

**SENTINEL 2 ХИЙМЭЛ ДАГУУЛ БОЛОН ДРОНЫ ЗУРАГ  
АШИГЛАН ТАРИАЛАНГИЙН ТАЛБАЙГ ТАРИМЛЫН ТӨРЛӨӨР  
АНГИЛАХ НЬ  
/ДАРХАН-УУЛ АЙМГИЙН ОРХОН СУМЫН ЖИШЭЭН ДЭЭР/**

*Тэлмэн Пүрэвсүрэн<sup>1</sup>, Сайнбуян Баярсайхан<sup>2</sup>, Баярмаа Вандангомбо<sup>1</sup>, Уртнасан Мандах<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Газарзүйн мэдээллийн систем, зайнаас тандан судлалын салбар, Газарзүй, геоэкологийн хүрээлэн, Шинжлэх Ухааны Академи, Улаанбаатар, Монгол

<sup>2</sup>Газарзүйн мэдээллийн систем, зайнаас тандан судлалын судалгааны лаборатори, Газарзүйн тэнхим, Шинжлэх Ухааны Сургууль, Монгол Улсын Их Сургууль, Улаанбаатар, Монгол

\*Холбоо барих зохиогчийн цахим хаяг: [telmen\\_p@mas.ac.mn](mailto:telmen_p@mas.ac.mn)

\*Холбоо барих зохиогчийн утасны дугаар: +976 88034355

## ABSTRACT

During this period when the agricultural sector is developing rapidly in Mongolia, it is necessary to create a sustainable development of agricultural production, and for this, there is a need to improve agricultural technology. Also nowadays, remote sensing and geographic information systems are still looking for suitable methods to study this field. In conducting this research, based on Sentinel 2A satellite data and unmanned aerial vehicle (UAV) data, using maximum likelihood (ML) and spectral angle mapper (SAM) methods, the results of classifying farmland by crop type were compared with field measurement GPS points to determine the accuracy of farmland classification. According to the results, the classification accuracy of the ML method was similar, while the classification accuracy of the SAM method was very different. This led to misclassification in some cases due to plant growth stage and whether the plant was healthy or unhealthy. Considering the result of the accuracy, it is observed that the plant growth period is highly dependent on the spectral classification of farmland, and the more complete the plant growth, the better the classification can be a drone.

**Түлхүүр үгс:** *Тариалангийн талбай, хамгийн их төсөөтэйн арга (ML), спектрийн өнцгийн маппер (SAM), нисгэгчгүй нисэх төхөөрөмж (ННТ)*

## 1. ОРШИЛ

Монгол оронд газар тариалангийн салбар 1950-аад оны сүүлээс атар газар эзэмших үйл ажиллагаагаар хөгжиж ирсэн түүхтэй. Хөгжлийн үе шатыг 1959-1970 он, 1970-1980 он, 1980-1990 он, 1990 оноос хойш гэж 4 хуваан авч үздэг. 1990 оноос Монгол орны нийгмийн харилцаанд өөрчлөлт орсноор тариалангийн салбарт ч мөн адил өөрчлөлт орж, социализмын үеийн

тариалалтаас эрс буурч, нийт тариалангийн талбайн 60 хувь нь ашиглагдахаа болиод байсан билээ. Харин 2008 оноос Монгол улсын засгийн газар “Атрын III аян” үндэсний хөтөлбөр батлан хэрэгжүүлснээр уналтад ороод байсан газар тариалангийн салбар эргэн сэргэж эхэлсэн.

Сүүлийн жилүүдэд өндөр хөгжилтэй орнуудад аж үйлдвэрийн 4 дүгээр хувьсгалын үр нөлөөгөөр хүн хүч, эдийн засгийн хэмнэлттэй технологи болох ухаалаг газар тариалан, тариалангийн газрын чадавх нөөц, эрсдэлийн үнэлгээг тогтоох ухаалаг технологи, судалгааг хөгжүүлэх, хиймэл дагуулын тоон эх өгөгдөл, зайнаас тандан судлалын арга зүй нэвтэрч дижитал технологи газар тариаланд нэвтрүүлсэн туршлага хөгжиж буй орнуудад түгээн дэлгэрүүлэх үйл ажиллагаа хийгдэж эхлээд байна [1]. Газар тариаланг дэмжсэн олон төрлийн шинэ технологи, хиймэл дагуул, нисгэгчгүй нисэх төхөөрөмж (цаашид ННТ) нэвтэрч байгаа бөгөөд үндэсний хэмжээнд тариалангийн талбайн байгаль орчны эрсдэлийн түвшин, эрсдэлт хүчин зүйлүүдийг тодорхойлох, хянахаас гадна тариалангийн талбайн төрөл, ангилал, ургацыг тооцох, менежментийг хийх шинжлэх ухааны үндэслэлийг боловсруулах судалгаанууд хийгдэж байна.

ННТ-д суурилсан зайнаас тандан судлал хөгжих нь газар тариалангийн салбарт ихээхэн ач холбогдолтой бөгөөд ургацын байдлыг хянахын тулд ННТ ашиглах нь өмнөх аргуудтай харьцуулахад хээрийн хэмжилтийн мэдээллийг хялбар, хурдан шуурхай, мөн хөрөнгө мөнгөний хувьд ч хэмнэлттэйгээр олж авах боломжийг олгож байна. ННТ-ийн нам өндөрт нисэх нь газар тариалангийн зургийг өндөр болон хэт өндөр нарийвчлалтайгаар зураглахад тусалдаг. Цаашилбал ННТ-д суурилсан зураглал нь хэрэглэгчийн хүссэнээр хийгдэх боломжтой тул цаг хугацааны өндөр нарийвчлалтай байх боломжийг бүрдүүлж өгнө [2]. Манай орны хувьд хиймэл дагуулын спектрийн олон сувгийн

мужуудад хэмжилт хийсэн тоон өгөгдлийг ашиглан бэлчээр болон бутлаг ургамлыг тандан судлах судалгаа олон хийгдсэн байна.

Судлаачдын дүгнэж байгаагаар ургацын хэмжээ тухайн жилийн цаг агаарын нөхцөлөөс хамааран 50 хүртэл хувиар хэлбэлзэх, бүр цаашлаад ургац алдах хүртэл эрсдэлтэй гэсэн байдаг [3]. Мөн Монгол улсын Уур амьсгалын өөрчлөлтийн үнэлгээний хоёрдугаар тайланд дурдсанаар 2008-2009 онд хийсэн судалгаагаар га-гийн дундаж ургац 2011-2030 оны дундаж түвшинд олон жилийн дунджаасаа 13%-иар, түүний дотор газар тариалангийн баруун бүс (Увс аймгийн Баруунтуруун сум) болон төв бүсийн өмнөд хэсгээр (Төв аймгийн Угтаалцайдам сум) 24-33%-иар тус тус буурах төлөвтэй гэжээ. Иймээс өсөн нэмэгдэж буй хүнсний хэрэгцээг хангахын тулд тариалангийн тогтвортой хөгжлийг бий болгох шаардлагатай бөгөөд үүний тулд тариалангийн технологийг боловсронгуй болгохоос гадна, орчин үед зайнаас тандан судлалын техник технологи, мэдээллийг ашиглан өргөн уудам нутгийг хамарсан мониторинг судалгааг хийж шинжлэх ухааны үндэслэлийг, тариалангийн техник технологитой хослуулах нь чухал гэж үзэж байна. Мөн өргөн уудам нутагтай Монгол орны хувьд хүн хүч, эдийн засагт хэмнэлттэй технологийг илүүд үзэх бөгөөд үүнийг хангах гол судалгаа нь зайнаас тандан судлал юм.

Энэхүү судалгааны зорилго нь хэт өндөр нарийвчлалын олон бүсчлэлийн нисгэгчгүй нисэх төхөөрөмж болон дунд нарийвчлалын нээлттэй эх үүсвэрийн оптикийн тандан судлалын Sentinel 2A хиймэл дагуулын мэдээг ашиглан тариалангийн талбайд тариалсан төрөл бүрийн хүнсний нарийн ногоо, тэдгээрийн төрлийн тоон зургийн боловсруулалтыг ArcGIS, ENVI програм хангамжуудыг ашиглаж газарзүйн мэдээллийн систем, зайнаас тандан судлалын аргазүйгээр тооцоолох явдал юм. Бид энэхүү ажлын хүрээнд дараах дэд зорилтуудыг дэвшүүлэн ажиллаа. Үүнд:

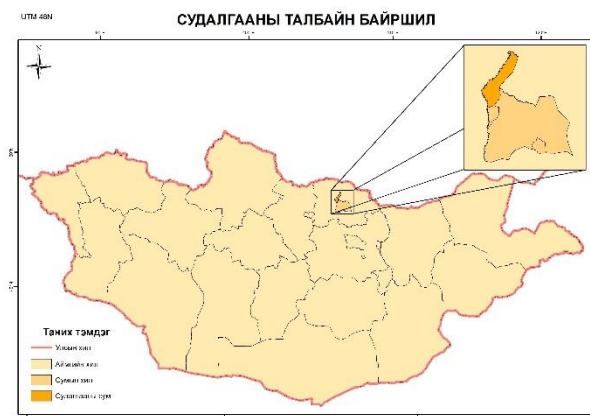
- Судалгааны мэдээ, материал цуглуулах, боловсруулах.
- Тариалангийн талбайг нисгэгчгүй нисэх төхөөрөмж ашиглан тооцоолох.

## 2. СУДАЛГААНЫ МАТЕРИАЛ, АРГАЗҮЙ

### 2.1. Судалгааны талбай

Судалгааны талбайгаар Монгол орны хойд хэсэгт байрлах Дархан-Уул аймгийн Орхон сумын нутагт орших (106° 8' 21.403" E , 49° 49' 44.595" N) 40.46 га талбайг сонгон авсан болно (зураг 1). Орхон сум нь Монгол орны хойд хэсэгт

хангай болон ойт хээрийн бүс нутагт орших ба Хараа, Орхон, Ерөө, Шарын голын сав газарт багтан оршдог. Орхон сум нь далайн түвшнээс дээш 707 метрийн өндөрт орших ба харьцангуй нам дор газар байрладаг. Жилийн дундаж температур 4°C ба жилийн хур тунадасны нийлбэр 176 мм байна. Хөрсөн бүрхэвчийн хувьд олон янз байх бөгөөд элсэнцэр, хөнгөн шавранцар, хүрэн бор хөрс зонхилсон газар тариалан эрхлэхэд тохиромжтой нутаг юм. Зураг 1-т судалгааны талбайн байршилг харуулав.



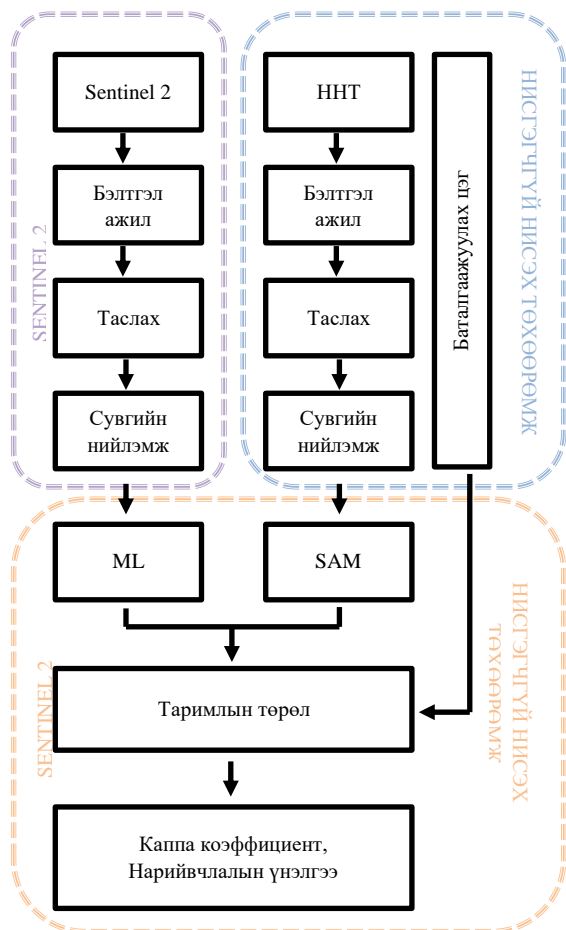
Зураг 1. Судалгааны талбай

### 2.2. Судалгааны аргазүй

Энэхүү судалгааг хийхдээ Sentinel 2A хиймэл дагуулын мэдээ болон нисгэгчгүй нисэх төхөөрөмжийн мэдээнд үндэслэн хамгийн их төсөөлөлтэй (ML) болон спектрийн өнцгийн маппер (SAM) аргуудыг ашиглан тариалангийн талбайг таримлын төрлөөр ангилж ангилагдсан үр дүнг хээрийн хэмжилтийн GPS-ийн цэгтэй харьцуулан тариалангийн талбайн ангиллын нарийвчлалыг тодорхойлох зорилго тавин ажилласан.

Мэдрэгч	Sentinel-2A	Нисгэгчгүй нисэх төхөөрөмж
Үзэгдэх гэрэл		
Суваг 2 – Цэнхэр	492.4	450
Суваг 3 – Ногоон	559.8	560
Суваг 4 – Улаан	664.6	650
Суваг 6 – Ургамлын улаан	740.5	730
Суваг 8 – Ойрын нил улаан туяа	832.8	840

Дараах аргазүйн схемийн дагуу мэдээллийг боловсруулж үр дүн гаргалаа (схем 1).



Схем 1. Судалгааны ажлын аргазүй

### 2.2.1 Спектрийн өнцгийн маппер

Спектрийн өнцгийн маппер (SAM) арга нь сонгосон ангийн спектрийн шинж чанарыг уг ангийн спектрийн санд хадгалагдсан буюу шинжээчийн тодорхойлсон шинж чанартай харьцуулах замаар хэт олон сувгийн мэдээг ангилдаг бөгөөд ангилал спектрийн шинж чанарын хослолыг өнцгийн хувьд нь  $n$ -хэмжээт огторгуйд харьцуулах замаар явагдана (томьёо 1).

$$a = \cos^{-1} \left( \frac{\sum_{i=1}^{nb} t_i r_i}{\sqrt{\sum_{i=1}^{nb} t_i^2} \sqrt{\sum_{i=1}^{nb} r_i^2}} \right) \quad (1)$$

Үүнд:

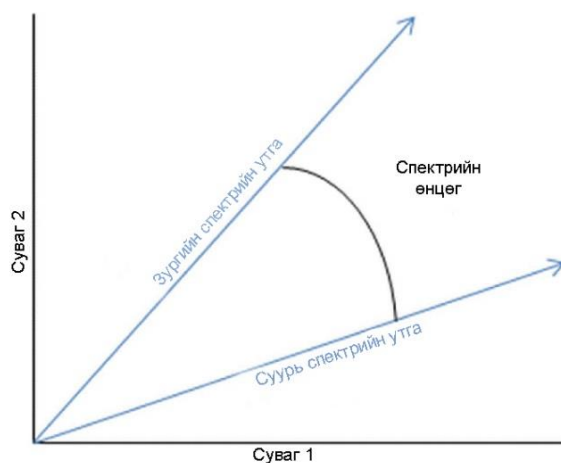
$nb$  – сувгийн тоо

$t_i$  - сонгосон ангийн спектрийн шинж чанар

$r_i$  - харьцуулж буй спектрийн шинж чанар

SAM аргын гол давуу тал нь нарны тусгалын хүчин зүйлсээс хамаардаггүй бөгөөд уг арга нь ангиллын дүнд нөлөөлөх сүүдрийн нөлөөг багасгадаг байна [4].

SAM аргын ангилал нь суурь спектрийн утга буюу дээж болгон авсан спектрийн долгионы урт болон зургийн пикселийн спектрийн долгионы урт хоёрын хооронд үүсэж буй өнцгийн хамааралд суурилан ангиллыг хийдэг. Өнцөг зөрүү бага байх үед адил ангилагддаг бол харин үүсэж буй өнцгийн хэмжээ их байх үед өөр төрөлд ангилагдана (зураг 2).



Зураг 2. Спектрийн өнцгийн концепци

### 2.2.2. Хамгийн их төсөөтэй ангиллын арга

Тоон боловсруулалтад ашиглагддаг статистик болон статистик бус олон ангиллын аргууд байдаг. Тэдгээрийн дунд Байесын дүрэм дээр тулгуурласан ML арга нь тандан судалгааны мэдээг ангилахад чухал байр суурь эзэлдэг. ML арга нь тухайн анги, хэмжилтийн вектор, хоёрын хоорондын давтамж дээр үндэслэсэн байдаг ба олон бүсчлэлийн мэдээний хувьд ажиглалт пиксел бүр нь  $N$  хувьсагч дахь хэмжилтийн олонлогоос тогтоно (томьёо 2). ML арга нь Байесын дүрмийг ашиглан дараах хэлбэрээр илэрхийлэгдэнэ [4].

$$P(C_i|x) = P(x|C_i) \times P(C_i)/P(x) \quad (2)$$

- $P(C_i)$  – Анхдагч магадлал гэх бөгөөд ангилагч өөрийн ангилах гэж буй орон нутгийн тухай мэдлэг дээр үндэслэн тодорхойлно.
- $P(x)$  – Пикселийг ( $x$ ) дурын ангиас олох магадлал
- $P(C_i|x)$  – Туршилтын буюу хамгийн их магадлал
- $P(x|C_i)$  – Геомэдээллийн хувьд тогтмол гэж тооцоологддог нөхцөлт магадлал

Байесын ангилал нь геомэдээллийн хувьд тогтмол гэж тооцогддог нөхцөлт магадлал ( $P(x|C_i)$ ), тухайн биетийн контекстээс хамаардаг анхдагч магадлал ( $P(C_i)$ ) хоёрыг салгаж болдгоороо онцлог юм.

### 2.2.3. Хээрийн хэмжилт

Зайнаас тандан судлалын арга зүйг бэлчээрийн мониторинг, газар тариалангийн судалгаанд ашиглах, зайнаас тандсан мэдээ, зураглалын үр дүнд тайлан хийхэд хээрийн судалгааны өгөгдөл мэдээлэл гол чухал үүрэгтэй бөгөөд хээрийн судалгааны маршрут, хэмжилт, бичиглэлийн мэдээллийг цуглуулах, маршрут төлөвлөлт, цэгийн байршлыг аль болох орон зай, цаг хугацааны хувьд тухайн газар, орон нутаг, бүс нутгийг төлөөлж чадахуйц байхаар төлөвлөлт хийх шаардлагатай байдаг. Ялангуяа тариалангийн талбайд таримлуудыг ургаж гүйцсэн үед буюу хураахаас өмнөх эд үеүдэд судалгаа хийх нь чухал юм.

Энэхүү судалгааны хүрээнд Хэнтий аймгийн Өмнөдэлгэр сум, Төв аймгийн Жаргалант сум, Дархан-Уул аймгийн Орхон сум, Сэлэнгэ аймгийн Зүүнбүрэн, Орхон сумд, Өвөрхангай аймгийн Хархорин сум, Булган аймгийн Хутаг-Өндөр сум, Хөвсгөл аймгийн Тариалан сумдаар тус тус ННТ-өөр зураглал хийсэн бөгөөд тус зураглалаас Дархан-Уул аймгийн Орхон сумын зураглалыг энэхүү судалгаандаа авч ашигласан болно. 2021 оны 7 сарын 17-ны өдөр эхний зураглалаа хийсэн бол 8 сарын 9-ны өдөр 2 дахь зураглалаа хийсэн. Сум хооронд явах цагаас шалтгаалан зураглал хийхэд сүүдэр үүссэн. Уг зураглалд Phantom 4 Multispectral ННТ ашиглан зураглал хийсэн бөгөөд нэг удаагийн нислэгээр 318 метрийн өндрөөс 415 зураг дарсан. Зургийн орон зайн нарийвчлал 16.2 см буюу 1 пикселд 16.2 см<sup>2</sup> талбайг зурагласан. 2 удаагийн хэмжилтээрээ нийт 71 цэгийг GPS-н хэмжилт

хийн судалгаандаа нарийвчлалын үнэлгээ гаргахад ашиглахаар тэмдэглэн авсан (зураг 3).

Зураг 3. Хээрийн хэмжилт хийсэн цэг

## 3. СУДАЛГААНЫ ҮР ДҮН

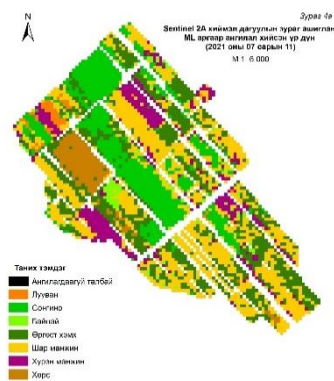
### 3.1. Тооцоолсон үр дүн

Sentinel 2A хиймэл дагуулын 2021 оны 7 сарын 11 болон 8 сарын 5-ны зураг болон Phantom 4 Multispectral ННТ ашиглан зурагласан 2021 оны 7 сарын 17 болон 8 сарын 9-ны зургууд дээр SAM болон ML аргыг ашиглан дараах үр дүнгүүдийг тооцоолов. Судалгааны талбай нь 40.46 га талбайг хамарсан.

#### 3.1.1. Sentinel 2 хиймэл дагуулын мэдээн дээр хийсэн ангиллын үр дүн

Sentinel 2A хиймэл дагуул нь 10, 20, 60 метрийн орон зайн нарийвчлалтай байдаг. Энэхүү зургийн орон зайн нарийвчлалыг 10 метр болгон сайжруулж ашигласан.

ML аргыг ашиглан Sentinel 2A хиймэл дагуулын 2021 оны 7 сарын 11 болон 8 сарын 5-ны өдрийн мэдээнд ангилал хийсэн үр дүнг (зураг 4а, 4б)-д үзүүлэв.

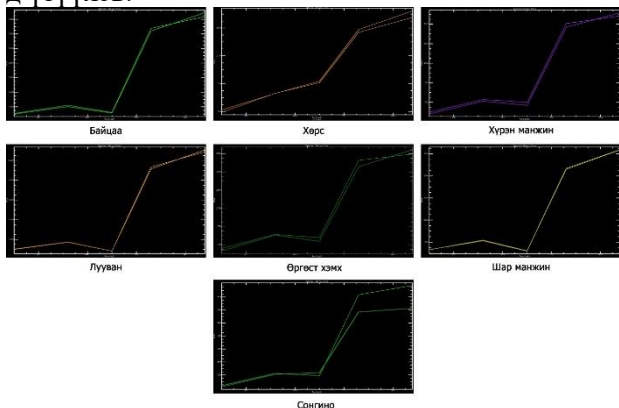


Зураг 4а. ML аргаар ангилсан ангиллын үр дүн (2021 оны 07 сарын 11)



Зураг 46. ML аргаар ангилсан ангиллын үр дүн (2021 оны 08 сарын 05)

SAM аргыг Sentinel 2A хиймэл дагуулын 2021 оны 7 сарын 11 болон 8 сарын 5-ны өдрийн мэдээнд ангилал хийсэн үр дүнг (зураг 5, 5а, 5б)-д үзүүлэв.



Зураг 5. Sentinel 2A хиймэл дагуулын мэдээн дээр дээж болгон авсан ургамлын спектрийн ойлт



Зураг 5а. SAM аргаар ангилсан ангиллын үр дүн (2021 оны 07 сарын 11)



Зураг 5б. SAM аргаар ангилсан ангиллын үр дүн (2021 оны 08 сарын 05)

Үр дүнгээс харахад 10 метрийн орон зайн нарийвчлалтай байснаар тухайн 1 ургамлын навчин дээр ойсон спектрийн утгыг мэдэх боломжгүй бөгөөд жижиг талбайг хамран ургаж буй ногоо буюу жишээ нь өргөст хэмх, байцай болон ижил төрөл зүйл бүхий шар манжин, хүрэн манжин зэрэг нь ойролцоо спектрийн ойлттой байсан нь ангилал холилдох шалтгааны нэг болсон.

### 3.1.2. ННТ-ийн мэдээн дээр хийсэн ангиллын үр дүн

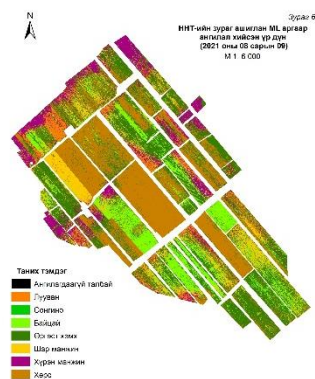
Уг судалгаанд ашиглахаар зурагласан ННТ-ийн мэдээ нь 16,2 см орон зайн нарийвчлалтай бөгөөд Sentinel 2A хиймэл дагуулын мэдээтэй харьцуулахад ургамлын навчны шинж чанар нь ангилалд харьцангуй илүү нөлөөтэй байна.

Судалгааны талбайд 2 дах зураглалыг хийх үед зарим төрөл зүйлийн ногоог өөр талбайд шилжүүлэн суулгасан, ургалт бүрэн болж зарим төрлийн ногоо хураасан байх гэх мэт орон зайн өөрчлөлтүүд гарсан.

ML аргыг ашиглан ННТ-ийн мэдээнд хийсэн үр дүнг (зураг 6а, 6б)-д үзүүлэв.



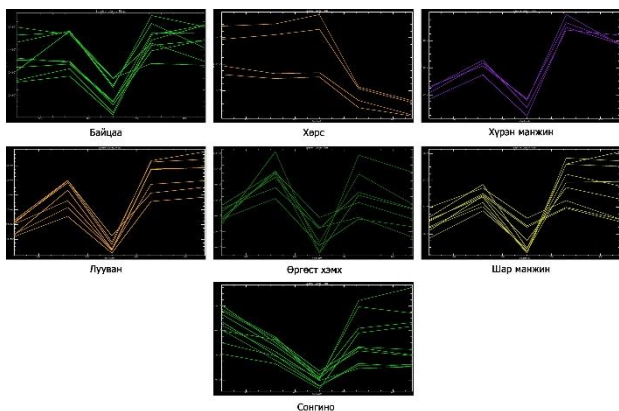
Зураг 6а. ML аргаар ангилсан ангиллын үр дүн (2021 оны 07 сарын 17)



Зураг 6б. ML аргаар ангилсан ангиллын үр дүн (2021 оны 08 сарын 09)

SAM аргыг ашиглан гаргасан үр дүнгээс үзэхэд ННТ-өөр зурагласан мэдээ нь Sentinel 2 хиймэл дагуултай харьцуулахад илүү нарийн буюу нэг навчин дээрх спектрийн утгыг хүлээн авах боломжтой. Энэ нь илүү нарийн ангилал хийх боломжийг олгож байна. Sentinel 2 хиймэл дагуул нь тухайн пикселээс ерөнхийд нь спектрийн ойлтыг мэдээлж байсан бол ННТ-өөр зурагласан мэдээ нь ургамлын навч тус бүрийн спектрийн утгыг ангилалд оролцуулан авч үзсэнээр илүү дэлгэрэнгүй ангилах боломжтой болгосон.

Гэсэн хэдий ч ургамлын навчны өөр хоорондын адил шинж чанар мөн тэдгээрийн стресссэн болон эрүүл эсэх мөн түүнчлэн нэг тариалангийн талбайд ургаж буй нэгэн төрөл зүйлийн ургамал хэдий ч ургамал ургалтын үе шатаас шалтгаалан ангилал холилдох зарим төрлийн ургамлууд хоорондоо хэт ойролцоо спектрийн ойлттой байсан нь ангилалд алдаа гарах шалтгаан болсон (зураг 7).

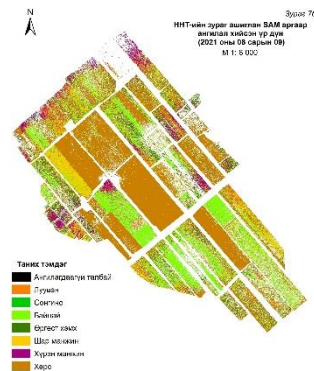


Зураг 7. ННТ-ийн мэдээн дээр дээж болгон авсан ургамлын спектрийн ойлт

Мөн зураглах явцад мэдрэгчид алдаа гаран зарим хэсгийн талбай өөрөөр дүрслэгдсэн нь ангилалд мөн нөлөөлсөн. SAM аргыг ашиглан ННТ-ийн мэдээнд хийсэн үр дүнг (зураг 7а, 7б)-д үзүүлэв.



Зураг 7а. SAM аргаар ангилсан ангиллын үр дүн (2021 оны 07 сарын 17)



Зураг 7б. SAM аргаар ангилсан ангиллын үр дүн (2021 оны 08 сарын 09)

Байцааны талбайн гол хэсэг хөрстэй холилдон ангилагдсан байгаа нь тухайн хэсэгт ургаж буй байцааны ургалт, тухайн ургалтын үед ойлгож буй спектрийн ойлцоос шалтгаалж буй бөгөөд зураг 7-оос харахад байцааны зарим спектрийн ойлт нь хөрстэй ойролцоо байгаа нь тухайн хэсгийн зарим байцай өөрийн төрөлдөө ангилагдалгүй хөрс болон ангилагдсан шалтгаан болсон (зураг 8).



Зураг 8. Байцааны ургалтын ялгаа (2021 оны 08 сарын 09)

ННТ-ийн мэдээн дээр ангилал хийгдсэн талбай нь ургалт бүрэн биш үе буюу 7 сард бага, харин ургалт бүрэн болсон үе буюу 8 сард жигд өссөн байгаа нь ангилал харьцангуй зөв хийгдсэ Харин Sentinel 2 хиймэл дагуулын мэдээн дээрх ангилал

хийгдсэн зарим талбай 7 сард том талбайг хамарч байсан боловч 8 сард тухайн талбай хэт багассан нь таримлын төрлийн ургалтын үе шатуудын спектрийн ойлтоос хамаарсан гэхээс илүү орон зайн нарийвчлалтай холбон тайлбарлах нь зүйтэй. Доор дурдсан талбайн нийт хэмжээ судалгааны 40.46 га талбайгаас зөрүүтэй байгаа нь талбайн хэмжээг тоймлон бичсэнтэй холбоотой.

Ангиллын үр дүнгээ хээрийн хэмжилтийн цэгтэйгээ харьцуулан баталгаажуулалтыг хийхэд ML аргаар ангилал хийхэд бүгд хоорондоо ойролцоо нарийвчлалтай гарсан тул цаашид хамгийн их зөрүүтэй ангилагдсан SAM-аар хийсэн ангиллыг гүнзгийрүүлэн авч үзье (хүснэгт 1).

Хүснэгт 1. Алдааны матрицын харьцуулалт

	Арга	Коэффициент	ННТ	Sentinel
7-р сар	SAM	Каппа	0.388	0.2063
		Үнэмшил	48.94%	34.00%
	ML	Каппа	0.605	0.6399
		Үнэмшил	68.09%	69.81%
8-р сар	SAM	Каппа	0.702	0.3267
		Үнэмшил	76.09%	45.65%
	ML	Каппа	0.6274	0.636
		Үнэмшил	70.21%	71.11%

Sentinel 2A хиймэл дагуул дээр дурдсанчлан 10 метрийн нарийвчлалтай бөгөөд тэр нь тариалангийн талбайг навч тус бүрээр бус тухайн талбайн ойр орчмыг бүхэлд нь ангилалдаа хамруулан авч үзэж байгаа билээ. Энэ нь нэг пиксел буруу ангилагдахад GPS-ийн хэмжилтийн цэгийн нэг цэг цаашлаад 2 болон түүнээс дээш цэгийг ч буруу ангилах боломжтой тул ангиллын нарийвчлал бага гарсан байна. Харин ННТ-ийн мэдээнээс хийгдсэн ангиллыг харж үзэхэд 7 сар нь 8 сараас бага байгаа нь 7 сард ихэнх ургамлын ургалт бүрэн биш байсан тул түүнээс шалтгаалан ургамлууд хоорондоо хэт ойролцоо спектрийн ойлттой байх цаашлаад ургамал ургах үеийн арчилгаанаас шалтгаалан ангилал хэт холилдох ихэнх хэсэг буруу ангилагдах гэх мэт асуудал үүссэн. Тухайн 7 сард сонгино болон зарим талбайн шар манжин бүрэн ургалттай байсан бөгөөд ургалт ханасан талбайн ногоог урьдаас бэлдсэн shapfile-тай харьцуулан үзэхэд сонгины талбайн 94% таарцтай байсан бол шар манжин 92% нь таарцтай гэсэн үр дүн гарсан. Харин 8 сар буюу 2 дахь зураглалтын үед

ихэнх ногоонууд ургалт ханасан байсан нь ангилал зөв хийгдэх боломж болсон.

#### 4. ХЭЛЭЛЦҮҮЛЭГ

Энэхүү судалгаанд Sentinel 2A хиймэл дагуулын мэдээ болон нисгэгчгүй нисэх төхөөрөмж (цаашид ННТ)-ийн мэдээнд үндэслэн ML арга болон SAM аргуудыг ашиглан тариалангийн талбайг таримлын төрлөөр ангилж ангилагдсан үр дүнг хээрийн хэмжилтийн GPS-ийн цэгтэй харьцуулан тариалангийн талбайн ангиллын нарийвчлалыг тодорхойлсон. Хээрийн хэмжилтийн тодруулга хийх үед нисгэгчгүй нисэх төхөөрөмжийн хөөргөх үед нислэгийн явцад мэдрэгчид алдаа гарсан тул цаашид нисгэгчгүй нисэх төхөөрөмжийг сайжруулах тал дээр анхаарах хэрэгтэй.

Каппа коэффициент болон алдааны үнэмшлийн утга нь бусад судлаачдын [5] утгаас харьцангуй бага гарсан тул цаашид спектрометрийн хэмжилтийн утгатай харьцуулан судлахаар төлөвлөж байна. Мөн спектрометрийн хэмжилтийн үр дүнг нэмж оруулах шаардлагатай байна.

#### 5. ДҮГНЭЛТ

Монгол улсад өсөн нэмэгдэж буй хүнсний хэрэгцээг хангахын тулд тариалангийн тогтвортой хөгжлийг бий болгох шаардлагатай бөгөөд үүний тулд тариалангийн технологийг боловсронгуй болгохоос гадна, орчин үед зайнаас тандан судлалын техник технологи, мэдээллийг ашиглан өргөн уудам нутгийг хамарсан мониторинг судалгааг хийж шинжлэх ухааны үндэслэлийг, тариалангийн техник технологитой хослуулах нь чухал болоод байна. Энэхүү судалгаа нь Sentinel 2 хиймэл дагуулын 2021 оны 7 сарын 11 болон 8 сарын 5-ны мэдээ мөн ННТ ашиглан 2021 оны 7 сарын 17 болон 8 сарын 9-ны өдрүүдэд зураглан боловсруулж уг мэдээн дээр үндэслэн ML арга болон SAM аргуудыг ашиглан тариалангийн талбайг таримлын төрлөөр ангилж ангилагдсан үр дүнг хээрийн хэмжилтийн GPS-ийн цэгтэй харьцуулан тариалангийн талбайн ангиллын нарийвчлалыг тодорхойлсон. Үр дүнгээр ML аргаар ангилсан ангиллын нарийвчлал ойролцоо буюу 0.605-0.639 гарсан бол SAM аргаар ангилсан ангиллын нарийвчлал 0.2-0.7 гарсан. Энэ нь ургамал ургалтын үе шат болон ургамлын эрүүл болон эрүүл бус байгаагаас шалтгаалан ангилал зарим тохиолдолд алдаатай хийгдэх шалтгаан болсон. Нарийвчлалын үр дүнгээс авч

үзэхэд тариалангийн талбайг спектрийн утгаар ангилахад ургамал ургалтын үе ихээхэн хамаарах бөгөөд ургамал ургалт хэр зэрэг бүрэн байна төдий чинээ ангилал сайн хийгдэх боломжтой нь ажиглагдаж байна. Цаашид энэ чиглэлийн судалгаанд хээрийн хэмжилтийн үед спектрометр ашиглан таримлын төрлийн тухайн үеийн спектрийн долгионы ойлтыг цуглуулснаар өөр өөр ургалтын үе шатуудад ойлгох долгионы мэдээг цуглуулж, ангиллын үр дүнг илүү өндөр нарийвчлалтай гаргах цаашлаад бусад энэ чиглэлийн судалгаанд суурь спектрийн ойлтын утга болгон ашиглахад тохиромжтой болох юм.

## **ТАЛАРХАЛ**

Энэхүү судалгаа нь Дэлхийн банк, Үндэсний статистикийн хороо, Ухаалаг засаг төслийн захиалгын дагуу “Хөдөө Аж Ахуйн статистик мэдээлэлд зайнаас тандан судлах арга зүйг ашиглан ургацын мэдээлэл тооцоолох аргазүй” сэдвийн хүрээнд хийгдсэн бөгөөд судалгааны ажилд зөвлөгөө өгсөн, төслийн удирдагч, зөвлөх доктор Б.Сайнбуянд талархал илэрхийлье.

## **АШИГЛАСАН МАТЕРИАЛ**

- [1] Б. Б. Г.Бадамгарав Д. Алтантуяа, Б. Одгэрэл, “Sentinel-1.2 хиймэл дагуулын мэдээг ашиглан буудайн таримлын өсөлт, ургац бүрдэх үйл явцад мониторинг хийсэн дүн,” *Монгол орны газарзүй-геоэкологийн асуудал*, vol. №41, р. х 351-358, 2020.
- [2] Dimosthenis C. Tsouros, “A Review on UAV-Based Applications for Precision Agriculture,” 2019.
- [3] БОНХЯ, “Уур амьсгалын өөрчлөлтийн нөлөөлөл, эмзэг байдал, эрсдлийн үнэлгээ.” 2014.
- [4] Д.Амарсайхан, “Орчин үеийн газарзүйн мэдээллийн систем, тандан судлалын зарчмууд.” 2019.
- [5] Sahar A. El Rahman, “Performance of Spectral Angle Mapper and Parallelepiped Classifiers in Agriculture Hyperspectral Image,” (*IJACSA*) *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, vol. 7, №5, pp. 55–63, 2016.