

# ХАРХИРАА, ТҮРГЭН БОЛОН СУТАЙ ХАЙРХАН УУЛСЫН МӨСТЛӨГИЙН ЦАГ ХУГАЦААНЫ ӨӨРЧЛӨЛТИЙН ХАРИЦУУЛАЛТ

Хүрэлбаатар Тэмүүжин<sup>1</sup>, Авирмэд Даицэрэн<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> ШУА, Газарзүй-Геоэкологийн хүрээлэн, Цэвдэг судлалын салбар  
ochir.temka@gmail.com

## ABSTRACT: / ХУРААНГУЙ

The Mongolian territory includes various ecosystems as forest, high mountains, width steppe and gobi desert through North to South. The glacier is most important land cover type to keep the freshwater resources and as indicator of the climate change and global warming. In this paper have been included some results of glacier area changes of different mountains. The Kharkhiraа, Turgen mountains located in north western Mongolia, Sutai khairkhan mountain located in south western Mongolia. As shown on this paper difference between two types of glaciers. The result were obtained by NDPCSI (Normalised Difference Principal Component Snow Index) in several decades from 1991s to 2016s using Landsat TM, ETM, OLI datas. In this periods glacier area is melting due to global warming.

Түлхүүр үгс: NDSI, NDPCSI, хуримтлалын бүс, мөстлөг, Ландсат

## ОРШИЛ

Өнөөгийн байдлаар Монгол орны усны нөөцийн багагүй хэсэг болох 62.9 шоо км ус мөстлөг, мөсөн голд агуулагдаж байна [1]. Энэхүү цэвэр усны нөөц болсон мөстлөг нь жил ирэх тусам уур амьсгалын өөрчлөлт болон дэлхийн дулаарлын улмаас багассаар байна.

Хархираа, Түргэн уулс нь морфоструктурын онцлог, уулсын байрлал, чиглэл, үргэлжилсэн болон тусгаар байдал, ландшафтын нэгдмэл шинжээрээ Монгол Алтай нурууны гурван дэд мужийн нэгд багтдаг. Түргэн уулын ноён оргил Дэглий Цагаан нь далайн төвшнөөс дээш 3978 метр өргөгдсөн байдаг бол Хархираа уулын ноён оргил Мөст нь 4037 метр өндөр байна [2].

Хархираа, Түргэн уулсын мөстлөгт агуулагдах усны хэмжээ Монгол орны хэмжээнд авч үзвэл эхний 3-т ордог. Мөн дээрх уулс нь мөнх цас, мөсөн голууд элбэгтэй бөгөөд Монгол орны уулсын мөстлөгийн нийт талбайн 20 орчим хувийг эзэлдэг [3]. Иймд дээрх уулсын мөстлөгийн алдралын эрчмийг судлах нь ард иргэд болоод, нийгэм эдийн засгийн өндөр ач холбогдолтой юм. Иймд судалгааны талбайгаараа дээрх уулсыг сонгон авсан бөгөөд харьцуулалт,

судалгаа хийхийн тулд Сутай хайрхан уулыг сонгон авсан. Сутай хайрхан уул нь мөстлөгийн талбайн хувьд бусад уулсаас том биш ч гэсэн өргөргийн хувьд хамгийн урд оршдоогоороо бусад уулсаас ялгардаг.

Мөстлөгийн судалгаанд талбай, эзлэхүүнээс гадна хуримтлал (accumulation zone) болон алдралын (ablation zone) бүс мөн тэнцлийн шугам (equilibrium line)-ыг тогтоох нь чухал ач холбогдолтой. Учир нь тэнцлийн шугамын шилжилтээр масс ихсэж, багасаж байгаа талаар ерөнхий дүгнэлт гаргаж болно. Өөрөөр хэлбэл тэнцлийн шугам дээш шилжвэл масс багасах, эсрэгээрээ доош шилжвэл масс нэмэгдэх зүй тогтол ажиглагддаг. Гэхдээ энэ нь зөвхөн уулын мөстлөгт ажиглагддаг зүй тогтол юм.

2006 онд М.Эрдэнэтуяа болон Г.Даваа нар Хархираа, Түргэн уулсын мөстлөгийн талбайг тодорхойлсон. Гэхдээ дээрх эрдэмтдийн ашигласан аргазүй нь NDSI (Normalized Difference Snow Index) буюу цасны нормчилсон индексийг ашиглаж мөстлөгийн талбайг тооцсон. Энэхүү арга нь мөстлөгийн талбайг тодорхойлох хялбар арга ч гэсэн бодолт хийсний дараа заавал water mask хийж усны талбайг хасаж өгөх шаардлагатай болдог. Энэхүү өгүүлэлд арай өөр арга ашигласан нь NDPCSI (Normalized Difference Principal Component Snow Index) юм. Энэхүү арга нь өмнөх аргыг бодвол мөсний талбайг шууд тодорхойлдоогоороо давуу талтай бөгөөд дараа нь нуур болон голын талбайг хасах шаардлагагүй юм. Тооцоолон гаргасан талбайд сургалтгүй ангилал хийсний дараа хуримтлалын бүсийг зураглана. Ингэж зураглахдаа 1992, 2000, 2010, 2016 онуудын Ландсат хиймэл дагуулын мэдээг ашиглан мөстлөгийн талбай болон хуримтлалын бүсийг тооцсон. Мөн 1969 онд хийгдсэн 1:100000 масштабтай байр зүйн зургаас мөстлөгийн талбайг тооцоолсон. Ингэснээр 1969, 1991, 2000, 2010, 2016 онуудад мөстлөгийн талбай яаж өөрчлөгдөхийг ажиглах боломжтой болсон.

## СУДАЛГААНЫ АРГАЗҮЙ, МАТЕРИАЛ

Энэхүү өгүүлэлд мөстлөгийн талбай болон хуримтлалын бүсийг тооцоход Ландсат хиймэл дагуулын мэдээг ашигласан. Ийнхүү тооцоолохдоо Landsat 5 TM, Landsat 7 ETM,

## Landsat 8 OLI зэрэг сенсоруудын мэдээг

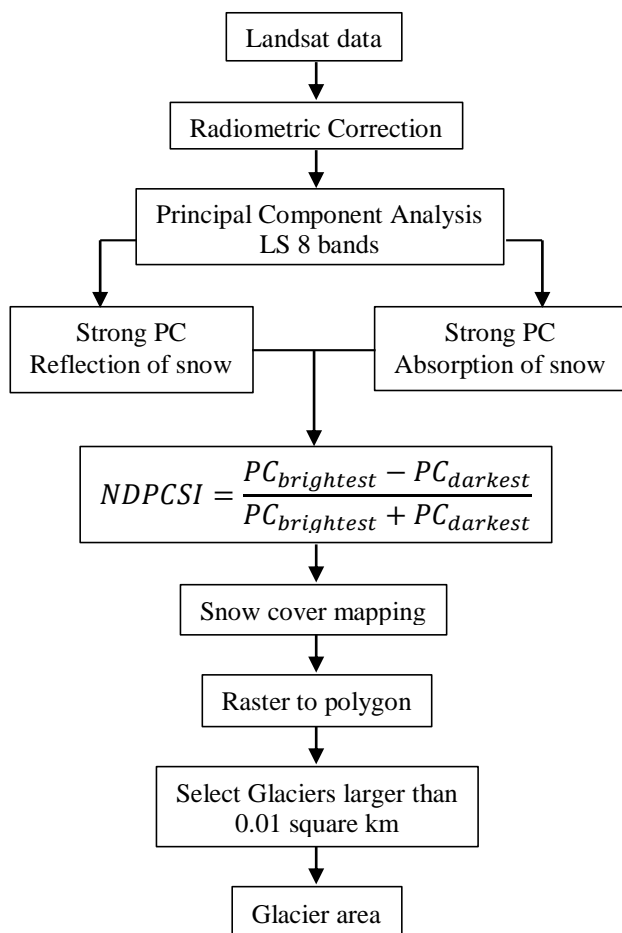
Зураг 1. Мөстлөгийн талбайг тодорхойлох аргазүй.  
Хүснэгт 1. Ашигласан хиймэл дагуул

Мэдрэгч	Он, сар, өдөр
Ландсат 5 TM	1992.06.26
Ландсат 7 ETM	1998.09.11
Ландсат 7 ETM	2010.08.19
Ландсат 8 OLI	2016.08.31

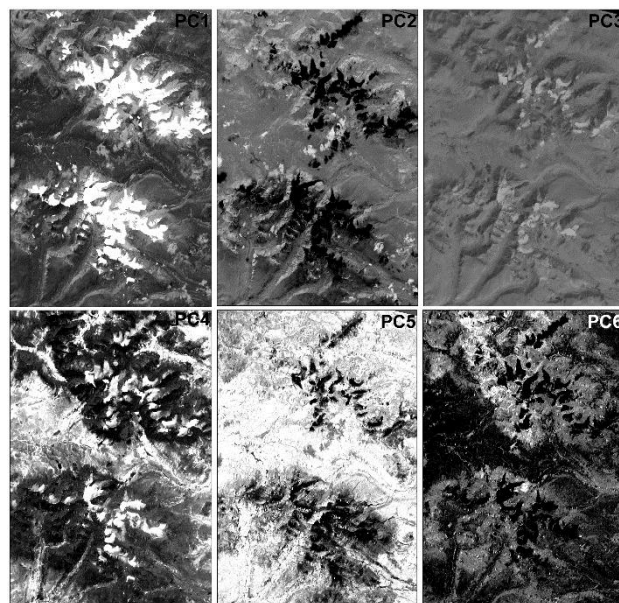
**Аргазүй 1.** Мөстлөгийн талбайг тооцох: Дээрх хиймэл дагуулын зургуудыг эхний хэмжээнд ENVI 5.1 програм ашиглан зургийг засварлан бэлтгэсэн. Ийнхүү засварласан зургуудыг ARCGIS 10.2 програмын Principal Components analysis хэрэглүүрийн тусламжтай нэгээс наймдугаар сувгуудад бодолт хийлгэсэн. Дээрх бодолт хийх үйл явц нэлээд удаан үргэлжилдэг. Үүний дараа доорх томъёог ашиглан NDPCSI-ийн зургийг гаргаж авсан (Зураг1).

$$NDPCSI = \frac{PC_{brightest} - PC_{darkest}}{PC_{brightest} + PC_{darkest}} \quad (1)$$

Дээрх томъёогоор бодохын тулд PC 1 болон PC 2-ыг ашигласан болно. Учир нь PC 1 нь цаснаас ойх ойлтыг хамгийн сайн гаргах бөгөөд PC 2 нь эсрэгээрэй цасанд шингэх шингэлтийг хамгийн сайн ялгаж өгсөн байдаг (Зураг 2).



**Аргазүй 2.** Хуримтлалын бүсийг тогтоох: Хуримтлалын бүсийг тогтоохдоо зураг 1-т үзүүлсэн аргазүйгээр тооцоолсон цасан бүрхэвчийн зурагт сургалтгүй ангилал хийн гаргаж авсан. Цасан бүрхэвчийн зургийн утга нь хасах 1-ээс нэмэх 1-ийн хооронд хэлбэлзэх бөгөөд бид нэмэх 0.4-өөс дээш утгыг хуримтлалын бүс гэж авч үзэн, ангилсан. Олон улсад дээрх аргаар гарган авсан цасан бүрхэвчийн зургийг хэд хэд ангилсан байдаг. Жишээ нь: Pore болон Rees нар 2014 онд 10 ангилсан, Matheiu болон бусад 2009 онд 4 ангилсан, Caleb Pan 2015 онд 2 ангилсан байдаг. Бид энэхүү судалгаанд Caleb Pan-ны аргазүйг ашигласан ангиллыг хийсэн.



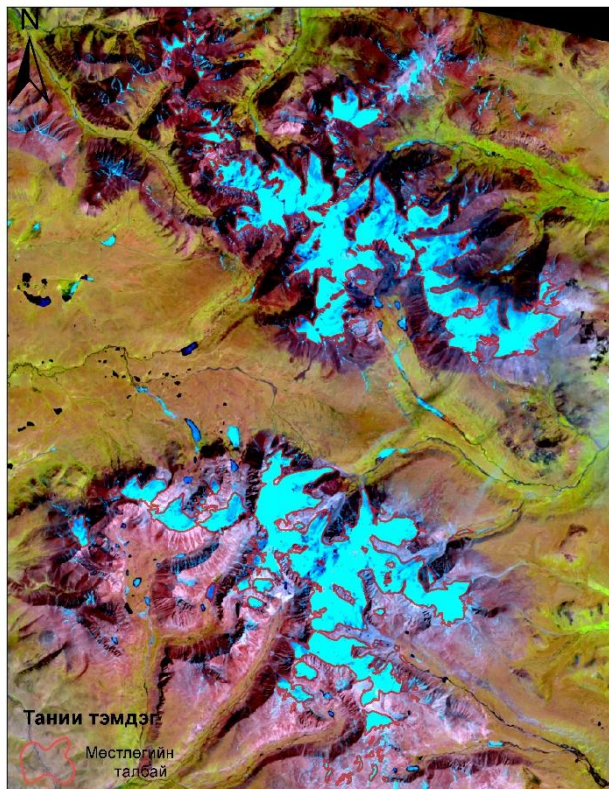
Зураг 2. Principal Components 1-ээс 6 хүртэл.

### Шалгалт.

Landsat 5 TM (Thematic Mapper) болон Landsat 7 ETM (Enhanced Thematic Mapper) гэх Ландсатын цуврал хиймэл дагуулуудын сувгуудын хооронд бага ялгаатай ч, Landsat 8 OLI (Operational Land Imager) нь өмнөх 2 дагуулаас ялгаатай нь нэмэлт сенсортой байдаг [4]. Иймээс шалгалт хийхийн тулд Ландсат TM болон ETM дагуулуудын хувьд 5, 4, 3 гэсэн сувгуудыг ашиглаж дундын нил улаан туяаны комбинацыг гаргаж авдаг. Харин Ландсат 8 OLI дагуулын хувьд 6, 5, 4 гэсэн сувгуудыг ашиглаж дээрх комбинацыг гаргаж авдаг [5]. Энэхүү комбинац нь цасны хилийг маш тод гаргадгаараа Ландсатын бусад сувгуудын комбинацуудаас давуу талтай байдаг тул мөстлөгийн талбайг шалгахад тохиромжтой [6] (Зураг 3).

Зураг 3-аас харахад тооцоолон гаргасан мөстлөгийн талбай болон Ландсат 5 TM-ын 5, 4, 3-р сувгуудыг ашиглан дундын нил улаан туяаны

комбинац хоёрын таарц маш сайн байгаа нь харагдаж байна. Энэхүү шалгалтаар цаашид судалгаагаа үргэлжлүүлэх боломжтой гэж үзэн судалгааны эцсийн шатны үр дүн болох мөстлөгийн талбай болон хуримтлалын бүсийн цаг хугацааны өөрчлөлтийг тооцоолсон.



Зураг 3. Ландсат 5 ТМ-ын 5, 4, 3-р сувгуудын комбинацтай тооцоолон гаргасан мөстлөгийн талбайг харьцуулсан зураг.

### ҮР ДҮН БОЛОН ХЭЛЭЛЦҮҮЛЭГ

Энэхүү судалгаагаар бид дээрх уулсын мөстлөгийн талбайн өөрчлөлтийн явцыг Сутай хайрхан уулын мөстлөгтэй харьцуулан судалж, дүгнэлт гаргасан. Энэ судалгаанаас авч үзэхэд Хархираа, Түргэн уулсын мөстлөг нь 1992 оноос хойш эрчимтэй буураад зогсохгүй сүүлийн жилүүдэд эрчим нь улам нэмэгдэж байгаа нь харагдаж байна (Хүснэгт 2). Харин Сутай хайрхан уулын хувьд 1991 оноос хойш талбайн хэмжээ буурсан ч сүүлийн 16 жил тогтвортой байгаа нь ажиглагдаж байна (Хүснэгт 3). Гэхдээ нийт мөстлөгийн талбай өөрчлөгдөөгүй ч хуримтлалын бүсийн талбай нилээд өөрчлөгдсөн байгааг хүснэгт 3-аас харж болно. Энэ нь мөстлөгийн эзлэхүүний хэмжээ өөрчлөгдөж байгааг илэрхийлж болно.

Хүснэгт 2. Хархираа, Түргэн уулсын мөстлөгийн нийт болон хуримтлалын бүсийн талбайн өөрчлөлт.

Хархираа, Түргэн уулсын мөстлөгийн талбайн өөрчлөлт (км <sup>2</sup> )						
Нэр	Он	1969	1992	1998	2010	2016
Нийт талбай		107631	116034	95809	47065	43704

Хуримтлалын бүс		48240	27806	20107	10243	
Талбайн өөрчлөлт хувиар						
Нэр	Он	1969	1992	1998	2010	2016
Нийт талбай			7.8%	-17.4%	-50.9%	-7.1%
Хуримтлалын бүс				-42.4%	-27.7%	-49.1%

Хүснэгт 3. Сутай хайрхан уулын мөстлөгийн нийт болон хуримтлалын бүсийн талбайн өөрчлөлт.

Сутай хайрхан уулын мөстлөгийн талбайн өөрчлөлт (км <sup>2</sup> )						
Нэр	Он	1969	1991	2000	2010	2016
Нийт талбай		13173	14579	12375	12053	12119
Хуримтлалын бүс			9330	8981	8760	7958
Талбайн өөрчлөлт хувиар						
Нэр	Он	1969	1991	2000	2010	2016
Нийт талбай			10.7%	-15.1%	-2.6%	0.6%
Хуримтлалын бүс				-3.7%	-2.5%	-9.2%

График 1 болон 2-оос харахад 1969 оноос 1990-ээд он хүртэл Хархираа, Түргэн болон Сутай хайрхан уулсын мөстлөгийн талбай тус тус өссөн нь ажиглагдаж байна. Энэ нь М.Эрдэнэтуяа болон Г.Даваа нарын 2006 онд гарсан үр дүнтэй ижил гарч байна.

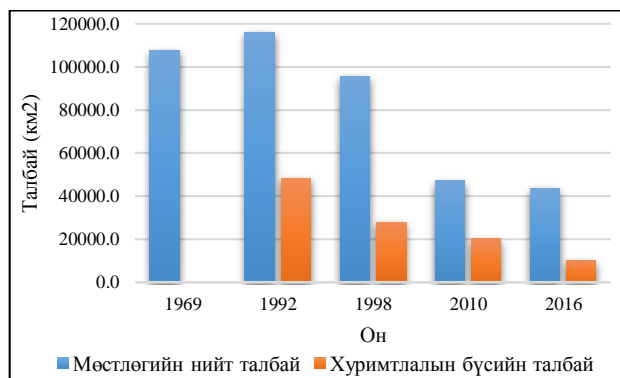


График 1. Хархираа, Түргэн уулсын мөстлөгийн талбайн өөрчлөлт.

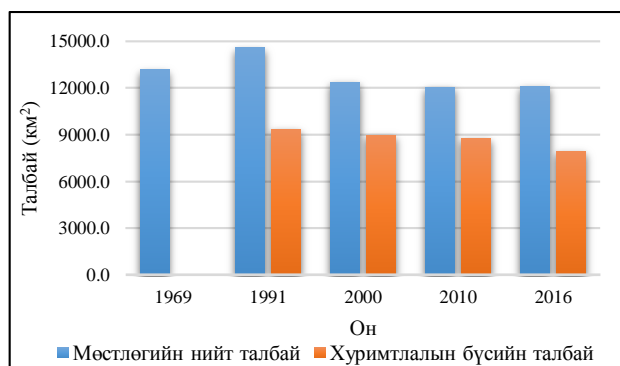


График 2. Сутай хайрхан уулын мөстлөгийн талбайн өөрчлөлт.

Харин хуримтлалын бүсийн талбайн өөрчлөлт нь уул тус бүрд жигд багасаж байгаа гэсэн үр дүн гарсан. Мөн 2010-аас 2016 оны хооронд илүү эрчимтэй багассан буюу Хархираа, Түргэн уулсын хуримтлалын талбай 49.1%-иар буурсан бол Сутай хайрхан уулсын хуримтлалын талбай 9.2%-иар буурсан байна.

## ДҮГНЭЛТ

Монгол улс нь жилийн дөрвөн улирал ээлжлэн оршдог цаг агаар, уур амьсгалын эрс тэс бүсэд оршдог. Энэ зүй тогтоц нь ч байгалийн өвөрмөц шинж чанарт нь шингэсэн байдаг. Иймээс ч Монгол оронд тархсан цэвдэг болон мөстлөг нь уур амьсгалын өөрчлөлт, дэлхийн дулаарал зэрэг сүүлийн жилүүдэд олны анхааралд ороод байгаа хүчин зүйлсийн гол индикатор болдог билээ.

Энэхүү судалгаа нь дээрх гол индикаторын нэг болох мөстлөгийг авч судалсан. Монгол орны баруун хойд талд байрлах Хархираа, Түргэн болон баруун урд байрлах Сутай хайрхан уулсын мөстлөгийн талбай сүүлийн жилүүдэд эрчимтэй багасаж байгаа нь энэ судалгаагаар батлагдаад байна. Мөн талбайн хэмжээ төдийлөн багасаагүй ч хуримтлалын бүсийн талбай багасаж байгаа нь мөстлөгийн эзлэхүүний хэмжээ багасаж байгааг батална.

Цаашид энэ судалгааг үргэлжлүүлэн хийснээр жил мөстлөгийн талбай, эзлэхүүний багасалт болон тэнцлийн шугамын өөрчлөлтийг илүү нарийн харуулах боломж байгаа билээ.

## ТАЛАРХАЛ

Энэхүү судалгааг хийж гүйцэтгэхэд зөвлөгөө өгсөн ШУА, Газарзүй-Геоэкологийн хүрээлэн, Цэвдэг судлалын салбарын эрхлэгч доктор (Ph.D) А.Дашцэрэн болон судалгаагаар явах нөхцөлөөр хангаж өгсөн профессор, доктор (Sc.D) Михаел Вальтер нарт гүнээ талархал илэрхийлье.

## АШИГЛАСАН НОМ, ХЭВЛЭЛ

- [1] Даваа Г, Дашдэлэг Н, 2017. Монгол Алтайн орчин үеийн мөстлөг. Эрдэм шинжилгээний бүтээл Тусгай дугаар, Улаанбаатар, хуудас 201-206.
- [2] Цэгмид Ш. 1967. Монгол орны физик газарзүй.
- [3] Erdenetuya M, Davaa G, 2006. Glacier change estimation using Landsat TM data. Remote Sensing and Apstial information Science, Volume36, Tokyo.
- [4] Амарсайхан Д, Саандарь М, 2015. Зайнаас тандах судлал, газарзүйн мэдээллийн системийн зарчмууд. Улаанбаатар.
- [5] Амарсайхан Д, Адъяасүрэн Ц. 2014. Зайнаас тандах судлал, газарзүйн мэдээллийн системийг байгалийн нөөцийн менежментэд ашиглах нь. Улаанбаатар.
- [6] Phila Sibandze, Paidamwoyo Mhangara. 2014. A comparison of Normalised Diffrence Snow Index and Normalised Difference Principal Component Snow Index techniques in distinguishing snow from related land cover types. Remote sensing Vol 62. Page 15-22.