

УЛ ХӨРСНИЙ НЭГ МЕТРИЙН ГҮНИЙ ТЕМПЕРАТУРЫН МЭДЭЭНИЙ ДҮН ШИНЖИЛГЭЭНИЙ ҮР ДҮН

Х.Тэмүүжин*, А.Дашцэрэн†, Ц.Ундрахцэцэг*†, Г.Цогт-Эрдэнэ**

*ШУА-ын Газарзүй-Геоэкологийн хүрээлэн, ЭШДА

ochir.temka@gmail.com

Хураангуй: Энэхүү судалгааны ажлаар 2015 оны 7 сарын 25-аас 8 сарын 14 хүртэл Эрдэнэт-Булган-Хөвсгөл-Архангай-Баянхонгор-Өвөрхангай гэсэн маршрутын дагуу нийт 20 хоногийн турш хэрийн судалгааны ажил үргэлжилсэн бөгөөд энэ хэрийн судалгаагаар нэг метрийн гүний температурыг хэмжиж тогтоосон. Тус судалгааны зорилго нь ул хөрсний нэг метрийн гүний температурыг гүний температурт нөлөөлдөг хүчин зүйлс(нарны цацраг, ургамлын бүрхэвч, чийгийн индекс, налуу, зүг зовхис, өргөрөг)-тэй хамаарал тооцож хамгийн их нөлөө үзүүлж буй хүчин зүйлсийг тогтоох юм. Судалгааны явцад нэг метрийн гүний температурын мэдээг зарим хүчин зүйлстэй харьцуулалт хийж үзэхэд өргөргийн зүй тогтол болон, ургамлын бүрхэвчийн индекс хамгийн өндөр хамааралтай гарч, нэг метрийн температурт хамгийн их нөлөө үзүүлдэг нь тогтоогдсон.

Түлхүүр үг: Мөнхцэвдэг, нарны цацраг, налуу, өргөрөг, ургамлын индекс

I. ОРШИЛ

Монгол орон нь далай тэнгисээс алслагдсан Ази тивийн төв хэсэгт оршдог. Тус орны хойд хэсэгт Хөвсгөлийн уулс, баруун хэсэгт Алтайн уулс, Баруун хойд хэсэгт Хангайн нуруу, зүүн хэсэгт Хэнтий Хянганы уулс, зүүн ба зүүн өмнөд хэсэгт хээр, говийн талархаг нутаг оршино. Монгол орны хамгийн өндөр цэг нь Алтай Таван Бонд ноён оргил Хүйтэн далайн төвшнөөс дээш 4374 м, Хамгийн нам дор газар нь Дорнод Монголын Хөх нуур далайн төвшнөөс дээш 560м. Нийт нутгийн дундаж өндөр нь 1580 м байна [1].

Харин агаарын температурын хувьд манай орон нь нэгдүгээр сард агаарын дундаж температур нутгийн хойд хэсэгт -30°C , өмнөд хэсэгт -14°C , долдугаар сард дундаж агаарын температур нутгийн хойд хэсэгт 12°C , өмнөд хэсэгт 24°C байх бөгөөд агаарын жилийн дундаж температур нутгийн хойд хэсэгт -5.2°C , өмнөд хэсэгт 4°C тус тус байна [1].

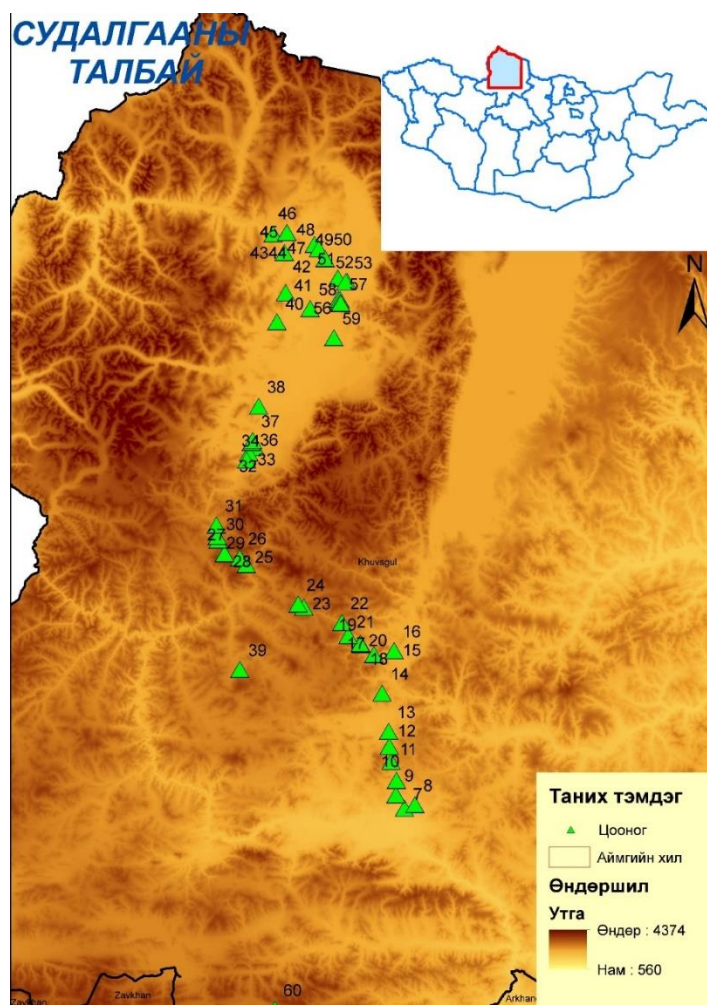
Дээрх тодорхойлолтуудаас харахад манай орон нь өндөршилийн зөрүү ихтэй уур амьсгалын хувьд эрс тэс болох нь харагдаж байна.

Мөн манай орон нь Сибирийн мөнхцэвдэгийн үргэлжилсэн тархалттай бүсийн өмнөд хил дээр оршдог бөгөөд нийт нутгийн 63%-д мөнхцэвдэг үргэлжилсэн, тасалданги, алаг цоог, ховор алаг цоог хэлбэрээр тархсан байдаг ба бүх нутгийн ул хөрс нь улирлын чанартай өөр хоорондоо харилцан адилгүй гүнд хөлдөж гэсдэг онцлогтой. Энэ нь ургамал, цасан бүрхэвч, газрын хотгор гүдгэр, зүг зовхис ул хөрсний бүтэц, бүрэлдэхүүн, чийгшилт, температурын горим, газарын өндөршил, өргөргийн байдал зэргээс хамаардаг байна [2]. Дээрх хүчин зүйлсээс нэг метрийн гүнд хамгийн сайн хамааралтай байгааг нь тогтооход уг судалгааны гол зорилго оршино. Хамаарлыг гаргаж хархын тулд ARCGIS 10.1 программ хангамжийг ашиглан нийлбэр нарны цацраг, өндөршил, ургамлын индекс, чийглэг газрын индекс, өргөрөг, налуу, зүг зовхис зэргийг тооцоолж гарган температурын мэдээтэй харьцуулалт хийсэн.

II. СУДАЛГААНЫ ТАЛБАЙ

Тус судалгааг 2015 оны 7 сарын 25-аас 8 сарын 14 хүртэл Эрдэнэт-Булган-Хөвсгөл-Архангай-Баянхонгор-Өвөрхангай гэсэн маршрутын дагуу хийж гүйцэтгэсэн. Дээрх аймгуудаас Хөвсгөл аймгийг судлахаар сонгож авсан ба зураг 1-т үзүүлээ. Энэ судалгааны талбайг сонгосон шалтгаан нь мөнхцэвдэгийн олон жилийн мониторинг хэмжилт хийдэг цооног бусад аймгуудтай харьцуулахад харьцангуй их, мөнхцэвдэгийн үргэлжилсэн тархалттай, гүний температурын хэмжилт хийсэн цэгүүдийн 53 нь уг талбайд байрлаж байгаа зэргийг үндэслэж сонгон авсан.

Эдгээр 53 цэгийн 29 дээр нь нэг метр хүртэл өрөмдөж хэмжилт хийсэн.



Зураг1. Судалгааны талбай, Хөвсгөл аймагт хэмжилт хийсэн цооногуудын байршил

III. СУДАЛГААНЫ АРГАЗҮЙ

Судалгааны талбайдаа нэг метрийн гүнтэй өрөмдөж япон улсад үйлдвэрлэсэн SATO SK-1260 гэх температур хэмжигч багажийн тусламжтай хэмжилт хийсэн. Уг хэмжилт хийх явцад Монгол орны мөнхцэвдэгийн мониторингийн судалгаа хийдэг цооногуудын ойролцоо 19 цэгт өрөмдлөг хийж температурыг хэмжсэн. Цооногтой ойролцоо өрөмдсөн цэгүүдийн мэдээг цооногийн мэдээтэй тулгаж харьцуулалт хийж үзэхэд мэдээний таарц сайн буюу $R^2=0.92$ гарсан тул хэмжилтийн мэдээг шууд ашиглахад тохиромжтой гэж үзэн доорх хүчин зүйлсийг тооцоолж нэг метрийн гүний температурын мэдээтэй хамаарал тооцсон.

Ургамлын индекс

Ургамлын нөмрөг нь зуны улиралд нарны шулуун ба сарнисан цацрагийг саатуулж хөрс чулуулагт хөргөх нөлөө үзүүлнэ. Өвлийн улиралд ургамлын нөмрөг нь дулаан тусгаарлагч болж хөрснөөс алдагдах дулааныг багасгах ба энэ тохиолдолд ургамлын нөмрөг чулуулагт дулаацуулах нөлөө үзүүлнэ [3]. Ийнхүү ургамлын нөмрөг нь хөрсний дулааны горимд чухал нөлөөтэй байдаг тул доорх аргаар ургамлын индексийг тооцож гаргав.

Ургамлын индексийн зургийг MODIS хиймэл дагуулын мэдээг ашиглан зурагласан бөгөөд 250 метрийн нарийвчлалтай ургамлын индексийн зургийг татан авч NASA – гаас хиймэл дагуулын мэдээнд боловсруулалт хийх зориулалтаар гаргасан MRT хэрэглүүрийг ашиглаж ургамлын индексийн зургийн боловсруулалтыг хийсэн.

Өндрийн тоон зураг

Газар нутгийн хотгор гүдгэрийн байдлаас шалтгаалан ул хөрс, чулуулгийн температурын горим, ул хөрсний хөлдөлт, гэсэлтийн гүн янз бүр байна. Газрын хотгор гүдгэрийн байдал нь агаарын температурт нөлөө үзүүлэхийн хамт бас улирлын хөлдөлт, гэсэлтэнд шууд буюу дам нөлөө үзүүлнэ. Энэ нөлөө нь бүс бүслүүрийн шинжээр илэрнэ. Газрын гадарга өндөр болох тусам агаарын температур буурах боловч энэ зүй тогтол газар орны гадаргын байдлаас хамааран өөрчлөгдөх буюу эсрэг байх тохиолдол байна [3].

Өндрийн тоон зураг үйлдэхдээ SRTM-ийн 90 метрийн нарийвчлалтай мэдээг ашигласан.

Энэхүү мэдээг татаж аван Global mapper програм хангамж дээр мэдээний алдаг засварлан, ARCGIS 10.1 програм дээр цаашид харьцуулалт хийхэд амар байх үүднээс зургийн нарийвчлалыг 250 метр болгож ургамлын индексийн зурагтай ижил болгосон.

Налуу болон Зүг зовхисын зураг

Уулархаг бүс нутагт уулын хажуу зүг зовхисын байдал улирлын хөлдөлт гэсэлтэнд зохих нөлөө үзүүлдэг бөгөөд уулын өмнө хажуу нөмөрлөг дулаан, нарны ээвэр газар тул дулааныг сайн шингээх бөгөөд өвөр хажуугийн ул хөрсний гэсэлт ар хажуугийнхаас бага байна. Харин салхи шавар ихтэй ар хажуугийн хөлдөлтийн гүн нь өвөр хажуугийнхаас их байдаг[3]. Үүнээс үзэхэд зүг зовхис болон, налуу нь улирлын хөлдөлт гэсэлтэнд тодорхой хэмжээгээр нөлөөлдөг нь харагдаж байна. Иймд зүг зовхис болон налууг доорх байдлаар зураглав.

Боловсруулалт хийсэн SRTM-ийн өндрийн тоон зурган дээрээ spatial analyst хэрэглүүрийг ашиглан дээрх 2 зургийг гаргаж авсан.

Өндрийн тоон зураг дээрээс налууг бодохдоо дараах томъёогоор бодно.

$$\tan\theta = \frac{H}{L} \quad (1)$$

Үүнд:

$\tan\theta$ - налууугийн өнцөг(градусаар)

H өндөр

L урт зэрэг болно.

Нарны цацрагийн зураг

Тэгш тал нутагт цаг уурын элементүүд, ялангуяа нарны цацраг орон зайн хувьд маш бага өөрчлөгддөг бол уулархаг бүс нутагт энэ үзүүлэлт нь маш богино зайд өөрчлөгддөг

онцлогтой. Гадаргын нөхцөл, хотгор гүдгэрийн онцлогоос хамаарч нарны нийлбэр цацраг нь байнга хувьсан өөрчлөгддөг ба энэ нь мөнхцөвдэг оршин байх гол хүчин зүйл болдог [4].

Уг зургийг өндрийн тоон загварын зургийг ашиглан ARCGIS 10.1 програм дээр тоолж гаргасан байгаа. Ингэж тоолохдоо боломжит нарны цацрагийн хэмжээг бодуулсан бөгөөд энэ нь бодит нарны цацрагийн утгаас бага зэрэг их байх юм. Гэвч бидний судалгааны зорилго нь нарны цацраг хир хэмжээнд ирдэг нь чухал учир энэхүү мэдээг шууд ашиглаж гаргасан болно. Бодолтыг хийхэд доорх томъёог ашиглав.

~ Нарны нийлбэр цацраг гэдэг нь нарнаас ирж байгаа шууд болон сарнисан цацрагийн нийлбэрийг хэлнэ [5].

$$Global_{tot} = Dir_{tot} + Dif_{tot} \quad (2)$$

Үүнд:

$Global_{tot}$ - нарны нийлбэр цацраг

Dir_{tot} - шууд цацраг

Dif_{tot} - сарнисан цацраг

~ Шулуун цацраг

Шулуун цацраг гэдэг нь нарнаас шууд буюу нар орчмын 5 градусын доторхи бүсээс дэлхийд тусч буй цацрагийг хэлэх бөгөөд дараах томъёогоор олно [5].

$$Dir_{tot} = S_{Const} * \beta^{m(\theta)} * SunDur_{\theta,\alpha} * SunGap_{\theta,\alpha} * \cos(Anl_{\theta,\alpha}) \quad (3)$$

Үүнд:

S_{Const} - нарны тогтмол (1367Вт/м²)

$\beta^{m(\theta)}$ - нарны цацрагийн туулах зам

$SunDur_{\theta,\alpha}$ - нарны гийгүүлэх хугацаа

$SunGap_{\theta,\alpha}$ - нарны зургийн цоорхой хэсэг

$\cos(Anl_{\theta,\alpha})$ - нарны цацрагийн тусгалын өнцөг

~ Сарнисан цацраг

Сарнисан цацраг гэдэг нь нарны шулуун цацрагаас бусад өөрөөр хэлбэл тэнгэрийн бүх хэсгээс тусч байгаа цацрагийг хэлэх бөгөөд дараах томъёогоор олно [5].

$$Dif_{tot} = R_{gib} * P_{dif} * SkyGap_{\theta,\alpha} * Weight_{\theta,\alpha} * \cos(Anl_{\theta,\alpha}) \quad (4)$$

Үүнд:

R_{gib} - дэлхийн энгийн цацраг

P_{dif} - үүлний тархалтын хувь

$SkyGap_{\theta,\alpha}$ - тэнгэрийн харагдах хувь

$Weight_{\theta,\alpha}$ - сарнисан цацрагийн эзлэх хувь

$\cos(Anl_{\theta,\alpha})$ - нарны цацрагийн тусгалын өнцөг

IV. СУДАЛГААНЫ ҮР ДҮН

Хөвсгөлийн уулархаг нутгийн уулсын үнэмлэхүй өндөр 2500-3460м хүртэл байна. Харин Дархадын хотгорын үнэмлэхүй өндөр 1500-1800м байна. Энэ нутгийн уур амьсгал хүйтэн сэрүүн учраас мөнхцэвдэг үргэлжилсэн байдалтай тархсан байх ба зуны улиралд ул

хөрс дээрээсээ 1.3–4.5 м хүртэл гэсэнэ. Хатгал тосгоны цаг уурын мэдээг ашиглаж ул хөрсний улирлын гэсэлтийн явцыг гаргаж үзэхэд 5 сараас гэсэж эхлээд 10 сард бүрэн гэсэж дуусдаг байна [3].

Доорх хүчин зүйлсийн нөлөө гүний температурт зуны цагт хамгийн их нөлөөлдөг.

ХҮСНЭГТ 1.

ВН name	1m temp (C°)	Soil structure	Land feature	Elevation (m)	NDVI	Slope	Aspect	Lati	Solar radiation (kW/m2)	TWI
8	10	элс, хайрга	1	1457	0.28	0.17	149	49.70	1169	16.4
9	17.4	элс, хайрга	1	1458	0.23	3.50	76	49.73	1155	11.7
10	14.1	элс	1	1562	0.26	2.52	241	49.77	1195	11.9
11	11.4	элс, хайрга	1	1814	0.39	3.40	173	49.83	1257	10.2
12	10.7	элс, хайрга	1	1670	0.42	1.49	28	49.88	1181	16.4
16	12.8	элс, хайрга	1	1580	0.28	1.49	152	50.17	1199	16.3
20	8.3	элс, хайрга	1	1714	0.45	3.73	66	50.18	1182	11.7
25	0.7	хүлэр	1	1916	0.57	3.68	174	50.40	1265	13.7
30	0.3	элс, хайрга	2	2020	0.65	6.82	354	50.48	1160	9.5
32	6.4	элс, хайрга	1	1628	0.52	0.72	342	50.76	1185	15.9
34	3.4	ялзмаг	2	1661	0.58	0.69	322	50.72	1191	11.1
38	8.9	элс, хайрга	1	1574	0.52	2.74	97	50.88	1186	10.8
40	5.2	шавар	1	1541	0.42	1.22	141	51.14	1191	13.0
44	3.4	шавранцар	1	1534	0.46	0.75	184	51.41	1187	14.6
45	7.6	шавранцар	1	1543	0.40	0.85	160	51.42	1190	10.9
47	6.2	шавранцар	1	1544	0.36	0.29	180	51.39	1185	12.0
48	10.5	шавранцар	1	1550	0.42	0.29	307	51.38	1181	12.0
50	12.8	шавранцар	1	1549	0.45	0.74	144	51.35	1189	11.1
51	6.9	шавранцар	1	1570	0.43	0.97	102	51.29	1188	10.8
52	4	шавранцар	1	1547	0.50	0.90	171	51.28	1192	10.9
56	2.9	ялзмаг	2	1591	0.63	2.86	323	51.22	1160	9.7
58	6.5	шавранцар	1	1547	0.44	0.11	270	51.19	1182	12.9
59	7.3	шавранцар	1	1564	0.45	0.28	225	51.11	1187	12.0

ВН name – цооногийн нэр, 1m temp – нэг метр гүний температур, soil structure – хөрсний бүтэц, land feature – гадаргын шинж чанар (1-тал газар, 2-ой мод), Elevation – өндөршил, NDVI – ургамлын индекс, Slope – налуу, Aspect – зүг зовхис, Lati – өргөрөг, Solar radiation – нийлбэр нарны цацраг, TWI – чийглэг газрын индекс зэрэг болно.

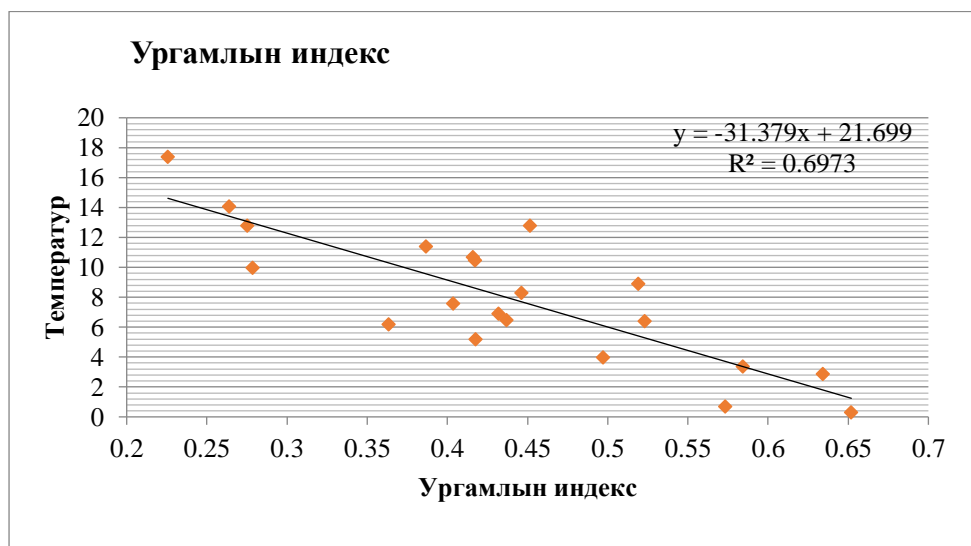
Дээрх хүснэгтээс хархад 8 болон 9-р цэгийн өндөршил, ургамлын индекс, нарны цацраг, өргөрөг зэрэг нь ойролцоо байгаа боловч температурын зөрүү нь 7.4°С байна. Энэ нь зүг зовхис болон налууугийн нөлөөнөөс болж энэхүү температурын зөрүү үүсэж байгаа нь харагдаж байна. Мөн 32 болон 34-р цооногийн хувьд өндөршил, ургамлын индекс, зүг зовхис,

өргөрөг, нарны цацраг, чийгийн индексийн утгууд ойролцоо байгаа боловч температурын зөрүү нь 3°С байгаа нь газрын гадаргын шинж байдал болон хөрсний бүтцийн нөлөөнөөс үүдэн үүсэж байгааг ажиглагдаж байна. Ийнхүү температурт нөлөөлөх хүчин зүйлсийн аль нэг нь температурын өөрчлөлтөд давамгайл нөлөө үзүүлдэг нь харагдаж байна.

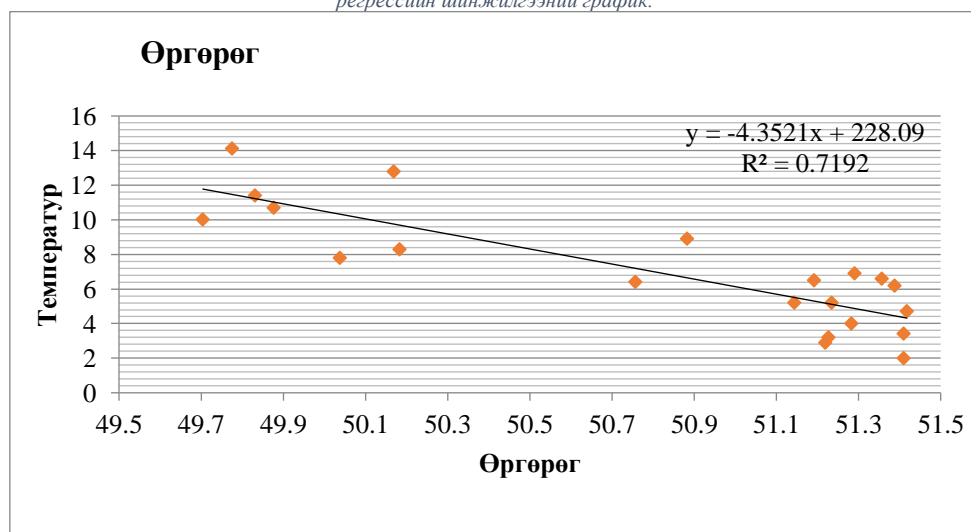
Дээрх цэгүүдийн температурын өөрчлөлтөд нарны цацраг, чийгийн индекс, зүг зовхис, налуу зэрэг хүчин зүйлс нь маш сул хамааралтай байгаа бөгөөд өндөршил нь дунд зэргийн буюу correlation хамаарал нь урвуу буюу -0.47 байна.

Энэхүү судалгаанаас харахад нэг метрийн гүний температурт зуны цагт хамгийн хүчтэй хамаарч байгаа хүчин зүйлс нь

ургамлын индекс болон өргөргийн зүй тогтол байсан. Ургамлын бүрхэвч ихтэй газар нь хөрсний температур бага байх бөгөөд ургамлын бүрхэвч багасах тусам ул хөрсний температур нь нэмэгдэх зүй тогтол ажиглагдаж байна. Мөн өргөргийн хувьд урдаас хойшлох тусам температур буурах зүй тогтол ажиглагдаж байна.



Зураг 2. Ургамлын индекс болон нэг метрийн гүний температурын хоорондын регрессийн шинжилгээний график.



Зураг 3. Өргөрөг болон нэг метрийн гүний температурын хоорондын регрессийн шинжилгээний график.

Дээрх графикуудаас хархад нэг метрийн температур нь өргөрөг болон ургамлын индексээс урвуу хүчтэй хамааралтай байгаа бөгөөд дээрх хоёр хүчин зүйлс нь гүний температурт бусад хүчин зүйлсээс хамгийн их

нөлөө үзүүлж байгаа юм. Тухайлбал өргөргийн зүй тогтол нь зуны улиралд нэг метрийн гүний температуртай хамаарал нь сөрөг 0.85 байсан бол ургамлын индексийн хамаарал сөрөг 0.83 тус тус байна.

V. ДҮГНЭЛТ

1. Сонгогдсон судалгааны талбайд нэг метрийн гүнд температурын хэмжилт хийн уг температурт нөлөөлж болох хүчин зүйлсийг тооцоолж хамаарлыг шалгаж үзэхэд зүг зовхис, налуу, нарны цацраг, чийгийн индекс зэрэг хүчин зүйлс нь бараг нөлөөгүй буюу сул хамааралтай гарсан бөгөөд өндөршилийн зүй тогтол нь дунд зэргийн хамааралтай болох нь дээрх судалгаагаар харагдаж байна.
2. Судалгаа явуулсан талбайн нэг метрийн гүн дэх температуртай сайн хамааралтай хүчин зүйлс нь ургамлын индекс болон өргөргийн зүй тогтол гэдэг нь дээрх судалгаагаар харагдаж байна. Энэ нь ургамлын нөмрөг ихсэн, өргөргийн хувьд хойшлох тусам нэг метрийн гүний температур буурч харин эсрэг тохиолдолд температур ихсэх зүй тогтолтой гэсэн үг юм.
3. Хэдий өргөрөг болон ургамлын нөмрөгийн нөлөө ихэнх цэг дээр хамаарал сайтай байгаа хэдий ч зарим нэг жижиг газрын хувьд өөр бусад хүчин зүйлсийн нөлөө харьцангуй их байгаа нь дээрх судалгаагаар харагдаж байсан.

VI. АШИГЛАСАН МАТЕРИАЛ

- [1] Д.Төмөрбаатар (2004). Монгол орны улирлын ба олон жилийн цэвдэг чулуулаг. Улаанбаатар, 2004.
- [2] Д.Төмөрбаатар (2001). Монгол орны ул хөрсний улирлын хөлдөлт гэсэлтийн норматив гүний лавлах. Улаанбаатар, 2001.
- [3] Н.Шархүү (1970). Булнай нурууны ар тэгш өндөрлөгийн цэвдэг ул хөрс, чулуулаг. Монгол орны газарзүйн асуудлууд, Дугаар 9, хуудас 86 – 114.
- [4] Я.Жамбалжав (2009). Уулархаг нутгийн олон жилийн цэвдгийн зураглалд загварчлалын аргыг хэрэглэх боломж. Газарзүйн ухааны докторын (PhD) зэрэг горилсон сэдэвт бүтээл. Улаанбаатар, 2009.
- [5] Ц.Мөнхцэцэг (1980). Монгол орны ойт хээр, хээрийн бүсийн физик газарзүйн суурин судалгааны салбарт нарны цацрагийн ба

дулааны балансын элементүүдийн үндсэн онцлог. Эрдэм шинжилгээний тайлан, 1980.

[6] S.Gubler, J.Fiddes, M.Keller, S.Gruber (2011). Scale-dependent measurement and analysis of ground surface temperature variability in alpine terrain. The Cryosphere, 5, pp 431-443.

[7] Bernd Eitzelmuller, Eva S.Flo Heggem, N.Sharkhuu, Regula Frauenfelder, Andreas Kaab, Clyde Goulden (2006). Mountain Permafrost Distribution Modelling using a Multi-criteria Approach in the Hovsgol Area, Northern Mongolia. Permafrost and Periglacial Processes, 17: 91-104, 2006.