



МОНГОЛ УЛСЫН ИХ СУРГУУЛЬ
ШИНЖЛЭХ УХААНЫ СУРГУУЛЬ
ГАЗАРЗҮЙН ТЭНХИМ

Газарзүйн асуудлууд

Geographical Issues

Volume 22 (2)

ISSN: 2312-8534

2022

Улаанбаатар хот 2022

Монгол орны ургамлын бүрхэвчийн цаг хугацаа, орон зайн өөрчлөлтийн онцлог, уур амьсгалд үзүүлсэн нөлөөлөл (1982-2015)

Spatiotemporal variations of Vegetation change and its response to Climate change in Mongolia during 1982-2015

©Б.Урьхан¹, Б.Сайнбуян^{1*}, В.Батцэнгэл¹

©Wurihan Bao¹, Sainbuyan Bayarsaikhan^{1*}, Battengel Vandansambuu¹

¹Газарзүйн тэнхим, Шинжлэх Ухааны Сургууль, Монгол Улсын Их Сургууль, Монгол Улс

¹Department of Geography, School of Arts and Sciences, National University of Mongolia, Mongolia

*Харилцагч зохиогч: sainbuyan.b@num.edu.mn

*Corresponding author: sainbuyan.b@num.edu.mn

Хүлээн авсан: 2022.10.12

Засварласан: 2022.11.11

Зөвшөөрөгдсөн: 2022.11.16

Хураангуй

Монгол орны 1982-2015 он хүртэл ургамал ургах үе (IV-X дугаар сар)-ийн GIMMS-ийн ургамлын нормчилсон ялгаврын индекс (NDVI), цаг уурын 60 орчим станц дээр хэмжсэн сарын дундаж температур, сарын нийлбэр хур тунадасны мэдээнд дүн шинжилгээ хийж шугаман регрессийн шинжилгээний арга, Pearson корреляцийн коэффициент аргуудыг ашиглан Монгол орны ургамлын бүрхэвчийн болон уур амьсгалын өөрчлөлтийн харилцан хамаарлыг судалсан. Сүүлийн 34 жилийн хугацааны ургамалжилтын улирлын дундаж NDVI-ийн орон зайн тархалтаас харахад Монгол орны ургамлан бүрхэвчийн талбай урдаасаа хойш аажмаар нэмэгдэж байна. Улирлаар харвал 3 улиралд NDVI өсөх ерөнхий хандлага ажиглагдаж байсан бөгөөд ургамлан бүрхэвчид хур тунадасны нөлөөлөл температурын нөлөөллөөс илүү байна. Судалгааны үр дүнгээс байгалийн бүсүүдэд хур тунадасны үзүүлэх нөлөө нь агаарын температураас илүү байсан ба харин ойт хээрийн бүсийн ургамлан бүрхэвчид агаарын температур, хур тунадас ижил нөлөө үзүүлж байна.

Түлхүүр үгс: Ургамлын нормчилсон ялгаврын индекс (NDVI), Уур амьсгал, Хур тунадас, Ургамлан бүрхэвчийн төрөл, Орон зай, цаг хугацааны өөрчлөлт

Abstract

Using GIMMS NDVI growing season (April-October) data from 1982-2015, mean temperature and monthly precipitation data from 60 meteorological station observations for the same period, the vegetation cover change and climate change in the Mongolian region and its response were studied with the help of linear trend analysis and Pearson correlation method the relationship between vegetation cover change and climate change in Mongolia and its response was studied using linear trend analysis, Mann-Kendall trend analysis and Pearson correlation. The results show that the average NDVI of the growing season in Mongolia has gradually increased spatially from south to north over the past 34 years. Seasonally, there was an overall increasing trend of NDVI in all three seasons, and the influence of precipitation on vegetation NDVI was greater than the influence of temperature on it. Different vegetation types responded more to precipitation than to temperature, and alpine grassland vegetation significantly affected air temperature and precipitation.

Keywords: NDVI, Vegetation type, Air temperature, Precipitation, Spatial and temporal evolution characteristics

Оршил

Дэлхийн уур амьсгалын өөрчлөлт болон хуурай газрын экосистем хоорондын хамаарал нь дэлхий дахины өөрчлөлтийн судалгааны гол чухал бүрэлдэхүүн хэсэг юм (Walker et al., 1997). Ургамлан бүрхэвч нь хуурай газрын экосистемийн чухал бүрдэл хэсэг бөгөөд хөрс, усан мандал, агаар мандал зэрэг бодисын шилжилт, эрчим хүчний солилцоог хангаж байдаг, уур амьсгалын дасан зохицох байдал, хуурай газар дахь нүүрстөрөгчийн эргэлт, хөрс, усыг хамгаалах хүрээнд чухал үүрэг гүйцэтгэдэг (Piao et al., 2003; Wang et al., 2011). Уур амьсгалын өөрчлөлт нь ургамлын бүрхэвчийн өсөлт, бүтэц, үүргийг өөрчилдөг гол хүчин зүйлсийн нэг (Zhou et al., 2011), бөгөөд ургамлын бүрхэвч нь уур амьсгалын өөрчлөлтөд үзүүлэх хариу урвалын судалгаа

©Зохиогчийн оруулсан хувь нэмэр: **Б.Урьхан:** Эх бичвэр, аргагүй боловсруулалт, өгөгдлийн дүн шинжилгээ, **Б.Сайнбуян:** Онолын үндэслэл, үндсэн бичвэрийн үр дүнгийн хяналт, **В.Батцэнгэл:** Бичвэрийн үндсэн засвар, үр дүнгийн хяналт. 2312-8534/© 2022 Зохиогчийн бүх эрх хуулиар хамгаалагдсан

нь дэлхий дахины өөрчлөлтийн судалгааны үндсэн агуулгын нэг юм. (Mu et al., 2012; Sun et al., 2010).

Иймээс ургамлын бүрхэвч, уур амьсгал хоорондын харилцан хамаарлаас эхлээд бүс нутгийн болон дэлхий дахины ургамлын бүрхэвчийн үйл явцын уур амьсгалд үзүүлэх хариу арга хэмжээ нь дэлхий дахины өөрчлөлтийн талаарх судалгааны хамгийн чухал асуудал болж байна (Piao et al., 2003; Cui et al., 2009; Jia., 2012). Ялангуяа дэлхийн болон бүс нутгийн хэмжээнд ургамлын бүрхэвчийн өөрчлөлтийг хянахад хиймэл дагуулаас зайнаас тандан судлалын өгөгдлийг ашигласан нь дэлхий нийтийн өөрчлөлтийн судалгаанд улам их ахиц гаргасан. (Tucker et al., 2001; Zhou et al., 2001; Gan et al., 2011; Chen et al., 2008)

Монгол Улс нь Монголын тэгш өндөрлөгийн голлох бүс нутаг (Chen et al., 2019) бөгөөд газар зүйн байршлын хувьд “Хятад-Монгол-Оросын эдийн засгийн коридор”-ын дагуу өөрийн онцлог бүхий давуу талтай (Wang et al., 2018). Мөн “Бүс ба зам” санаачилгын голлох хамтын ажиллагааны бүс нутаг юм. Тус бүс нутагт эх газрын хуурай болон хагас хуурай уур амьсгал давамгайлж, уур амьсгалын өөрчлөлтийн хувьд өртөмтгий эмзэг экосистемтэй бүс нутаг. Газрын гадарга, уур амьсгалын жиг бус тархалтын нөлөөгөөр Монгол орны ургамлын бүрхэвч хойноос урагшаа чиглэсэн өндөр уулын, ойт хээрийн, нугын, хээрийн, хуурай хээр, говь цөлийн бүс болон ялгардаг.

Монгол Улс өргөн уудам газар нутагтай, хүн ам сийрэг (Бао et al., 2020) (хүн амын нягтшил 2 хүн/км²) дэлхийн хамгийн бага хүн амтай орнуудын нэг бөгөөд газарзүйн байршил, уур амьсгал, экосистем, хүний үйл ажиллагаанаас үүдэлтэй тус бүс нутгийн экологийн төлөв байдалд үзүүлэх хэм хэмжээ, болон ялгаатай байдал нь тухайн бүс нутгийн онцлогийг бий болгодог.

Сүүлийн жилүүдэд Монгол улсын экосистем, уур амьсгал, гол, нуурын талбай өөрчлөлт (Тао et al., 2015), ган гачиг (Tong et al., 2018), ой, хээрийн түймрийн гамшиг (Li et al., 2016) болон ойн хөнөөлт хортон шавжийн гамшиг (Huang et al., 2018) зэрэг байгалийн гамшиг олонтоо тохиож, мөн хөрш зэргэлдээ улсын хүрээлэн буй орчинд шууд болон дам нөлөөлж байна. Иймээс Монгол орны сүүлийн 30 гаруй жилийн ургамлан бүрхэвчийн орон зай цаг хугацааны өөрчлөлтийг илрүүлж, түүнд нөлөөлөх уур амьсгалын өөрчлөлт, хамаарлыг судлах нь чухал байна.

Энэхүү судалгааны ажилд Монгол орныг сонгон авч, зайнаас тандан судлал, газарзүйн мэдээллийн систем болон бусад технологийн арга хэрэгсэл, статистикийн шугаман регрессийн шинжилгээний арга, пирсоны корреляцийн коэффициент аргуудыг ашиглан 1982-2015 оны хугацааны ургамлан бүрхэвчийн судалгааг хийсэн. Түүнчлэн 1982-2015 онуудын GIMMS-ийн урт хугацааны ургамлын нормчилсон ялгаврын индекс NDVI-г ашиглан ургамал ургах үе (IV-X сар)-ийн мэдээ, цаг уурын 60 станцын сарын дундаж температур, нийлбэр хур тунадасны мэдээлэлд дүн шинжилгээ хийж, Монгол орны уур амьсгал, ургамлын бүрхэвчийн NDVI өөрчлөлтийн төлөвт дүн шинжилгээ, дүгнэлт хийн, тэдгээрийн харилцан хамаарлыг судалсан.

Судалгааны талбай

Монгол улс нь Сибирийн их тайгын өмнөд, Төв Азийн их хуурай цөлийн хойд хэсэгт Алтай, Хангай, Хянганы уулсын дундах нутгийг (41°35'-52°09' N, 87°44'-119°56' E.) хамран оршдог (Цэгмид, 1969). Монгол орон нь өргөн уудам, нийт нутаг далайн түвшнээс дээш дунджаар 1580 метр өргөгдсөн, баруун болон хойд, зүүн хойд хэсэгтээ уул нуруудаар хүрээлэгдсэн, Евро-Азийн эх газарт эрс тэс уур амьсгалтай, жилийн ба хоногийн агаарын температурын хэлбэлзэл маш их цаг агаар огцом түргэн өөрчлөгдөж жилийн улирлуудад огцом шилждэг агаар үлэмж хуурай, агаарын тунадас бага, өвлийн хүйтэн улирал урт хугацаагаар үргэлжилдэг зэргээр тодорхой илэрдэг (Байгаль Орчин Ногоон хөгжлийн яам, 2014). Жилийн дундаж температур говийн бүст 8.5°C, уулархаг нутгуудад -7.8°C ба жилийн дундаж температур 8-6°C хооронд хэлбэлзэж, өмнө зүгээс хойд зүг чиглэлд буурдаг (Зураг 1).

Монгол оронд хур тунадас ерөнхийдөө бага ордог. Хангайн нуруу, Хөвсгөл, Хэнтэйн уулсаар 300-400 мм, Монгол Алтайн болон ойт хээрийн бүсэнд 250-300 мм, хээрийн бүсэнд 150-250 мм, говь цөлийн бүсэнд 150-50 мм орчим хур тунадас унана. Хур тунадас хойноос урагш, зүүнээс баруун тийшлэх тутам буурах авч түүний хуваарилалтанд газрын хотгор гүдгэрийн нөлөө их байдаг. Хур тунадасны 85% орчим нь жилийн дулаан улиралд /IV-IX сард/ үүнээс зөвхөн VII-VIII дугаар сард 50-60% нь орно (Нацагдорж, Хауленбек., 2012).

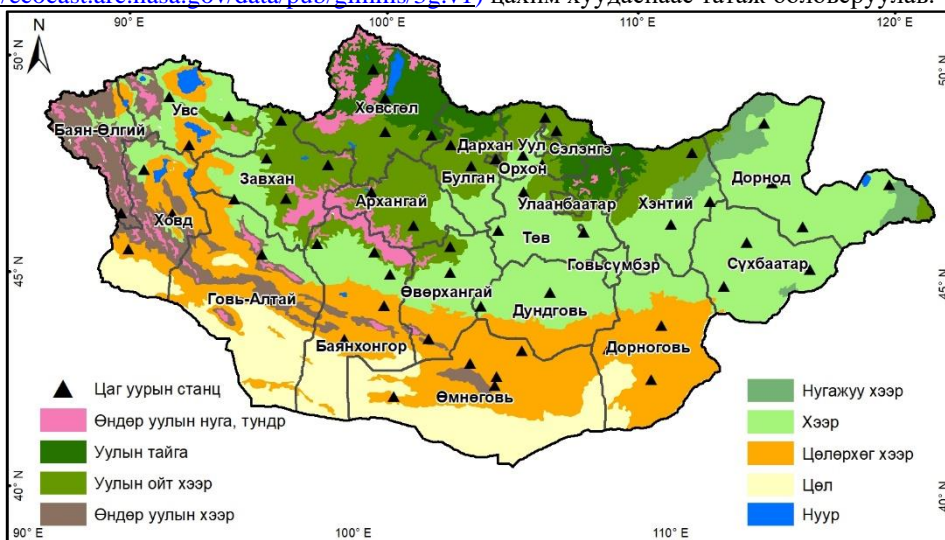
Монгол орны чийг-дулааны хангамжийн нөлөө нь бэлчээрийн ургамлын дулаан хангамжийн үзүүлэлт, гарцад нөлөөлж байна. Монгол орны нутаг дэвсгэрийн 80 орчим хувийг бэлчээрийн газар эзэлдэг (Sainbuyan., et al., 2020) бөгөөд энэхүү бэлчээр нутаг нь хэдэн зуун жилийн турш ашиглагдаж ирсэн бөгөөд түүний хувьсал, байгаль орчны хэтийн хандлагыг тогтоох нь чухал юм.



Зураг 1. Судалгааны талбай

Судалгааны материал, аргазүй

Судалгаанд Зайнаас Тандан Судлал болон Газарзүйн Мэдээллийн Системийн аргад үндэслэн Монгол орны цаг хугацааны өндөр давтамжтай “NOAA” хиймэл дагуулын 3-р үеийн (Global Inventory Monitoring and Modeling System) “GIMMS болон NDVI” мэдээ, Монгол орны цаг уурын 60 станц дээр хэмжсэн 1982-2015 оны IV сараас X сар хүртэлх хугацааны сарын дундаж температур, сарын нийлбэр хур тунадасны өгөгдлийг ашигла боловсруулсан (Зураг 2). “NOAA” хиймэл дагуулын (Normalized difference vegetation index) “NDVI” бүтээгдэхүүнийг (<https://ecocast.arc.nasa.gov/data/pub/gimms/3g.v1>) цахим хуудаснаас татаж боловсруулав.



Зураг 2. Монгол орны байгалийн бүс бүслүүр

Уур амьсгалын мэдээг голлон ажиглалтын станцаас цуглуулдаг тул эдгээрийг тухайн станцын байршлаар орон зайн байршилд оруулан интерполяци хийв. “ArcGIS” программ хангамжийг ашиглан “Kriging” аргаар вектор форматтай сар бүрийн температур, хур тунадасны мэдээг растер форматад хөрвүүлэн, бий болсон растер зургийг “NDVI”-ийн зурагтай ижил орон зайн нарийвчлал, тусгагтай болгон ашигласан. “Kriging” аргаар интерполяци хийхэд мэдэгдэж

буй эргэн тойрон дэх хэмжилтийн утгуудыг жинлэн мэдэгдэхгүй байгаа байршил дээрх утгыг доор үзүүлсэн томъёогоор тооцон гаргадаг. Үүнд:

$$Z(S_0) = \sum_{i=1}^N \lambda_i(Z_i) \quad (1)$$

Энд: $Z(S_i)$ - нь i -байршил дээрх мэдэгдэж буй утга

λ_i – нь тухайн байршил дахь утгын үл мэдэгдэх жин

S_0 – нь таамагласан байршил дээрх утга

N – өгөгдлийн тоо

Судалгаанд Монгол орны байгалийн бүс бүслүүрийн зургийг ашиглан, растер хэлбэрт оруулан ангилал тус бүр дээр ургамлан бүрхэвчийн өөрчлөлт болон уур амьсгалын нөлөөллийг тооцож дүн шинжилгээ хийсэн.

Монгол орны хэмжээнд намар, өвөл, хаврын улиралд ургамлан бүрхэвч буурч, өвлийн улиралд цасан бүрхүүл тогтдог. Иймд бид судалгаагаа жилийн ургамал ургах үе буюу IV сараас X сар хүртэлх хугацааг сонгон тухайн хугацааны ургамлын индексийн өгөгдөлд дүн шинжилгээ хийсэн. “NDVI” дахь үүл, аэрозол болон бусад ургамлын бус хүчин зүйлсийн нөлөөллийг аажмаар арилгахын тулд хугацааны цувааны өгөгдлийн багцыг ашиглан сарын хоёр үзэгдлийн тоон өгөгдөл дээр хамгийн их утгын синтезийн боловсруулалт хийсэн. Үүний үндсэн дээр хавар, зун, намрын улирлыг IV-V сар, VI-VIII сар, IX-X сар хүртэлх хугацаанд ургамлын индексийн дундаж утгыг тус тус тооцож, улирал тус бүрийн утгыг тодорхойлж, улирлын өөрчлөлтийн чиг хандлага, уур амьсгалд үзүүлэх нөлөөлөлд дүн шинжилгээ хийсэн. Мөн ургамал ургалтын улирлын дундаж ургамлын индексийг тооцоолж, жилийн ургамлан бүрхэвчийн цаг хугацаа, орон зайн чиг хандлагыг тодорхойлсон.

Статистик шинжилгээний арга

Шугаман регрессийн шинжилгээний арга: Өөрчлөлтийн хандлагын хэмжээ нь уур амьсгалын чиг хандлагыг илтгэх бөгөөд урт хугацааны явц дах цаг уурын элементүүдийн өөрчлөлтийн хандлагыг тодорхойлдог. Ерөнхийдөө шугаман регресс нь тухайн жилийн цаг уурын элементүүдийн цаг хугацааны дарааллыг тохируулахын тулд ашигладаг бөгөөд чиг хандлагын шугамын налуугаас 10 дахин их байх нь хандлагын үзүүлэлт юм

Тухайлбал, хэрэв тоон эрэмбэ байхгүй бол: $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$, :

$$y = a + bx \quad (2)$$

Томъёонд регрессийн параметр нь a , регрессийн коэффициент нь b , мөн налуу c гэж нэрлэдэг бөгөөд хоёуланг нь хамгийн бага квадратын аргаар үнэлдэг.

$$b = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (3)$$

Эндээс, $x = \frac{1}{N} \sum_{i=0}^n x_i$, $y = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n y_i$ нь $b > 0$ байх үед цаг уурын хүчин зүйл өсөх хандлагатай, $b < 0$ байх үед буурах хандлагатай байна.

Пирсоны корреляцийн коэффициент арга: Монгол орны ургамлын бүрхэвчийн өөрчлөлтөд цаг уурын мониторинг хүчин зүйлсийг судлах зорилгоор уур амьсгалын нөлөөллийг илэрхийлэхдээ цаг уурын хүчин зүйл, ургамлын хамаарлын коэффициентыг корреляцийн шинжилгээний аргаар гаргасан. Корреляцийн коэффициентын аргын ач холбогдлыг шалгахын тулд t -тестийг ашигласан бөгөөд тус корреляцийн коэффициентыг дараах томъёогоор тооцдог (Freedman et.al, 2007).

$$r_{xy} = \frac{\sum_{i=0}^n [(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})]}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 + \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} \quad (4)$$

Энд: y_i - корреляцийн коэффициент, x_i - үл хамаарах хувьсагч, \bar{x} - үл хамаарах хувьсагчийн дундаж, y_i -хамааран хувьсагч, \bar{y}_i - хамааран хувьсагчийн дундаж юм.

Тус томъёонд \bar{x} Болон \bar{y} хоёр хүчин зүйлсийн түүврийн утгуудын дундаж утга болох $r_{xy} > 0$ нь эерэг хамаарлыг илэрхийлж, $r_{xy} < 0$ нь сөрөг хамаарлыг илэрхийлдэг. Корреляцийн коэффициент их байх тусам хүчин зүйлс хоорондын хамаарал илүү хүчтэй болно. Энэ хоёрын ач холбогдлыг үнэлэх тестийг “Matlab” програм ашигласан бөгөөд энэ судалгаанд дурдсан ач холбогдлын түвшин дунджаар 0.05 байна.

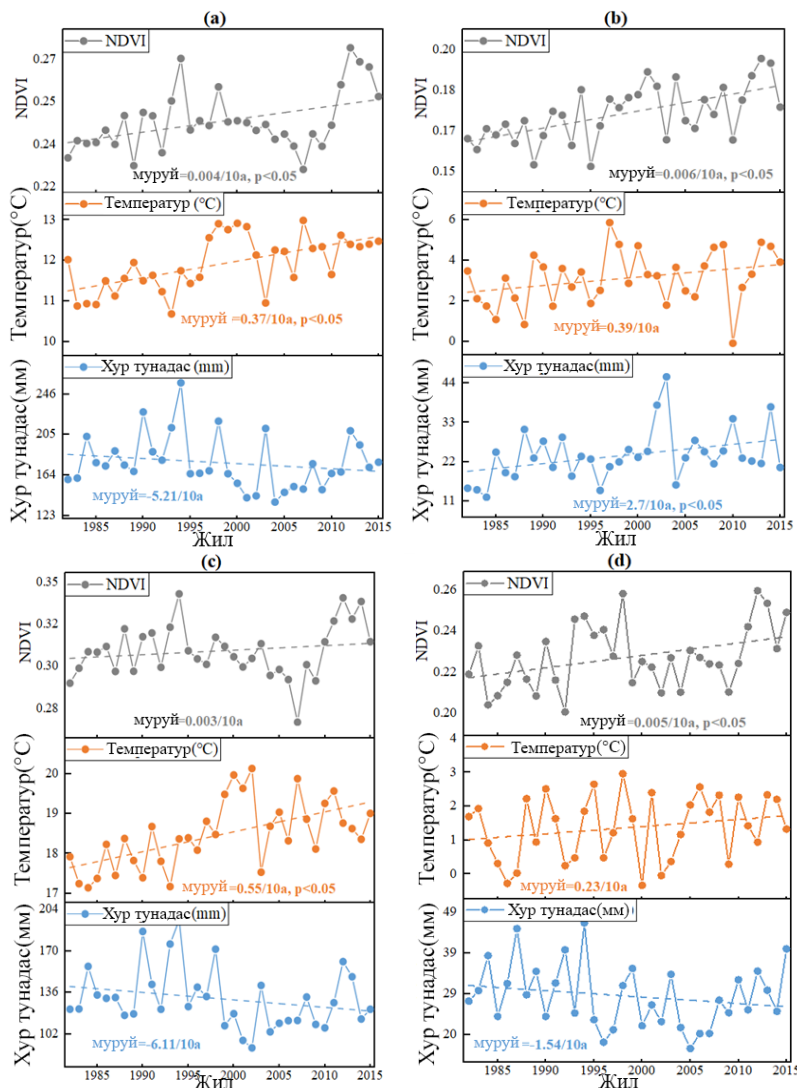
Судалгааны үр дүн ба хэлэлцүүлэг

Монгол улсын ургамлан бүрхэвчийн чиг хандлагад цаг уурын үзүүлэх нөлөө: Монгол орны сүүлийн 34 жилийн хугацааны ургамлан бүрхэвчийн тархалт, өөрчлөлтийг тооцлоо. Зураг-3а-д үзүүлсэнээр өнгөрсөн 34 жилийн хугацаанд Монгол орны ургамал ургах үеийн ургамлын индекс (NDVI) аажмаар өсөх хандлагатай байна. Ургамлын бүрхэвчийн индекс шугаман өсөлт $0.004/10a$ -аар өсөж ($10a$ -арван жилийн жил давтамж), 2007 онд NDVI-ийн хамгийн бага утга 0.30 байсан бол 2012 онд хамгийн их утга 0.270 болсон. Жилийн дундаж утга 0.246 байна. Тус зургаас харахад 2000-2007 оны хооронд ургамлан бүрхэвчийн индекс ерөнхийдөө буурах хандлагатай байсан боловч 2008 оноос буцаад тасралтгүй өссөн жилүүд байгааг харж болно. Ургамал ургах хугацааны температур $0.37^{\circ}C$ / $10a$ -аар нэмэгдсэн бол ургалтын үеийн хамгийн бага температур 1993 онд $10.75^{\circ}C$, харин хамгийн өндөр температур 2000 болон 2007 онуудад тус бүр $12.8^{\circ}C$ хүрч байжээ. 1998-2001 онуудад температурын хэлбэлзэл харьцангуй бага, 2001-2003 онуудад температурын огцом буурсан байна. Ургамал ургах хугацааны хур тунадасны өөрчлөлтөөс үзэхэд 34 жилийн хугацаанд хур тунадас 5.21 мм/ $10a$ -аар буурч, 1998 оноос өмнөх үед хур тунадасны өөрчлөлтийн чиг хандлага дундаж утгаас дээгүүр байсан бол тухайн жилээс хойших хур тунадасны хэмжээ дундаж утгаас доогуур болж, ургамал ургах хугацааны хур тунадасны хэмжээ бага зэрэг өөрчлөгдсөн шинжтэй байна. 1992-1994 онд хур тунадас нэмэгдсэн нь бусад жилүүдийнхээс илүү өндөр байсан байна. 2012-2014 онд хур тунадас тасралтгүй буурсан нь бусад тасралтгүй буурсан жилүүдийнхээс их байна. 1994 онд хур тунадасны хэмжээ хамгийн их буюу 257 мм-г хүрсэн бол 1994-1995 онд орсон хур тунадасны хэмжээ буурсан байна. 2004 онд хур тунадасны хэмжээ хамгийн бага утга болох 136 мм-г хүрсэн байна

Зураг-3b-аас харахад хаврын улиралд ургамлан бүрхэвчийн индекс байнга хэлбэлзэж, өсөлт, бууралттай байсан ба хамгийн өндөр температур 1997 онд $5.58^{\circ}C$ байсан бол 2010 онд $-0.057^{\circ}C$ хүрч агаарын температур эрс өссөн байна. Хаврын улиралд хур тунадас 2.7 мм/ $10a$ -аар өсөж, 2001 оноос хойших хэлбэлзэл өмнөх жилүүдээс их болжээ. Хур тунадас 2003-2004 онуудад ихээхэн хэмжээгээр буурсан буюу 15 мм-ийн зөрүүгээр буурчээ

Зураг-3c-аас харахад зуны улиралд ургамлан бүрхэвчийн индекс нь өсөх хандлагатай ч шугаман өсөлт нь 0.003 мм/ $10a$, хамгийн их утга нь 1994 онд 0.3387 , хамгийн бага утга нь 2007 онд 0.2686 болжээ. 2007-2012 онуудад ургамлан бүрхэвчийн индекс тасралтгүй өссөн шинжтэй байна. 1998 оноос өмнөх зуны агаарын температур $18.5^{\circ}C$ хэмээс доош хэлбэлзэж байсан бол түүнээс хойших жилүүдэд температурын хэлбэлзлийн утга ихээхэн өөрчлөгдөж, 2002-2003 оны агаарын температур хамгийн доод түвшинд хүрч буурсан. Хур тунадасны хэмжээ 6.11 мм/ $10a$ -аар буурч, 1999 оноос өмнөх зуны хур тунадасны хэлбэлзэл 1999 оноос хойших жилүүдийнхээс их, мөн өсөлт, бууралтын хэлбэлзэл эрс ялгаатай байна

Зураг-3d-д намрын улирлын хэлбэлзэл нь хаврынхаас бага төдийгүй илт мэдэгдэхүйц байна, намрын улиралд температурын олон жилийн чиг хандлагын өсөлт, бууралт ихээхэн хэлбэлзэж байна. 1998-2000 оны хооронд температур эрс буурсан байна. Намрын улиралд хур тунадас 1.54 мм/ $10a$ -аар буурч, судалгааны ихэнх хугацаанд хур тунадасны хэлбэлзэл их байна. 1994-1996 онуудад хур тунадасны хэмжээ тасралтгүй буурсан бол 1985-1987 онуудад орсон хур тунадасны өссөн байна.

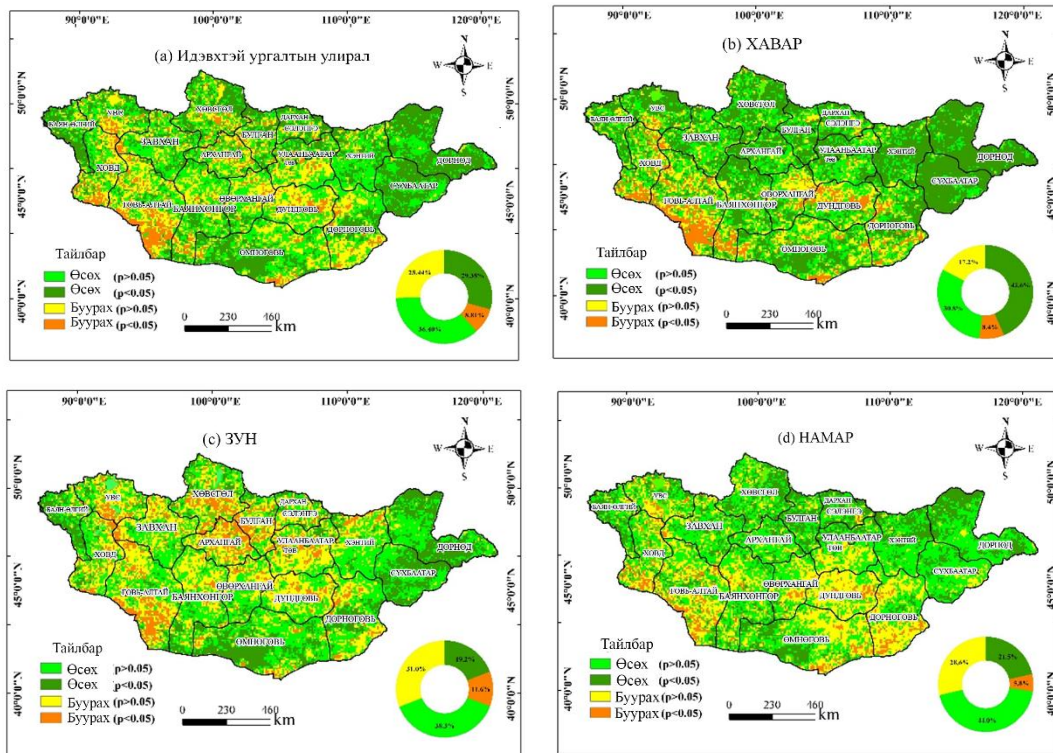


Зураг 3. 1982-2015 оны Монгол орны ургамал ургах улирал (а) хаврын улирал, (б) зуны улирал (с) ба намрын улирал (д)-ын ургамлан бүрхэвч, агаарын температур болон хур тунадасны хамаарал

Ургамлан бүрхэвчийн орон зайн өөрчлөлт: Ургамлан бүрхэвчийг тооцсон үр дүнгүүдээс харахад судалгааны хугацаанд улирлын шинж чанараас хамааран ургамлан бүрхэвчийн орон зайн тархалт харилцан адилгүй байгаа бөгөөд ургамал ургах хугацааны ургамлан бүрхэвч нэмэгдсэн газрууд нь ургамлын бүрхэвч буурсан газруудаас их байна. Үүнээс ургамлан бүрхэвч илт нэмэгдэж буй газрууд 29.35%-ийг, харин ургамлан бүрхэвч бага хэмжээгээр өссөн газрууд 36.40%-ийг, ургамлын бүрхэвч илт багассан газрын 8.8%-ийг тус тус эзэлж байна (Зураг 4а). Судалгааны хугацаанд хаврын улиралд Монгол орны ургамлан бүрхэвч багассан бүс нутгийн талбай буурсан байх бөгөөд гол төлөв баруун өмнөд хэсэг, төвийн нутгийн зарим хэсгээр мэдэгдэхүйц буурчээ (Зураг 4б). Цаг хугацаа өнгөрөхийн хэрээр ургамлын бүрхэвч багасах үзэгдэл хойд зүг рүү шилжиж, хамрах талбай нь өргөжсөн. Өмнөговь аймгийн баруун өмнөд хэсэг, Дорнод, Сүхбаатар аймгуудын ихэнх хэсгүүдээр ургамлан бүрхэвч илт мэдэгдэхүйц нэмэгдсэн байна (Зураг 4с).

Судалгааны хугацаанд намрын улирлын ургамлан бүрхэвчийг зуны улирлынхтай харьцуулахад багассан талбайн хэмжээ буурч, тархалтын байршил өөрчлөгдсөн байна. Мөн ургамлан бүрхэвч багасаж буй талбай нь Монгол орны зүүн өмнөд болон баруун өмнөд хэсэг

рүү шилжиж байна. Ургамлын бүрхэвч илт нэмэгдсэн талбай хувь хэмжээ ердөө 21.5%-ийг, харин бага хэмжээгээр нэмэгдсэн талбай 44%-ийг эзэлж байна (Зураг 4d).

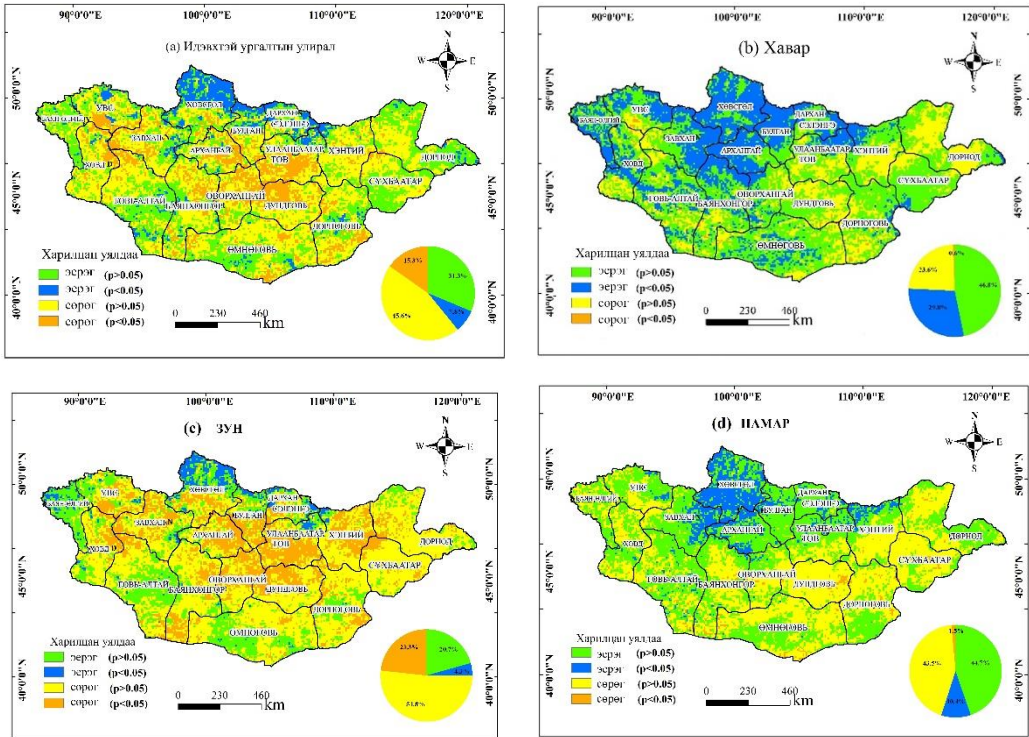


Зураг 4. Ургамлын бүрхэвчийн индексийн орон зайн өөрчлөлтийн чиг хандлага

Ургамлан бүрхэвч болон цаг уурын хүчин зүйлийн орон зайн хамаарал: Ургамлан бүрхэвчийн индексэд уур амьсгалын хүчин зүйлс хамгийн ихээр нөлөөлдөг бөгөөд байгалийн бүс, бүслүүрийн өвөрмөц нөхцөл байдлаас хамаараад ургамлын бүрхэвчийн индексийн температурт үзүүлэх нөлөө мөн харилцан адилгүй байдаг. Ургамал ургах хугацааны ургамлын бүрхэвчийн агаарын температурт үзүүлэх нөлөө ихэвчлэн сөрөг хамааралтай байх бөгөөд сөрөг хамаарал илэрсэн нийт пиксель 60.9% орчим хувийг эзэлж байна. Энэхүү буурал нь Монгол орны төвийн бүс нутгаар тархсан байна.

Ургамлан бүрхэвчийн агаарын температурт сөргөөр үзүүлэх нөлөөлөл үл мэдэгдэхүйц байдлын эзлэх хувь 15.3% байсан бөгөөд голчлон судалгааны талбайн төвийн хэсгээр тархсан (Зураг 5a). Ургамал ургах хугацааны ургамлан бүрхэвчийн индексийг хаврын улирлын ургамлан бүрхэвчийн индекс болон агаарын температурын эерэг хамааралтай пикселүүдтэй харьцуулахад эзлэх хувь 75.8%, энэ нь нутгийн хойд, өмнөд, зүүн өмнөд хэсгээр тархсан байна. 0.05-ийн ач холбогдлын түвшний тестийг давсан пикселийн эзлэх хувь 29%, судалгааны нутгийн хойд, баруун хойд бүс нутгаар тархсан байна (Зураг 5b). Зургаас харахад, зуны улиралд ургамлан бүрхэвчийн индекс нь агаарын температурт илүү тодорхой хариу үйлдэл үзүүлж байна. Зуны улирлын ургамлан бүрхэвчийн индекс, агаарын температуртай сөрөг хамаарлын пикселийн эзлэх хувь 75.1%, тус хамаарал нь нутгийн төвийн бүсээр тархсан байна. Ургамлан индекс, хур тунадастай сөрөг хамааралтай, ач холбогдлын түвшин 0.05-аас их байх үеийн пикселийн эзлэх хувь 23.3% ба гол төлөв судалгааны бүс нутгийн төв хэсэг, Увс, Ховд, Завхан аймгуудын зарим хэсэг, Архангай аймаг, Өвөрхангай, Төв, Дундговь аймаг бүхэлдээ, Хэнтий аймгийн ихэнх хэсгээр температуртай сөрөг хамааралтай голлон тархсан байна (Зураг 5c). Хавар, зуны улиралд ургамлын бүрхэвчийн NDVI-ийн агаарын температурт үзүүлэх нөлөөлөл нь эерэг ба сөрөг хамаарал эсрэг тэсрэг шинжтэй чанартай байна. Зуны улиралд агаарын температур 0.55°C/10-аар нэмэгдсэн нь ууршилт болон хур тунадаст нөлөөлсөн. Намрын улирлын ургамлан бүрхэвчийн индекс болон агаарын температурын эерэг хамаарлын пикселийн эзлэх хувь 55.1%, эдгээр нь нутгийн хойд хэсэг Завхан аймгийн зүүн, Хөвсгөл аймгийн ихэнх нутгийг хамарсан

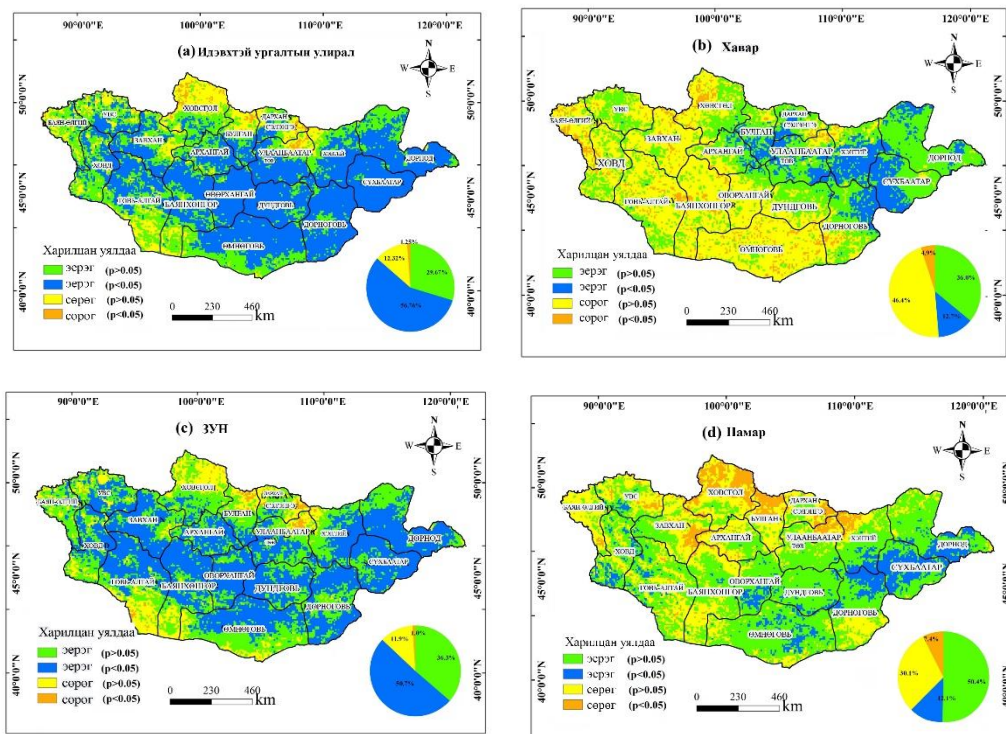
байна. Ач холбогдлын түвшний 0.05-аас их үеийн пикселийн эзлэх хувь 10.4% бөгөөд гол төлөв Хөвсгөл аймгийн өмнөд хэсэг, Хэнтий аймгийн баруун хойд хэсэгт тархсан байна (Зураг 5d).



Зураг 5. Ургамлын бүрхэвчийн индекс ба температурын харилцан хамаарал

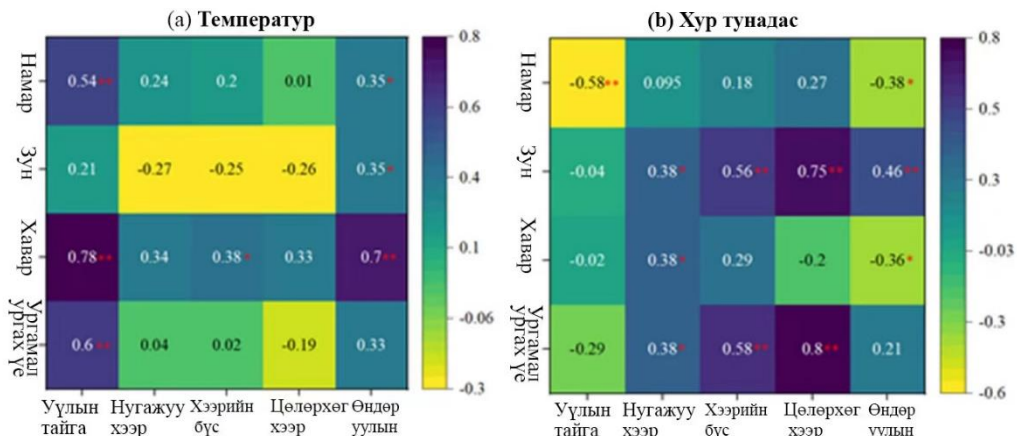
Харилцан адилгүй байгалийн бүсэд ургамлан бүрхэвчийн индексийн хур тунадст зүүлэх нөлөө янз бүр байх төдийгүй бүгд өөрийн гэсэн онцлогтой байна (Зураг 6). Ургамал ургах хугацааны ургамлан бүрхэвчийн индекс болон хур тунадас хоорондын эерэг хамааралтай пикселийн эзлэх хувь 86.43% ийг эзэлж Монгол орны ихэнх нутгаар жигд тархсан байна. Ач холбогдлын түвшин 0.05-аас их үеийн пикселийн эзлэх хувь 56.76%, гол төлөв судалгааны талбайн төв, зүүн болон өмнөд бүсэд илэрхий тархсан байна (Зураг 6a). Жилийн 3 улирал дундаас хаврын улирлын ургамлан бүрхэвчийн индекс ба хур тунадас хоорондын сөрөг хамаарлын талбай хамгийн их байна. Монгол орны хувьд хаврын улиралд агаарын температур бага хүйтэн байдагтай холбоотой. Хаврын улирлын ургамлан бүрхэвчийн индекс болон хур тунадас хоорондын сөрөг хамааралтай пикселийн эзлэх хувь 51.3% -тай өндөр байгаа бөгөөд нутгийн өмнөд, баруун өмнөд, баруун хойд хэсэг Завхан, Баянхонгор, Өвөрхангай, Өмнөговь, Говь-Алтай аймгуудын нутгаар тархсан байна. Ач холбогдлын түвшин 0.05-аас их үеийн пикселийн эзлэх хувь 4.9%, гол төлөв Хөвсгөл аймгийн баруун хойд хэсэг, Баян-Өлгий аймаг, Төв аймгийн зүүн хойд хэсэг зэрэг судалгааны бүсийг хамарсан байна. Ургамлын бүрхэвчийн индекс ба хур тунадас хоорондын эерэг хамааралтай газар нутгууд нь гол төлөв Хэнтий аймгийн өмнөд хэсэг, Сүхбаатар аймгийн баруун болон хойд хэсгээр тархсан байна (Зураг 6b). Зуны улиралд ургамлан бүрхэвчийн индекс болон хур тунадас хоорондох эерэг хамаарал бүхий талбайн хэмжээ мэдэгдэхүйц нэмэгдсэнийг зургаас харж болно. Ургамлан бүрхэвчийн индекс болон хур тунадас хоорондын эерэг хамаарлын пикселийн эзлэх хувь хамгийн ихдээ 87% -д хүрч, Монгол орны ойт хээр ийн өмнөд хэсэг, хээр, хуурай хээрийн бүсээр үргэлжлэн тархжээ. Ач холбогдлын түвшин 0.05-аас их үеийн пикселийн эзлэх хувь 50.7%, гол төлөв хээр, хуурай хээрийн бүсийг хамарсан, тус бүс нутаг хур тунадаснаас ургамлын гарц шалтгаалдаг нь харагдаж байна (Зураг 6c). Тус зургаас харахад намрын улиралд орох хур тунадас болон ургамлан бүрхэвчийн индекс хоорондын эерэг хамааралтай пикселийн эзлэх хувь 62.5%-д хүрч, нутгийн Дорнод, Сүхбаатар, Дорноговь аймгийн хойд хэсэг, Дундговь, Төв аймгийн өмнөд хэсэг, Өмнөговь, Баянхонгор аймгийн төв хэсэг, Говь-Алтай, Ховд аймгийн өмнөд хэсэг, Увс аймгийн өмнөд хэсгээр тархжээ. 0.05-ын ач холбогдлын түвшний тестийг давсан пикселийн

эзлэх хувь 12.1% байсан бөгөөд тэдгээр нь голчлон Сүхбаатар аймгийн төвийн хэсэг, Өмнөговь аймгийн зүүн хэсэг, Өвөрхангай аймгийн өмнөд хэсэг, Ховд аймгийн өмнөд, Увс аймгийн өмнөд хэсгээр тархсан байна. Намрын улирлын ургамлын бүрхэвчийн индекс болон хур тунадас хоорондын хамааралд мэдэгдэхүйц сөрөг нөлөөллийн эзлэх хувь гурван улирлын дотор хамгийн их буюу 7.4%-ийг эзэлж байна (Зураг 6д).



Зураг 6. Ургамлын бүрхэвчийн индекс ба хур тунадасны хэмжээ хоорондын хамаарал

Газрын бүрхэвчийн төрөл дээрх NDVI болон температур, хур тунадас хоорондын хамаарал: Ургамал ургах нийт хугацаанд Монгол орны цөлөрхөг хээрээс бусад 4 бүсэд агаарын температуртай эерэг хамааралтай, тэдгээрээс тайгын бүсэд нэлээд эерэг хамааралтай харагдаж байна. Ургамал ургалтын хугацаанд болон гурван улирал (Зуны улирлаас бусад) тайгын бүсэд маш эерэг хамааралтай байна (Зураг 7). Намрын улиралд байгалийн бүсүүдэд эерэг хамааралтай байсан ба тэдний дунд тайгын бүсэд өндөр эерэг хамааралтай, тал хээрийн бүстэй илүү эерэг хамааралтай байна. Зуны улиралд тайга, өндөрлөг уулын бүсээс бусад бүсүүдэд эерэг хамааралтай, үүнээс өндөр уулын нуга, тундрт хамгийн их хамааралтай байна. Ургамал ургах хугацаа, хавар намрын улиралд тайгын бүсэд агаарын температураас хамгийн их хамааралтай байдаг бол хавар улиралд өндөрлөг уулын нуга, тундрт температурт үзүүлэх нөлөө их өндөр байна ($r=0.7$). Төрөл бүрийн ургамлын бүрхэвч дундаас дөрвөн улиралд нугажуу хээр, цөлөрхөг хээрийн бүсийн агаарын температурт үзүүлэх нөлөө үл мэдэгдэхүйц шинжтэй байна. Цаашилбал, улирал бүрийг өөр өөр ургамлын бүрхэвч, хур тунадасны хамаарлаар нь шинжилбэл, цөлөрхөг хээр, нугажуу хээр нь ургамал ургах үе болон зуны улирлын хур тунадастай туйлын эерэг хамааралтай байна ($r=0.8$, $r=0.75$). Тайгын бүсийн ургамлан бүрхэвчийн индекс ба ургамал ургах үе нь хур тунадастай сөрөг ($r= -0.29$) хамааралтай байсан бол бусад бүсүүдэд эерэг хамааралтай байна. Зуны улиралд орох хур тунадас ба төрөл бүрийн ургамлын бүрхэвч хоорондын хамаарал хамгийн чухал бөгөөд үүний дараа ургамал ургах үеийн хур тунадасны төрөл бүрийн ургамлын бүрхэвчид үзүүлэх нөлөө орно.



Зураг 7. Байгалийн бүс дэх ургамлан бүрхэвчийн индекс ба а) температур, б) хур тунадас хоорондын хамаарал

Дүгнэлт

Судалгаанд 1982-2015 оны урт хугацааны “GIMMS-NDVI”-ийн мэдээ, Монгол орын цаг уурын станцуудын агаарын температур, хур тунадасны мэдээг ашиглан орон зай, цаг хугацааны өөрчлөлтийг илрүүлж, түүнд нөлөөлөх цаг уурын хүчин зүйлийг тооцлоо. Судалгаагаар дараах дүгнэлтийг гаргалаа.

1. Орон зай, цаг хугацааны өөрчлөлт, хандлагыг харвал сүүлийн 34 жилийн хугацаанд Монгол орны ургамал ургах хугацааны ургамлан бүрхэвчийн индексийн хэлбэлзэл аажмаар нэмэгдэх хандлагатай байна. Хур тунадас болон агаарын температурын өөрчлөлт ургамал ургах нийт хугацаа болон зун, болон намрын улирлын хур тунадас нь буурах хандлагатай, хаврын улиралд нэмэгдэх хандлагатай бол агаарын температур нь тус дөрвөн улиралд нэмэгдэх хандлагатай байна. Ургамлан бүрхэвчийн орон зайн өөрчлөлтөөс харахад, ургамлан бүрхэвч NDVI-гийн IV-X сарын ургамал ургах хугацааны улирлуудад нэмэгдэх хандлагатай ба ургамлан бүрхэвч буурах хандлагатай харьцуулахад их байна.

2. Уур амьсгалын хүчин зүйлс ургамлын бүрхэвчийн индексэд үзүүлж буй нөлөөллийг авч үзвэл хур тунадасны нөлөө нь агаарын температурынхаас илүү байна. Хаврын улиралд ургамлан бүрхэвчийн индексэд үзүүлэх агаарын температурын эерэг нөлөөлөл нь сөрөг нөлөөллөөс их байдаг. Харин эсрэгээрээ зуны улиралд ургамлан бүрхэвчийн индексэд үзүүлэх агаарын температурын сөрөг нөлөөлөл нь эерэг нөлөөллөөсөө их байна. Ургамлын хугацаа болон намрын улирлын температур ургамлын бүрхэвчийн индексэд үзүүлж буй сөрөг нөлөө нь төвийн бүсэд голчлон тархсан байх бол хойд бүсэд эерэг нөлөө харьцангуй илүү байв. Ургамал ургамлын хугацаа болон зуны улирлын хур тунадасны ургамлын бүрхэвчийн индексэд үзүүлсэн эерэг нөлөөллийн хэмжээ их байсан бөгөөд голчлон нутгийн төв болон зүүн бүс нутагт илүү тархсан байна.

3. Монгол орны газар нутаг байгалийн бүс бүслүүр, газрын бүрхэвчийн төрөл харилцан адилгүй бөгөөд тэдгээрийн хур тунадаст үзүүлэх нөлөө нь температурын үзүүлэх нөлөөнөөс илүү байдаг. Өндөр уулын нуга, тундрт ургамлан бүрхэвч нь температур болон хур тунадаст ихээхэн нөлөөтэй байна. Ургамал ургах хугацааны болон зуны улирлын хур тунадас нь газрын бүрхэвчид мэдэгдэхүйц нөлөөлсөн байх ба зөвхөн хаврын температур л байгалийн бүсүүдэд илэрхий нөлөө үзүүлээгүй байна. Агаарын температур нь тайгын бүс, өндөр уулын нуга, тундрийн ургамлан бүрхэвчид улирал харгалзахгүй ихээхэн нөлөөлдөг бол хур тунадасны хувьд тайгын бүсэд үзүүлэх нөлөө бага байдгийг эс тооцвол бусдаар бусад байгалийн бүсүүдэд их бага хэмжээгээр нөлөөлдөг.

Ном зүй

1. Байгаль Орчин Ногоон хөгжлийн яам. (2014). *Монгол улс: Уур амьсгалын өөрчлөлтийн үнэлгээний хоёрдугаар илтгэл-2014*, Улаанбаатар, 25-26
2. Нацагдорж, Л., Хауленбек, А. (2012). Монгол орны ойн экосистемд уур амьсгалын өөрчлөлтийн нөлөөллийн үр дагаварыг үнэлэх асуудал, *Монгол орны геоэкологийн асуудал*,

№ 9, 34-58

3. Цэгмид, Ш. (1969). *Монгол орны физик газарзүй*. Улаанбаатар хот, Улсын хэвлэлийн газар, 3-7.
4. Bao, G., Tuya, A., Bayarsaikhan, S., Dorjsuren, A., Mandakh, U., Bao, Y., ... & Vanchindorj, B. (2020). Variations and climate constraints of terrestrial net primary productivity over Mongolia. *Quaternary International*, 537, 112-125.
5. Bayarsaikhan, S., Mandakh, U., Dorjsuren, A., Batsaikhan, B., Bao, Y., Adiya, Z., & Myagmartseren, P. (2020). Variations of vegetation net primary productivity and its responses to climate change from 1982 to 2015 in Mongolia. *ISPRS Annals of Photogrammetry, Remote Sensing & Spatial Information Sciences*, 5(3).
6. Chen H., Liu J., Wang W. (2008). Analysis of variation characteristics and influencing factors of vegetation index in northern Hebei. *Geographical Science*, 28 (6):793-798.
7. Chen, F., Liu, H. J., Liu, S. J., & Ochir, A. (2019). Modis-based desertification dynamic monitoring in Mongolia from 2003 to 2017. *J. Northwest For. Univ*, 34, 167-171.
8. Cui, L., Shi, J., Yang, Y., & Fan, W. (2009) Ten-day response characteristics of vegetation NDVI to temperature and precipitation in eastern China. *Acta Geographica Sinica*, 64 (007):850-860.
9. Freedman, D., Pisani, R., & Purves, R. (2007). *Statistics (international student edition)*. Pisani, R. Purves, 4th Edn. WW Norton & Company, New York, 415-424, 488-495, 523-540.
10. Huang, X., Xie, Y., & Bao, Y. (2018). Suitable distribution areas of Jas's larch inchworm in Mongolia Plateau. *Journal of Northwest A & F University-Natural Science Edition*, 46(4), 98-106.
11. Gan, C., Wang, X., Li, B., (2011). Analysis of vegetation coverage changes in the Lianjiang River Basin in the past 18 years. *Geographical Sciences*, 31 (8): 1019-1024.
12. Guo, Y., Gong, D., Wang, W., Mao, R., & Hu, M. (2013). Statistical relationship between summer cloud cover and daily temperature in eastern China. *Geographical Sciences*, 33 (1): 104-109.
13. Jia, W., (2012). Seasonal variation characteristics of extreme temperatures in Qilian Mountains and Hexi Corridor in recent 50 years. *Geographical Sciences*, 23 (10): 1377-1390.
14. Li, N., Bao, Y. L., Yin, S., & Na, R. S. (2016). Spatiotemporal Characteristics of Grassland Fire in China-Mongolia Border Regions. *J. Catastrophol*, 31, 207-210.
15. Mu, S. J., Li, J. L., Chen, Y. Z., Gang, C., Zhou, W., & Ju, W. M. (2012). Spatial differences of variations of vegetation coverage in Inner Mongolia during 2001–2010. *Acta Geographica Sinica*, 67(9), 1255-1268.
16. Piao, S., & Fang, J. (2003). Seasonal changes in vegetation activity in response to climate changes in China between 1982 and 1999. *Acta Geographica Sinica/Dili Xuebao*, 58(1), 119-125.
17. Piao, S., Fang, J., Zhou, L., Guo, Q., Henderson, M., Ji, W., ... & Tao, S. (2003). Interannual variations of monthly and seasonal normalized difference vegetation index (NDVI) in China from 1982 to 1999. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 108(D14).
18. Sun, Y. L., Guo, P., Yan, X. D., & Zhao, T. B. (2010). Dynamics of vegetation cover and its relationship with climate change and human activities in Inner Mongolia. *Journal of Natural Resources*, 25(3), 407-414.
19. Tucker, C. J., Slayback, D. A., Pinzon, J. E., Los, S. O., Myneni, R. B., & Taylor, M. G. (2001). Higher northern latitude normalized difference vegetation index and growing season trends from 1982 to 1999. *International journal of biometeorology*, 45(4), 184-190.
20. Tao, S., Fang, J., Zhao, X., Zhao, S., Shen, H., Hu, H., ... & Guo, Q. (2015). Rapid loss of lakes on the Mongolian Plateau. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 112(7), 2281-2286.
21. Tong, S., Lai, Q., Zhang, J., Bao, Y., Lusi, A., Ma, Q., ... & Zhang, F. (2018). Spatiotemporal drought variability on the Mongolian Plateau from 1980–2014 based on the SPEI-PM, intensity analysis and Hurst exponent. *Science of the Total Environment*, 615, 1557-1565.
22. Wang, X., Piao, S., Ciais, P., Li, J., Friedlingstein, P., Koven, C., & Chen, A. (2011). Spring temperature change and its implication in the change of vegetation growth in North America from 1982 to 2006. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108(4), 1240-1245.
23. Walker, B., Steffen, W., (1997) A synthesis of GCTE and related research. Stockholm: *IGBP science* No.1 IGBP, 1-24.
24. Wang, J. L., Cheng, K., Zhu, J. X., & Liu, Q. (2018). Development and pattern analysis of Mongolian land cover data products with 30 meters resolution. *J. Geo Inform. Sci*, 20, 1263-1273.

25. Zhou, L., Tucker, C. J., Kaufmann, R. K., Slayback, D., Shabanov, N. V., & Myneni, R. B. (2001). Variations in northern vegetation activity inferred from satellite data of vegetation index during 1981 to 1999. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 106(D17), 20069-20083.
26. Zhou, W., Gang, C. C., Li, J. L., Zhang, C. B., Mu, S. J., & Sun, Z. G. (2014). Spatial-temporal dynamics of grassland coverage and its response to climate change in China during 1982–2010. *Acta Geographica Sinica*, 69(1), 15-30.