

Говь-Алтай аймагт явуулсан газрын эвдрэл доройтлын үнэлгээ

Оюдари Вова¹, Мартин Каппас², Ренчингийн Цолмон³, Жан Деженер⁴

¹Газарзүйн хүрээлэн, ГМСболон зайны тандалт, Гёттингены Их Сургууль, Goldschmidtstr. 5, 37077 Goettingen, Германи <oyudari.vova@geo.uni-goettingen.de>

²Газарзүйн хүрээлэн, ГМСболон зайны тандалт, Гёттингены Их Сургууль, Goldschmidtstr. 5, 37077 Goettingen, Германи <mkappas@gwdg.de>

³Монгол Улсын Их Сургууль, Зайны тандалт, сансар огторгуйн шинжлэх ухааны олон улсын лаборатори, Улаанбаатар, Монгол <tzr112@psu.edu>

⁴Газарзүйн хүрээлэн, ГМСболон зайны тандалт, Гёттингены Их Сургууль, Goldschmidtstr. 5, 37077 Goettingen, Германи <jdegene@uni-goettingen.de>

ХУРААНГҮЙ

Говь-Алтай аймгийн (Монголын Баруун нутгийн) бүсийн экологийн орон зайнд газар ашиглалт болон газрын бүрхэцийн өөрчлөлтийн хоорондын харилцан үйлчлэл, харилцааны хяналт мониторингийг зорилгоор зайны тандалт болон ГМС-ийн шинжилгээг хийсээр иржээ. Сүүлийн 76 жилийн туршид Монгол орон феодлын тогтолцооноос социализм руу, дараа нь төвлөрсөн төлөвлөгөөт эдийн засагтай социалист тогтолцооноос чөлөөт зах зээл рүү шилжихдээ социологийн болон засаглалын системийн цогц өөрчлөлтүүдийг амсаж туулсан. Эдгээр нь тус бүртээ улсын хэмжээнд байгалийн нөөц баялагийг ашиглах тал дээр нэлээдгүй өөрчлөлтүүдийг дагуулсан. ГМС-ийн өгөгдөл боловсруулалтыг ашиглан цаг уур (хур тунадас, агаарын температур) ба ургамалжлын, нийгэм-эдийн засгийн (малын тоо толгой, хүн амын нягтрал) зэрэг өгөгдлийг шинжилсэн. Бид уур амьсгал болон нийгэм-эдийн засгийн чанарын өгөгдлийг хослуулах замаар ГМС ба Зайны тандалтын хэрэгслийг ашиглан газрын эвдрэл доройтлыг хянахаар загварчлалын аргыг боловсруулахад анхаарлаа төвлөрүүлсэн. 2000-аас 2013 жилийн хоорондох ургамалжлын бүрхэцийн өөрчлөлтийг тодорхойлохоор SPOT/ УРГАМАЛЖИЛТ-ын Хөрсний Өөрчлөлтөд Тохируулсан Ургамалжилтын Индексийг (ХӨТУИ буюу MSAVI) ашигласан. Газрын эвдрэлд аль аль нь нөлөө үзүүлдэг уур амьсгал болон нийгэм-эдийн засгийн нөхцөлдүүлэгч хүчин зүйлсийг зурагжуулан шинжлэхэд ГМС-ийн нөхцөлт функцийг ашигласан. Талбар дээрээс цуглуулсан өгөгдөл болон Үндэстний Статистикийн Хорооны өгөгдлийг ашиглан ArcGIS-ээс MAP-Algebra гэх мэт нөхцөлт функцуудыг боловсруулсан. Газрын эвдлэр доройтлын хяналтанд дэмжлэг болгохоор өргөн масштаб бүхий орон зайн олон янз байдлын бүдүүн тойм зураглалыг гаргах явцад зайны тандалтын өгөгдөл нь онош тогтоолтын ашигт хэрэгсэл болжээ. Уг өгүүлэгт судалгаа явуулсан нутгийг уур амьсгал болон нийгэм-эдийн засгийн нөлөөллөөс шалтгаалсан газрын эвдрэл доройтолд өртсөн хэмээн тодорхойлсон байна.

Түлхүүр үгс: нийгэм-эдийн засгийн өөрчлөлт, уур амьсгалын нөлөөлөл, биологийн олон янз байдал, бэлчээрийн доройтол, ХӨТУИ буюу MSAVI

ОРШИЛ

Монгол улсын хувьд, хүн амын нягтрал, хот газрын тэлэлт болон мал сүргийн өсөлт гэх зэрэг цаашдаа байгаль орчинд нөлөө үзүүлэх нийгэм, экологийн асуудлуудыг эдүгээ амсан туулж байна. Газарзүйн байршил, эмзэг экосистем болон улирлын цаг агаараас нэлээд хамааралтай эдийн засаг зэргээс болж Монголын нутаг дэвсгэр уур амьсгалын өөрчлөлтөд өртөмтгий байдаг. Сүүлийн 40 жилийн турш, уур амьсгалын өөрчлөлт болон хүний бусад үйл ажиллагаа нь Монголын экосистемд илэрхий нөлөө үзүүлсэн. Үүний үр дүнд цөлжилт бий болох, ган гачгийн тохиолдол ихсэх, усны эх үүсвэр хорогдох, мөн биологийн олон янз байдал буурах ба улмаар орон нутгийн хүн ардын сайн сайханд нөлөөлөх байдалд хүргэсэн. Монголд бэлчээрийн ойролцоогоор 90% нь цөлжилтөд өртсөн эмзэг бүс нутагт байрладаг гэдгийг НҮБ-ын Цөлжилттэй тэмцэх конвенцид (НҮБЦТК буюу UNCCD) бичигдсэн арга барилыг ашигласан хэд хэдэн чанарын судалгаанаас харж болно. (Банзрагч болон Энхболд, Бүлэг 3.3) Каппас болон Пропастин нарын (2008) тооцоолсон ёсоор хөтлөгч хүчин зүйлс хүний (жишээ нь, хүн ам зүйн өөрчлөлт) болон байгалийн хүчин зүйлсийн аль алиныг тодорхойлж чаддаг. Хүний үйл ажиллагаа нь нийгэм-эдийн засгийн хүчин зүйлсээр өөрчлөгдөж чадах ба энэ нь байгаль орчинд үзүүлэх дарамтыг нэмэгдүүлдэг эсвэл бууруулдаг. Монголын Говь цөлийн бүс бол хэдэн мянган жилийн турш нүүдэлч мал аж ахуй бүхий газар байсаар ирсэн бөгөөд хөдөө нутгийн хүн амын 30%-д амьжиргааг залгуулсаар байна. (Стернберг болон бусад, 2009; Уламбаяр болон Фернандез-Гименез, 2013). Монголд газрын эвдрэл доройтлын талаар судалгаа хязгаарлагдмал ба Монголын Говь-Алтай лугаа адил бүс нутагт газрын эвдрэл доройтолд нөлөө үзүүлдэг хүчин зүйлийн тухай мэдээлэл дутмаг байна. Тэгэхлээр уг судалгааны зорилго бол доройтлын орчин цагийн төлөв байдлыг үнэлж, Монголын Говь-Алтай аймагт газрын эвдрэл доройтолд нөлөөлөх хөтлөгч хүчин зүйлсийг тодорхойлох. Цаашилбал доройтлыг үүсгэх хүчин зүйлс хөтлөгч зэргийг ойлгох нь эвдэрч доройтсон газар нутагт мониторинг явуулах ба хор хөнөөлийг бууруулахад ашигтай байж, орон нутаг болон бүс нутгийн хэмжээнд газар ашиглалтын бодлогууд боловсруулахад дэмжлэг үзүүлнэ.

СУДАЛГАА ХИЙСЭН ГАЗАР

Монгол бол Улаабаатар хэмээх нийслэлтэй, засаг захиргааны хувьд 21 аймагт хуваагдах нэгдсэн засаглалтай улс юм. Уг судалгааны ажил нь Говь-Алтай аймгийн 18 суманд (засаг захиргааны нэгжид) газрын эвдрэл доройтлын хөтлөгчдийг тодорхойлоход голлон чиглэгдсэн. Говь-Алтай аймаг Монголын баруун хэсэгт байрладаг. Хойд талаараа Завхан аймаг, зүүн талаараа Баянхонгор аймаг, баруун талаараа Ховд аймаг болон урд талаараа Хятад улстай хиллэдэг. Нийт нутаг дэвсгэр нь 141,448 км². Аймагт байрлах хэд хэдэн байгалийн цогцолбор газарт Говийн баавгай, зэрлэг тэмээ, янгир ямаа болон ирвэс гэх зэрэг хамгаалалтанд орсон амьтны зүйлүүд бий. Элсэн манхан, тарамцаг элс бүхий энэ бүсэд ургамалжил ховор сийрэг, харин бут сөөг уг нутагт нийтлэг тохиодог.

СУДАЛГААНЫ АРГАЧЛАЛ

Нийгэм-эдийн засгийн болон уур амьсгалын хүчин зүйлс дээр нэмээд газрын эвдрэл доройтлыг зайны тандалтын зураглалыг ашиглан тодорхойлж, хянан шинжлэх аргачлалыг бид боловсруулсан. Бид 2000-аас 2013 оны хоорондох ургамалжлын өөрчлөлтөд хяналт мониторинг хийхээр ХӨТУИ (MSAVI) индексүүдийг хэрэглэлээ. Нийгэм-эдийн засаг болон уур амьсгалын хүчин зүйлсийг шинжлэхийн тулд ArcGIS-ээс MAP-Algebra гэх нөхцөлт функцийг хэрэглэв. Хөтлөгчдийн нийлбэрийн нөлөөллийг тооцоолон гаргахаар бид ArcGIS доторх CON функцийг ашигласан. Ургамалжлын ногоорол болон түүний орон зайн үзэгдлийн эх үүсвэр өгөгдөл болж өгдөг 1 км нарийвчлалтай Spot 4 Ургамалжлын өгөгдлийг бид олж авсан. SPOT 4 өгөгдлийг ашиглан бид зураглал тус бүрийн Хөрсний Өөрчлөлтөд Тохируулсан Ургамалжлын Индексийг (ХӨТУИ буюу MSAVI) тооцоолон гаргалаа. Хөрсний орчин нөхцлийн

нөлөөллийг бууруулахаар зохиогдсон Хөрсөнд Тохируулсан Ургамалжлын Индексийг (ХТУИ буюу SAVI) анх Хуете (1998) дүрслэн тайлбарлаж байжээ. ХТУИ-ийн (SAVI) цаашдын боловсруулалтын үр дүнд уг индексийн давтан хувилбарыг гаргасан нь ХӨТУИ буюуMSAVI, Хөрсний Өөрчлөлтөд Тохируулсан Ургамалжлын Индекс юм (Чи болон бусад, 1994а, 1994б). Энэ нь:

$$SAVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED + L} * (1 + L) \quad MSAVI = \left[2NIR + 1 - \sqrt{(2NIR + 1)^2 - 8(NIR - RED)} \right] / 2$$

энд RED болулаан шугамын дохиологчоос (датчикаас) тусгалын үзүүлэлт, NIR бол хэт улаан туяаны ойрын хэсгийн шугамын тусгалын үзүүлэлт, мөн L бол хөрсний цайралтын засварын хүчин зүйл. ХТУИ буюу SAVI болон ХӨТУИ буюу MSAVI нарын хоорондын ялгаа нь L үзүүлэлтийг хэрхэн тооцоолсноос гардаг. ХТУИ-ийн хувьд, L үзүүлэлтийг тэнд хэр их ургамалжил байгаад үндэслэн тооцоолдог (гэхдээ үүнийг ерөнхийдөө 0.5 байхаар тохиролцон үлдээдэг). L-ийн үзүүлэлт нь 0 ба 1-ийн хооронд хэлбэлздэг ба илүү бага утга нь илүү шигүү ургамалжлын нөхцлийг заадаг. Газрын эвдрэл доройтолд нийгэм-эдийн засгийн хүчин зүйлсийн нөлөөг тодорхойлохдоо статистикийн өгөгдөл дотроос малын (жишээ нь,хонь, адуу, ямаа болон тэмээний) тоо толгойг болон хүн амын тоон үзүүлэлтийг, харин ус цаг уурын өгөгдөл дотроос уур амьсгалын нөлөөлөл (хур тунадас ба температурын хувьсагчдыг) зэргийг хардаг. ГМС-ийн загвар дотор газрын эвдрэл доройтлын индексудыг тооцоолж гаргахаар ХӨТУИ буюу MSAVI, малын тоо толгой болон хүн амын тоо, мөн температурын хувьсагчдыг ашиглав. ESRI ArcGIS програм хангамжийг ашиглан бид Algebra функцууд болон нөхцөлт операторуудыг хэрэглэн тухайн индексийг тооцоолон гаргах хэрэгслийг боловсрууллаа. Нийгэм-эдийн засгийн хүчин зүйлсийн индексийг гаргахад ArcGiS дэх нөхцөлт функцийг (CON) ажиллуулав. Нөхцөлт (CON) функц бол үндсэндээ “Үнэн-худал” гэсэн илэрхийлэл юм. Үүгээр цэгэн зурагны пиксель тус бүрийн үнэн-худал нөхцлийг дүгнэдэг бөгөөд нөхцөл нь үнэн эсвэл худал байхаас шалтгаалан энэ нь ялгаатай тооцоолол хийдэг. Олонлог нөхцлүүдийг шинжлэн судлахад нөхцөлт Con-функцийн илэрхийллүүдийг үүрлүүлэх боломжтой байдаг. Бид судалгааныхаа доройтлын индексийг гаргахдаа уг аргачлалыг хэрэглэсэн. Уг судалгаанд ашигласан үүрлэсэн нөхцөлт функцийг Хүснэгт 1-д үзүүлсэн байна. Хээрийн судалгаанаас бид хамгийн доройтсон нутгуудыг сонгож авав. Тус аймгаас хамгийн доройтсон нутгаар Цогт, Алтай, Дэлгэр, Бугат зэрэг дөрвөн сумыг сонгож авсан бөгөөд доройтлын функцийг байгуулахаар тухайн сумуудын дундаж өгөгдлийг ашиглажээ. Томьёон дотор (i), хэрэв малын тоо 130000-аас илүү их байвал,тэгвэл (2013 онд сумын төвшинд) гарах үр дүнд 1 гэсэн утгыг оноов. 1 гэсэн утга болгазрын доройтлын итгэлцүүр хэмээн тодорхойлогдов. Хэрэв эдгээр нөхцөл хангагдаагүй бол, гарах үр дүнд 0 гэсэн утгыг оноох бөгөөд тийм тохиолдолд газрын эвдрэл доройтол ач холбогдол багатай байсан гэсэн үг. Томьёон дотор (ii),хэрэв ХӨТУИ буюу MSAVI нь 0.15-аас бага байсан бол гарах үр дүнд 1 гэсэн утгыг оноов. 1 гэсэн утга нь газрын эвдрэл доройтлыг илэрхийлэв. Томьёон дотор(iii), хэрэв ургамалжлын улиралд (8-р сард) температур 18°C-аас илүү өндөр байсан бол гарах үр дүнд 1 гэсэн утгыг оноох ба энэ нь газрын эвдрэл доройтлыг илэрхийлдэг байв. Томьёон дотор (iv),хэрэв ургамалжлын үеийн хур тунадас 10 мм-ээс бага байсан бол гарах үр дүнд 1 гэсэн утгыг оноов. 1 гэсэн утга нь газрын эвдрэл доройтлыг илэрхийлэв. Хэрэв эдгээр нөхцөл хангагдаагүй бол гарах үр дүнд 0 гэсэн утгыг оноосон бөгөөд тийм тохиолдолд газрын эвдрэл доройтойл ач холбогдол багатай байсан гэсэн үг.Томьёон дотор (v), хэрэв хүн амын тоо 2637-аас илүү байсан бол гарах үр дүнд 1 гэсэн утгыг оноосон ба энэ нь газрын эвдрэл доройтлыг илэрхийлэв. Хэрэв эдгээр нөхцөл хангагдаагүй болгарах үр дүнд ахин 0 гэсэн утгыг оноов. Эцэст нь хэлэхэд, боломжит үр дүнгийн үүрүүдийн утга 0-ээс 5 хүртэл хэлбэлзэж байсан нь газрын эвдрэл доройтлын нөхцөл хэр эрчимтэй байгаагийн ялгааг харуулж байсан. Хэрэв үр дүн 5 гэсэн утгыг илэрхийлж байвал газрын эвдрэл доройтолд 5 хүчин зүйл бүгд нөлөө үзүүлж байна гэсэн утгатай. Хэрэв үр дүн 0 гэсэн утгыг илэрхийлж байвал уг үнэлгээний энгийн аргачлал ёсоор газрын эвдрэл доройтол олдсонгүй гэсэн үг.

ҮР ДҮН БОЛОН ХЭЛЭЛЦҮҮЛЭГ

Зураг 1-т 2000-аас 2013 оны хоорондох ХӨТУИ-ийн (MSAVI) өөрчлөлтийг харуулсан байна. Бидний ажигласнаар ХӨТУИ-ийн үзүүлэлтүүд 2006 онд 0.95-аас 0.74 болтол буусан байснаасүүлийн жилүүдэд бага хэмжээгээр нэмэгдсэн. Уур амьсгалын хамгийн гол хүчин зүйлс бол ургамал ургах үеийн хур тунадасын газар авалт болон температурын өсөлт юм. Гэхдээ судалгааны газрын хувьд 13 жилийн хугацаанд үнэн хэрэгтээ бага өөрчлөлт гарсан байна. Энэ нь газрын эвдрэл доройтлыг үнэлэхэд ХӨТУИ-ийн хэлбэлзлийг дангаар ашиглах нь хангалтгүйг харуулж байна. Судалгааны газар байршилд газрын эвдрэл доройтлын үнэлэлтэнд ургамалын ногоорлын үнэлгээ дангаараа гол үзүүлэлт болж чадахгүйг судалгааны дүнгээр харуулж байна.

Зураг 2-т аль сум хөтлөгч хүчин зүйлсэд хамгийн их нөлөөлөгдсөн болохыг тодорхойлох ГМС-ийн шинжилгээг гүйцэтгэхэд гарсан үр дүнг харуулав. Судалгаанд орсон бүхий л байршил дотроос “Цогт” сум нь хамгийн их тооны доройтлын хөтлөгчидтэй байсныг энд бид тодорхойлов. 13 жилийн хугацаанд (2000-2013)энд уур амьсгал болон малын тоо нэмэгдсэнээс нөлөө гарсан ба бидний тодорхойлсоноор 3-4 нөхцөл давхардсан байв. Тиймээс уг байршлын хувьд уур амьсгал болон нийгэм-эдийн засгийн хүчин зүйлс хамгийн гол нөлөөтэй хүчин зүйлс болохыг бид таамаглав. ГМС-ийн нөхцөлт функцийг шинжилгээнээс харвал газрын хамгийн их эвдрэл доройтол нь 2007 онд Баянуул, Цээл, Цогт ба Алтай сумдын эргэн тойронд тохиолдсон. Тодорхой сумдын хамгийн ихээр доройтсон газарт аль хөтлөгч хүчин зүйлс байсныг тодорхойлоход энгийн map algebra аргачлал бидэнд туслав. 2014 оны Үндэсний Тайлан ёсоор Монголын ландшафтын 77.8% нь тодорхой хэмжээгээр доройтсон байсан. Тодорхой орон нутагт хамааралтай, нутгийнхныг хамруулах аргачлал бүхий хувилбруудыг тодорхойлогч ба хэлцэл хийгчбодлого тогтоогчид болон сонирхогч талуудыг хамруулсан судалгаанд, мөн түүнчлэн хүмүүсийг хүрээлэн орчинтой нь холбодог судалгаануудад бидний энэ өгүүлэл хувь нэмэр оруулж байна. Газрын эвдрэл доройтлын үйл явцыг илүү найдвартай, илүү хангалттай хэмжээгээр тодорхойлж чадах өөр бусад өгөгдлийн платформуудтай бидний өнөөгийн энэ судалгаа хэрхэн харилцан үйлчилж, яаж нэгдэж байгаад ирээдүйд гаргах хувилбрууддаа бид илүү ихээр анхаарлаа төвлөрүүлнэ. Дүгнэн хэлэхэд, өөр бусад хуурай бүс нутагт газрын эвдрэл доройтлын нарийн тодорхой хөтлөгч хүчин зүйлсийг тодорхойлоход уг үндсэн загварчлалын арга барилыг ашиглаж болохыг бид энд дүрслэн харууллаа.

ТАЛАРХАЛ

Монголын Үндэсний Цаг уурын төв болон SPOT / УРГАМАЛЖЛЫН өгөгдлийн төвд хиймэл дагуулын өгөгдөл хангаж өгсөнд зохиогчид талархаж байна. Бид бас судлаач Оюудари Вовагийн Герман дахь PhD докторын судалгааг дэмжсэнд Areas+ төсөлд, мөн судлаач Оюудари Воваг хүлээн авсанд Гёттингерийн Жорж-Августын Их Сургуулийн Газарзүйн хүрээлэнгийн Зурагзүй, ГМС болон Зайны тандалтын тэнхимийн гишүүдэд талархал илэрхийлмээр байна.

АШИГЛАСАН ХЭВЛЭЛ

- Batjargal Z. (1992). The climatic and man-induced environmental factors of the degradation of ecosystem in Mongolia. *International Workshop on Desertification*, Ulaanbaatar, Mongolia, 19.
- Huete AR. (1998). A soil-adjusted vegetation index (SAVI). *Remote Sensing of Environment*, 25, 295-309.
- Leemans R, Li X, Moran EF, Mortimore M, Ramakrishnan PS, Richards JF, Skanes H, Steffen W, Stone GD, Svedin U, Veldkamp TA, Vogel C, Xu J. (2001). The causes of land-use and land-cover change – Moving beyond the myths. *Global Environmental Change: Human and Policy Dimensions*, 11, 261-269.

National Statistical Office of Mongolia. (1998). *Mongolian Statistical Yearbook 1998*. Ulaanbaatar, 287pp.

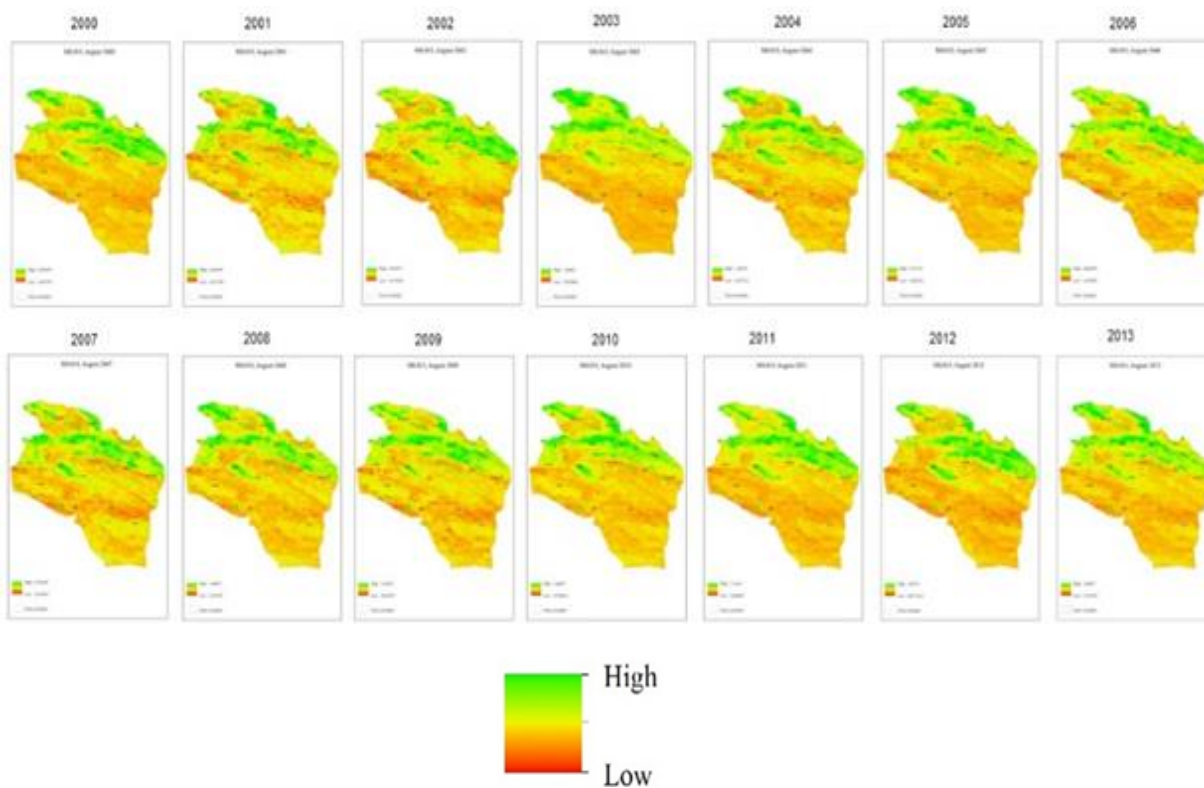
Propastin PA, Kappas M. (2008). Inter-annual changes in vegetation activities and their relationship to temperature and precipitation in Central Asia from 1982 to 2003. *Journal of Environmental Informatics*, 12(2), 75-87.

United Nations. (1994). *National Plan of Action to Combat Desertification in Mongolia (NPACD)*. Ulaanbaatar, 266pp.

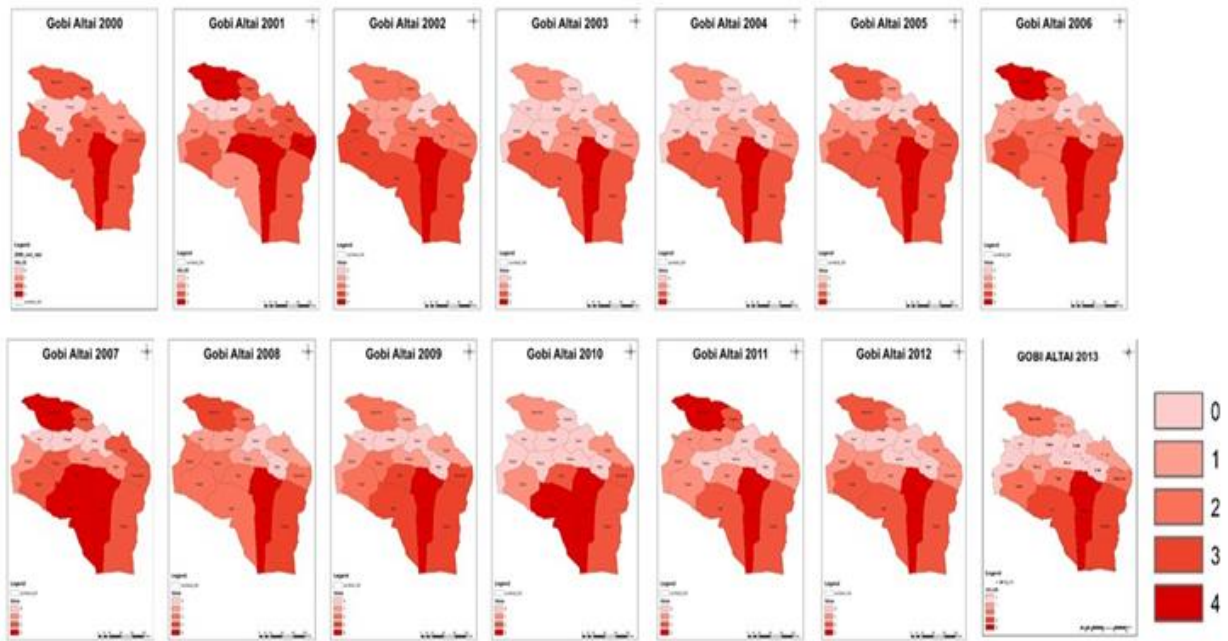
Ulbabayar T, Fernández-Giménez M. (2013). Following the Footsteps of the Mongol Queens: Why Mongolian Pastoral Women Should Be Empowered. *Rangelands*, 35, 29-35.

Хүснэгт 1. Судалгаанд хамрагдсан сумдын нөхцөлт функцын түлхүүр болон холбогдолтой төлөв байдал.

Индекс	Хувьсагчид	Тайлбар
1	нөхцөлт	([Малын тоо толгой] > 130000, 1, 0)
2	нөхцөлт	([ХӨТУИбуюу MSAVI] < 0.15, 1, 0)
3	нөхцөлт	([Температур] > 18, 1,0)
4	нөхцөлт	([Хур тунадас] <10,1, 0)
5	нөхцөлт	([Хүн ам]> 2637, 1, 0)
1	Үнэн	
0	Худал	



Зураг 1. 2000-аас 2013 оны ХӨТУИ-ийн өөрчлөлтийн газрын зураг



Зураг 2. 2000-аас 2013 оны газрын эвдрэл доройтлын өөрчлөлтийн газрын зураг