

# ХӨРСНИЙ ЭКОЛОГИЙН ЧАДАВХЫН ҮНЭЛГЭЭ

Ц.БАТНЯМ<sup>1</sup>, Э.АВИРМЭД<sup>1</sup>

*ШУА, Газарзүй-Геоэкологийн хүрээлэн, Физик газарзүйн салбар  
Э-шуудан: batnyamts@mas.ac.mn*

## **Soil ecological capacity assessment**

The purpose of this study is to develop an assessment of the soil ecological capacity of Mongolia's soil. The ecological capacity assessment of soil is divided into two main chapters. This is a factor of soil characteristics and geographical factors. Each of the evaluation criteria factors were derived from the ecological capacity assessment map by multi criteria decision analysis based on geographic information systems with a hierarchical analysis method. The results of the study are based on natural zones and the highest rates of forest steppe and steppe zones. The following information and materials were used in the survey. MODIS vegetation products with low spatial resolution, landsat 8 satellite imagery with medium spatial resolution data were used. Also SRTM (Shuttle Radar Topographic Mission) with a resolution of 90 meters was used to elicit the terrain and morphogenetic properties of the surface.

*Түлхүүр үг: хотгор гүдгэр, хөрсний органик карбон, газарзүйн хүчин зүйл*

## **Оршил**

Хөрсний экологи нь хөрсний биологи биотик болон абиотик хүчин зүйлс хоорондын харилцан үйлчлэлийг судална (David & Coleman, 2004). Нөгөө талаар, Монгол орны хөрсний биологийн шинж чанарыг олон улсын төвшинд үнэлэх боломж хараахан бүрдээгүй байна (Батхишиг, 2010). Энэхүү судалгааны ажил нь урьд өмнө нь Монгол оронд хийгдэж байсан “Хөрсний чанарын үнэлгээний аргачлал”-ын эрдэм шинжилгээний ажлуудтай аргазүй, үр дүнгийн хувьд адил төстэй тул судлагдсан байдал дээр энэ талаар товч орууллаа. Олон улсын практикт хэрэглэгддэг хөрсний чанарын үнэлгээний нэгдсэн арга зүй байхгүй. Улс орон болгон өөрийн орны хөрсний онцлог шинж чанарт тохирсон хөрсний чанарын үнэлгээний арга зүйг ашиглаж байна. Гадаад улс орнуудын хөрсний чанарын үнэлгээ тооцох аргачлал интернет болон мэргэжлийн сэтгүүлүүдээр төдийлөн түгээмэл тархдаггүй бөгөөд зөвхөн цөөн хувиар мэргэжлийн гарын авлага байдалтай хэвлэгдэж гардаг учраас ховор олдоц муутай байдаг (Батхишиг, 2010). Монгол оронд хөрсний чанарын үнэлгээний талаар хэд, хэдэн эрдэм шинжилгээний ажлууд хийгдсэн байдаг. Тухайлбал, ШУА-ийн Газарзүй, цэвдэг судлалын (тухайн үеийн нэрээр) 1984 онд

гаргасан БНМАУ-ын байгалийн үнэлгээний хөрсний чанарын үнэлгээ, Доктор (Ph.D) Б.Энхмаагийн “Монгол улсын хөрсний чанарын харьцангуй үнэлгээ”, ШУА, Газарзүй хүрээлэн, Хөрс судлалын сектороос 2008-2010 оны хооронд хэрэгжүүлсэн “Хөрсний чанарын үнэлгээний аргачлал” төсөлт ажил зэргийг нэрлэж болно. Мөн түүнчлэн И.Мягмаржавын “Хустайн байгалийн цогцолборт газрын хөрсний төлөв байдал, чанарын үнэлгээний асуудал” бүтээлд хөрсний задлан шинжилгээний үр дүнг ашиглан хөрсийг оношлох шинж чанарын үндсэн хүчин зүйлсүүдийн баллын үнэлгээг засварлан хөрсний чанарын үнэлгээг хийсэн. “ИнжГеоТех” ХХК-ний “Монгол орны газар ашиглалтын тохиромжтой байдлын үнэлгээ”-ний ажилдаа газар тариалангийн тохиромжтой байдлыг үнэлэхдээ хөрсний шинж чанарын үзүүлэлтүүдийг авч үзсэн байдаг. Тухайлбал, хөрсний хэв шинж, механик бүрэлдэхүүн, ус нэвчүүлэх чанар, давсжилт, хөдөлгөөнт фосфор, калийн агууламж, ялзмаг, ялзмагт үеийн зузаан, урвалын орчин зэрэг хүчин зүйлүүдэд үнэлгээний балл өгч газарзүйн мэдээллийн систем дээр суурилсан олон шалгуурт шийдвэр гаргалтын (Multi criteria decision analysis) аргыг эрэмбэлэлтийн матрицын аргатай хослуулан боловсруулсан байдаг. Зарим судалгаануудад хөрсний шинж чанарын үнэлгээг боловсруулахдаа хөрсний элэгдэл эвдрэлийг тооцоолох буюу USLE, RUSLE зэрэг загваруудыг өргөнөөр ашигладаг. Хөрсийг үнэлэхэд ерөнхийдөө чанарын хяналтын болон тоон үнэлгээ гэж хуваадаг. Чанарын хяналт үнэлгээ нь аливаа хөрсний шинж чанарыг таамаглаж хөрсний харьцангуй сайн буюу муу үнэлгээ өгдөг. Тоон арга нь олон зүйлийн тооны ухааны аргыг ашиглан, хөрсний элементийг бүртгэж, хөрсний шинж чанарын ерөнхий хувийг бодож гарган үнэлгээ өгдөг. Үүнд, Шаталсан шинжилгээний арга (analytic hierarchy process), хиймэл оюун ухааны арга (artificial neural network), хосолсон тохируулгын арга (SPA) зэрэг аргуудыг газарзүйн мэдээллийн систем, бусад статистик аргуудтай хослуулан аргыг өргөн ашиглаж байна (Tang xuan et al., 2009). Бид Монгол орны хөрсний экологийн чадавхыг абиотик хүчин зүйлс дээр тулгуурлан олон шалгуур шийдвэр гаргалтын аргыг (Multi criteria decision analysis) шаталсан шинжилгээний аргатай аргатай (Analytical hierarchy process) хослуулан үнэлсэн.

## Судалгааны арга зүй, материал

- Хээрийн судалгаа

Хээрийн судалгааг 2017-2019 оны зуны улирлуудад байгалийн бүс, бүслүүр болон хөрсний хэв шинжүүдийн төлөөлөл болгон 42 цэгт хөрсний бүрэн зүсэлт, 94 цэгт геоморфологи, ландшафтын бичиглэл үйлдсэн.

- Судалгааны аргазүй

ОХУ-ын ШУА-ын “Ус болон Экологийн асуудлын хүрээлэн”-ээс гаргасан “Байгаль орчны менежмент дэх ландшафт төлөвлөлт”-ийн аргазүй (Орлова, 2006) болон БОАЖЯ-аас 2010 онд батлагдсан “Хөрсний экологи-эдийн засгийн үнэлгээ, хохирол тооцох аргачлал” зэрэг аргазүйг ашиглав. Мөн түүнчлэн газарзүйн мэдээллийн систем дээр тулгуурласан олон шалгуурт шийдвэр гаргалтын аргыг шаталсан дүн шинжилгээний аргатай хослуулах замаар хөрсний экологийн чадавхын үнэлгээг боловсруулав. Үнэлгээг боловсруулахдаа газарзүйн болон хөрсний шинж чанарын 2 бүлэгт нийт 9 шалгуур үзүүлэлтүүдийг авч үзсэн. Үүнд, Газарзүйн хүчин зүйлийн бүлэгт хотгор гүдгэрийн хүчин зүйл (R), гадаргын хэвгий түүний уртаас хамаарсан хүчин зүйл (LS), ургамал бүрхэвчийн хүчин зүйл (V), зүг зовхисын хүчин (As), гадаргын урсцын хүчин (Rd) гэх мэт 5 шалгуур үзүүлэлтүүдийг авсан бол хөрсний шинж чанарын бүлэгт хөрсний органик нүүрстөрөгч (SOC), механик бүрэлдэхүүн (GSI), чийг (SWI), давсжилтын (SS) гэх мэт 4 шалгуур үзүүлэлтүүдийг тус тус авсан.

1. *Хотгор гүдгэрийн хүчин зүйл (R)*

Газрын гадаргын өндрийн уур амьсгалын өөрчлөлтийн нөхцөл нь хөрсний олон янз байдалд чухал ач холбогдолтой байдаг ба үнэмлэхүй өндрийн улмаас хөрс, ургамлын ялгаатай байдал үүсгэдэг (Добровольский & Урусевская, 2006). Иймд рельефийн онцлогийг гаргахын тулд газар нутгийн үнэмлэхүй өндрийг авч үзсэн. Уулархаг нутагт хөрс үүсвэрийн хүчин зүйл удаан явагдах тул шалгуур үзүүлэлтэд өндөр уулсыг хамгийн бага үнэлгээгээр сонгон авлаа. Хотгор гүдгэрийн морфологи шинжийг ангилахдаа газрын гадаргын үнэмлэхүй болон дундаж өндрийг авч үзсэн байдаг (Нямхүү, 2011). Бид хөрсний экологийн чадавхад нөлөөлөх рельефийн онцлогийг С.Жигж болон Н.Нямхүү нарын ангилсан өндрийн шалгуурын үзүүлэлтүүдээр авч үзлээ (Жигж, 1978).

## 2. Зүг зовхисын хүчин зүйл ( $As$ )

Зүг зовхисын үнэлгээний шалгуур үзүүлэлтийг тодорхойлох гол зарчим нь тухайн талбай нарны гэрлийн тусгалд ямар байрлалтай байрлахаас хамаардаг (Н.Түгжсүрэн, Г.Батсүх). Зүг зовхисын хүчин зүйл нь хөрсний чийгэнд ихээхэн нөлөө үзүүлэх бөгөөд (Fekedulegn, 2004) өмнөд хажууд дулааны горим ихтэй тул тивийн уур амьсгалтай байдаг (Добровольский & Урусевская, 2006). Зүг зовхисоос хамааран хөрсний элэгдэх байдалд өөр өөр байдаг (Арманд, 1956). Дээр дурдагдсан хүчин зүйлсээс шалтгаалан хойд болон тэгш хажууг хамгийн өндөр баллаар, өмнөд хажууг бага баллын үнэлгээгээр сонгон авлаа.

## 3. Гадаргын хэвгий, түүний уртаас хамаарсан хүчин зүйл ( $LS$ )

Хэвгийн урт ихсэхэд элэгдлийн материалыг зөөвөрлөх үйл явц, гадаргын урсац зэргээс шалтгаалан хөрсний элэгдэл нэмэгдэнэ (Brady, 1996). Гадаргын хэвгий нэмэгдэхэд хөрсний элэгдэл нэмэгдэх шинж чанарыг үндэслэн үнэлгээг боловсруулахдаа гадаргын хэвгийн нөлөөний улмаас хөрс усаар элэгдэх байдлыг авч үзсэн. Өөрөөр хэлбэл хөрс усаар элэгдэх загварын хэвгий болон түүний уртаас хамаарсан хүчин зүйлийг ашигласан ( $LS$  factor).  $L$ -факторыг дараах томъёогоор илэрхийлнэ (Wishmeier & Smith, 1978).

$$L = \left( \frac{\lambda_A}{22.1} \right)^m \quad (1)$$

Энд,  $\lambda$ - хажуугийн урт (метрээр). Хэрвээ гадаргын хэвгий  $0.57^\circ$ -оос  $1.72^\circ$  бол  $0.3$ ,  $1.74$ - $2.86$  бол  $0.4$ ,  $2.86$ -аас их бол  $0.5$ -аар тооцно.

$S$ -факторыг дараах томъёогоор илэрхийлнэ.

$$S = \left( \frac{\sin(0.01745 \times \theta_{deg})}{0.09} \right)^n \quad (2)$$

Энд,  $\theta$ -Хэвгийн өнцөг,  $0.09$  -Хэвгийн градиентын тогтмол,  $n$ -Хөрсний элэгдэлд өртөмтгий байдлаас хамаарсан тохируулга

Бид судалгаандаа гадаргын хэвгий, түүний уртаас хамаарсан хүчин зүйлийг Монгол орны хотгор гүдгэр, геоморфологийн онцлогийг харгалзан нийт 8 ангид хуваасан.

## 4. Ургамал бүрхэвчийн хүчин зүйл

Ургамал бүрхэвч нь усны урсцыг багасгах замаар хөрсийг элэгдэлд өртөхөөс хамгаалах (Victor & Dur, 2008) болон хөрсний матрицад усны шингээлтийг нэмэгдүүлнэ (Alan & Thomas, 1998). Иймд хөрсний экологийн чадавхын газарзүйн хүчин зүйлсийн үнэлгээнд ургамал бүрхэвч, түүнээс хамаарсан хөрс усаар элэгдэх үйл явцыг авч үзсэн. Ургамал бүрхэц болон гадаргын урсцын хамаарлаар хөрс элэгдэх үйл

явцыг Монгол орны байгаль, газрын бүрхэвчийн онцлогийг харгалзан дараах томъёог (Rickson & Morgan, 1988) ашигласан.

$$Er = e^{-0.0168C} \quad (3)$$

*Er* нь ургамал бүрхэвчээс хамаарсан элэгдлийн томъёо, *C* –нь ургамал бүрхэвч, *e*- 2.71828 (математик тогтмол)

Ургамал бүрхэцийн мэдээг тооцоолохдоо ургамлын нормчлогдсон ялгаврын индексийг (NDVI) ашигласан.

$$Y = 10.08 + 86.55NDVI \quad (4)$$

Энд, *Y*-ургамал бүрхэц, *NDVI*-ургамлын нормчлогдсон ялгаврын индекс

#### 5. Гадаргын урсцын хүчин зүйл

Жалганы элэгдэл тасралтгүй явагдсанаар тодорхой хэсгийн тайлбайн хөрсийг бүхэлд нь байхгүй болгодог. Судаг томрох тусам улам их хурдас зөөгддөг (Donald, 1978) . Иймд газарзүйн хүчин зүйлсийн үнэлгээг тооцохдоо гадаргын хэрчигдэл ихтэй буюу гуу, жалгаар их хэрчигдсэн газрын гадаргыг бага үнэлгээтэй байхаар тооцон авч үзлээ. С.Жигж нарын эрдэмтэд 1978 онд Монгол орны газрын гадаргын нөхцөл байдлыг харгалзан үзэж тэрхүү хувааж авсан ойролцоо талбай тус бүрийг ногдох идэгдлийн уртад хуваасан байна. Иймд судалгааны талбайн хэрчигдлийн шигүүг тооцохдоо дээрх арга зүйг баримталсан. Дараах томъёогоор тооцоолно.Үүнд:

$$Sk = L/F \quad (6)$$

Энд, *Sk*-хэрчигдлийн шигүү ( $км^2/км$ ), *L*-хэрчигдлийн нийт урт ( $км$ ), *F*-талбай ( $км^2$ )

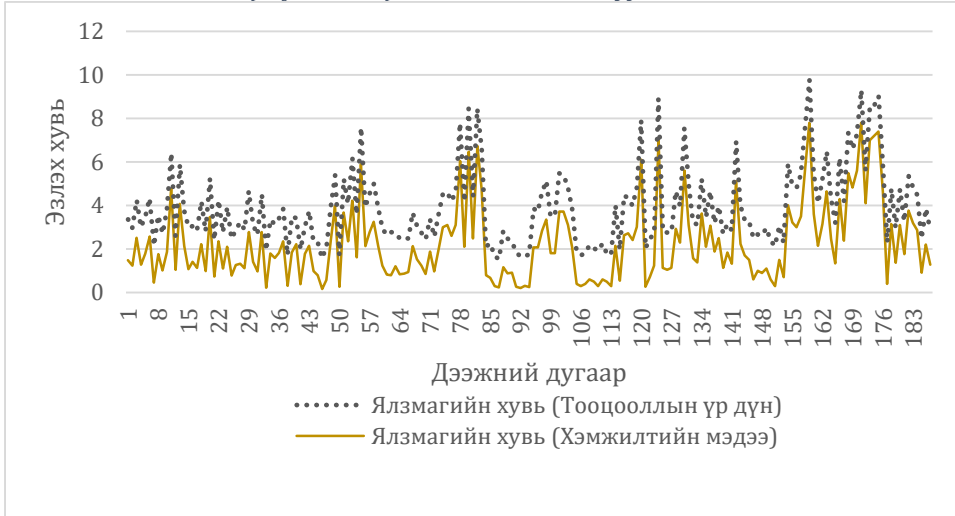
#### 6. Хөрсний органик нүүрстөрөгчийн тархалтын хүчин зүйл

Хөрсний органик нүүрстөрөгчийн орон зайн тархалтын мэдээлэл нь хөрсний экологийн үйл явцыг үнэлэх болон хөрсний нүүрстөрөгчийн шингээлтийн тухай ойлголтод чухал үүрэгтэй (Liu, Wang, & Dai, 2014). Хөрсний органик нүүрстөрөгчийг орон зайн хувьд нарийвчлан тодорхойлох боломжтой байдаг (Blackmer & White, 1998) ба үнэ өртгийн хувьд хямд байдаг (Wolf & Buttel, 1996). Хөрсний органик нүүрстөрөгчийн орон зайн тархалтыг тооцоолох олон аргачлал байдаг бөгөөд бид судалгаандаа Feng Cheng нарын 1998 онд боловсруулсан аргазүйг ашиглав. Монгол орны хэмжээн дэх Ландсат 8 хиймэл дагуулын зургийг өнгөний тохируулга (Color balancing), орон зайн хувьд нэгтгэн (Mosaic) наана. Улмаар .tiff өргөтгөлтэй зургаа ASKII форматад шилжүүлснээр цаашид зургийг боловсруулах, ангилахад ашиглагдана.

$$SOC = \exp(a + bR + cG + dB) \quad (7)$$

Энд, SOC-хөрсний органик агууламжийн эзлэх хувь, R,G,B –улаан, цэнхэр, ногоон суваг дахь зургийн эрчимшилийн утга, энд  $a = -1.71499$ ,  $b = -0.01576$ ,  $c = 0.011281$ ,  $d = -0.0113$  байна.

График 1. Хөрсний ялзмагийн агууламж



## 7. Хөрсний механик бүрэлдэхүүний хүчин зүйл

Ширхгийн бүрэлдэхүүн нь хөрсний бусад бүх физик шинжээс мэдээллийн хамгийн өндөр багтаамжтайгаараа хөрс судлалд төдийгүй, байгалийн бусад олон шинжлэх ухааны судалгаанд онол-аргазүйн чухал ач холбогдолтой үзүүлэлтэд тооцогддог (Гончигсумлаа, 2008). Дунд нарийвчлалын Ландсат-8 хиймэл дагуулын мэдээний улаан, цэнхэр, ойрын хэт улааны туяаны мужийг ашиглан хөрсний механик ширхгийн бүрэлдэхүүний тархалтын чиг хандлагыг гаргалаа. Хөрсний ширхгийн бүрэлдэхүүний индекс нь дараах томъёогоор илэрхийлэгдэнэ (Xiao, Shen, Tateishi, & Bayaer, 2006). Үүнд:

$$GSI = (R - B)/(R + G + B) \quad (8)$$

Энд, GSI-хөрсний ширхгийн бүрэлдэхүүний индекс, R-Улаан туяаны муж, B-Цэнхэр туяаны муж, G-Ногоон туяаны муж

Бид судалгаандаа дээрх шинж чанарыг ашиглан шавар, хүнд шавранцар болон элсэн бүрэлдэхүүнтэй хөрсийг хамгийг бага үнэлгээтэй байхаар хөнгөн механик бүрэлдэхүүнтэй хөрсийг үнэлгээ өндөр байхаар авч үзлээ.

## 8. Хөрсний чийгшлийн хүчин зүйл

Хөрсний чийгийн ерөнхий тархалтын зураглахын тулд Модис хиймэл дагуулын ургамлын нормчилсон ялгаврын индекс (MOD13A3) болон гадаргын температурын мэдээг (MOD11C3) тус тус авч ашиглалаа. Хөрсний чийгийн тархалтыг тооцох аргазүйд хөрсний чийгшлийн (Soil wetness index) индексийн аргыг ашигласан. Хөрсний чийгийн тархалтыг тооцох аргазүйд хөрсний чийгшлийн (Soil wetness index) индексийн аргыг (Kaniska, Bimal, & Patel, 2009) ашигласан. Дараах томъёогоор илэрхийлнэ. Үүнд:

$$SWI(t) = (Ts_{maxi} + Ts_i)/(Ts_{maxi} - Ts_{min}) \quad (9)$$

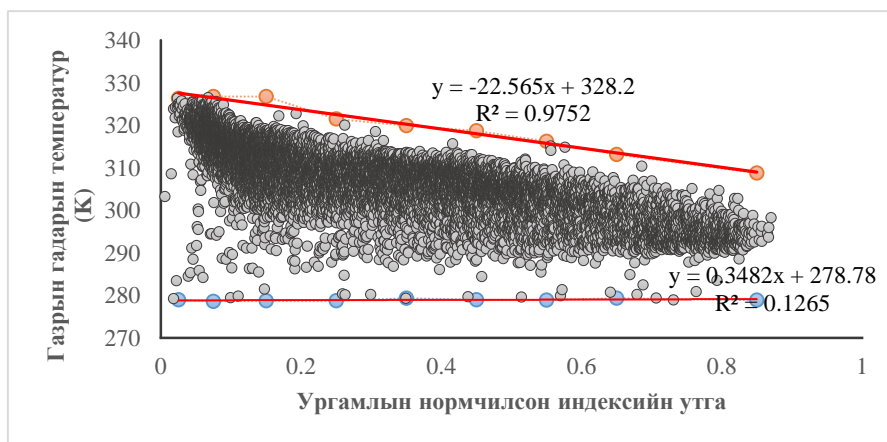
Энд,  $Ts_i$ - пиксел бүр дэх газрын гадаргын температур,  $Ts_{min}$ -нойтон үеийн хүрээнд тодорхойлсон хамгийн бага температур,  $Ts_{maxi}$ -Ургамлын нормчилсон индексийг  $i$  утга дахь гадаргын хамгийн их температур

$$Ts_{maxi} = a + bNDVI_i$$

Энд,  $NDVI_i$  ургамлын нормчилсон ялгаврын индексийн утга, хуурай үеийн "a"-шугаман хазайлт, "b"-хуурай үеийн шугаман огтлолцоол

$$Ts_{mini} = a' + b'NDVI_i$$

Энд,  $NDVI_i$  ургамлын нормчилсон ялгаврын индексийн утга, чийгтэй үеийн "a"-шугаман хазайлт, "b"-чийгтэй үеийн шугаман огтлолцоол



## 9. Хөрсний давсжилтын хүчин зүйл

Бид хөрсний давсжилтыг тархалтыг боловсруулахдаа А. Azabdaftari а, F. Sunar**b** нарын 2016 онд боловсруулсан хөрсний давсжилтыг тооцох аргачлалыг ашиглалаа. Энд давсжилтын 4 болон 9-р томъёо, дунд нарийвчлалын Ландсат-8 хиймэл дагуулын улаан, ногоон туяа болон хэт улаан туяа, ойрын хэт ягаан туяаны мужийг тус тус ашиглалаа. Хөрсний давсжилтын дараах томъёогоор тооцоолно. Үүнд:

$$ХД = 0.955 - 0.0406 B2 + 0.0081 B5 - 0.0370 B6 + 0.0471 SI4 - 0.0454 SI9 \quad (10)$$

Энд, ХД-Хөрсний давсжилт, B2- Цэнхэр туяаны муж, B5- Хэт улаан туяаны муж, B6-Ойрын хэт ягаан туяаны муж, SI4-давсжилтын индекс-4, SI9-давсжилтын индекс-9

- Орон зайн тооцоолол

Хөрсний экологийн чадавхын үнэлгээг газарзүйн мэдээллийн систем дээр тулгуурласан олон шалгуурт шийдвэр гаргалтын аргыг (Multi criteria decision analysis) шаталсан дүн шинжилгээний аргатай (Analytical hierarchy process) хослуулах замаар тооцоолсон.

-Үнэлгээний шалгуур үзүүлэлтүүдийг стандартчилах

Сэдэвчилсэн давхарга тус бүр ялгаатай шалгуур үзүүлэлтүүдийн утгуудтай бөгөөд энэ утгуудыг нэг ангилалд оруулах шаардлагатай. Иймд шалгуур үзүүлэлт тус бүрийн утгыг нийтлэг нэг утгад оруулсан (Ligmann, 2013).

$$E_i = (X_i - X_{\min}) / (X_{\max} - X_{\min}) \quad (11)$$

$E_i$ -никселийн стандартчилсан утга,  $X_{\min}$ -шалгуур үзүүлэлтийн хамгийн бага утга,  $X_{\max}$ -хамгийн их утга

Сүүлийн 20 жилд олон шалгуурт үнэлгээнд 3 аргыг өргөнөөр ашиглаж байна. Үүнд шаталсан шинжилгээний арга (АНР), векторын хамгийн тохиромжтой арга (Ideal Vector Approach), Fuzzy ANP (Munkhdulam, Avirmed et al., 2018). Шаталсан шинжилгээний аргад жингийн утгыг тооцох ба дараах томъёогоор илэрхийлнэ.

$$W_{ij} = \frac{\sum X(i,j)}{n} \quad (12)$$

Энд:  $W_{ij}$ - Жигнэсэн дундаж утга,  $X(i, j)$ -Хосолсон матрицийн утга,  $n$ -матрицын дараалал

Судалгааны ажлын үр дүнд шалгуур үзүүлэлт тус бүрийн зургийг жингийн утгаар давхцуулна. Үүнд:

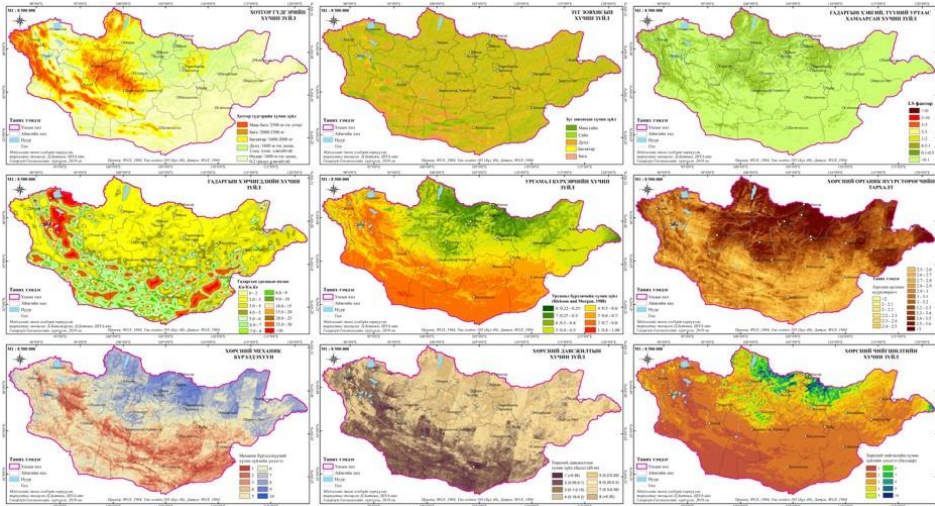
$$SEp = SOC * 0.3209 + R * 0.2212 + V * 0.2012 + GSI * 0.038 + SWI * 0.0625 + SS * 0.042 + As * 0.0288 + Rd * 0.106 + LS * 0.0106 \quad (13)$$

Энд, SEp-хөрсний экологийн чадавхын үнэлгээ, SOC-хөрсний органик нүүрстөрөгчийн хүчин зүйл, R-хотгор гүдгэрийн хүчин зүйл, V-ургамал бүрхэвчийн хүчин зүйл, GSI- хөрсний ширхгийн бүрэлдэхүүний хүчин зүйл, SWI-хөрсний чийгийн хүчин зүйл, SS-хөрсний давсжилтын хүчин зүйл, As -зүг зовхисын хүчин зүйл, Rd-гадаргын урсцын хүчин зүйл, LS-гадаргын хэвгий, түүний уртаас хамаарсан хүчин зүйл

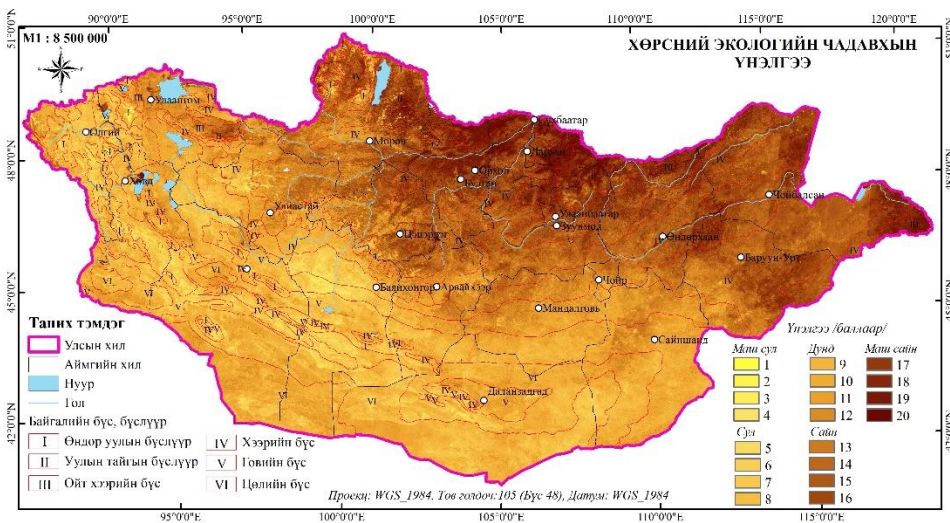


## Судалгааны үр дүн

Хөрсний экологийн чадавхын нэгдсэн үнэлгээг 1-20 шатлалын дагуу үндсэн 5 баллын ангилалд хуваан авч үзлээ. Хөрсний экологийн чадавхыг байгалийн бүс, бүслүүрүүдээр авч үзвэл ойт хээрийн бүсийн нийт 52.9 % нь, хээрийн бүсийн 33.0%, уулын тайгын бүслүүрийн 11.9%, говийн бүсийн 0.6%, өндөр уулын бүслүүрийн 0.3%, цөлийн бүсийн 0.1% нь маш сайн ангилалд багтаж байна (Хүснэгт 2).



Зураг 1. Хөрсний экологийн чадавхын үнэлгээний хүчин зүйлс



Зураг 2. Хөрсний экологийн чадавхын үнэлгээ

Хүснэгт 1. Хөрсний экологийн чадавхын үнэлгээ аймаг тус бүрээр

Д. д	Аймаг	Тааруу	Тааруувтар	Дунд	Сайн	Маш сайн	Маш сайн+Сайн
		Хувь	Хувь	Хувь	Хувь	Хувь	
1	Архангай	0.1	2.0	26.5	60.9	10.5	71.5
2	Баян-Өлгий	5.9	48.9	40.6	4.3	0.3	4.6
3	Баянхонгор	5.9	52.1	40.5	1.5	0.0	1.5
4	Булган	0.0	0.0	1.7	45.0	53.3	98.3
5	Говь-Алтай	2.9	44.2	52.2	0.6	0.0	0.7
6	Говь-Сүмбэр	0.0	2.3	58.6	39.0	0.0	39.0
7	Дархан-Уул	0.0	0.0	0.2	40.0	59.8	99.8
8	Дорноговь	0.0	13.4	79.4	7.1	0.0	7.1
9	Дорнод	0.0	0.0	1.2	68.8	29.9	98.8
10	Дундговь	0.0	6.7	73.7	19.6	0.0	19.6
11	Завхан	0.9	20.7	58.3	19.9	0.2	20.1
12	Орхон	0.0	0.8	2.8	51.6	44.8	96.4
13	Өвөрхангай	0.3	16.9	56.2	25.7	0.9	26.7
14	Өмнөговь	0.9	41.1	57.9	0.2	0.0	0.2
15	Сүхбаатар	0.0	0.2	14.8	67.4	17.6	85.0
16	Сэлэнгэ	0.0	0.0	0.1	24.2	75.7	99.9
17	Төв	0.0	0.0	6.4	68.7	24.9	93.6
18	Увс	0.9	14.6	65.8	17.2	1.5	18.6
19	Ховд	2.5	34.9	57.8	2.8	2.0	4.8
20	Хөвсгөл	0.3	1.7	24.0	55.6	18.3	74.0
21	Хэнтий	0.0	0.0	5.5	64.0	30.5	94.5

Хүснэгт 1. Байгалийн бүс, бүслүүр тус бүрт эзлэх талбай

Байгалийн бүс, бүслүүр	Байгалийн бүс, бүслүүрийн талбай, км <sup>2</sup>	Үүнээс: Үнэлгээний шатлал бүрт ногдох талбай, %-иар				
		Маш сайн	Сайн	Дунд зэрэг	Сул	Маш сул
Өндөр уулын бүслүүр (I)	55351.5	0.3	14.2	51.5	28.1	5.9
Уулын тайгын бүслүүр (II)	70894.3	11.9	51.2	23.9	13.0	0.0
Ойт хээрийн бүс (Хангайн бүс) (III)	236013.0	52.9	39.2	7.0	0.5	0.3
Хээрийн бүс (IV)	540835.6	33.0	46.2	17.6	0.5	2.7
Говийн бүс (V)	358568.5	0.6	6.2	63.3	28.4	1.6
Цөлийн бүс (VI)	302453.2	0.1	0.4	61.1	37.3	1.1

Хөрсний экологийн чадавхыг засаг захиргааны хувиараар авч үзвэл Дорнод, Сэлэнгэ, Булган, Хэнтий, Төв аймгуудад хөрсний экологийн чадавх хамгийн өндөр гарсан байна. Харин маш сул ангиллын

үнэлгээнд Баянхонгор, Говь-Алтай, Баян-Өлгий, Ховд, Өмнөговь аймгуудын газар нутаг хамгийн их талбайг эзэлнэ (Хүснэгт-1).

### **Дүгнэлт**

Хөрсний экологийн чадавхыг газарзүйн мэдээллийн систем дээр тулгуурласан олон шалгуурт шийдвэр гаргалтын аргыг шаталсан дүн шинжилгээний аргатай хослуулах замаар үнэллээ. Монгол орны газар нутгийн 11.7% нь маш сайн ангилалд, сайн ангилалд 28.4%, дунд зэргийн ангилалд 39.3%, сул ангилалд 19.2%, маш сул ангилалд 1.2% нь тус тус орсон байна. Байгалийн бүс бүслүүрээр авч үзвэл ойт хээрийн болон хээрийн бүс хамгийн өндөр үнэлгээтэй гарсан байна. Харин говь болон цөлийн бүсэд сул болон маш сул үнэлгээтэй талбай хамгийн өндөр хувьтай гарсан байна.

### **Ашигласан хэвлэл**

- Alan, D., & Thomas, G. (1998). Influence of Revegetation Efforts on Hydrologic Response and Erosion. *Land Degradation and Development*, 189-206.
- Blackmer, A., & White, S. (1998). Blackmer, A., & White, S. (1998). Using precision farming technologies to improve management of soil and fertilizer nitrogen. *Agric.Res*, 49:555-564.
- Brady, N. (1996). The Nature and Properties of soils. *American Journal of Alternative Agriculture*, 740.
- David, C., & Coleman, C. (2004). In *Fundamentals of soil ecology* (pp. 8-25). Elsevier academic press.
- Donald, W. (1978). *Rangeland reflectance characteristics measured by aircraft and spacecraft sensors. Thesis/dissertation*. Texas A & M University.
- Fekedulegn, D. (2004). Aspect induced differences in vegetation, soil, and microclimatic characteristics of an Appalachian watershed. . *CASTANEA*, 69(2): 92-108.
- Kaniska, M., Bimal, K., & Patel, N. (2009). Estimating volumetric surface moisture content for cropped soils using a soil wetness index based on surface temperature and NDVI. *Agricultural and Forest Meteorology* 149, 1328-1340.
- Ligmann, Z. (2013). Spatially-explicit sensitivity analysis of an agent-based model of land use change. . *International Journal of Geographical information Science*, 1764-1781.
- Liu, L., Wang, H., & Dai, w. (2014). Spatial variability of soil organic carbon in the forestlands of northeast China. *Forest.Res.* 25 (4), 867-876.
- Munkhdulam, O., Avirmed, E., Jonathan, C., & Renchinmydag, T. (2018). Munkhdulam O, Avirmed E, Jonathan Ch, Renchinmydag T. Assessment of landscape-ecological potential of khovd province, mongolia using satellite imagery and the spatial multicriteria decision-making method. *Global scientific journals*, 202.

- Rickson, R., & Morgan, R. (1988). Approaches to modelling the effects. In *Agriculture: erosion assessment and modelling* (pp. 65-86). Office for Official Publications of the European Communities.
- Victor, H., & Dur, Z. (2008). Soil-erosion and runoff prevention by plant covers. *INRA, EDP Sciences*, 656.
- Wishmeier, W., & Smith, D. (1978). Predicting rainfall erosion losses. *Agriculture Handbook 537, USDA-SEA*.
- Wolf, S., & Buttell, F. (1996). The political economy of precision farming. *Agr.Econ*, 78:1269-1274.
- Xiao, J., Shen, Y., Tateishi, R., & Bayaer, W. (2006). Xiao, J., Shen, Y., Tateishi, R., & Bayaer, W. Development of topsoil grain size index for monitoring desertification in arid land using remote sensing. *International Journal of Remote Sensing*, 2412-2420.
- Арманд, Д. (1956). *Антропогенные эрозионные процессы Текст. Сельскохозяйственная эрозия и борьба с ней*. Москва: Изд-во АН СССР.
- Батхишиг, О. (2010). *Хөрсний чанарын үнэлгээний аргачлал*. Улаанбаатар.
- Гончигсумлаа, Ч. (2008). Хөрс судлал, үүсэл, тархалт, ангилал. Улаанбаатар.
- Добровольский, Г., & Урусевская, И. (2006). In *География почв*. (pp. 101-105). Москва: Издательство Московского университета.
- Доржготов, Д. (2003). *Монгол орны хөрс*. Улаанбаатар: Адмон.
- Жигж, С. (1978). Монгол орны уул нуруудын өндрийн ангиллын асуудал. *Монгол орны газарзүйн асуудал №9, 4*.
- Нямхүү, Н. (2011). Газарзүйн мэдээллийн системийг геоморфологийн зарим судалгаанд ашиглах арга зүйн зарим асуудалд. *Монгол орны газарзүйн асуудал*, 87.
- Орлова, В. (2006). Ландшафтное планирование для целей сбалансированного сельскохозяйственного природопользования. *География и природные ресурсы*, 124-126.