



Гандуу бүсийн ургамлын орон зайн тархалт: тюрингийн хэлбэршил ус гачиг нөхцөлд илрэх нь

Кэйта Шима¹, Бухо Хошино¹, Инь Тянь¹, Э.Золжаргал², Бао Сайшаалт³,
На Янтай⁴, И.Мягмаржав⁵, П.Мягмарцэрэн^{6*}

1-Ракуно Гакүен их сургууль, Япон улс

2-Цаг уур, орчны шинжилгээний газар, Сайншанд, Монгол улс

3-Өвөрмонголын багшийн их сургууль, Хөх хот, БНХАУ

4-Өвөрмонголын санхүү, эдийн засгийн дээд сургууль, Хөх хот, БНХАУ

5-Агроэкологийн сургууль, ХААИС, Улаанбаатар, Монгол улс

6-Шинжлэх ухааны сургууль, МУИС, Улаанбаатар, Монгол улс

*Холбоо баригч зохиогч: land_management@num.edu.mn

ХУРААНГУЙ

Говь цөлийн ургамалшил нь асар уудам газар дээр алаг цоог мөртлөө тачир сийрэг тархдаг тул хиймэл дагуулаас нарийвчлан ажиглахад хэцүү байдаг. Гол шалтгаан нь зайнаас тандсан цацраг туяа нь хуурай нүцгэн хөрсний маш өндөр ойлтын нөлөөгөөр тачир сийрэг ургамлын цацрагийн ойлт сул, шингээлт нь дарагдаж илэрдэггүй байдал юм. Үүний үр дүнд цөлийн ургамлын хиймэл дагуулын зураг дээрх утга нь газрын гадаргуу дээр шууд хийсэн хэмжилтээс бага утгыг харуулж байдаг. Энэхүү судалгаанд бид хиймэл дагуулын мэдээг спектр үл холих аргыг ашиглан боловсруулж говийн ургамалшил Тюрингийн хэлбэршлийн дагуу тархаж байгаа зүй тогтлыг батлав. Спектр үл холих аргаар тогтоосон ургамлан бүрхэвчийн зайнаас тандсан мэдээ нь газрын бодит хэмжилтийн утгатай харьцангуй сайн хамааралтай (Ландсат 8-д $R^2 = 0.51$, Сентинел 2-т $R^2 = 0.41$) байна.

ТҮЛХҮҮР ҮГС: Спектр үл холих арга, Говь цөлийн ургамлын тархац

ОРШИЛ

Гандуу, гандуувтар бүс нутаг нь дэлхийн хуурай газрын 41.3 хувийг эзэлдэг. Мөн түүнчлэн хуурай газрын гандуу, гандуувтар бүс нь өнөөдөр дэлхийн гурван хүн тутмын нэгнийх нь өлгий нутаг буюу нийт 2,1 тэрбум хүн ам амьдарч байгаа бүс нутаг билээ. НҮБ-ийн "Хабитат" байгууллагын мэдээлснээр *"гандуу бүс нутагт хүн амын жилийн дундаж өсөлт 18.5% байгаа нь бусад бүс нутгуудаас хавьгүй илүү хурдан өсөлт юм..."* гэжээ[1,2]. Дэлхийн доройтсон газрын 20 орчим хувийг тариалангийн талбай, 20-25 хувийг нь бэлчээр нутаг эзэлж байна. Энэ талхлагдсан бэлчээр газрын нэг ньтал нутгийн нүүдэлчдийн амьжиргааны гол эх үүсвэр болсон Монголын тэгш өндөрлөг нутгийнжинхэнэ үетэнт хээр тал юм [2,3].

Говь цөлийн бүс дэх ургамлан нөмрөг нь асар уудам нутагталаг цоог мөртлөө тачир сийрэг тархсан тул хиймэл дагуулаас нарийвчлан судлахад туйлын хэцүү судлагдахууны нэг байдаг [3, 6]. Цөлийн бүс дэх ургамлын орон зайн болон

газарзүйн шинж чанарыг зайнаас тандсан аргаар нарийвчлан судалж үзэх нь гандуу газар нутагт цөлжилтийн эсрэг арга хэмжээ авах, түүний үр ашгийг дээшлүүлэх чухал ач холбогдолтой юм[3,4]. Энэхүү судалгааны гол зорилго нь сонгосон талбарууд дах ургамлан нөмрөгийг хиймэл дагуулын мэдээг спектр үл холих аргыг ашиглан боловсруулж говийн ургамалшил Тюрингийн хэлбэршлийн дагуу тархаж байгаа зүй тогтлыг батлах юм. Энэ зорилгын хүрээнд дараах зорилтуудыг тавьсан: 1. Харилцан өөр хэмжээтэй хур тунадас унадаг, газарзүйн өөр байршил бүхий 4 нутгийн 40 талбарыг сонгон хээрийн хэмжилт судалгааг газар дээр нь хийж Говь цөлийн бүсийн ургамлын бүрхэвч, өндөр, спектрийн тусгалыг бүх талбар бүрд хэмжсэн. 2. Хиймэл дагуулын мэдээнд спектр үл холих аргаар боловсруулт хийн Говь цөлийн ургамлан бүрхэвчийн орон зайн тархалтын хэлбэрийг тогтоох. 3. Хээрийн судалгаагаар тогтоосон газрын бодит өгөгдлөө спектр үл холих аргаар боловсруулсан зайнаас

тандсан мэдээнийхээ үр дүнтэй харьцуулж шалган Тюрингийн хэлбэршлийн дагуу үүсэн тогтож байгааг баталгаажуулах байсан.

Бидний судалгааны зорилго, зорилттой ижил чиглэлийн судалгааг Монгол Улсад хараахан

хийгээгүй гэсэн үндэслэлээр энэ судалгааг манай оронд шинэлэг ажил болсон гэж зохиогчид таамаглаж байна.

СУДАЛГААНЫ АРГА ЗҮЙ

Судалгааны талбар

Энэхүү судалгаанд харилцан адилгүй жилийн нийлбэр хур тунадас бүхий 4 газрыг (250 хавтгай дөрвөлжин метр хэмжээтэй) судалгаа хийх түлхүүр (төлөөлөл) талбай болгон сонгосон бөгөөд 10 хавтгай дөрвөлжин метр хэмжээтэй 10 хэмжилтийн талбаруудыг 4 газар болгонд

байрлуулсан. Эдгээр талбайнууд нь Цаг уур, орчны шинжилгээний газрын маршрутын хэмжилтэд ашиглагддаг талбаруудын нэг хэсэг бөгөөд Улаанбаатараас Даланзадгад хүртэл тууш трансект үүсгэн хур тунадас газарзүйн байрлалын хувьд хойноос урагш буурах зүй тогтлын дагуу сонгосон.

Ургамлын борог үлдэгдлийн харьцааг тооцоолох

Бидний судалгааны гол зорилго бол Тюринг 1952 онд дэвшүүлсэн хэлбэршил буюу матери өөрөө хэлбэр хээнд орох үйл явцыг томъёолсон бүтээлээс [5] санаа авч гандуу нутаг буюу Говь цөлийн бүсэд ургамлан бүрхэвчийн орон зайн тархалтын хэлбэр нь Тюрингийн хэлбэршлийн дагуу үүсэн тогтож байгааг хиймэл дагуулын мэдээнд тулгуурлан тогтоож газрын бодит

хэмжилтийн мэдээгээр шалгаж батлах байсан. Тюринг (1952)-ийн хэлбэр хээг математик аргаар томъёолсон бүтээлээс [5] санаа авч биологи, хими, хэрэглээний инженерийн олон загвар, томъёолууд гарсан байдаг.

Харденберг нар [6] болон Кэфи нар [7] "ус гачиг экосистем" -д ургамалалаг цоог толбо, бут бүхий орон зайн тархалтаар [8] хэлбэрших загварыг боловсруулсан (1, 2-р тэгшитгэлийг үзнэ үү).

$$\frac{\partial n}{\partial t} = \frac{\gamma\omega}{1+\sigma\omega}n - n^2 - \mu n + \nabla^2 n \quad (1)$$

$$\frac{\partial \omega}{\partial t} = P - (1 - \rho n)\omega - \omega^2 n + \delta \nabla^2 (\omega - \beta n) - \nu \frac{\partial (\omega - \alpha n)}{\partial x} \quad (2)$$

Загварт биомассын бүрхэвч (нягтралын)-ийн $n(x, t)$ тэгшитгэл нь (1-р тэгшитгэл) ургамлын масс (n) хөрсний чийгтэй (ω) шууд шугаман өсөлттэй хамааралтайгаар тооцсон. Ургамлан бүрхэвчийн нягтрал нь ургамлын ургалтаас ($\frac{\gamma\omega}{1+\sigma\omega}n$) хагдарсан өвс ба өвс тэжээлийн хэрэглээний ($-\mu n$) хэмжээ, тэжээлийн дутагдлаас ханасан агууламж (n^2)-ийг хасч үр болон ургал үржлийг ($\nabla^2 n$) нэмж тогтоогдоно. Тэгшитгэл 1-д агуулагдах хөрсний чийг хуримтлал ω -г 2-р тэгшитгэлээр бодно. Үүнд: хөрсний чийг $w(x, t)$ хуримтлалыг (Харденберг нарынхаар [6] газрын доорх усны нөөц нягтрал) хур тунадас (P)-аас ууршилт ($-(1 - \rho n)\omega$), үндсээр сорогдох ус ($-\beta n$), ургамлын эрхтнээр уурших буюу транспирацийн хэмжээ

($-\omega^2 n$), гадаргуугийн урсац ($-\nu \frac{\partial (\omega - \alpha n)}{\partial x}$) зэргийг хасч олно. $\beta, \delta, \alpha, \rho, \gamma$ нь ургамлын биомасс болон хөрсний чийг хоорондын эерэг харьцааг илэрхийлэх итгэлцүүрүүд юм. Транспирацийг ургамал сүүдэрлэлт ба хөрсний хөвхийн хэмжээ (ρn) багасгах нөлөөтэй байна. Харденберг нар [6] ландшафтын хувьд тэгш тал газарт $P = 800$ мм, $n = 1.25$ кг/м² байх хязгаарын нөхцөлд $\beta = 3$; $\delta = 100$; $\alpha = 3$; $\rho = 1.5$; $\gamma = 1.6$; $\mu = 0.2$; $\sigma = 1.6$ байхаар ургамлын биомасс болон хөрсний чийг хоорондын харьцааг илэрхийлэх итгэлцүүрүүдийг тогтоосон байдаг. 2015 оноос 2018 оны хооронд судалгааны талбаруудад дээрх тэгшитгэлийг турших хөрсний чийгийн ба ургамлын бүрхэц, навчны талбайн спектр хэмжилтүүдийг хийсэн.

Хиймэл дагуулын зургийн боловсруулалт

Ургамлын бүрхэвчийн өөрчлөлт хандлагыг тодруулахын тулд бид Ландсат 5, Ландсат 8 (30 м шийдтэй) болон Сентинел 2 (10 м шийдтэй) хиймэл дагуулуудын өгөгдлийг ашиглан ургамлын өөрчлөлтийн нормчилсон индекс (NDVI)-ийн хамгийн их утга болон нийлбэр хур тунадасны хамаарлыг 2007 оноос 2016 он хүртэлх

Ургамал соёололтын болон ургамал ургалтын улиралд тооцоолсон. Мөн тухайн үеийн хамгийн их ургамлын өөрчлөлтийн нормчилсон индекс ($tNDVI_{max}$) ба тухайн үеийн нийлбэр хур тунадасны хэмжээ (\sum Хур тунадас_ (3-р сараас 5-р сар) \wedge (6-р сараас 9-р сар) хоорондох хамаарлыг тооцсоны үндсэн дээр ургамал нөмрөг хур

тунадасны хоорондох харилцан үйлчлэлийг тодорхойлов.

Зун ургасан ургамлын биомасс намраас өвлийг дамжин хаврын улиралд хэр удаан хадгалагдаж

үлдэхийг тооцоолсон. Дараах томъёог ашиглан ургамлын борог үлдэгдлийн харьцааг зайнаас тандсан мэдээгээр тооцоолсон [9].

$$\text{Борог үлдэгдлийн харьцаа (NDVI)} = \text{NDVI}_{\text{хавар}} / \text{NDVI}_{\text{урьд зун(3)}}$$

Шугаман спектр үл холих арга

Зургийн пиксел тусгал нь түүн дотор дүрсэлсэн материал бүрийн (эсвэл эндмемберийн) шугаман хослол гэж үздэг. Хиймэл дагуулын олон сувгийн мэдээний хольцод газар дээрх зөвхөн ганц объект, материалыг агуулсан пикселийг ялган эндмембер/төгсгөлийн гишүүн (endmember) гэж тогтооход бидний судалгааны хувьд дан ус тусгасан, битүү ургамал тусгасан, дан нүцгэн хөрс тусгасан гэж тогтоосон болно. Тодорхой тооны эндмемберийн (n) хувьд энэ харилцааг дараах байдлаар илэрхийлж болно [10]. Үүнд:

$$M(\lambda) = \sum_{i=1}^N (P_i \cdot R_i(\lambda)) \quad (4)$$

Энд: $M(\lambda)$ холимог пикселийн идвэхтэй тусгал; P_i бол i дугаарматериалаар бүрхэгдсэн орон зайн фракц; $R_i(\lambda)$ i дугаар эндмемберийн тусгал; N пиксел дэх материалын тоо; λ нь суваг (эсвэл долгионы урт) юм.

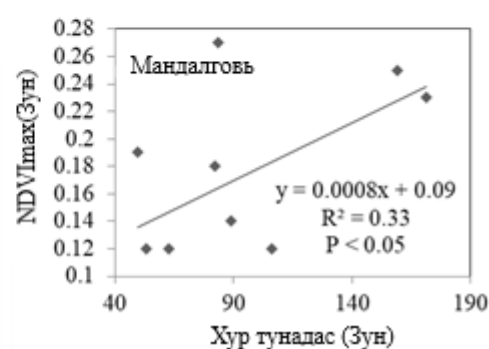
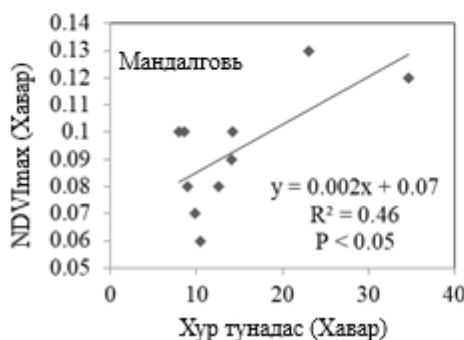
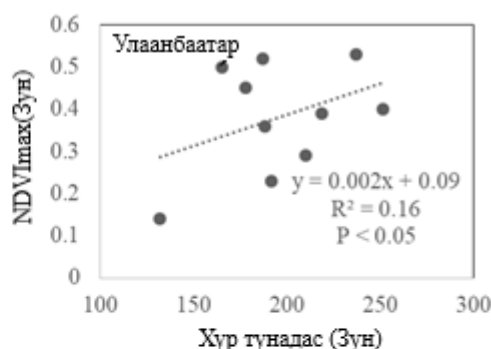
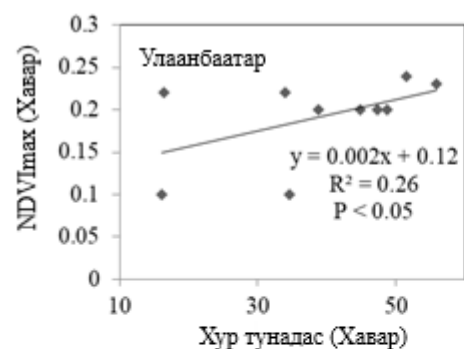
Шугаман спектр үл холих арга нь хязгаарлалтгүй эсвэл хэсэгчлэн хязгаарлагдсан гэсэн хоёр сонголттой байдаг. Хязгаарлалтгүй үл холих аргад эндмембергүй үед хасах утга авч нийт нийлбэрт багтах боломжтой байдаг. Энэхүү судалгаанд бид © ENVI програм хангамжийн шугаман үл холих аргачлалыг ашигласан.

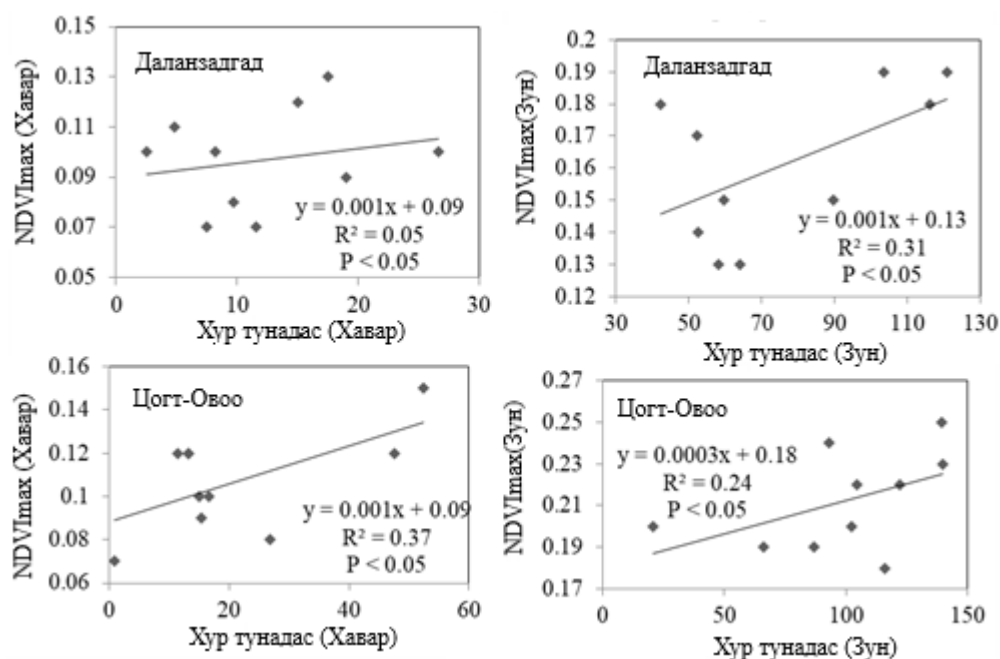
СУДАЛГААНЫ ҮР ДҮН

Ус гачиг нутаг дахь хур тунадас, ургамлын борог хагдны харилцан хамаарал

2007-2016 оны хавар, зуны улирал дахь хамгийн их ургамлын өөрчлөлтийн нормчилсон индекс (NDVI) болон хур тунадас хоорондын хамаарлыг Зураг 1-т харуулав. Зургаас харахад 4 нутаг тус бүрт, борооны улирал болох зуны хугацаан дахь хамаарал нь хуурай улирал болох хаврын улирлаас харьцангуй өндөр хамааралтай байгааг

харж болно. Өөр нэг хандлага бол олон наст ургамал давамгайлж буй Мандалговь, Цогт-Овоогийн талбайнуудад хавар бусад нутагтай харьцуулахад харьцангуй өндөр хамаарал гарч байна. Дан өвслөг ургамалтай Улаанбаатарын талбайд бусад нутгаас их хэмжээний хур тунадас орсон боловч бэлчээрийн даац ихтэй болон нэг наст бүлэг давамгайлсан шалтгаанаас үүдэн хамаарал бага гарсан байх магадлалтай байна.

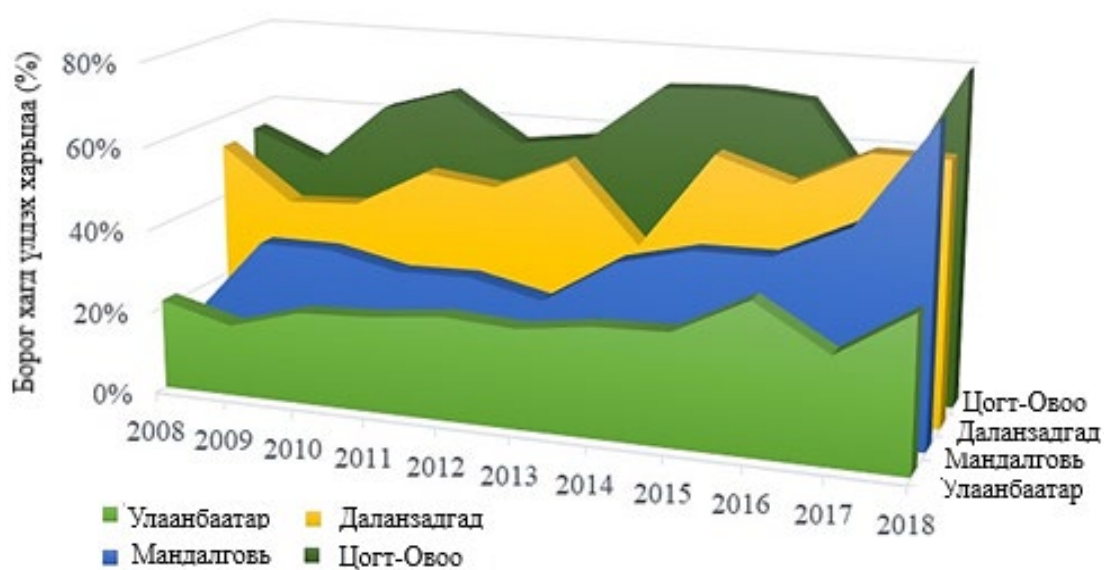




Зураг 1. 2007-2016 оны хоорондоххамгийн их ургамлын өөрчлөлтийн нормчилсон индекс (NDVI) ба хур тунадасны хоорондох хамаарал $NDVI_{max}$ - хамгийн их ургамлын өөрчлөлтийн нормчилсон индекс, Σ Precipitation- Нийлбэр хур тунадас)

Газрын гадаргуугаас ургамал алдагдах нь юун түрүүнд мал, ан амьтан идээшлэх, чийг алдагдах, салхинд хийсэх зэргээс үүдэлтэй. Зураг 2-т тэгшитгэл 3-аар тооцоолсон ургамлын борог хагд үлдэх харьцааг харуулав. Зурагт үзүүлснээр олон наст сөөг, бутлаг ургамал зонхилдог говийн

цөлийн газруудад (ТО- Цогт-Овоо, DZ- Даланзадгад) борог хагдны үлдэгдэл тоо хэмжээ их байхад нэг наст ургамал давамгайлсан нутагт (UB- Улаанбаатар) борог хагд бага байгаа зүй тогтол ажиглагдлаа.

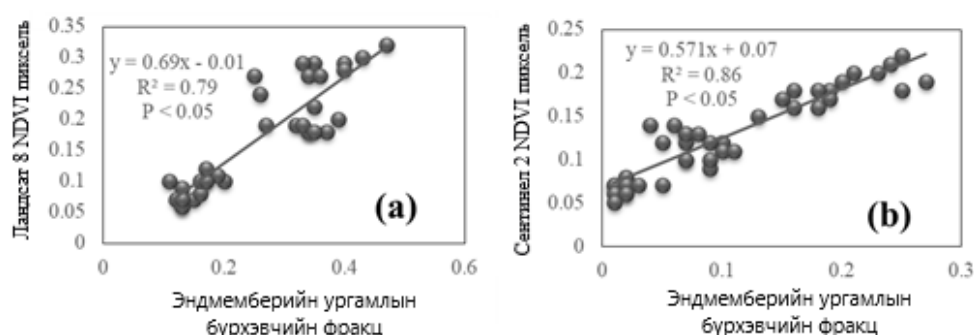


Зураг 2. Ургамлын борог хагд үлдэгдлийн түвшин (3-р тэгшитгэлээс тооцоолсон) (зураг дээр үсгээр хийсэн тэмдэглэгээний тайлбарыг дараах байдлаар ашиглана уу: Улаанбаатар-UB; Мандалговь-MG; Даланзадгад-DZ; Цогт-Овоо-TO; Ratio (%)- Борог хагдны хувь).

Говийн ургамлын орон зай дахь бүрхэвчийн фракц

Говь цөлийн бүсэд өргөн уудам халцгай газарт тачир сийрэг ургамал алаг цоог тархан байрлана. Ийм газарт Ландсат эсвэл Сентинел 2 гэх мэт олон сувгийн хиймэл дагуулаас авсан тоон мэдээгээр ургамлын хэмжээг нарийвчлалтай тооцоолоход хүндрэлтэй байдаг. Энэхүү судалгаанд Ландсат 8 ба Сентинел 2 хиймэл дагуулын зураглалыг шинжилж, үр дүнг судалгааны 4 талбайд хээрийн хэмжилт хийн баталгаажуулсан болно. Зураг 3-т үзүүлсэн

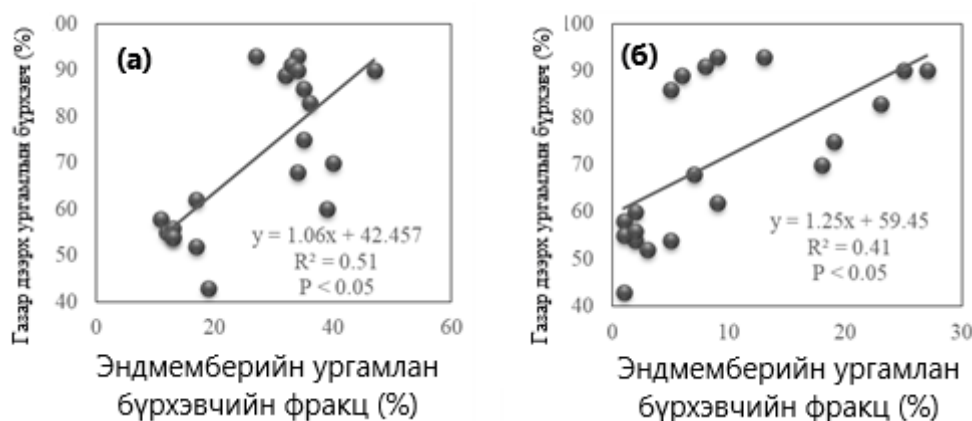
Ландсат 8 ба Сентинел 2 хиймэл дагуулын пикселийн ургамлын өөрчлөлтийн нормчилсон индекс (NDVI)- тэй хэмжилтийг газрын бодит мэдээгээр засч тохируулан (пикселийн тусгал) тооцоолсон мэдээтэй харьцуулж үзүүлээ. Сентинел 2 хиймэл дагуулын зураглал дахь спектр үл холих аргаар тогтоосон ургамалтай пикселүүд болон шууд тооцсон NDVI-ийн пикселийн хооронд өндөр хамаарал байгаа нь тандан судалгааны энэ аргачлал үнэмшил сайн, баталгаатай гэж үзэх үндэслэл болж байна.



Зураг 3. (а) Ландсат 8 болон (b) Сентинел 2 хиймэл дагуулаас авсан зураг дахь пикселийн ургамлын өөрчлөлтийн нормчилсон индекс (NDVI) ба мөн энэ пикселүүдийг үл холих аргаар тооцсон эндмемберийн ургамлын бүрхэвчийн фракц (VGT)-ийг харьцуулсан үр дүн.

Ургамлан бүрхэвчийн фракц (VGT) -ийг 4 нутгийн дөчин талбайн бодит хэмжилтээр тогтоосон ургамлын бүрхэвчтэй харьцуулж үзэхэд Ландсат 8 хиймэл дагуулын зураг дээрх спектр үл холих аргаар тооцсон ургамлын пиксел болон талбайн хэмжилтийн бодит мэдээ хооронд өндөр хамаарал гарсан. Харин хээрийн судалгаагаар 10 хавтгай дөрвөлжин метр 40 талбайд ургамлан бүрхэвч харьцангуй өндөр

($40\% \leq n(x, t)$) үр дүн гарсан байсан боловч Sentinel 2 хиймэл дагуулын хэмжилтийн пикселийн ногоон бүрхүүлт фракцын утга хээрийн хэмжилтийн мэдээнээс бага гарч байв (Зураг 4). Пикселийг үл холих аргаар тогтоосон ургамлан бүрхэвчийн зайнаас тандсан мэдээ нь газрын бодит хэмжилтийн утгатай харьцангуй сайн хамааралтай (Ландсат 8-д $R^2 = 0.51$, Сентинел 2-т $R^2 = 0.41$) байна.



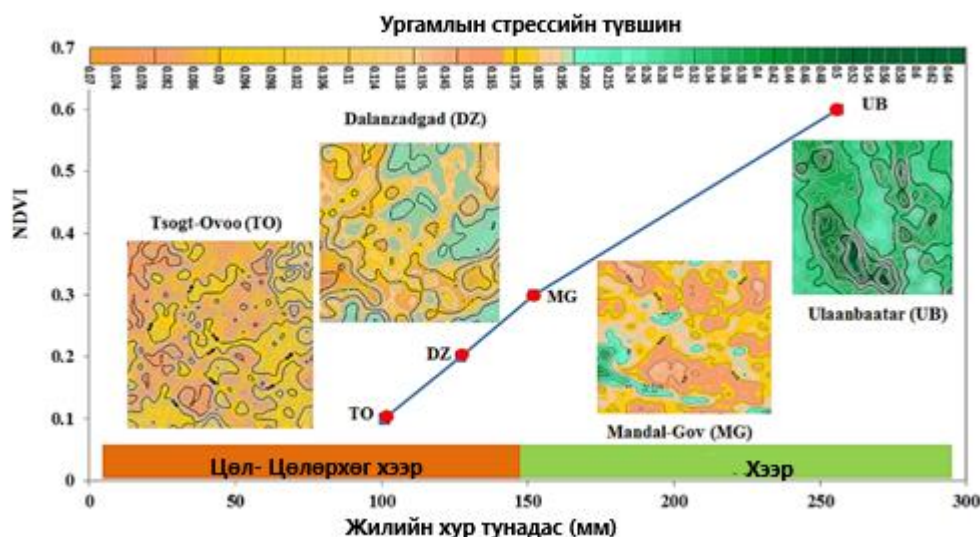
Зураг 4. (а) Ландсат 8 болон (b) Сентинел 2 хиймэл дагуулаас авсан зураг дахь пикселүүдийг үл холих аргаар тооцсон эндмемберийн ургамлан бүрхэвчийн фракц (VGT)-тай Харденберг нар (2001)-ын аргачлалын дагуу (томьёо 1, 2) хээрийн хэмжилтээр тооцсон ургамлан бүрхэвчийг харьцуулсан үр дүн.

ШҮҮН ХЭЛЭЛЦЭХҮЙ

Говь цөлд ургамал халцгай газар ихээхэн таруу алаг цоог ургасан байдаг тул хиймэл дагуулын пикселийн утгад нүцгэн буурь хөрсний хүчтэй тусгал ихээхэн нөлөөлдөг [11]. Бидний судалгааны зорилго, зорилттой ижил чиглэлийн судалгааг манай оронд хараахан хийгээгүй тул шинэлэг ажил болсон гэж зохиогчид таамаглаж байна.

Ургамлан бүрхэвч ($n(x, t)$) хур тунадасны (P) харилцан хамаарал нь нэг наст ургамал давамгайлж буй нутагт хүчтэй (Улаанбаатар, Мандалговь дахь талбарууд) байхад олон наст

ургамлууд бүрхэвчид дийлэнхи хувийг эзэлж буй газруудын (тухайлбал Цогт-Овоо, Даланзадгад дахь талбарууд) хамаарал үүнээс эрс ялгаатай байгаа бөгөөд хаврын улирал нь бага, зуны улирал нь их хамааралтай байгаа үр дүн гарлаа. Эндээс үндэслэн хур тунадас, хөрсний чийг хуримтлалаас гадна ургамлан бүрхэвч дэх ургамлын амьдралын хэлбэр, аж ахуйн болон экологийн бүлэг, бэлчээрийн талхлагдал зэргээс хамаарч ургамлан бүрхэвчийн орон зайн тархалт, нягтрал ялгаатай хэлбэршдэг зүй тогтол ажиглагдлаа.



5-р зураг. Гандуу нутаг дахь ургамлын орон зайн тархалт буюу Тюрингийн хэлбэршлийг хиймэл дагуулын мэдээгээр тодорхойлсон үр дүн.

Зурагт доод хэвтээ тэнхлэгт жилийн хур тунадсыг тал хээр, заримдаг цөл, цөлийн бүсээр, дээд хэвтээ тэнхлэгт эдгээр газарзүйн бүсүүдийн усны стресс түвшинг, босоо тэнхлэг нь Сентинел 2 хиймэл дагуулын зуны улирал дахь ургамлын өөрчлөлтийн нормчилсон индексийг, дөрвөлжин нүдэнд 4 нутгийн 250 хавтгай дөрвөлжин метр хэмжээтэй судалгаа хийх түлхүүр талбайн нэгийг

төлөөлөл болгон Тюрингийн хэлбэршлийг харууллаа. Зураг 5-аас харахад газарзүйн байрлалын хувьд хойноос урагшлах тусам хур тунадас жил бүр хэлбэлзэлтэй багасч ус гачиг болох тусам Тюрингийн хэлбэршлийг ургамлын орон зайд тархсан алаг цоог хээ бүхий бүрхэвчээс илүү тод харж болохоор байна.

ДҮГНЭЛТ

Ургамлын өөрчлөлтийн нормчилсон индекс (NDVI)-ийн улирлын чанартай өөрчлөлт нь нэг наст ургамлын бүлэг бүрхэцэд дийлэнх болсон талбайд (Улаанбаатар, Мандалговь дахь талбарууд) их, олон наст ургамлын бүлэг давамгайлж ургасан талбайд (Цогт-Овоо, Даланзадгад дахь талбарууд) бага байгаа үр дүн ажиглагдлаа. Тюрингийн хэлбэршлийг Даланзадгад, Цогт-Овоо дахь ургамлын орон зайд тархсан алаг цоог хээ бүхий бүрхэвчээс илүү тод харж болохоор байна. Өөрөөр хэлбэл ус гачиг

гандуу бүсэд Тюрингийн хээ илүү тод илэрч байна. Ландсат 8 болон Сентинел 2 хиймэл дагуулаас авсан зураг дахь пикселийн ургамлын өөрчлөлтийн нормчилсон индекс (NDVI) ба мөн энэ пикселүүдийг үл холих аргаар тооцсон эндмемберийн ургамлын бүрхэвчийн фракц (VGT)-ийг судалгааны бүх талбаруудад харьцуулахад бүгд хүчтэй хамааралтай үр дүн гарлаа (Ландсат 8-д $R^2 = 0.79$, Сентинел 2-т $R^2 = 0.86$).

ТАЛАРХАЛ

Энэхүү ажлыг JSPS KAKENHI сангийн JP19H04362; JP26281003; JP16H02703 ба JP18H03608 дугаар тэтгэлгийн санхүүжилтээр хийж гүйцэтгэв. Мөн түүнчлэн БНХАУ-ын

Байгалийн шинжлэх ухааны үндэсний сангийн 41561009 дугаар төслийн дэмжлэгийг ашигласан болно.

АШИГЛАСАН БҮТЭЭЛИЙН ЖАГСААЛТ

- [1] Millennium Ecosystem Assessment. 2005.. *"Ecosystems and Human Well-being: Synthesis"*. Island Press, Washington, DC.
- [2] Global Environment Facility - The Scientific and Technical Advisory Panel, administered by UNEP (GEF-STAP), 2010. "Report of the Scientific and Technical [3]Sofue, Y., Hoshino, B., Demura, Y., Nduati, E., and Kondoh, A., 2017. "The Interactions Between Precipitation, Vegetation and Dust Emission Over Semi-Arid Mongolia", *Atmos. Chem. Phys. Discuss.*, doi:10.5194/acp-2017-83, in review. Advisory Panel to the Fourth GEF Assembly".
- [4] Demura, Y.; Hoshino, B.; Baba, K., McCarthy, C.; Sofue, Y.; Kai, K.; Purevsuren, T.; Hagiwara, K.; Noda, J. 2017. "Determining the Frequency of Dry Lake Bed Formation in Semi-Arid Mongolia From Satellite Data," *Land*, 6(4), pp 88. doi:10.3390/land6040088.
- [5] Turing, A. M. 1952. "The Chemical Basis of Morphogenesis". *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B*. 237 (641): pp 37–72. Bibcode:1952RSPTB.237...37T. doi:10.1098/rstb.1952.0012. JSTOR 92463.

- [6] Hardenberg, J. and Meron, E. and Shachak, Moshe and Zarmi, Y. 2001. "Diversity of vegetation patterns and desertification". *Physical Review Letters*, 87(19), pp 198101-02.
- [7] Kéfi, Sonia, Rietkerk, Max, Alados, et al., 2007. "Spatial vegetation patterns and imminent desertification in Mediterranean arid ecosystems", *Nature*, 449, 213-7.
- [8] Rietkerk Max, Stefan C. Dekker, Peter C. de Ruiter, Johan van de Koppel. 2004. "Self-Organized Patchiness and Catastrophic Shifts in Ecosystems", *Science* 305 (5692), pp 1926-29.
- [9] Sofue Yuki, Buho Hoshino, Eunice Nduati, Akihiko Kondoh, Kenji Kai, Ts. Purevsuren, Kenji Baba, 2017. "Remote sensing methodology for detection of environment regime shifts in semi-arid region", *IEEE IGARSS2017*, pp. 5113-16.
- [10] Garini, Y.; Young, I.T.; McNamara, G. 2006. "Spectral imaging: Principles and Applications". *Cytometry Part A*. 69, 735–47. GEF-STAP, 2010. "Report of the Scientific and Technical Advisory Panel to the Fourth GEF Assembly".
- [11] Buhe Aosier, Tsuchiya, K. Kaneko, M. Ohtaishi, N. Halik, Mahmut. 2007. "Land cover of oases and forest in XinJiang, China retrieved from ASTER data", *Advances in Space Research* 39(1), pp 39-45.

Spatial distribution pattern of dryland plants : turing pattern in water limited conditions

**Keita Shima¹, Buho Hoshino ¹, Ying Tian ¹, Zoljargal E.², Saixialt Bao ³,
Yintay Na⁴, Myagmarjav I.⁵, and Myagmartseren P.^{6*}**

1-Rakuno Gakuen University, Ebetsu, Japan

2-Mongolian Meteorological and Environmental Center of Sainshand, Mongolia

3-Inner Mongolia Normal University, Hohhot, China

4-Inner Mongolia University of Finance and Economics, Hohhot, China

5-School of Agroecology, Mongolian University of Life Science, Ulaanbaatar, Mongolia

6-School of Arts and Sciences, National University of Mongolia, Ulaanbaatar, Mongolia

*Corresponding address: land_management@num.edu.mn

ABSTRACT

The plants in the Gobi desert region are sparsely distributed on a vast bare field, it is extremely difficult to accurately observe from the satellite. For the reason, the reflectance of dry soil is very high and the reflectance of slightly distributed plants is eliminated by soil reflection. As a result, the pixel's NDVI value of desert plants shows a smaller value than the ground measurement. In this study, we succeeded to analyze Turing pattern of vegetation abundance using the method of spectral un-mixing for satellite data of the Gobi plants. It is shown that the fraction of the vegetation endmember after pixel un-mixing has a remarkably high correlation ($R^2=0.51$ in Landsat 8 and $R^2=0.41$ in Sentinel 2) with the ground true value of vegetation coverage.

KEYWORD: Spread of plants in the gobi desert method of spectral un-mixing, region