

Радарын L, C-Сувгийн Мэдээний Онцлог болон Сарнилын Тайлал

Дамдинсүрэнгийн Амарсайхан^{1*}, Эрдэнэбаатарын Нямжаргал¹,
Энхтуяагийн Жаргалдалай¹, Алтангэрэлийн Мөнх-Эрдэнэ²,
Товуудоржийн Рэнчинмядаг¹, Гүржавын Цогзол¹

¹Шинжлэх Ухааны Академи, Газарзүй, Геоэкологийн хүрээлэн, Улаанбаатар 15170, Монгол улс

²Шинжлэх Ухааны Академи, Математик, тоон технологийн хүрээлэн, Улаанбаатар 13330, Монгол улс

*Холбоо барих зохиогч: amarsaikhan@mas.ac.mn; ORCID:0000-0002-8967-3214

Өгүүллийн мэдээлэл: Хүлээн авсан: 2022.09.11; Зөвшөөрөгдсөн: 2022.10.01;

Нийтлэгдсэн: 2022.12.26

Хураангуй: Зайнаас тандсан олон эх сурвалжийн дүрс мэдээнд агуулагдаж байгаа янз бүрийн спектрийн мэдлэгийг тодорхойлохын тулд, ихэнх тохиолдолд биет, юмсын сигнатурт дүн шинжилгээ хийх бөгөөд олон хэмжээст огторгуйд сигнатурууд саланги байх тохиолдолд дүрс мэдээн дээрх биес өөр хоорондоо илүү сайн ялгагддаг. Энэхүү судалгааны ажлын зорилго нь, радарын долгионы L ба C-сувгийн мужид хос туйлшралаар хүлээн авсан Alos Palsar-2 болон Sentinel-1B дагуулын мэдээг тус тус ашиглан, газрын бүрхэвчийн сигнатур дээр суурилсан сарнилын механизмын тайлал хийж, улмаар уг ангиуд өөр хоорондоо сарнилаараа хэрхэн ялгагдаж байгааг харуулахад оршино. Судалгааны загвар талбай болгон Дорнод аймгийн хойд хэсэгт орших Улз голын сав нутгийг сонгон авч, нийт 8 ангийг тодорхойлсон бөгөөд сарнилын тайллын дүнгээс харахад, ангиуд өөр хоорондоо тодорхой хэмжээнд ялгагдаж байлаа. Дүн шинжилгээнд, ENVI 5.2 программ хангамжийг ашигласан болно.

Түлхүүр үгс: Alos Palsar-2, Sentinel-1B, радарын долгион, сигнатур, дүн шинжилгээ

1. Оршил

Орчин үед, сансрын болон тоон технологиуд эрчимтэй хөгжиж, тэдгээрийг дагасан хэрэглээнүүд практикт нэвтрэхийн хэрээр зайнаас тандан судлал (ЗТС)-ын дүрс мэдээн дээр дүрслэгдсэн биесийн спектрийн мэдлэгийг тодорхойлж, улмаар хиймэл оюуны аргад ихээхэн ашиглаж байна. Спектрийн мэдлэгийг нарийвчлан тодорхойлохын тулд, биесийн сигнатурт дүн шинжилгээ хийж, тэдгээрийг олон хэмжээст огторгуйд өөр хоорондоо хэрхэн харилцан хамааралтай байгааг шинжилдэг. Тухайлбал, М. S. Shahrokhnia ба S. H. Ahmadi (2019) Ираны хуурай хээрийн орон зай, цаг хугацааны өөрчлөлтийг судлахын тулд ургамлын индекс дээр тулгуурласан сигнатурт мэдлэгийг тодорхойлсон бол Д. Амарсайхан ба Г. Одонтуяа (2021) Монгол орны ойт хээрийн нутгийн сигнатурт дүн шинжилгээ хийж, биесийн спектрийн мэдлэг ямар байх талаар дүгнэжээ [1], [2].

Тандан судлалын уламжлалт аргад, цахилгаан соронзон долгионы үзэгдэх гэрлийн болон нэл улаан туяаны мужид хүлээн авсан олон бүсчлэлийн мэдээн дээр дүрслэгдсэн биесийн сигнатурт дүн шинжилгээ хийх аргагүй ихээхэн хөгжсөн байдаг [3], [4].

Радарын ЗТС хөгжиж эхэлсэн үеэс, өөр өөр урттай богино долгионы мужид бүртгэгдсэн сарнилын тоон утгуудаас төрөл бүрийн мэдлэгийг тодорхойлох туршилтууд ихээр хийгдэх болсон [5]. Иймэрхүү туршилтууд нь, радарын технологи эх дэлхийн тухай мэдээг цаг агаар, атмосферын ямар ч нөхцөлөөс үл хамааран авч чаддагтай шууд холбоотой юм.

Янз бүрийн урттай долгион, туйлшралаар хүлээн авсан синтетик апертурт радар (САР)-ын анхдагч өгөгдлийн хувьд, давхар ойсон, шууд, диффуз, гадаргын зэрэг олон сарнилууд агуулагдах бөгөөд эдгээр нь долгионы урт, биесийн байршил, хэлбэр, хэмжээ, өндөр, нам, диэлектрик шинж чанар, гадаргын хэрчигдэл, текстур зэргээс хамааран өөр өөр байна [6]. Мөн сарнилын механизм нь радарын систем буюу тоон технологийн параметр, ялангуяа тухайн биет тусгалын өнцгийн аль хэсэгт нь байрлаж байгаагаас ихээхэн хамаарч, дан болон завсрын хэлбэрт байж болдог [7], [8].

Энэхүү судалгааны ажлын зорилго нь, 22.9см урттай радарын L-сүвгийн мужид хүлээн авсан Alos Palsar-2 дагуулын болон 5.55см урттай радарын C-сүвгийн мужид бүртгэгдсэн Sentinel-1B дагуулын мэдээг тус тус ашиглан, сигнатур дээр суурилсан сарнилын механизмын тайлал хийж, улмаар газрын бүрхэвчийн ангиуд өөр хоорондоо сарнилаараа хэрхэн ялгагдаж байгааг харуулахад оршино.

1.1. Радарын мэдээний онцлог

Радарын тандан судалгаанд аливаа объектыг тандахын тулд агаар, сансрын платформ дээр суурилуулсан антеннаас тодорхой урттай долгионыг ташуу өнцгөөр цацаргаж, гадаргаас буцаж сарнисан долгионыг бүртгэн авснаар тухайн биет, ангийн төлөвийг тодорхойлдог. Радарын долгионы туйлшрал нь хөндлөн (H), босоо (V) гэсэн үндсэн 2 хэлбэрт байх бөгөөд орчин үеийн системүүд өөр өөрсдийн онцлогоос хамааран дан (HH буюу VV), хос (HV, VH буюу VV, VH), бүрэн (HH, VV, HV, VH) туйлширсан мэдээг тус тус хүлээн авна.

Сүүлийн үед, комплекс форматаар илэрхийлэгдсэн интерферометрийн эх өгөгдлийг ашиглан, гадаргын засал хийсэн мэдээг аливаа сэдэвчилсэн судалгаанд ихээхэн ашиглах боллоо. Өөр өөр байрлалаас 2 буюу түүнээс дээш тооны мэдээ хүлээн авч, эх өгөгдлийн байрлалаас шалтгаалан гарах фазын ялгааг ашиглан өндрийн тоон загварыг тодорхойлдог системийг интерферометрийн САР гэдэг.

Анхдагч комплекс өгөгдлийг гадаргын засал бүхий дүрс болгон хувиргахын тулд кохиренсийг тодорхойлж, улмаар гадаргын тоон загварыг бий болгох бөгөөд комплекс өгөгдөл болон кохиренс нь дараах байдлаар илэрхийлэгдэнэ [9].

$$C(p, a) = A(p, a)e^{i\phi(p, a)} \quad (1.1)$$

Үүнд: $C(p, a)$ -комплекс утга бүхий сигнал, $A(p, a)$ -амплитудын утга, $\phi(p, a)$ -фазын утга.

$$\gamma = \frac{\langle S_1 S_2^* \rangle}{\langle S_1 S_1^* \rangle \cdot \langle S_2 S_2^* \rangle} \quad (1.2)$$

Үүнд: S^1, S^2 -хос комплекс утга, $\langle \rangle$ -дундажлагдсан дүн, $*$ -дүрсийн комплекс хэсэг.

Үүний дараа, фазын ялгааг ашиглан өндөр чанар бүхий интерферограммыг тодорхойлох ба шинээр бий болсон гадаргын тоон загварыг ашиглан радарын эх мэдээнд агуулагдаж байгаа геометрийн гажилтуудыг засна. Яагаад гэвэл, радарын системийн онцлог шинж чанараас үүдэн, газрын хотгор, гүдгэр хэсгүүдэд хэлбэр дүрсийн хувьд янз бүрийн алдаанууд үүсэх бөгөөд ихэнх тохиолдолд тэдгээрийг засах шаардлага үүсдэг.

2. Судалгааны эх мэдээ ба судалгааны талбай

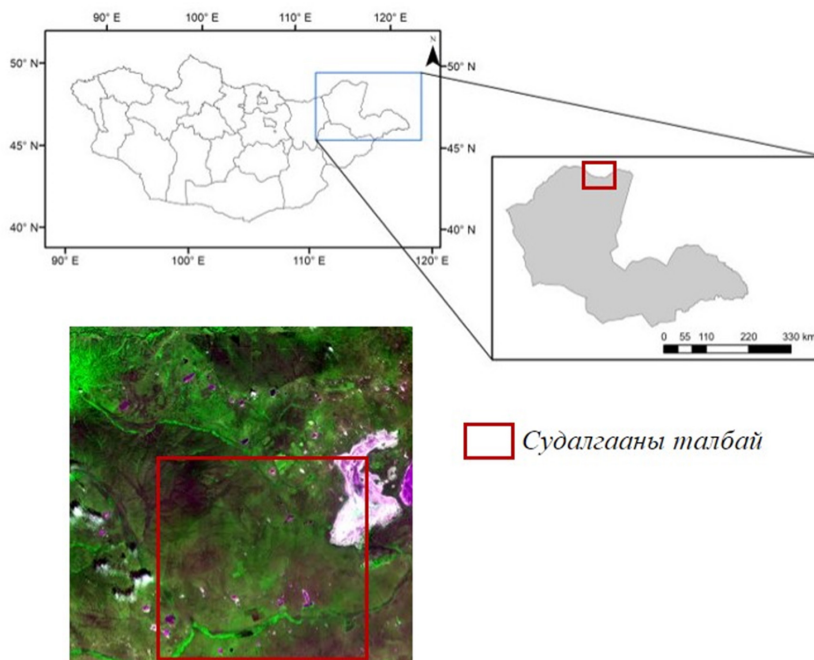
Энэхүү судалгаанд, 2015 оны 7-р сарын 23-ны Alos Palsar-2 дагуулын САР-ын болон 2015 оны 6-р сарын 10-ны Sentinel-1B дагуулын Level 1 GRD радарын гадаргын засал

хийсэн мэдээг тус тус ашигласан болно. Alos Palsar-2 дагуул нь дэлхий орчмыг 628км-ийн өндрөөс 8°-70° градусын тусгалын өнцгөөр, 22.9см урттай долгион ашиглан тандах ба тухайн цэг дээр эргэн ирэх цаг хугацааны шийд нь 14 хоног байна. Манай судалгаанд, хөндлөн-хөндлөн HH, хөндлөн-босоо HV гэсэн туйлшралын мэдээ ашигласан бөгөөд орон зайн шийд нь 6.25м юм [10]. Sentinel-1B дагуул нь эх дэлхийг 693км-ийн өндрөөс 20°-46° градусын тусгалын өнцгөөр, 5.405 GHz давтамжтай долгион ашиглан тандах бөгөөд тухайн нутаг дээр эргэн ирэх цаг хугацааны шийд нь 12 хоног байдаг. Энэхүү судалгаанд, босоо-босоо VV, босоо-хөндлөн VH гэсэн туйлшралын мэдээ ашигласан ба орон зайн шийд нь 10м болно [11].

Судалгааны талбай болгон Дорнод аймгийн хойд хэсэгт орших Улз голын сав газрыг сонгон авсан бөгөөд сав газрын энэ хэсэгт, хотгор гүдгэрийн хувьд ухаа гүвээрхэг, толгодлог, тэгш болон долгиот суурьт тал бүхий элэгдлийн хэвгий тал зонхилон тархана. Тухайлбал, ухаа гүвээг гадарга нь эхэндээ бөмбөгөр, хавтгай оройтой байх бөгөөд шовх оройтой хажуу нь налуу байх бөгөөд аажим хэвийсэн, хормойн шугам бүдэг илрэх ба эртний болон орчин үеийн голын хөндий аллювийн хуримтлалт тэгш тал нь үлдмэл толгодоор тусгаарлагдана.

Дөч, Улз голын уулзвар хэсэгт тэгш болон долгиот суурьт тал тархсан байх бөгөөд аллювийн нугын хөрсөн дээр тогтворжсон татмын нам дэнж нь хайрга, дайрга бүхий сайрын хөндий элбэгтэйн дээр өндөр татмын дэнжүүд хосолсон зэргээр ялгах онцлогтой. Физик газарзүйн мужлалын хувьд судалгаанд хамрагдаж буй нутаг нь Хангай-Хэнтийн уулт их муж, Монголын дорнод талын их мужид хамаарагдах бөгөөд Хэнтийн болон Дорнодын тэгш талын дэд мужид багтана [12].

Агаарын жилийн дундаж температур нь 0.50C-1.70C байх бөгөөд хамгийн хүйтэн нь 1-р сард, харин хамгийн халуун нь 6-7-р саруудад байдаг. Агаарын даралт тэгш тал, уудам дэлгэр хөндий, хотос, хотгор газраар 920-945 гПа байна. Хур тунадас жилд 72-502.2мм унадгаас 94-96 хувь нь дулааны улиралд тохиолддог бөгөөд түүний 97% ууршиж, 3% буюу 0,25км³ ус Улз голын урсцыг бүрэлдүүлэхэд оролцдог. Салхины сарын дундаж хурд 5-10м/с бөгөөд зун, өвөлдөө буурч, хавар, намартаа нэмэгдэж, хамгийн ихдээ 12-40м/с хүртэл ширүүсдэг [13].



Зураг 1: Судалгааны талбайн байршил.

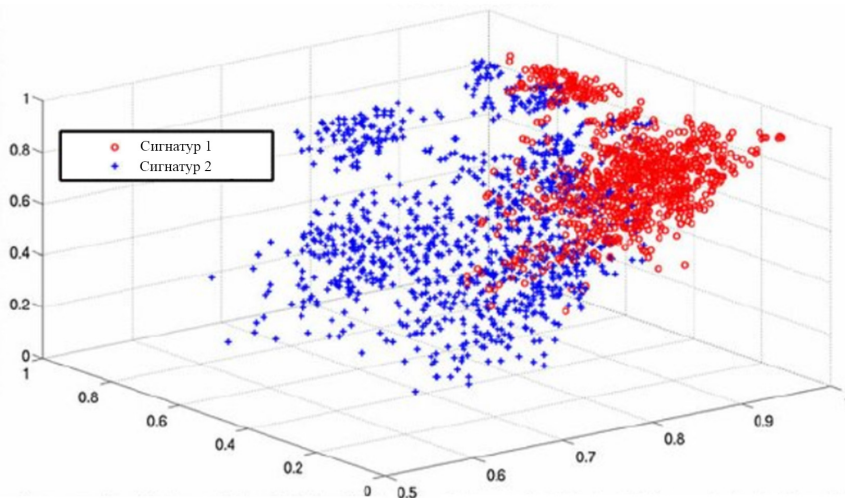
3. Арга зүй

Янз бүрийн урттай САР-ын долгионы хувьд, хэд хэдэн сарнил үүсэх бөгөөд ямар сарнил давамгайлах нь тухайн биесийн шинж чанар, системийн параметрээс ихээхэн хамаарна. Хэрэв өгөгдсөн гадарга нэгэн төрлийн байвал дийлэнхдээ гадаргын сарнил үүсэх ба энэ нь эзлэхүүнт, шууд, дундын гэсэн хэлбэрт байна. Давхар ойлтын сарнил нь тухайн гадаргаас ойсон долгион өөр бусад эргэн тойрон байгаа объектуудад тусч тэгш өнцгийг үүсгэсэн үед үүсэх ба дүрс мэдээн дээр маш хурц цагаан өнгөөр илэрхийлэгдэнэ [14].

Хэрэв гадарга нэгэн төрлийн бус байвал долгион гадарга руу нэвтрэн орж доорх элементүүдтэй нь харилцан үйлчилснээр эзлэхүүнт сарнил үүснэ. Эзлэхүүнт сарнил нь ой, бургас, өтгөн ургасан бутлаг ургамал зэрэг дээр тодорхой ажиглагдах бөгөөд тухайн долгионы уртаас хамаараад радарын системийн тухайн давхаргыг нэвтрэх чадвар өөр, өөр байна. Энэ нь зарим тохиолдолд, тухайн үүсгэж байгаа диффуз болон эзлэхүүнт сарнилын хэмжээнээс хамаараад тоон мэдээн дээрх биетүүдийн тодрол өөр өөрөөр илэрнэ гэсэнтэй утга нэг юм [6].

Биесийн сигнатурт дүн шинжилгээ хийхийн тулд, тэдгээрийг олон хэмжээст огторгуйд хэрхэн харилцан хамааралтай байгааг шинжлэх хэрэгтэй ба практикт голдуу арифметик дундаж утга (m), дисперс буюу стандарт хазайлт (SD)-ыг ашиглана [15]. Үүнийг илүү ойлгомжтой болгох үүднээс, сигнатур-1, сигнатур-2 хэрхэн 3-хэмжээст огторгуйд тархсныг Зураг 2-т харуулав. Зургаас харахад, эдгээр сигнатурууд нь өргөн зурваст тархсан байх бөгөөд тодорхой утгуудад нилээн давхцалтай байна.

Судалгаанд 2 өөр орон зайн шийдтэй радарын мэдээг харьцуулах тул тэдгээр нь ижил нарийвчлалтай байх шаардлага үүсдэг. Иймээс Sentinel-1B дагуулын мэдээг Alos Palsar-2 дагуулын мэдээтэй ижил орон зайн шийдтэй болгох үүднээс интерполяцийн ойрх хөршийн болон координат шилжүүлэлтийн квадрат функцийг аргуудыг тус тус ашиглав. Ойрх хөршийн аргыг ашиглан интерполяц хийхэд, тухайн пикселд хамгийн ойр орших пикселийн утгыг орлуулан тавьдаг бөгөөд тэдгээрийн анхдагч утгуудыг өөрчилдөггүй тул сигнатурт тулгуурласан шинжилгээ хийхэд илүү зохимжтой байдаг [16].



Зураг 2: 3-хэмжээст огторгуйд тархсан 2 өөр сигнатур.

4. Үр дүн

Судалгааны эхэнд, Sentinel-1B дагуулын 10м-ийн орон зайн шийдтэй мэдээний координатыг Alos Palsar-2 дагуулын 6.25м орон зайн шийдтэй мэдээний координат руу шилжүүлсэн бөгөөд үүний тулд 12 тулгуур цэгийг зургийн ялгац сайтай газруудад сонгов. Улмаар полиномын квадрат функцийг [17] сонгон зургуудыг ижил координатын

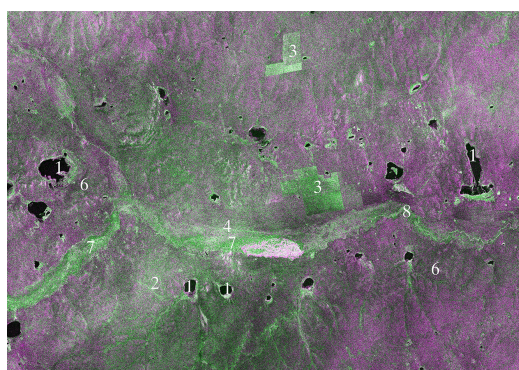
системд оруулсан бөгөөд сонгосон цэгүүдийн дундаж квадрат алдаа нь 0.97 пиксел байсан нь тухайн нөхцөл дэх шаардлагыг хангаж байна гэж үзлээ.

Улз голын сав газрын сонгон авсан хэсэгт, нуур-тойром, уулын хүрэн хөрсөн дээр тогтворжсон ойт хээр, тариалангийн талбай, аллювийн хөрсөн дээр тогтворжсон намгархаг нуга, аллювийн ба глейрхэг хөрсөн дээр тогтворжсон хужир, мараат хам бүрдэл, 1000м-ээс доош өндөрт орших хүрэн хөрсөн дээр тогтворжсон ухаа гүвээт, цав толгод, голын сав дагуух ургамал бүрхэвч шигүү газар, голын сав дагуух ургамал бүрхэвч тачир, сийрэг газар. зэрэг ангиуд байх бөгөөд сарнилын механизмын харьцуулалт хийх үүднээс, эдгээр ангиудыг төлөөлсөн сигнатуруудыг SAR-ын 2 мэдээний янз бүрийн хэсгүүдээс сонгон авсан болно (цэгүүдийн радарын мэдээнүүд дээрх байршлыг Зураг 3-т харуулсан). Сонгосон сигнатуруудын m, SD-ын утгуудыг Хүснэгт 1-д үзүүлж, тэдгээрийн харьцуулсан байдлыг Зураг 4-т харуулав.

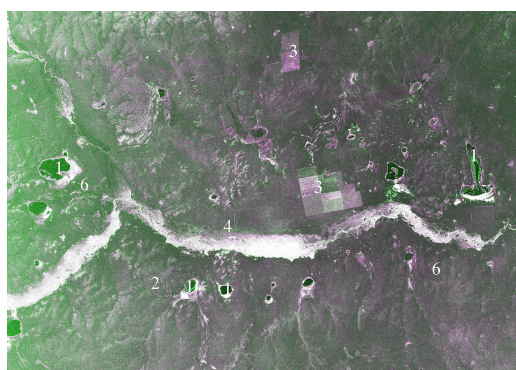
Хүснэгт 1: Ангиудыг төлөөлөх сигнатуруудын m, SD-ын утгууд.

Радарын мэдээ	1- m	1- SD	2- m	2- SD	3- m	3- SD	4- m	4- SD	5- m	5- SD	6- m	6- SD	7- m	7- SD	8- m	8- SD
Sentinel VV	72	17	152	35	175	40	152	35	169	39	116	28	138	35	127	35
Sentinel VH	33	8	72	17	101	25	71	17	67	15	50	12	76	18	59	16
Palsar2 HH	385	188	846	328	1213	484	779	290	586	220	746	279	2569	1050	1533	1052
Palsar2 HV	239	99	266	93	266	97	245	89	201	70	259	97	658	260	429	278

Зураг 3 болон Хүснэгт 1-ээс харахад, нуур-тойром гэсэн ангийн хувьд, радарын долгионы бүх л шахуу мужид бусад ангиудтай харьцуулахад хамгийн бага сарнилыг өгсөн байх бөгөөд энэ нь маш хүчтэй шууд буюу шулуун сарнил болсныг илтгэнэ. Sentinel-1B дагуулын VH туйлшралын мэдээний хувьд, энэхүү анги нь хамгийн нягт кластерыг үүсгэсэн бол Palsar-2 дагуулын HH туйлшралын мэдээн дээр нилээн сарнилттай кластерыг үүсгэж байна. Гэсэн хэдий ч, уг сарнилын утга бусад ангиудын утгуудтай харьцуулахад хангалттай доогуур үзүүлэлттэй байгаа нь нуурын нийт гадарга дээр сарнилын хүч ойролцоо байсныг харуулж байгаа юм.



(a)



(b)

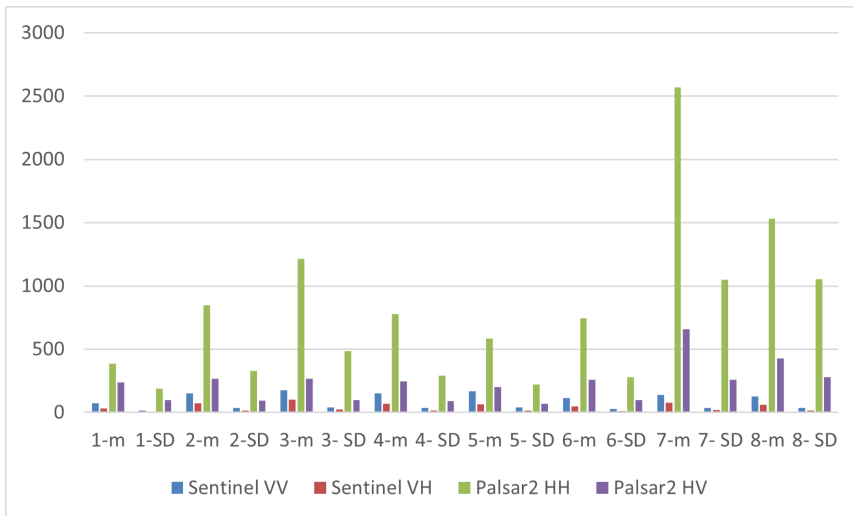
Зураг 3: 3-хэмжээст огторгуйд тархсан 2 өөр сигнатур.

Онолын хувьд авч үзвэл 1, 4, 5, 6-дугаартай ангиудын хувьд, Sentinel-1B дагуулын мэдээн дээр янз бүрийн хэмжээтэй гадаргын сарнил үүсэх ба уг сарнил нь шулуун, диффуз, завсрын гэсэн 3 төрлийн алинд байх нь тухайн газрын гадаргын хэрчигдэл, диэлектрик шинж, радарын долгионы тусгалын өнцгөөс ихээхэн хамаарна.

Харин 22.9см урттай долгион ашигладаг Palsar-2 дагуулын мэдээн дээр эдгээр ангиуд голдуу шууд сарнил өгөх нь дамжиггүй. Хэдийгээр уг ангиудын дундаж утгууд радарын долгионы мужуудад тодорхой хэмжээгээр ялгаатай байгаа боловч, SD-ын утгуудыг тооцож үзвэл сарнилууд нь ихээхэн давхцалтай байгаа нь харагдаж байна.

1. Нуур-тойром
2. Уулын хүрэн хөрсөн дээр тогтворжсон ойт хээр
3. Тариалангийн талбай
4. Аллювийн хөрсөн дээр тогтворжсон намгархаг нуга
5. Аллювийн ба глейрхэг хөрсөн дээр тогтворжсон хужир мараат хам бүрдэл
6. 1000м-ээс доош өндөрт орших хүрэн хөрсөн дээр тогтворжсон ухаа гүвээт, цав толгод
7. Голын сав дагуух ургамал бүрхэвч шигүү газар
8. Голын сав дагуух ургамал бүрхэвч тачир, сийрэг газар.

Тариалангийн талбай гэсэн ангийн хувьд, радарын мэдээнүүд дээр тухайн талбай дээр тариалан байгаа эсэхээс хамааран өөр өөр сарнилын механизм үйлчилнэ. Sentinel-1B дагуулын мэдээний хувьд шулуун, диффуз сарнилууд ажиглагдах бөгөөд сарниж байгаа энергийн хэмжээнд хөрсний чийгийн хэмжээ ч тодорхой хэмжээнд нөлөөлнө.



Зураг 4: 3-хэмжээст огторгуйд тархсан 2 өөр сигнатур.

Харин Palsar-2 дагуулын мэдээн дээр уг анги голдуу шууд сарнил өгөх ба талбай дээрх ургамал өндөр ургасан тохиолдолд диффуз, эзлэхүүнт сарнилууд ч ажиглагдах магадлалтай. Хүснэгт 1-ээс харахад, тариалангийн талбай нь дээр тодорхойлсон 4 ангитай харьцуулахад радарын бүх л долгион болон туйлшралын мэдээн дээр хүчтэй сарнилыг өгсөн байгаа нь ажиглагдаж байна.

5. Хэлэлцүүлэг

Голын сав дагуух ургамал бүрхэвч шигүү газрын Sentinel-1B дагуулын хос туйлшралын мэдээн дээрх сарнилын утгууд төдий өндөр биш байгаа нь радарын долгион тус ургамлын зөвхөн дээд хэсэгтэй харилцан үйлчилж, тодорхой хэмжээний диффуз сарнилыг үүсгэснээр тайлбарлагдана. Харин Palsar-2 дагуулын мэдээн дээр тус анги маш

өндөр утга бүхий сарнилыг өгсөн байх бөгөөд энэ нь радарын долгион тус ургамалтай хэсгийн гүн рүү нэвтэрч орон олон дахин харилцан үйлчилж, ихээхэн хэмжээний эзлэхүүнт сарнилыг үүсгэсэнтэй холбоотой. Голын сав дагуух ургамал бүрхэвч тачир, сийрэг газрын хувьд, сарнилын утгууд нь ногоон масс шигүү ургамалтай харьцуулахад бага боловч, бусад ангиудтай харьцуулахад нилээдгүй өндөр байна. Энэ нь ургамал сийрэг үед, диффуз болон эзлэхүүнт сарнилын хэмжээ багасаж, тодорхой хэмжээгээр бусад сарнилын нөлөө орж ирж байгаатай шууд холбоотой юм.

6. Дүгнэлт

Судалгааны хүрээнд, 2015 оны Alos Palsar-2 дагуулын CAP-ын мэдээ болон Sentinel-1B дагуулын Level 1 GRD радарын мэдээг тус тус ашиглан, Улз голын сав нутагт сигнатур дээр суурилсан сарнилын тайлал хийж, улмаар газрын бүрхэвчийн ангиуд өөр хоорондоо сарнилаараа хэрхэн ялгагдаж байгааг харуулахыг зорьсон болно. Судалгааны талбайд нуур-тойром, уулын хүрэн хөрсөн дээр тогтворжсон ойт хээр, тариалангийн талбай, аллювийн хөрсөн дээр тогтворжсон намгархаг нуга, аллювийн ба глейрхэг хөрсөн дээр тогтворжсон хужир, мараат хам бүрдэл, 1000м-ээс доош өндөрт орших хүрэн хөрсөн дээр тогтворжсон ухаа гүвээт, цав толгод, голын сав дагуух ургамал бүрхэвч шигүү газар, голын сав дагуух ургамал бүрхэвч тачир, сийрэг газар зэрэг ангиудыг сонгосон ба эдгээр ангиуд дээр үүсэх гадаргын, шулуун, диффуз, эзлэхүүнт сарнилууд нь тухайн гадаргын онцлогоос шалтгаалан өөр өөр байлаа. Тоон утгуудыг ашиглан харьцуулсан дүнгээс харахад, зарим ангиуд өөр хоорондоо сайн ялгагдаж байсан бол зарим ангиуд тодорхой хэмжээгээр ялгагдаж байна. Энэ нь L-суваг ашигладаг Alos Palsar-2 дагуулын мэдээний хувьд, дийлэнх тохиолдолд шулуун, диффуз сарнилууд, харин C-суваг ашигладаг Sentinel-1B дагуулын мэдээний хувьд, боломжит бүх л сарнил үүсэж байгаатай холбоотой юм.

Ном зүй

- [1] Shahrokhnia M. S., and Ahmadi S. H., “Remotely sensed spatial and temporal variations of vegetation indices subjected to rainfall amount and distribution properties,” *Spatial Modeling in GIS and R for Earth and Environmental Sciences*, Elsevier, pp. 21-53, 2019, doi: 10.1016/B978-0-12-815226-3.00002-8.
- [2] Odontuya G., and Amarsaikhan D., “Comparison of spectral signatures in hyperspectral and multispectral data,” *Advances in Engineering Research, Proceedings of the ESTIC 2021*, Atlantis Press-Springer Nature, pp. 116-120, 2021.
- [3] Gomez C., and Lagacherie P., “Mapping of primary soil properties using optical visible and near infrared (vis-nir) remote sensing, Editor(s): Nicolas Baghdadi, Mehrez Zribi,” *Land Surface Remote Sensing in Agriculture and Forest*, Elsevier, pp. 1-35, 2016, doi: <https://doi.org/10.1016/B978-1-78548-103-1.50001-7>.
- [4] Mukherjee S., and Laskar S., “Analysis and Characterization of Spectral Signature of Soil Nitrogen Content Based on VNIR Optical Sensing for Application in Smart Farming,” In: Bera, R., Sarkar, S., Chakraborty, S. (eds) *Advances in Communication, Devices and Networking. Lecture Notes in Electrical Engineering*, Springer, Singapore, Vol. 462, 2018, doi: https://doi.org/10.1007/978-981-10-7901-6_73.
- [5] Yang C. S., Park S. M., and Oh, Y., “An analysis of the radar backscatter from oil-covered sea surfaces using moment method and Monte-Carlo simulation: preliminary results,” *Acta Oceanol. Sin.*, 32, pp. 59-67, 2013, doi: <https://doi.org/10.1007/s13131-013-0267-7>.
- [6] Д. Амарсайхан, М. Ганзориг, “Радарын тандан судлал, радарын мэдээнд дүн шинжилгээ хийх зарчмууд,” *Улаанбаатар хот*, х. 24, 2013.
- [7] Satake M., Uratsuka S., Umehara T., Maeno H., Nadai A., Kobayashi T., Matsuoka T., Manabe T., and Masuko H., “Flight experiments of airborne high-resolution multi-parameter imaging radar, Pi-SAR,” *Journal of the Communications Research Laboratory*, Vol. 49, no. 2, pp. 127-141, 2002.

- [8] Park S. E., Ferro-Famil L., Allain S., and Pottier E., “Surface roughness and microwave surface scattering of high-resolution imaging radar,” *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*, Vol. 12, no. 4, pp. 756-760, 2015, doi: <https://doi.org/10.1109/LGRS.2014.2361144>.
- [9] Ferretti A., Monti-guarnieri A., Prati C., and Rocca F., “InSAR principles: guidelines for SAR interferometry processing and interpretation,” *ESA Publ*, 1–40. 2007, doi: <https://doi.org/10.1787/9789264101630-5-en>.
- [10] Cartus O., Santoro M., and Kelldorfer J., “Mapping forest aboveground biomass in the northern united states with ALOS PALSAR dual-polarization L-band,” *Remote Sensing of Environment*, 124, pp. 466-478, 2012, doi: <https://doi.org/10.1016/j.rse.2012.05.029>.
- [11] Sentinel-1, “User guide,” *ESA*. <https://sentinel.esa.int/>, 2016.
- [12] Д. Энхтайван, Б. Оюунгэрэл, Э. Авирмэд, Т. Рэнчинмядаг, М. Нямхүү, О. Мөнхдулам, Т. Даваагатан, Б. Баянжаргал, Ц. Батням, “Монгол орны зүүн бүсийн ландшафтын бүтэц, өөрчлөлт, төлөвлөлт, зохистой бүсчлэл,” *Эрдэм шинжилгээний тайлан, Улаанбаатар хот*, 2016.
- [13] Ш. Цэгмид, “Монгол орны физик газарзүй. Ред.,” *Улаанбаатар хот*, 1969.
- [14] Abdikan S., Sekertekin A., Ustunern M., Sanli F. B., and Nasirzadehdizaji R., “Backscatter Analysis Using Multi-Temporal Sentinel-1 SAR Data for Crop Growth of Maize in Konya Basin, Turkey,” 2018, doi: <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-3-9-2018>.
- [15] Amarsaikhan D., Blotvogel H. H., Van Genderen J. L., and Ganzorig M., “Knowledge acquisition on urban land cover features using TerraSAR and Quickbird images,” *CD-ROM Proceedings of the Asian Conference on RS, Beijing, China*, 2009.
- [16] “ERDAS,” *New ERDAS Field Guide*, *ERDAS, Inc. Atlanta, Georgia*, pp. 776, 2010.
- [17] “ENVI,” *User’s Guide, Research Systems, USA*, 2009.

Interpretation of Scattering Characteristics of Radar L and C-Channel Data

Amarsaikhan Damdinsuren^{1*}, Nyamjargal Erdenebaatar¹, Jargaldalai Enkhtuya¹, Munkh-Erdene Altangerel², Renchinmyadag Tovuudorj¹, Tsogzol Gurjav¹

¹*Institute of Geography and Geoecology, Mongolian Academy of Sciences, Ulaanbaatar 15170, Mongolia*

²*Institute of Mathematics and Digital Technology, Mongolian Academy of Sciences, Ulaanbaatar 13330, Mongolia*

**Corresponding author: amarsaikhan@mas.ac.mn; ORCID:0000-0002-8967-3214*

Article Info: Received: 2022.09.11; Accepted: 2022.10.01; Published: 2022.12.26

Abstract: To define spectral knowledge of the features presented in the multisource remotely sensed datasets, in most cases, signature-based analyses are applied. The features are considered to be distinguishable if they are separable in a multidimensional feature space. The aim of this research is to conduct signature-based backscatter analyses using L and C-band Alos Palsar-2 and Sentinel-1B radar images and investigate the separability of the available land cover classes. As a test site, Ulz gol basin situated in the northern part of Dornot aimag has been selected, and 8 different land cover classes were chosen. The result of the backscatter analyses revealed that the selected land cover types in the study area could be somehow separable in different radar wavelengths.

Key words: Alos Palsar-2, Sentinel-1B, radar wavelength, signature, analysis
