодорхойлдог (2):

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

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

2.3. Судалгааны аргазүй

Цөлжилтийн тодорхойлолтоос харахад цөлжилт нь хүний үйл ажиллагаа болон уур амьсгал зэрэг олон хүчин зүйлээс хамаарахаас гадна хамгийн гол нь урт хугацааны үйл явц юм. Судалгаандаа хуурайшлын индекс /AI/, ургамлын нормчилсан индекс /NDVI/, хур борооны бүтээмжит /RUE/ байдал болон хүний нөлөөллийн индексийг сонгон авлаа. Газрын доройтлыг гаргахдаа хуурайшлын индексийн өгөгдсөн хугацааны дундажаар, NDVI, RUE –г хугацааны өөрчлөлт болон хандлагыг тодорхойлон, хүний нөлөөллийг оронзайгаар тооцож, доройтолд нөлөөлөх нөлөөллөөр үнэлэн доройтол, цөлжилтийн нэгдсэн зураг гаргалаа.

2.3.1. Индикаторуудын олон жилийн дундаж өөрчлөлтийн анализ

Ургамлын нормчилсан индекс /NDVI/, хур борооны бүтээмжит байдал /RUE/ -ийн 2000 – 2014 оны хугацааны жилийн дундаж өөрчлөлтийн хувийг доорх томъёогоор тооцлоо (3):

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

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.

2.3.2. Газрын доройтолд нөлөөлөх хүний үйл ажиллагааны нөлөөлөл

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 хиймэл дагуулын мэдээ ашиглан ангилал хийх 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 ареалаар нь авлаа. Хүний үйл ажиллагааны нөлөөллийг Сандерсоны 2002 онд гаргасан тодорхой оронзай гарган үнэлж экосистемд үзүүлэх нөлөөллийг тооцох аргазүй [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 нь 0-3 оноогоор үнэлсэн. Үүнд:

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

2.3.1. 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):

$$IA = AAI + ANDVI + ARUE + AHII \qquad (4)$$

Энд IA – нэгдсэн үнэлгээ, AAI –үнэлэгдсэн хуурайшлын индекс, ANDVI- үнэлэгдсэн ургамлын нормчилсан индекс, ARUE –үнэлэгдсэн хур борооны бүтээмжит байдал, AHII –үнэлэгдсэн хүний нөлөөллийн индекс. Ургамлын нормчилсан 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 илэрсэн (цөлжилтөнд өртөх боломжтой)

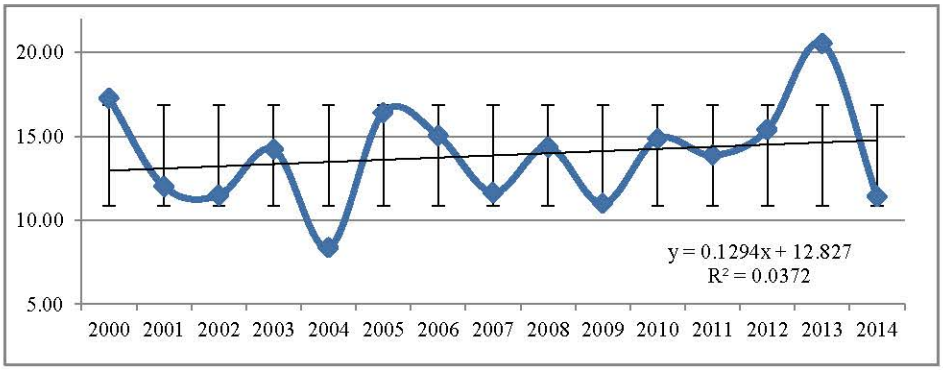
2 - газрын доройтол дунд зэрэг илэрсэн (бага зэрэг цөлжилтөнд өртөж байгаа)

3 - газрын доройтол хүчтэй илэрсэн (цөлжилтөнд өртөж байгаа)

3. ҮР ДҮН

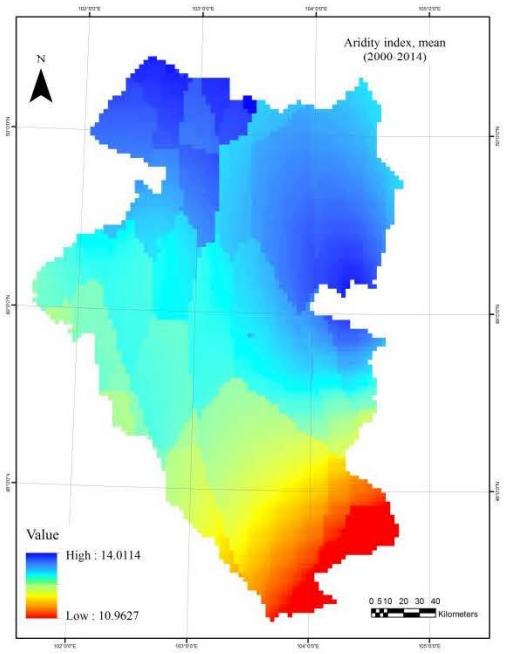
3.1. Хуурайшлын индекс

Хуурайшлын индексийг судалгааны талбайд байрлах Булган станц дээр тооцож үзэхэд утга нь De Martonne-ийн уур амьсгалын ангиллаар хуурай, хуурайвтар гэсэн ангилалд хамаарч байна. Хуурайшлын индексийн динамикыг авч үзвэл сүүлийн 15 жилийн хугацаанд хуурайшил ерөнхийдөө буурах хандлагатай байна (зураг 2). De Martonne-н хуурайшлын индексээр тооцоолсон утгын их утга нь хуурайшил буурч байгааг илтгэдэг [6].



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

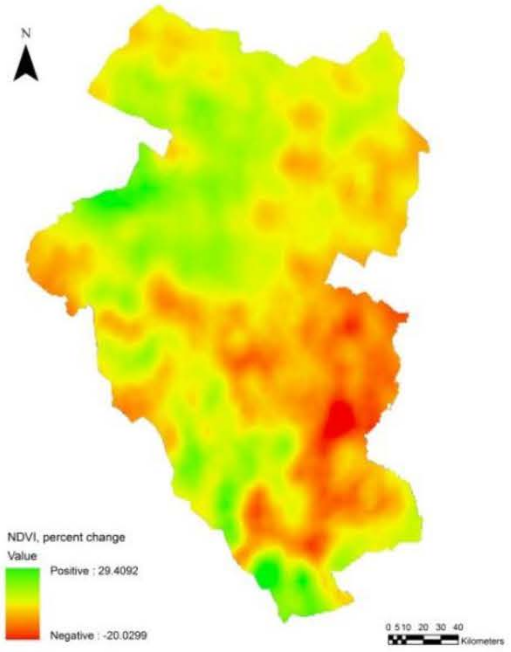
Хуурайшлын сүүлийн 15 жилийн дундажийн оронзайн хуваарилалтаас харахад судалгааны талбайн өмнөд хэсэгт хуурайшилт ихтэй нь харагдаж байна (зураг 3).



Зураг 3. Хуурайшлын индексийн оронзайн тархалтын зураг, 2000-2014он

3.2. Ургамлын нормчилсан индексийн өөрчлөлт (2000-2014)

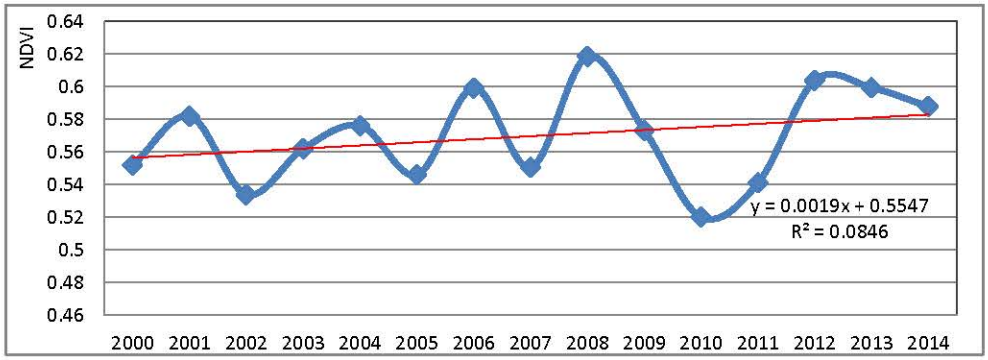
Судалгааны талбайн NDVI-ийн өөрчлөлтийн хувийг 2000-2014 оны хоорондох он тус бүр дээр (x;y) пиксел бүр дээр өөрчлөгдсөн өөрчлөлтийг олж тооцоолон гаргахад нийт пикселийн 63.44 % дээр нь эерэг буюу өссөн, 36.55 % дээр сөрөг буюу буурсан.



Зураг 4. NDVI-ийн жилийн дундаж өөрчлөлтийн хувь

Зургаас харахад нутгийн зүүн өмнөд хэсгээр NDVI-ийн утга 15 жилийн хугацаанд жилээс жилд буурсаар хамгийн багадаа 20.02%-аар буурсан харин хойд болон баруун хэсгээр эерэг хандлага үзүүлсэн буюу NDVI-ийн утга хамгийн ихдээ 29.4 %-аар өссөн (зураг 4). Энд NDVI –ийн утга өссөн боловч газар доройтоогүй гэсэн үг биш юм. Үүнийг хээрийн судалгаагаар ургамлын төрөл зүйлийн хэмжилтээр шалгах болно.

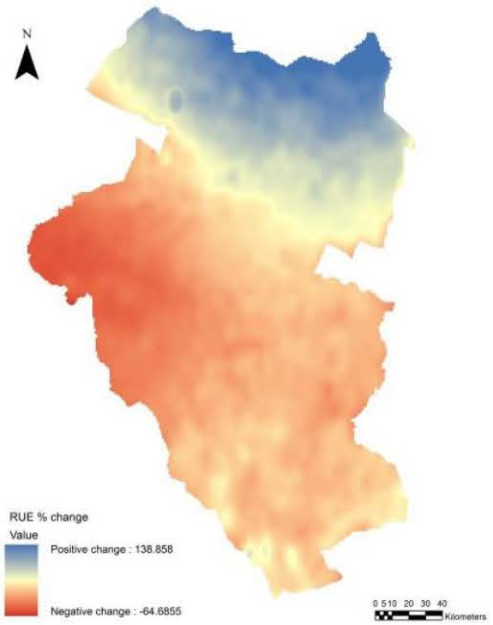
Судалгааны талбайг хамарсан 926.77 м-ийн нарийвчилалтай 56515 цэгийн судалгааны хугацаан дахь дундажаар нь динамикийг авч үзвэл өссөн хандлагатай байгаа боловч оронзайн хуваарилалтын хувьд энэ нь өөр байна (зураг 5).



Зураг 5. Судалгааны талбайн ургамлан бүрхэвчийн нийт пикселийн дундажын динамик

3.3. Хур бороонь бүтээмжит байдлын өөрчлөлт

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

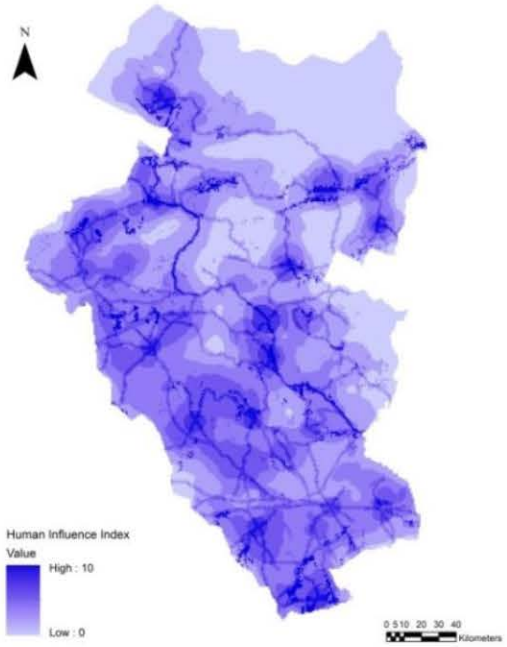


Зураг 6. Хур бороонь бүтээмжит байдлын жилийн дундаж өөрчлөлтийн хувийн орон зайн хуваарилалт

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) пиксел 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.

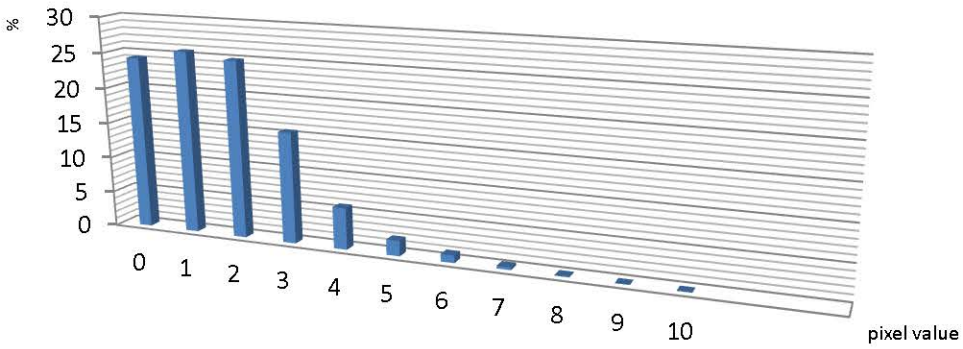
3.4. Хүний үйл ажиллагааны нөлөөлөл

Хүний үйл ажиллагааны 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.

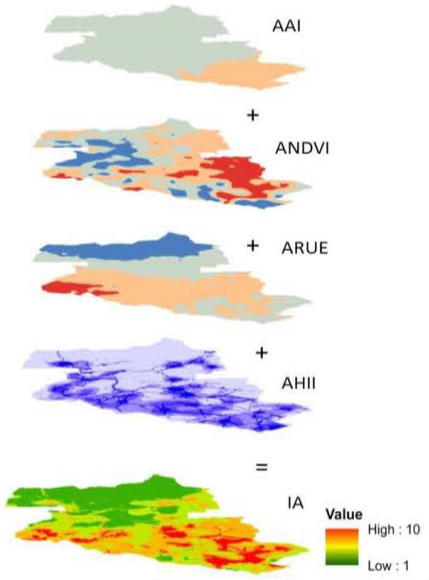
3.5. Газрын доройтол, цөлжилтийн нэгдсэн үнэлгээ

Бидний сонгон авсан индикаторуудыг газрын доройтол, цөлжилтийн зэрэглэлд зөв ангилах нь хамгийн чухал. Нэгдсэн үнэлгээний зургийг бусад индикаторуудтай корреляци коэффициентийг 0.3-0.7 утгатайгаар үнэлэн гаргалаа (хүснэгт 1) .

Хүснэгт 1
Нэгдсэн үнэлгээ ба үнэлэгдсэн индикаторуудын хоорондох хамаарал

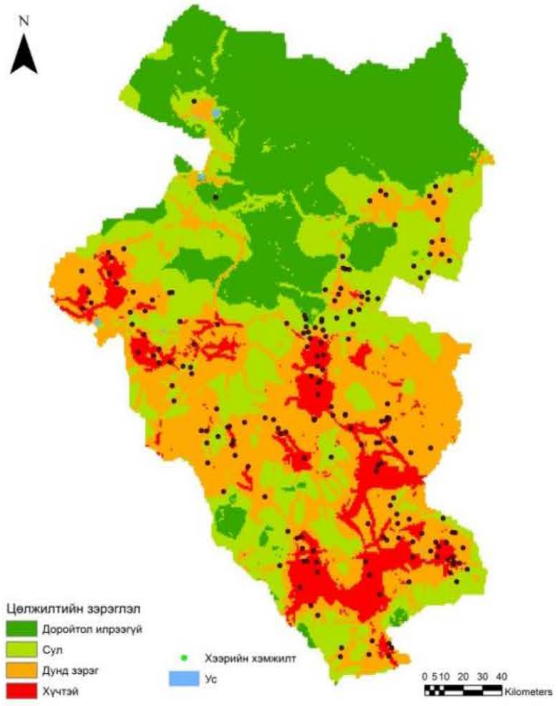
	AAI	ANDVI	ARUE	AHII
Нэгдсэн үнэлгээ	0.3	0.6	0.7	0.7

Бүх индикаторуудыг үнэлэн нэгтгэж газрын доройтол, цөлжилтийн нэгдсэн зураг гарлаа (зураг 9).



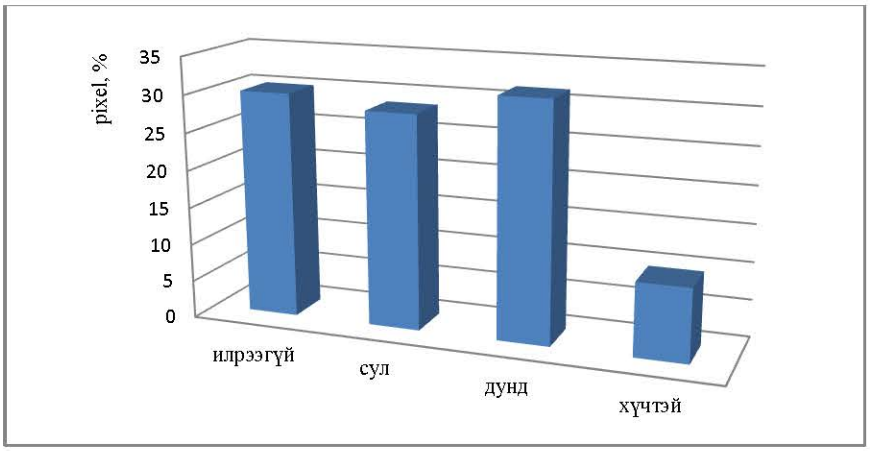
Зураг 9. Үнэлэгдсэн индикаторууд ба газрын доройтол-цөлжилтийн нэгдсэн зураг

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 доройтолд орж цөлжилтөнд өртөж байна.

3.6. Ургамал нөмрөгийн хээрийн хэмжилт болон ажлын нарийвчилал

2014 онд судалгааны талбарт ургамлан нөмрөгийн хээрийн хэмжилт хийсэн. Нийт 182 цэг дээр ургамлан нөмрөгийн тусгагийн бүрхэц, 1м^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 1м^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/м2 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 доройтолд 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 2).

Хүснэгт 2
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 3).

Хүснэгт 3
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 өндөр хамааралтай байна.

4. ХЭЛЭЛЦҮҮЛЭГ

Хуурайшлын индекс нь уур амьсгалын доройтолд үзүүлэх нөлөөг илтгэх бөгөөд хуурайшил ихтэй газар хөрсний чийг дутагдалтай байх бөгөөд энэ нь хүний хүчин зүйлтэй хавсарснаар газрын доройтолд өртөх үндэс болж байна. Судалгааны талбайн өмнөд хэсэг нь 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 тодорхойллоо.

Хур бороony 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 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.

5. ДҮГНЭЛТ

Энэхүү судалгааны ажил нь байгалийн болон хүний хүчин зүйлийг нэгтгэн дүгнэснээрээ ач холбогдолтой төдийгүй цаашдаа ажлыг сайжруулахын тулд нарийвчилал сайтай зураг ашиглах хэрэгтэй. 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.

6. АШИГЛАСАН НОМ

[1] Bai ZG and Dent DL, “Global assessment of land degradation and improvement: pilot study in Kenya”, ISRIC Report. Wageningen, June 2006.

[2] Bai ZG and Dent DL, “Global assessment of land degradation and improvement: pilot study in Argentina. 1. Iedentification by remote sensing”, ISRIC Report. Wageningen, January 2008.

[3] Evans.J, Geerken.R, “Discrimination between climate and human-induced dryland degradation”, J. Arid Environ., 57. 2004, pp 535–554.

[4] FAO/UN, “Land degradation assessment in drylands (LADA): Biophysical indicator toolbox Technical Report 2”. 2008.

[5] Gillian Woolmer et al, “Rescaling the Human Footprint: A tool for conservation planning at an ecoregional scale”. Landscape and Urban Planning 87, 2008, pp 42-53.
[6] Marius Lungu, Liliana Panaitescu, Simona Niţă, “Aridity, climatic risk phenomenon in Dobrudja”, in Present environment and sustainable development. VOL 5, no 1. 2011.
[7] R. Maliva and T. Missimer, “Arid Lands Water Evaluation and Management, Springer”. Verlag Berlin Heidelberg. 2012.
[8] Thomas P. Higginbottom and Elias Symeonakis, “Assessing Land Degradation and Desertification Using Vegetation Index Data: Current Frameworks and Future Directions”, Remote Sensing, 6, 9558-9575; doi:10.3390/rs6109552. 2014.
[9] UNCCD publications. *Desertification: a visual synthesis,* 2012. http://www.unccd.int/
[10] БОНХЯ, “Байгаль орчны төлөв байдлын тайлан, 2013-2014”. http: www.eic.mn/
[11] Д.Даш “Монгол орны ландшафт-экологийн асуудлууд”. Улаанбаатар, 2010.
[12] Монгол Улсын Засгийн газрын 2010 оны 90 дүгээр тогтоолын 1-р хавсралт, “Цөлжилттэй тэмцэх үндэсний хөтөлбөр". http://www.legalinfo.mn
[13] Монгол Улсын Шинжлэх Ухааны Академи, Газарзүйн Хүрээлэн, “Монгол Улсын Үндэсний Атлас”. Улаанбаатар, 2009.
[14] Л.Нацагдорж, “Монгол орны нутаг дэвсгэр дээрх цөлжилтийн уур амьсгалын хүчин зүйлсийн үнэлгээний асуудалд". Улаанбаатар, 2009.
[15] Б.Сайнбуян, “MODIS хиймэл дагуулын мэдээ ашиглаж монголын өндөрлөгийн ургамлын анхдагч цэвэр бүтээмжийг үнэлэх нь”. Хүрэлтогоот – 2012: Газарзүй, геологийн салбарын залуу эрдэмтэн, судлаачдын бүтээлийн эмхэтгэл. Улаанбаатар, 2012. pp 77-86.
[16] ШУА-ийн Геоботаникийн Хүрээлэн, Газарзүйн хүрээлэн, “Булган аймгийн бэлчээрийн ургамал, хөрсний доройтол, түүнд нөлөөлж буй хүчин зүйлийн суурь судалгааны тайлан”. Улаанбаатар, 2014.
[17] ШУА-ийн Геоэкологийн Хүрээлэн, Байгаль Орчны Мэдээллийн Төв, “Монгол орны цөлжилтийн атлас”. Улаанбаатар, 2010.