

ХӨРСНИЙ ГҮНИЙ ТЕМПЕРАТУРЫГ ТООЦООЛОХ АСУУДАЛД

Д.САНДЭЛГЭР
С.ЭРДЭНЭСҮХ

МУИС, ГГС-ийн Цаг уур ус, судлалын тэнхим

Abstract

In this paper, we studied ground temperature regime in Nalaih automatic weather station. Moreover we computed ground temperature by Kasuda's formula that uses only ground surface temperature data. In the end, we interpreted for Kasuda's formula using Mathcad program.

Keywords: Ground temperature, Kasuda's formula, Distribution of ground temperature.

Оршил

Хөрсний гүний температурын горим, түүний өөрчлөлтийг судлах нь улс ардын аж ахуйн үйл ажиллагаа явуулахад чухал ач холбогдолтой. Тухайлбал хөдөө аж ахуйн салбарт өнгөн хөрсний температурын тархалт чухал байдаг бол харин зам гүүр, барилга, газар доорх байгууламж гэх мэтийн зарим салбарт хөрсний гүний температурын судалгаа чухал байдаг. Хөрсний өнгөн болон их биш гүний температурыг ихэвчлэн цаг уурын автомат станц /0-3.2м/ ба өнгөн гүний термометрүүд ашиглан хэмждэг. Харин хөрсний их гүний температурыг цэвдгийн гүний тархалт өөрчлөлтийг судлах зорилгоор цаг уурын автомат станц /0-7м/ болон цооногийн(геофизикийн) />0-7м/ термометрүүдээр хэмжинэ.

Судлагдсан байдал

Хөдөө аж ахуйн томоохон бүс нутгуудын хувьд хөрсний дулааны горимыг судалсан, бусад үзэгдэл процесстэй хамааруулсан статистик судалгаануудыг эрдэмтэд ихээр хийсэн байдаг. Тухайлбал Б.Жамбаажамц нарын эрдэмтэд хөрсний дулааны горимын талаар, хамгийн сүүлд Д.Оюунбаатар нар нуурын усны түвшинг хөрсний гүний температуртай холбож судалсан байна[4].

Харин хөрсний гүний температурыг ашигласан цэвдгийн судалгааны талаар Д.Төмөрбаатар, Я.Жамбалжав, Д.Доржготов нарын эрдэмтэд дорвитой ажлуудыг хийж гүйцэтгэсэн байна [1]. Мөн Японы судлаач Жан ба Э.Мөнхцэцэг нарын эрдэмтэд Налайх дүүрэгт цаг уурын автомат станц суурилуулж тэнд хөрсний гүний дулааны горимыг зуны нэг намрын нэг өдрийн мэдээгээр тодорхойлсон ба уг район орчмын цаг уурын үзэгдэл элементийн тархалт горимыг мөн судалсан байдаг [6].

Хөрсний дулааны үндсэн онол болох дулаан дамжуулалтын тэгшитгэлийг эрдэмтэн Фурье гаргасан ба түүнээс хойш уг тэгшитгэлд үндэслэсэн туршилтын томъёонуудыг зарим эрдэмтэд өөрийн орны нөхцөлд гаргаж авсан байдаг. Тухайлбал АНУ-ын Флорида мужид эрдэмтэн Касуда хөрсний гадаргын температурын мэдээ ашиглан хөрсний янз бүрийн гүн дэх температурыг олж болохыг тогтоосон байна. Энэ нь янз бүрийн багаж тоног төхөөрөмж ашиглахгүйгээр хөрсний гүний температурыг олох боломжтой учраас маш сонирхолтой, чухал ач холбогдолтой арга болсон [5].

Тиймээс бид энэхүү ажлаар Касудагийн аргаар хөрсний гүний температурыг Налайх цаг уурын автомат станцын мэдээгээр тооцоолох асуудлыг онцлон авч үзлээ.

Судалгааны зорилго, зорилт

Хөрсний гүний температурыг тооцох, түүний горимыг илрүүлэх нь энэ ажлын үндсэн зорилго юм. Энэ зорилгын хүрээнд дараах зорилтуудыг тавьж ажиллалаа.

- Налайх цаг уурын автомат станцын хөрсний гүний температурын улирлын горимыг гаргах
- Уг станцын хөрсний гадаргын температурын өгөгдлөөр гүний температуруудыг Касудагийн томъёогоор тооцоолж, түүнийг бодит утгатай харьцуулах
- Хэрэв бодит ба тооцоолсон температурын статистик хамаарал өндөр биш гарвал тэдгээрийн алдааг арилгасан тооцооны томъёог гарган авах.

Судалгааны аргазүй, ашигласан мэдээ, материал

Энэхүү ажлаар хөрсний гүний температурыг тооцоолсон утгатай харьцуулан судлах зорилгоор Налайх цаг уурын автомат станцын хөрсний гүний температурын 2004-2007 оны цаг бүрийн утгыг ашиглалаа. Зорилго зорилтын хүрээнд хийгдэх тооцоог MS Excel болон Mathcad програмаар гүйцэтгэлээ. Энд дурьдахад Налайх станц нь Евроазийн цэвдэгт мандлын захаар орших тул уг станцын хөрсний гүний дулааны горим ихээхэн онцлогтой. Доор судалгааны ерөнхий аргазүйг тоймлон үзүүлээ.



Зураг 1. Судалгаа хийсэн ерөнхий аргазүй

Хөрсний гүний температурыг гадаргын утгаар тооцоолох Касудагийн томъёог харууллаа.

$$T_{Kacuda} = T_{дунд} - T_{амп} \cdot e^{-Z\sqrt{\frac{\pi}{365\alpha}}} \cdot \cos\left(\frac{2\pi}{365}\left[t_{хоног\mathcal{N}} - t_{мин\mathcal{N}} - \frac{Z}{2}\sqrt{\frac{365}{\pi\alpha}}\right]\right) \quad (1)$$

Энд: T_{Kacuda} – Хөрсний өгөгдсөн гүн дэх температур

$T_{дунд}$ – Хоногийн дундаж температур

$T_{амп}$ – Газрын гадаргын температурын хоногийн амплитуд.

Z – Газрын гадаргаас дооших гүн

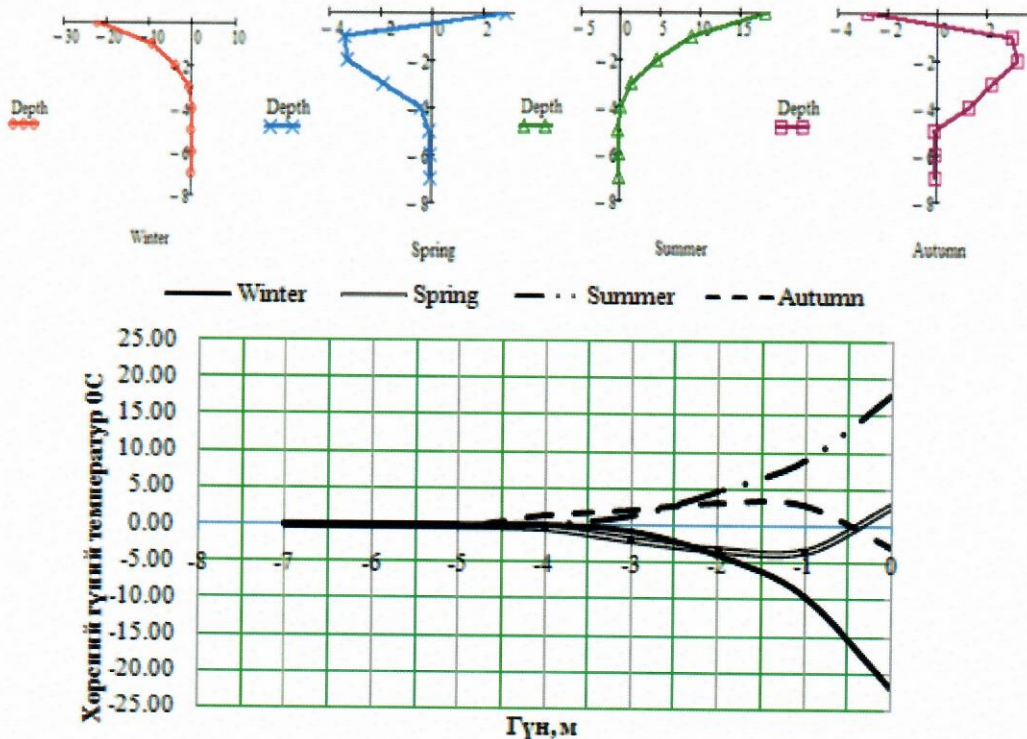
α – Хөрсний дулаан дамжуулалтын коэффициент

$t_{хоног\mathcal{N}}$ – Жилийн доторх тухайн өдрийн дугаар

$t_{мин\mathcal{N}}$ – Жилийн дотор газрын гадаргын хамгийн бага температур ажиглагдсан өдрийн дугаар

Судалгааны үр дүн

Налайх станцын хөрсний гүний температурын улирлын горимыг Mathcad програм ашиглан гарган авлаа.



Зураг 2. Налайх цаг уурын автомат станцын хөрсний температурын улирлын горим

Дээрх зургаас харахад Налайх цаг уурын автомат станцын хөрсний 0°C-ийн гүн улирлаар ялгаатай буюу хавар, намарт 5 м, өвөл, зундаа 4 м байна. Энэ нь уг

районд цэвдгийн түвшин улирлаасаа хамаараад 4-5 м гүнээс доош оршдгийг харуулж байна. Өөрөөр хэлбэл хөлдөлт гэсэлтийн гүн гадаргаас доош 4-5 м хооронд хэлбэлздэг гэсэн үг. Энэ нь Я.Жамбалжав нарын болон бусад судлаачдын гаргасан үр дүнтэй ерөнхийдөө тохирч байна.

Хөрсний гадаргын температурын өгөгдлөөр 1-7 м хүртэлх хөрсний гүний температуруудыг тооцоолж бодит үр дүнтэй харьцуулж үзлээ. Эндээс дараах үр дүнгүүд гарлаа.

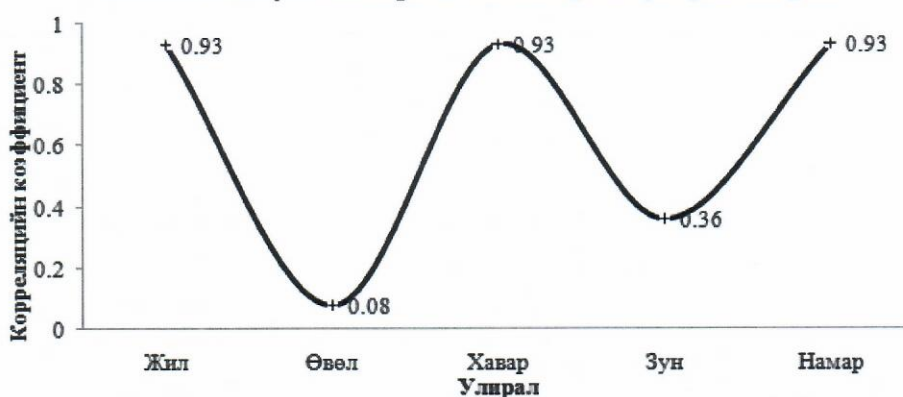
Хөрсний гүний бодит ба тооцоолсон температурын хоорондын корреляцийн хамаарал

Хүснэгт -1

Корреляцийн хамаарал	Хөрсний гүн, м						
	1	2	3	4	5	6	7
$T_{Бодит}$ ба $T_{Касуда}$	0.93	0.65	0.27	-0.25	-0.69	-0.69	-0.37

Дээрх хүснэгтээс уг аргаар бодсон үр дүн бодит утгатай үелэсэн хамаарлыг үзүүлж байна. Өөрөөр хэлбэл корреляцийн коэффициент үнэмлэхүй утгаараа газрын гадаргаас доош 4-5 м түвшин хүртэл буураад буцаж өссөн хандлагатай байна. Энэ нь нэг талаас хөрсний хөлдөлт гэсэлтийн гүнд харгалзаж байна. Нөгөө талаас хамаарлын коэффициентийн улирлын тархалтыг гаргаж үзэхэд хавар, намартаа өндөр, харин өвөл, зундаа бага хамааралтай нь тогтоогдлоо.

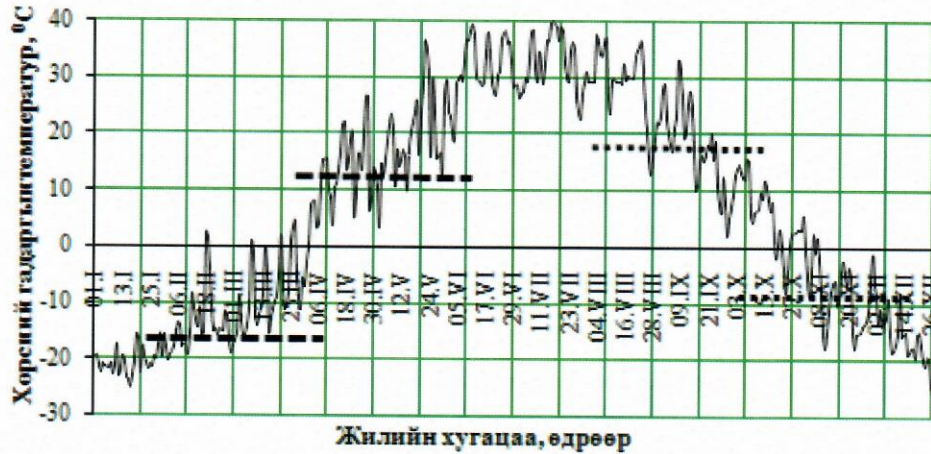
Т_{Бодит} ба Т_{Касуда} утгын хоорондын хамаарлын улирлын горим



Зураг 3. Налайх станцын хөрсний гүний температурын бодит ба тооцоолсон утгын хоорондын хамаарлын улирлын горим

Энэ хамаарлын шалтгааныг тайлбарлахын тулд Касудагийн томъёоны оролтын мэдээ болох хөрсний гадаргын температурын жилийн явцыг гаргалаа.

Хөрсний гадаргын температур



Зураг 4. Налайх станцын хөрсний гадаргын температурын жилийн явц

Mathcad-аар гаргасан тооцоолсон ба бодит утгын холбоог харуулсан тэгшитгэл

Хүснэгт -2

Гүн м	Гүний температурыг олох томъёо	Тэгшитгэлийн коэффициентүүд				
		a	b	c	d	f
1	$T_{\phi} = \frac{b}{c\sqrt{2\pi f(1-f)}} e^{\left[\frac{1}{2}\left(a+b\ln\left(\frac{f}{1-f}\right)\right)^2\right]}$ <p>(2)</p>	-0.14831	0.51789	55.629	-29.911	$f = \frac{T_{Касуда} - d}{c}$
2		-0.22544	0.54848	54.965	-30.523	
3		-0.19281	0.55892	57.224	-31.002	
4		-0.19143	0.55588	57.190	-30.951	
5		-0.19310	0.55541	57.039	-30.931	
6		-0.19312	0.55562	57.052	-30.936	
7		-0.19124	0.55573	57.081	-30.942	

Нөхцөл

$$d < T_{Касуда} < d + c$$

Дээрх зурагнуудыг харьцуулаад харахад хөрсний гадаргын температур үнэмлэхүй утгаараа 15 ба түүнээс дээш утгатай болоход хамаарал багатай байгаа нь илэрхий байна.

Хамаарлын ийм ялгаатай байдлыг арилгах нь нилээд төвөгтэй асуудал бөгөөд энэ нь цаашлаад $T_{\phi} = f(T_{kasuda}, T_{бодит})$ хэлбэртэй функцийг олох асуудалд шилжинэ.

Энэ асуудлыг Mathcad програм ашиглаад хялбархан шийдэж болно. Ийнхүү бодит ба тооцоолсон утга хоорондын хамааралд үндэслэсэн хөрсний гүний температурыг олох функцүүдийг гүн тус бүрээр гарган авлаа.

Энэхүү тэгшитгэлээр олсон T_{ϕ} утгыг хөрсний гүний температурын бодит утгатай харьцуулж дараах үр дүнг гаргалаа.

**Хөрсний бодит ба тооцоолсон, мөн бодит ба сүүлийн тооцооны
Температурын хоорондын корреляцийн хамаарал**

Хүснэгт-3

Корреляцийн хамаарал	Хөрсний гүн, м						
	1	2	3	4	5	6	7
$T_{Бодит}$ ба $T_{Касуда}$	0.93	0.65	0.27	-0.25	-0.69	-0.69	-0.37
$T_{Бодит}$ ба T_{ϕ}	0.98	0.83	0.59	-0.49	-0.79	-0.80	-0.57

Эндээс харахад функцээр бодсон утга бодит утгатайгаа тооцоолсон утгаасаа өндөр хамааралтай гарсан нь харагдаж байна. Үүнээс гадна эдгээрт харгалзан утгуудын үнэмлэхүй зөрөөг авч үзэхэд сүүлийн үр дүнгээр бодит утганд илүү дөхөж очиж байлаа.

Дүгнэлт

Налайх цаг уурын автомат станцын хөрсний 0-7 м гүний температурын мэдээ ашиглан хийсэн судалгаанд үндэслэн дараах дүгнэлтийг хийж байна.

1. Хөрсний гүний температурын улирлын горимыг гаргаж үзэхэд уг станцад хөлдөлт гэсэлтийн гүн хавар, намарт 5м, өвөл зундаа 4 м гүнд оршиж байна.
2. Касудагийн томъёогоор хөрсний гүний температурыг тооцоолж бодит утгатай харьцуулж үзэхэд эдгээр утгууд корреляцийн хамаарал өндөртэй ч зөрөө нь үнэмлэхүй утгаараа нилээд их байлаа.
3. Корреляцийн коэффициентийн утга хавар намартаа өндөр өвөл, зундаа сул байлаа.
4. Эдгээрээс харахад уг арга температурын эрс тэс өөрчлөлт бараг ажиглагддагүй АНУ-ын Флорида мужид туршигдан хийгдсэнтэй холбоотойгоор алдаа үүсгэсэн байх талтай.
5. Эцэст нь бид энэ алдааг арилгах оролдлогыг хийсэн. Энд тооцоолон бодох Mathcad програм ашиглан хөрсний гүний бодит ба тооцоолсон утгын хоорондын холбоог харуулсан $T_{\phi} = f(T_{kasuda}, T_{бодит})$ (2) хэлбэрийн функцийг гаргаж авлаа.

6. Энэ томъёогоор бодсон үр дүн өмнөх томъёоныхоос хамаарал өндөр, зөрөө багатай гарсан нь энэ станцад уг аргыг ашиглан хөрсний гүний температурыг тооцоолж болохыг харуулж байна.

Зөвлөмж

Касудагийн аргын давуу тал нь ямар нэг багаж төхөөрөмж ашиглахгүйгээр зөвхөн хөрсний гадаргуугийн температурын өгөгдлөөр гүний температурыг тооцоолдог оршино. Тиймээс энэ аргазүйг цаашид олон газарт туршиж тооцоолох томъёог гаргаж авах нь чухал ач холбогдолтой ажил гэж үзэж байна.

Ашигласан материал

1. **Жамбалжав. Я., Төмөрбаатар. Д., нар (2007)**, Улирлын ба олон жилийн температурын горим, хүйтний үзэгдлийн динамикийн судалгаа, ЭШ тайлан, ШУАГХ
2. **Чогсом. Д., (2010)**, Ерөнхий цаг уур-Агаар мандлын физик Сорхон цагаан ХХК, УБ хот
3. **Даваа. Г., Цэнгэл. Т., нар (2011)**, Хөвсгөл нуур түүний гол мөрний иерархи систем, зүй тогтол, өөрчлөлтийн хүчин зүйл, Сэрүүн бүсийн уур амьсгалын өөрчлөлт, УБ хот
4. **Баяржаргал Э., Оюунбаатар Д., нар (2011)**, Хөвсгөл нуурын усны түвшин ба хөрсний гүний температурын хоорондын хамаарлыг судалсан дүнгээс, Сэрүүн бүсийн уур амьсгалын өөрчлөлт, УБ хот
5. **Kasuda, T., and Archenbach, P.R. (1965)**. Earth Temperature and Thermal Diffusivity at Selected Stations in the United States, ASHRAE Transactions, Vol. 71, Part 1.
6. **Zhang. Y., Munkhtsetseg. E., et al (2005)**, An observational study of ecohydrology of a sparse grassland at the edge of the Eurasian cryosphere in Mongolia,
7. **Матвеев. Л.Т., (1955)** Основы общей метеорологии, ГМИЗД