



ГАЗАР ЗОХИОН БАЙГУУЛАЛТ,
ГЕОДЕЗИ, ЗУРАГ ЗҮЙН
ЕРӨНХИЙ ГАЗАР



МОНГОЛ УЛСЫН
ШИНЖЛЭХ УХААНЫ АКАДЕМИ



ШУТСан
УЛСЫН БИРЖИГ ЦЭГЭМЭЛН УХААНЫ АКАДЕМИ

ЗАЙНААС ТАНДАН СУДЛАЛЫН
ТЕХНОЛОГИЙГ АШИГЛАН БЭЛЧЭЭРИЙН ГАЗРЫН
МОНИТОРИНГ ХИЙХ АРГА ЗҮЙ, ЗӨВЛӨМЖ

УЛААНБААТАР ХОТ
2024 ОН

ЗАЙНААС ТАНДАН СУДЛАЛЫН ТЕХНОЛОГИЙГ АШИГЛАН
БЭЛЧЭЭРИЙН ГАЗРЫН МОНИТОРИНГ ХИЙХ АРГА ЗҮЙ, ЗӨВЛӨМЖ

ХАМТРАН БОЛОВСРУУЛСАН:

Б.Баяртунгалаг, М.Уртнасан, Д.Баттогтох, Шинжлэх Ухааны Академийн Газарзүй, геоэкологийн хүрээлэнгийн хүрээлэн.

Д.Мөнхцэцэг, Г.Анхбаяр, Р.Отгончимэг, Газар зохион байгуулалт, геодези, зураг зүйн ерөнхий газар.

Л.Уранбилэг, Б.Батбилэг, Хөдөө Аж Ахуйн Их Сургууль

ХЯНАН ТОХИОЛДУУЛСАН:

Д.Амарсайхан, Шинжлэх Ухааны Академийн Газарзүй, геоэкологийн хүрээлэн.

Б.Дөл, Газар зохион байгуулалт, геодези, зураг зүйн ерөнхий газар.

ХЭВЛЭЛИЙН ЭХ БЭЛТГЭСЭН: Б. Цогтжаргал, Шинжлэх Ухааны Академийн Газарзүй, геоэкологийн хүрээлэн.

ХОЛБОГДОХ ХАЯГ:

Газар зохион байгуулалт, геодези, зураг зүйн ерөнхий газар, info@gazar.gov.mn,
www.gazar.gov.mn.

Монгол Улсад газрын харилцааны мэргэжлийн байгууллага үүсэж хөгжсөний 70 жилийн ойд зориулан хэвлэв.

ӨМНӨХ ҮГ

Зайнаас тандан судлалын арга технологийг байгалийн баялаг, газрын нөөцийг тогтоох, зүй тогтлыг судлах, газрын төлөв байдлын өөрчлөлтийн мониторинг хийх зорилгоор ашиглаж, дэлхий нийтээрээ цаг хугацаа болон эдийн засгийн зардлыг хэмнэж, үр өгөөжийг нь хүртэж байна.

Монгол Улсын нийт нутаг дэвсгэрийн 70 гаруй хувийг бэлчээрийн газар эзэлдэг бөгөөд байгаль, цаг уурын онцлогоос хамаарч бэлчээрийн газрын төлөв байдалд мониторинг хийхэд маш их цаг хугацаа, хөрөнгө мөнгө шаардагдаж, хээрийн судалгаанд ажиллах мэргэжлийн боловсон хүчний нөөц хүрэлцээгүй байгаа зэрэг нь хүндрэл бэрхшээлүүдийг үүсгэж байсан.

Сүүлийн жилүүдэд Монгол Улсын урт хугацааны хөгжлийн бодлого, бусад үйл ажиллагааны хөтөлбөрт тусгагдсан өндөр ашиг шимт мал сүргийн тоо толгойг өсгөн үржүүлэх, малын гаралтай бүтээгдэхүүний экспортыг нэмэгдүүлэх, малчдын ахуй амьдралыг дэмжих зорилтууд эрчимжихийн хирээр бэлчээрийн төлөв байдлыг тодорхойлох, бэлчээрийн доройтлыг бууруулах, бэлчээрийн даацыг зохистой түвшинд хүргэх, сэргэх чадавхид суурилсан бэлчээр ашиглалтыг нэвтрүүлэх, бэлчээр хамгаалах, нөхөн сэргээх ажлуудыг үе шаттайгаар хэрэгжүүлж байна.

Бэлчээрийн газрын төлөв байдал, чанарын өөрчлөлтийг богино болон урт хугацаанд тасралтгүй хянах, анхдагч болон хоёрдогч мэдээллийг цуглуулах, боловсруулах, дүн шинжилгээ хийхэд газрын салбарын холбогдох албан хаагчид энэхүү гарын авлагыг үйл ажиллагаандаа ашиглаж, зайнаас тандан судлалын ач холбогдлыг нь нэмэгдүүлээсэй хэмээн хүсэж байна.

Зайнаас тандан судлалын арга технологийг газрын мониторингийн үйл ажиллагаанд нэвтрүүлж, газрыг үр ашигтай, зохистой ашиглах, хамгаалах, төрийн хяналтыг тасралтгүй хэрэгжүүлэхэд бодитой үр дүнд хүрнэ гэдэгт итгэлтэй байна. Та бүхний оюуны ажил үйлсэд амжилт бүтээлийн дээдийг хүсэн ерөөе.

ГАЗАР ЗОХИОН БАЙГУУЛАЛТ, ГЕОДЕЗИ, ЗУРАГ
ЗҮЙН ЕРӨНХИЙ ГАЗРЫН ДАРГА



А.ЭНХМАНЛАЙ

ӨМНӨХ ҮГ

Эх газрын эрс тэс уур амьсгалтай, Сибирийн ой тайгаас Төв Азийн цөлд шилжих шилжилтийн бүсэд орших экологийн эмзэг тогтоцтой манай орны хувьд уур амьсгалын өөрчлөлт, хүний хүчин зүйлийн хам нөлөөллийн дор байгаль экологид гарч буй хувьсал өөрчлөлт, өөрчлөлтийн чиг хандлага, төлөв байдлыг цаг хугацаа-орон зайн өндөр нарийвчлалтайгаар тодорхойлох, үнэлэх, шинжлэх ухааны үндэслэлтэй менежментийн үйл ажиллагааг төлөвлөх, хэрэгжүүлэх явдал нь орон нутгийн, бүс нутгийн, үндэсний түвшин нэн чухалд асуудал юм.

Энэ ч утгаараа байгаль орчны мониторинг судалгааны үр дүн нь Монгол Улсын эрх зүйн баримт бичгүүдэд тухайлбал "Газрын тухай хууль", "Алсын хараа - 2050", "Монгол Улсын тогтвортой хөгжлийн үзэл баримтлал – 2030" -д тусгагдсан үйл ажиллагааг хэрэгжүүлэхэд дэмжлэг үзүүлэх ач холбогдолтой.


Өргөн уудам газар нутагтай манай орны нутаг дэвсгэрийг бүхэлд нь хамарсан цаг хугацааны тогтмол давтамжтай, орон зайн өндөр нарийвчлалтай мониторинг судалгааг зайнаас тандан судлалын орчин үеийн дэвшилтэт арга технологийг уламжлалт хээрийн хэмжилт судалгаатай хослуулан гүйцэтгэх нь мониторинг судалгааны тасралтгүй байдлыг хангах, эдийн засгийн үр өгөөжийг дээшлүүлэх боломжийг олгоно.

Газарзүй, геоэкологийн хүрээлэнгийн судлаачид зайнаас тандан судалгааны өгөгдөл, байгаль газарзүйн суурь мэдээлэл, хээрийн хэмжилт судалгааны мэдээ, хиймэл оюун ухааны технологийг ашиглан бэлчээрийн экосистемийн төлөв байдлыг загварчлах, мониторинг хийх чиглэлээр судалгааны ажил хийж байгаа билээ.

Энэхүү бүтээлд байгалийн бүс бүслүүрийг төлөөлөх бэлчээрийн мониторингийн тулгуур цэгүүд дээр зайнаас тандан судлалын арга аргачлалыг ашиглан спектрийн олон сувгийн мэдрэгч төхөөрөмж бүхий хиймэл дагуулын өгөгдөл болон хээрийн хэмжилтийн дүнд тулгуурлан бэлчээрийн газрын мониторинг хийх арга зүйг толилуулж байна.

Зайнаас тандан судлалын технологи, арга аргачлалыг ашиглан байгаль орчны төлөв байдал, өөрчлөлтийг тодорхойлох урт хугацааны мониторинг судалгаа хийх, судалгааны үр дүнг нарийвчлах, загварчлах, хэрэглээнд нэвтрүүлэх үйлст энэхүү бүтээл зохих хувь нэмэр оруулан хэмээн найдаж байна.

Эрхэм үншигч та бүхнээс ирүүлсэн бүтээлийн талаарх санал, шүүмж, зөвлөмжийг бид талархан хүлээн авах болно.

ШИНЖЛЭХ УХААНЫ АКАДЕМИЙН ГАЗАРЗҮЙ,  ДОКТОР (PhD) А.ДАШЦЭРЭН
ГЕОЭКОЛОГИЙН ХҮРЭЭЛЭНГИЙН ЗАХИРАЛ

АГУУЛГА

НЭГДҮГЭЭР БҮЛЭГ. *ЗАЙНААС ТАНДАН СУДЛАЛЫН АРГААР БЭЛЧЭЭРИЙН ГАЗРЫН МОНИТОРИНГ ХИЙХ АРГАЧИЛСАН ЗААВАР* -ЫН АГУУЛГА

НЭГ.ЕРӨНХИЙ ЗҮЙЛ.....	9
ХОЁР.НИЙТЛЭГ ҮНДЭСЛЭЛ.....	10
ГУРАВ.ЕРӨНХИЙ ШААРДЛАГА.....	10
ДӨРӨВ. АРГАЧЛАЛЫН ЗОРИЛГО, ЗОРИЛТ	11
ТАВ. АЖЛЫН УДИРДЛАГА, ЗОХИОН БАЙГУУЛАЛТ	12
ЗУРГАА.ТЕХНИКИЙН ШААРДЛАГА	13
ДОЛОО.ЗАЙНААС ТАНДАН СУДЛАЛЫН АРГААР БЭЛЧЭЭРИЙН ГАЗРЫН МОНИТОРИНГ ХИЙХ	14
7.1.Бэлтгэл ажлын үе шат:	15
7.1.1.Судалгаанд ашиглах холбогдох суурь мэдээллийг бэлтгэх.....	15
7.1.2.Хээрийн судалгааны маршрут, мониторингийн судалгааны цэгийн байршлыг сонгох.	15
7.1.3.Хээрийн судалгаанд ашиглах материал багаж, хэрэгслийг бэлтгэх	16
7.1.4.Зайнаас тандсан болон хиймэл дагуулын мэдээ цуглуулах, архивлах.	17
7.2.Хээрийн судалгааны үе шат.....	17
7.2.1.Байнгын ажиглалт хэмжилтийн талбайг сонгох, байгуулах.....	17
7.2.2.Ургамлын спекторрадиометрийн хэмжилт хийх.....	17
7.3.Боловсруулалтын үе шат.....	22
7.3.1.Хээрийн судалгааны спекторрадиометрийн өгөгдөл мэдээнд боловсруулалт хийх22	
7.3.2.Хиймэл дагуулын мэдээнд боловсруулалт хийх.	22
7.3.3.Спектрийн дүн шинжилгээ хийх.	23
НАЙМ.БЭЛЧЭЭРИЙН ДААЦ, ДААЦЫН ҮНЭЛГЭЭ ХИЙХ	23
8.1.Бэлчээрийн ургамлын биомасс тооцоолох загвар үүсгэх.....	23
8.1.1.Бэлчээрийн биомассыг тооцох	23
8.2.Бэлчээрийн дундаж ургацыг тооцоолох	24
8.3.Бэлчээрийн даац	25
8.4.Бэлчээрийн даацыг үнэлэх:	26
ЕС.ТАЙЛАН БОЛОВСРУУЛАХ.....	26
9.1.Бэлчээрийн газрын мониторингийн цэгэн болон талбарын анхдагч мэдээнд боловсруулалт хийж, үр дүнгээр мэдээллийн сан үүсгэх.....	26
9.2.Бэлчээрийн газрын мониторингийн ажлын тайлан.....	27
АРАВ.БАТАЛГААЖУУЛАЛТ	28
АРВАН НЭГ.АШИГЛАСАН МАТЕРИАЛ	42

ХОЁРДУГААР БҮЛЭГ. ЗАЙНААС ТАНДАН СУДЛАЛЫН ТЕХНОЛОГИЙГ АШИГЛАН БЭЛЧЭЭРИЙН ГАЗРЫН МОНИТОРИНГ ХИЙХ АРГА ЗҮЙ, ЗӨВЛӨМЖ	43
Нэг.Тандан судлалын тулгуур ойлголтууд.....	43
Хоёр. Зайнаас тандах мэдрэгч төхөөрөмж, түүний үзүүлэлтүүд	45
2.1. Спектрийн нарийвчлал (шийд)	46
2.2. Орон зайн нарийвчлал (шийд)	47
2.3. Цаг хугацааны нарийвчлал (шийд)	48
Гурав. Хиймэл дагуулын мэдээ (тоон өгөгдөл) боловсруулалтын арга	49
3.1. Анхан шатны засалууд	49
3.2. Өнгөний нийлэмж	50
3.3.Спектрийн сувгуудын математик тооцоолол (Band Math).....	51
Дөрөв. Спектрийн олон сувгийн хиймэл дагуулын мэдээ (өгөгдөл)	54
4.1. Орон зай болон спекрийн өндөр нарийвчлал бүхий хиймэл дагуулын мэдээ	54
4.2. Сэнтинел-2 дагуулын мэдээ	55
4.3. Ландсат дагуулын мэдээ.....	56
4.4. Терра, Акуа дагуулын MODIS мэдрэгч төхөөрөмжийн мэдээ	57
Тав. Дүрс боловсруулалтын программ хангамжууд	58
АШИГЛАСАН МАТЕРИАЛ	60
ГУРАВДУГААР БҮЛЭГ. ХИЙМЭЛ ДАГУУЛЫН МЭДЭЭ БОЛОВСРУУЛАХ ГАРЫН АВЛАГА	63
Нэг. Сэнтинел-2 дагуулын мэдээ татаж, архивлах	63
1.1. Sentinel хиймэл дагуулын архивын санд хандах эрх үүсгэх.....	64
1.2.Сэнтинел-2 дагуулын хоёрдугаар түвшний (L2A) мэдээ татаж, архивлах.....	65
Хоёр. Хиймэл дагуулын мэдээ боловсруулалтын SNAP программ хангамж	67
2.1. SNAP программ хангамж татаж авах	68
2.2. SNAP программ хангамжийг суулгах	69
Гурав. SNAP программ хангамж ашиглан Сэнтинел-2 дагуулын мэдээг боловсруулах ...	72
3.1. Сэнтинел-2 дагуулын бүтээгдэхүүнийг SNAP программ дээр нээх	72
3.2. Сэнтинел-2 дагуулын спектрийн сувгуудын орон зайн шийдийг ижил болгох	73
3.3. Өнгөний нийлэмж үүсгэх.....	74
3.4. Спектрийн сувгуудын математик тооцоолол (ургамлын индекс)	75
3.5. Боловсруулалтын үр дүнг бусад өргөтгөлөөр хөрвүүлж гаргах.....	78
ХАВСРАЛТУУД.....	29

ЗУРАГ

Зураг 1. 25 градусын тусгалын өнцгөөр хэмжих спектрорадиометрийн үзүүлэлтүүд.....	18
Зураг 2. Мониторингийн судалгааны цэгт ургац хайчилж байгаа нь.	21
Зураг 3.Цахилгаан соронзон долгионы спектрийн хуваарь.....	44
Зураг 4. Ногоон ургамлын спектрийн муруй.....	44
Зураг 5. Монгол орны ойт хээрийн бүсэд хэмжсэн бэлчээрийн ургамлын спектрийн муруйнууд.	45
Зураг 6. Зайнаас тандах мэдрэгч төхөөрөмжийн спектрийн нарийвчлал.	47
Зураг 7. А. Мэдрэгч төхөөрөмжүүдийн (пикселийн хэмжээ) орон зайн нарийвчлал; В. хиймэл дагуулуудын (мэдрэгч төхөөрөмжийн) орон зайн нарийвчлалын харьцуулалт.....	48
Зураг 8. Зайнаас тандах мэдрэгч төхөөрөмжийн цаг хугацааны нарийвчлал.....	49
Зураг 9. Өнгөний нийлэмж үүсгэх.....	50
Зураг 10. Спектрийн сувгуудын математик тооцоолол.	51
Зураг 11. Сэнтинел цуврал дагуулуудын веб хуудас.....	63
Зураг 12. Монгол орныг бүрхсэн Сэнтинел-2 дагуулын L1C, L2A-р түвшний бүтээгдэхүүний торлол.....	63
Зураг 13. Хандах эрх үүсгэх заавар.....	64
Зураг 14. Бүртгэл үүсгэх заавар.....	65
Зураг 15. Нөхцөлүүдийг тохируулж хайлт хийх заавар.	66
Зураг 16. Дагуулын мэдээг сонгож татах заавар.....	66
Зураг 17. Сэнтинел-2 дагуулын бүтээгдэхүүний (мэдээний) нэрний тайлбар.....	67
Зураг 18. Сэнтинел-2 дагуулын татсан бүтээгдэхүүний фолдерт.....	67
Зураг 19. SNAP программ хангамжийн веб хуудсанд хандах заавар.	68
Зураг 20. Компьютерын системдээ тохируулан программ хангамжийг сонгон татах заавар.....	69
Зураг 21. Программ хангамж суулгах заавар.....	69
Зураг 22. Программ хангамж суулгах явцын заавар.....	70
Зураг 23. Программ хангамж суулгаж дуусгах заавар.....	70
Зураг 24. SNAP программ хангамжийг нээж ажиллуулах үед харагдах хэлбэр.....	71
Зураг 25. Програмын шаардлагатай нэмэлт хөгжүүлэлтийг (plugin) тогтмол шинэчлэх.....	71
Зураг 26. Програмын шаардлагатай нэмэлт хөгжүүлэлтийг (plugin) тогтмол шинэчлэх (update) заавар.....	72
Зураг 27. Сэнтинел-2 дагуулын бүтээгдэхүүнийг SNAP программ дээр нээх заавар.....	73
Зураг 28. Спектрийн сувгуудын орон зайн шийдийг ижил болгох заавар.	74
Зураг 29. Өнгөний нийлэмж үүсгэх заавар.....	75
Зураг 30. Өнгөний нийлэмжийн үр дүн буюу 5-р суваг, ойрын нэл улаан туяаны спектр сувгийн нийлэмж (ургамлаар бүрхсэн талбай улаанаар үзэгдэнэ), бодит байгалийн өнгөний нийлэмжийн үр дүн.....	75
Зураг 31. Ургамлын нормчлогдсон ялгаврын индекс буюу NDVI бодуулах заавар.	76
Зураг 32. Ургамлын нормчлогдсон ялгаврын индекс буюу NDVI-ийн үр дүн.....	76
Зураг 33. Ургамлын нормчлогдсон ялгаврын индексүүдийг тооцоолох командууд.....	77
Зураг 34. Виртуал сувгийг хувиргах заавар.....	78
Зураг 35. Боловсруулалтын үр дүнг бусад өргөтгөлөөр хөрвүүлж гаргах заавар.....	78

ХҮСНЭГТ

Хүснэгт 1. Бэлчээрийн мониторинг хийх ажлын үе шатны ерөнхий бүдүүвч.....	14
Хүснэгт 2. Ургамлын арви.....	19
Хүснэгт 3. Ургамлын зүйлийн бүрэлдэхүүний бичиглэл.....	19
Хүснэгт 4. Ургамлын тусгаг бүрхэц.....	20
Хүснэгт 5. Бэлчээрийн биомасс тооцох загвар.....	24
Хүснэгт 6. Бэлчээрийн биологийн ургацыг сарын дундаж ургацад шилжүүлэх итгэлцүүр.....	25
Хүснэгт 7. Биологийн ургацыг бодит ургацад шилжүүлэн тооцох итгэлцүүр.....	25
Хүснэгт 8. Улирлын үргэлжлэх хугацаа болон малын идэх өвсний хэмжээ.....	25
Хүснэгт 9. Төрөл бүрийн малыг хонь толгойд шилжүүлэх итгэлцүүр.....	26
Хүснэгт 10. Мэдээллийн сангийн өгөгдөл, мэдээ.....	26
Хүснэгт 11. Дагуулын мэдээгээр өнгөний нийлэмж үүсгэх спектрийн сувгуудын харьцаа.....	51
Хүснэгт 12. Ургамлын индексийн томьёонууд.....	52
Хүснэгт 13. Хиймэл дагуулын мэдээнүүдийн нарийвчлалын үзүүлэлтүүд.....	54
Хүснэгт 14. Сентинел-2 дагуулын мэдээний үзүүлэлтүүд.....	56
Хүснэгт 15. Ландсат-8, 9 дагуулын мэдээний үзүүлэлтүүд.....	57
Хүснэгт 16. МОДИС мэдрэгч төхөөрөмжийн мэдээний үзүүлэлтүүд.....	58
Хүснэгт 17. Программ хангамжийн мэдээлэл.....	59

1 НЭГДҮГЭЭР БҮЛЭГ. ЗАЙНААС ТАНДАН СУДЛАЛЫН АРГААР БЭЛЧЭЭРИЙН ГАЗРЫН
МОНИТОРИНГ ХИЙХ АРГАЧИЛСАН ЗААВАР*



БАРИЛГА, ХОТ БАЙГУУЛАЛТЫН
САЙДЫН ТУШААЛ

2022 оны 06 сарын 08 өдөр

Дугаар 46

Улаанбаатар хот

Аргачилсан заавар батлах тухай

Монгол Улсын Засгийн газрын тухай хуулийн 24 дүгээр зүйлийн 2 дахь хэсэг, Газрын тухай хуулийн 23 дугаар зүйлийн 23.2.21, 58 дугаар зүйлийн 58.3, Засгийн 2003 оны 28 дугаар тогтоолын нэгдүгээр хавсралтаар батлагдсан "Газрын төлөв байдал, чанарын улсын хянан баталгаа хийх журам"-ын дөрөвдүгээр бүлгийн 24-т заасныг тус тус үндэслэн ТУШААХ нь:

1."Зайнаас тандан судлалын аргаар бэлчээрийн газрын мониторинг хийх аргачилсан заавар"-ыг хавсралт ёсоор баталсугай.

2.Аргачилсан зааврыг бэлчээрийн газрын төлөв байдал, чанарын хянан баталгаа, мониторинг хийх үйл ажиллагаанд мөрдөж ажиллахыг мэргэжлийн байгууллагуудад, хэрэгжилтэд хяналт тавьж ажиллахыг аймгийн Газрын харилцаа, барилга, хот байгуулалтын газар, нийслэлийн Газар зохион байгуулалтын албаны дарга нарт, арга зүйн удирдлагаар хангаж ажиллахыг Газар зохион байгуулалт, геодези, зураг зүйн газар /А.Энхманлай/-т тус тус даалгасугай.



Б.МӨНХБААТАР

15.010353

НЭГ.ЕРӨНХИЙ ЗҮЙЛ

1.1.Газрын төлөв байдал, чанарын улсын хянан баталгааны ажлын үр дүн нь газрын нөөцийн кадастрын мэдээллийн санг бүрдүүлэх, газарт эдийн засгийн үнэлгээ өгөх, газар зохион байгуулалтын төлөвлөгөө боловсруулах ажлуудын суурь материал болдог бөгөөд цаашид газрын харилцааны олон асуудлыг шийдвэрлэхэд чухал үүрэгтэй. Ялангуяа бэлчээрийн газрыг зохистой ашиглах хамгаалах нь зөвхөн газрын мониторингийн төдийгүй улс, орны тогтвортой хөгжлийн баталгааг хангах стратегийн чухал ажил тул бэлчээрийн газрын мониторингийн үйл ажиллагааг зайнаас тандан судлалын аргаар жил бүр гүйцэтгэж, газрын мониторингийн үр дүнг нарийвчлах, хяналт шинжилгээг дээшлүүлэх өндөр ач холбогдолтой.

1.2.Бэлчээрийн төлөв байдал, чанарын мониторингийн ажил гүйцэтгэх, бэлчээрийн газрын өөрчлөлтийн явцыг хянах, цаг тухайд нь илрүүлэх, доройтол, талхагдлаас урьдчилан сэргийлэх, бэлчээр ашиглалтын даац, ачааллыг тохируулах, үнэлэлт дүгнэлт өгөх, мэдээллийн сан үүсгэх, хэрэглэгчдэд мэдээлэл өгөх, хүргэх зорилгоор бэлчээрийн газрын өөрчлөлтийг зайнаас тандан судлалын аргаар үнэлэх, мониторингийн сүлжээ байгуулах, ажиллуулахад энэхүү аргачилсан зааврыг дагаж мөрдөнө.

ХОЁР.НИЙТЛЭГ ҮНДЭСЛЭЛ

2.1.Энэхүү аргачилсан заавар нь Газрын тухай хууль болон Монгол Улсын Их Хурлын 2020 оны 52 дугаар тогтоолоор батлагдсан "Алсын хараа-2050" урт хугацааны бодлогын Зорилт 3.6-ын хүрээнд 2021-2030 хэрэгжүүлэх үйл ажиллагааны 3.6.10-т "Зайнаас тандан судлалын технологид суурилсан газар ашиглалт, газрын мониторингийн байнгын ажиллагаатай хяналтын системийг хөгжүүлж, нэвтрүүлэх", мөн Зорилт 8.3-т "Хөдөө аж ахуйг байгальд ээлтэй, уур амьсгалын өөрчлөлтөд дасан зохицсон, эрсдэл даах чадвартай, нийгмийн хөгжлийн чиг хандлага, хэрэгцээ, шаардлагад нийцсэн хариуцлагатай, бүтээмж өндөр, тогтвортой үйлдвэрлэлтэй эдийн засгийн тэргүүлэх салбар болгон хөгжүүлэх" гэж тус тус заасныг удирдлага болгоно.

2.2.Газрын тухай хууль тогтоомж болон энэ аргачилсан зааврын дагуу зайнаас тандан судлалын арга, технологийг ашиглан бэлчээрийн газрын төлөв байдал, чанарын улсын хянан баталгааны сүлжээ /цаашид "Бэлчээрийн газрын мониторингийн сүлжээ" гэх/-ний үйл ажиллагааг эрхлэх харилцааг зохицуулна.

ГУРАВ.ЕРӨНХИЙ ШААРДЛАГА

3.1.Энэхүү аргачилсан зааврын хүрээнд бэлчээр, бэлчээрийн газрын ашиглалт, тэдгээрийн төлөв байдалд зайнаас тандан судлалын арга ашиглан жил бүрийн тогтсон хугацаанд мониторингийн үйл ажиллагааг гүйцэтгэж, ургамлын биомасс, ургамалжилт, даац, чадавхыг тасралтгүй хянаж, бэлчээрийг үр ашигтай, зохистой ашиглах, хамгаалах үйл ажиллагааны бодлого, төлөвлөлтөд суурь мэдээлэл болгон ашиглана.

3.2.Газрыг үр ашигтай, зохистой ашиглах, хамгаалах үйл ажиллагаанд төрийн хяналтыг тасралтгүй хэрэгжүүлэх зорилгоор газрын төлөв байдал, чанарын тогтвортой, гол үзүүлэлтүүдийг хууль тогтоомжид заасан хугацаанд давтан тодорхойлж улсын хяналтад авсан

анхны үзүүлэлтүүдтэй харьцуулан газрын төлөв байдал, чанарын хянан баталгааны дүгнэлт гаргана.

3.3.Бэлчээрийн газрын судалгааны цэгийн биомасс, ургамлын бүрхэвчийн болон спектрометрийн хэмжилт, түүний боловсруулалт, бэлчээрийн төрх байдал, нөлөөлөл, чадавч, даацыг тодорхойлох үйл ажиллагааг энэхүү аргачилсан зааврын дагуу зохион байгуулна.

3.4.Газрын төлөв байдал, чанарын шалгуур үзүүлэлт нь Монгол орны байгаль, нутаг дэвсгэр, газар ашиглалт, хөрс, ургамлын нөмрөгийн хэв шинж, тэдгээрийн төлөв байдлыг илэрхийлсэн орон зайн болон тоон хэлбэрээр тодорхойлогдоно.

3.5.Газрын мониторингийн судалгаа шинжилгээ, ажиглалт-хэмжилтийн арга нь шинжлэх ухааны онолд тулгуурласан, практикт хүлээн зөвшөөрөгдсөн, эдийн засгийн үр ашигтай, цаг хугацааг хэмнэсэн, хэрэглэхэд хялбар, ойлгомжтой байна.

3.6.Газрын мониторинг нь дараах үндсэн ажиллагаанаас бүрдэнэ:

3.6.1.Байгалийн болон хүний үйл ажиллагааны нөлөөллийг харгалзан газрын төлөв байдал, чанарыг тогтоох, дүн шинжилгээ хийх, үнэлэх;

3.6.2.Тогтсон хугацаанд нэгдсэн арга зүйгээр газрын төлөв байдал, чанарын мэдээллийг цуглуулах, хадгалах, архивлах;

3.6.3.Дэвшилтэд техник технологи, шинжлэх ухааны арга зүйг үндэслэн газрын мониторингийн судалгааны аргыг сайжруулах, шинэчлэх;

3.6.4.Газрын мониторингийн сүлжээний эталон цэгийн тоог нэмэгдүүлж, шалгуур үзүүлэлтийн чанар, нарийвчлалыг сайжруулахад чиглэгдэнэ.

3.7.Төрийн болон албаны нууцаас бусад мэдээлэл нь олон нийтэд нээлттэй байх бөгөөд орон зайн болон тоон хэлбэрээр энгийн ойлгомжтой байдлаар илэрхийлэгдсэн байна.

3.8.Газрын мониторингийн үр дүнг бэлчээрийн газрыг зөв зохистой ашиглах, хамгаалах, зохион байгуулах үйл ажиллагаанд ашиглана.

ДӨРӨВ. АРГАЧЛАЛЫН ЗОРИЛГО, ЗОРИЛТ

4.1.Энэхүү аргачилсан зааврын зорилго нь бэлчээрийн газрыг үр ашигтай, зохистой ашиглах, хамгаалах, нөхөн сэргээхэд төрийн хяналтыг тасралтгүй хэрэгжүүлж, бэлчээрийн газрын мониторинг хийх үйл ажиллагаанд зайнаас тандан судлалын болон ургамлын хээрийн судалгааны аргыг хослуулан бэлчээрийн газрын биомассыг тодорхойлох, улмаар бэлчээрийн даацыг тогтоон, даац хэтрэлтийг үнэлэх, түүний үр дүнг бүх түвшний газар зохион байгуулалтын төлөвлөгөөг боловсруулах, газрын талаар төрөөс баримтлах бодлогыг хэрэгжүүлэх, газрын мониторингийн сүлжээний мэдээллийн санг анхдагч болон хяналтын мэдээллээр баяжуулж, цахим системийн тогтвортой үйл ажиллагааг хангахад оршино.

4.2.Зайнаас тандан судлалын аргаар хийх бэлчээрийн газрын мониторинг нь дараах асуудлыг шийдвэрлэхийг зорилт болгоно:

4.2.1. Улс, аймаг, сумдын байгалийн бүс бүслүүр, бэлчээр, хадлангийн ангилал, бэлчээрийн төрөл, хэв шинж бүрээр бэлчээрийн ургацыг илрүүлэх, дундаж ургацыг тооцоолох;

4.2.2.Бэлчээрийн талхагдлыг илэрхийлэх заагуур ургамлын тархалт, бэлчээрийн доройтлыг тогтоож, түүнийг хамгаалах, нөхөн сэргээх арга хэмжээг төлөвлөх;

- 4.2.3. Байгалийн бүс бүслүүрийг илэрхийлэх зонхилгогч ургамлын тархалтыг тогтоож, байгалийн бүс бүслүүрийн шилжилт хөдөлгөөн, өөрчлөлтийг үнэлэх;
- 4.2.4. Бэлчээрийн даацыг тодорхойлж, даац хэтэрсэн бүс нутгийн мал сүрэг, ан амьтны бүтэц, тоо толгойн зохистой харьцааг тогтоох болон бэлчээрийн газрын зохион байгуулалт, мал аж ахуйн бодлогын суурь мэдээллийг бүрдүүлэх.

ТАВ. АЖЛЫН УДИРДЛАГА, ЗОХИОН БАЙГУУЛАЛТ

5.1. Энэхүү бэлчээрийн газрын мониторингийн зайнаас тандах аргачилсан зааврын хүрээнд цахим системийн үйл ажиллагааг нэгдсэн удирдлагаар хангах, үр дүн, гүйцэтгэлд хяналт тавьж, баталгаажуулах ажлыг дараах арга хэлбэрээр зохион байгуулна:

- 5.1.1. Нарнаас ирэх цахилгаан соронзон долгионы спектрийн ойлтын хэмжилт бүхий спектрорадиометрийн хэмжилтийн үр дүн, спектрийн олон сүвгийн хиймэл дагуулын мэдээнд тулгуурлан ургамлын нормчлогдсон ялгаврын индекс, хээрийн хэмжилтийн биомассын хэмжээг ашиглан бэлчээрийн газрын биомассыг загварчлан тооцоолох,
- 5.1.2. Спектрийн ойлтын үр дүнг хээрийн бичиглэлтэй хослуулан бэлчээрийн төлөв байдал, чанарт гарсан өөрчлөлтийг тодорхойлох,
- 5.1.3. Дүн шинжилгээ хийх, тайлан бичиж дүгнэлт, зөвлөмж боловсруулах,
- 5.1.4. Мониторингийн мэдээллийн сан байгуулах ажлыг нэгдсэн аргачлалаар хангах, бэлчээрийн мониторингийн үндэсний сүлжээний цэгүүдэд төлөв байдал, чанарын мониторингийн ажлыг гүйцэтгэх.
- 5.1.5. Бэлчээрийн мониторингийн үйл ажиллагаанаас гарсан судалгаа, шинжилгээний үр дүн, тайлан дүгнэлтийг баталгаажуулах.

5.2. Зайнаас тандан судлалын аргаар бэлчээрийн газрын мониторингийг улс, бүс, аймаг, сумын түвшинд хийнэ.

5.3. Газрын асуудал эрхэлсэн төрийн захиргааны байгууллага зайнаас тандан судлалын аргаар бэлчээрийн газрын мониторингийн ажлыг энэхүү аргачилсан зааврын дагуу нэгдсэн удирдлага, зохион байгуулалт, мэргэжил арга зүйгээр хангана.

5.4. Бэлчээрийн газрын мониторингийн үр дүнг дараах хугацаанд тайлагнана:

- 5.4.1. Газрын даамал сумын бэлчээрийн газрын мониторингийн үр дүнг жил бүрийн 09 дүгээр сарын 15-ны дотор боловсруулж, тайлагнах;
- 5.4.2. Аймаг нийслэлийн газрын асуудал эрхэлсэн төрийн захиргааны байгууллагын газар зохион байгуулагч, газрын мониторингийн асуудал хариуцсан мэргэжилтэн аймаг, нийслэлийн бэлчээрийн газрын мониторингийн үр дүнг жил бүрийн 10 дугаар сарын 15-ны дотор боловсруулж, тайлагнах;
- 5.4.3. Газрын асуудал эрхэлсэн төрийн захиргааны байгууллагын суурь судалгаа, мониторингийн асуудал хариуцсан нэгж 12 дугаар сарын 15-ны дотор улсын бэлчээрийн газрын мониторингийн үр дүнг нэгтгэж тайлагнах.
- 5.4.4. Газрын мэргэжлийн байгууллага нь мониторингийн үр дүнг 10 дугаар сарын 01-ны өдрийн дотор захиалагч байгууллагад хүлээлгэн өгөх.

ЗУРГАА. ТЕХНИКИЙН ШААРДЛАГА

6.1. Газрын мониторингийн сүлжээний мэдээллийн сангийн өгөгдлүүд нь нэгдсэн кодлолын систем, стандарт, загвар, форматтай байна.

6.2. Газрын мониторингийн хэмжилт зураглалын ажил нь Засгийн газраас баталсан "Геодезийн солбицол, өндөр тусгагийн нэгдсэн тогтолцоо"-нд хийгдсэн байна.

6.3. Газрын мониторингийн сүлжээний байнгын ажиглалтын талбар, мониторингийн цэг нь дахин давтагдашгүй дугаартай байна.

6.4. Ургамлын хээрийн судалгаанд спектрийн олон сүвгийн зөөврийн спекторрадиометр болон нисгэгчгүй нисдэг төхөөрөмжийг ашиглан хэмжилт хийнэ.

6.5. Бэлчээрийн газрын мониторингийн үйл ажиллагаанд дараах хиймэл дагуулын мэдээг ашиглана:

6.5.1. Сентинэл-2 (Sentinel-2 MSI) хиймэл дагуул нь спектрийн 13 сувагтай, орон зайн шийд нь 10-60 метр, цаг хугацааны шийд нь 5 хоног. Энэхүү хиймэл дагуулын мэдээг сум болон түүнээс бага нутаг дэвсгэрийн хэмжээнд ашиглана.

6.5.2. Ландсат цуврал хиймэл дагуул нь 350-13000 нм спектрийн 11 сувагтай, сувгуудын орон зайн шийд нь 15-100 метр, цаг хугацааны шийд нь 16 хоног байна. Энэхүү хиймэл дагуулын мэдээг сум болон түүнээс дээш нутаг дэвсгэрийн хэмжээнд ашиглана.

6.5.3. Спекторрадиометрийн хэмжилтийн мэдээ: Цахилгаан соронзон долгионы үзэгдэх гэрэл, ойрын болон богино долгионы нэл улаан туяаны мужид хэмжилт хийдэг 350-2500 нанометр долгионыг бүртгэдэг спекторрадиометр ашиглан ургамлын спектрийг хэмжсэн хэмжилтийн мэдээг ашиглана.

6.5.4. Спектрийн олон сүвгийн нисгэгчгүй нисэх төхөөрөмж: Цахилгаан соронзон долгионы үзэгдэх гэрэл, ойрын болон богино долгионы нэл улаан туяаны мужид (350-2500 нанометр) зураглал үйлддэг спектрийн олон сүвгийн нисгэгчгүй нисэх төхөөрөмж (Drone, UAV) ашиглан агаарын зураглал үйлдсэн мэдээг ашиглавал тохиромжтой.

6.5.5. Спекторрадиометрийн хувьд агаарын температур -10°C-аас +40°C-ын хооронд байхад автоматаар тэгшитгэж, нарийвчлал сайтай цахилгаан соронзон долгионы үзэгдэх гэрэл, ойрын болон богино долгионы нэл улаан туяаны мужид хэмжилт хийдэг 350-2500 нанометр долгионы спектрийн хэмжилт бүхий багаж ашиглавал тохиромжтой.

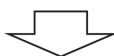
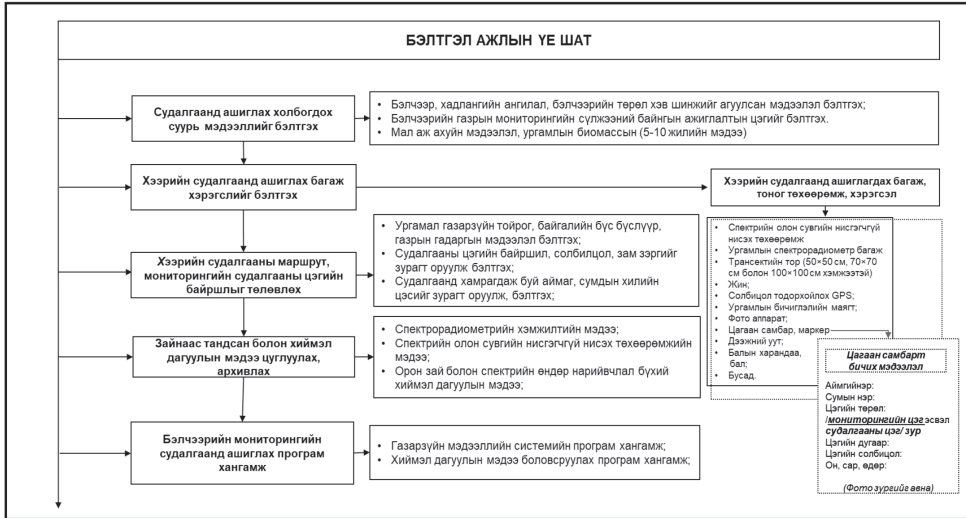
6.5.6. Энэхүү аргачлалын 6.5.1, 6.5.2-т заасан хиймэл дагуулын мэдээтэй дүйцэх, илүү өндөр нарийвчлалтай хиймэл дагуулын мэдээг ашиглаж болно.

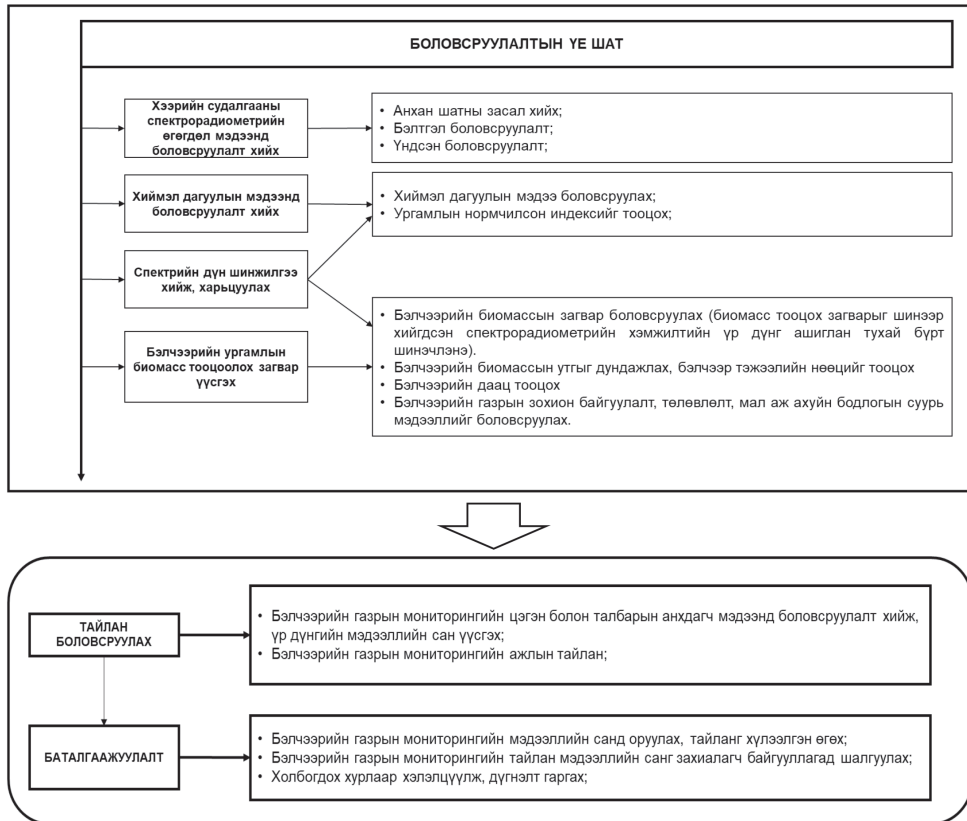
6.6. Дүрс зургийн боловсруулалтыг зайнаас тандан судлалын ENVI, SNAP, ERDAS Imagine, газарзүйн мэдээллийн системийн ArcGIS, ArcGIS Pro, QGIS, тоон өгөгдлийн боловсруулалтыг MS Excel, SPSS гэх мэт программ хангамжийг ашиглана.

ДОЛОО. ЗАЙНААС ТАНДАН СУДЛАЛЫН АРГААР БЭЛЧЭЭРИЙН ГАЗРЫН МОНИТОРИНГ ХИЙХ

Зайнаас тандан судлалын аргаар бэлчээрийн газрын мониторинг хийхэд бэлтгэл ажил, хээрийн судалгаа, боловсруулалт, баталгаажуулалт гэсэн 4 үе шаттайгаар гүйцэтгэнэ.

Хүснэгт 1. Бэлчээрийн мониторинг хийх ажлын үе шатны ерөнхий бүдүүвч





7.1.Бэлтгэл ажлын үе шат:

Судалгаа хийх газрын ерөнхий мэдээлэл, уур амьсгал, газарзүйн онцлог, мал аж ахуй болон бэлчээрийн төлөв байдал, биомассын чиглэлээр урьд өмнө нь хийгдсэн судалгааны үр дүнг цуглуулах, хээрийн ажлын маршрут зураг, багаж төхөөрөмж, техник хэрэгслийг бэлтгэх, хиймэл дагуулын мэдээг зохих сайтуудаас татах, программ хангамжийг бэлтгэх зэрэг ажлууд багтана.

7.1.1.Судалгаанд ашиглах холбогдох суурь мэдээллийг бэлтгэх.

Ургамал газарзүйн тойрог, байгалийн бүс бүслүүр, газрын гадаргын хэлбэр, бэлчээр, хадлангийн ангилал, бэлчээрийн төрөл хэв шинжийг агуулсан мэдээлэл, бэлчээрийн газрын мониторингийн сүлжээний байнгын ажиглалтын цэг, тухайн орон нутгийн 5-10 жилийн мал аж ахуйн мэдээлэл, ургамлын биомассын зэрэг мэдээллүүдийг бэлтгэнэ.

7.1.2.Хээрийн судалгааны маршрут, мониторингийн судалгааны цэгийн байршлыг сонгох.

Бэлчээрийн мониторингийн сүлжээний байнгын ажиглалтын талбар, мониторингийн цэг байхгүй тохиолдолд шинээр байнгын ажиглалтын талбар, мониторингийн цэгийн байршлыг төлөвлөж сонгоно. Судалгааны цэг гэдэг нь бэлчээрийн байнгын ажиглалтын талбарт спектрийн хэмжилт хийх цэгийг хэлнэ. Бэлчээрийн газрын мониторингийн байнгын ажиглалтын талбар нь газрын гадаргын хувьд харилцан адилгүй төлөв байдал, талбайтай байх бөгөөд

байнгын ажиглалтын талбарын тоо, талбайн хэмжээнээс хамааруулан судалгааны цэгийн тоог хамааруулан тогтооно.

- Судалгааны цэгийн байршлыг сонгосны дараа мэдээллийн санд дугаарлахдаа аймаг, сумын кодыг ашиглана. Судалгааны цэг нь бэлчээрийн мониторингийн цэгтэй давхцаж байгаа тохиолдолд М үсгээр, давхцаагүй тохиолдолд С үсгээр эхэлж дугаарлана. Аймаг, сумын кодыг Монгол улсын засаг захиргаа, нутаг дэвсгэрийн нэгжийн код, MNS5641-0-2006 2х, MNS5641-1-2006 6х, MNS5641-2-2006 34х, MNS5641-3-2006 47х стандартад заасны дагуу тэмдэглэнэ.
- Спектрийн хэмжилт бүхий судалгааны цэгийн дугаарыг мэдээллийн санд бүртгэхдээ дараах кодыг ашиглана. Жишээ нь: С1В650100001, С1-судалгааны цэгийн дугаар /спектрийн хэмжилт хийсэн цэг/, В-бэлчээрийн хянан баталгаа, 65-аймгийн код, 01-сумын код, 00001-ажиглалтын талбарын дугаар байна. Мониторингийн цэг гэдэг нь бэлчээрийн мониторингийн ургамлын судалгааг байнга давтан гүйцэтгэх суурин цэгийг хэлэх ба мэдээллийн санд М үсгээр тэмдэглэнэ. Судалгааны цэг нь мониторингийн суурин цэгүүдтэй давхцах тохиолдолд мониторингийн цэгийн дараах кодоор мэдээллийн санд бүртгэнэ. Мониторингийн цэгийн дугаар өгөх: Жишээ нь: М1В650100001, М1-мониторингийн цэгийн дугаар, В-бэлчээрийн хянан баталгаа, 65-аймгийн код, 01-сумын код, 00001-ажиглалтын талбарын дугаар зэрэг байна.

7.1.3. Хээрийн судалгаанд ашиглах материал багаж, хэрэгслийг бэлтгэх.

Хээрийн судалгаанд бэлчээрийн төлөв байдлын мэдээлэл болох газрын гадарга, ургамлын биомасс, ургамлын зонхилох зүйл, бүрхэц, өндөр, хөгжлийн үе шат гэх мэт хээрийн бичиглэл болон хэмжилт, зураглал хийх тул дараах материал багаж хэрэгслийг бэлтгэнэ.

- Ургамлын судалгаа: бэлчээрийн хээрийн судалгаанд ашиглах ажлын зураг, ургамлын бичиглэл хийх 50х50 см, эсвэл 100х100 см-ийн хэмжээтэй трансектийн тор (эсвэл олс болон хадаас бэлтгэх), цагаан самбар, шугам, хэмжигч метр, арилдаг маркер, солбицол тодорхойлох GPS, ургамлын бичиглэлийн маягт, гэрэл зургийн аппарат болон бусад шаардагдах багаж хэрэгслийг бэлтгэнэ.
- Ургац хайчлах: 50х50 см эсвэл, нүдэн баримжаагаар 100х100 см-ийн хэмжээтэй тор бүхий талбайд тааралдах бэлчээрийн ургамлын биомассыг хэмжих жин, хайч, ургамлын биомассын дээж хийх цаасан уут, харандаа зэрэг бусад шаардлагатай хэрэгслийг бэлтгэнэ.
- Спектрийн багаж: агаарын температур -10°C-аас +40°C-ын хооронд байхад автоматаар тэгшитгэж, цахилгаан соронзон долгионы үзэгдэх гэрэл, ойрын болон богино долгионы нэл улаан туяаны мужид 350-2500 нанометр нарийвчлалтай хэмжилт хийх, долгионы спектрийн хэмжилт бүхий спектрорадиометр ашиглана. Төхөөрөмж болон түүний дагалдах хэрэгслийг бүрэн цэнэглэх, зөөврийн компьютер, нэмэлт батарей, түүнийг цэнэглэх төхөөрөмж, цахилгаан үүсгүүр бүхий мотор зэрэг бусад шаардлагатай зүйлсийг бэлтгэнэ.
- Спектрийн олон сувгийн нисгэгчгүй нисэх төхөөрөмж: шаардлагатай тохиолдолд нэмэлтээр хээрийн судалгаанд ашиглана. Цахилгаан соронзон долгионы үзэгдэх гэрэл, ойрын болон богино долгионы нэл улаан туяаны мужид (350-2500 нанометр) зураглал үйлддэг спектрийн олон сувгийн нисгэгчгүй нисэх төхөөрөмж (Drone, UAV) ашиглан

агаарын зураглал үйлдэх төхөөрөмж болон түүний дагалдах хэрэгслийг бүрэн цэнэглэж бэлтгэнэ.

7.1.4. Зайнаас тандсан болон хиймэл дагуулын мэдээ цуглуулах, архивлах.

Бэлчээрийн мониторингийн судалгаанд зайнаас тандсан мэдээг ашиглах нь цаг хугацаа, хөрөнгө, мөнгө хэмнэхээс гадна, хээрийн хэмжилт судалгааны цэгэн өгөгдөл мэдээлэлд тулгуурлан бэлчээрийн төлөв байдал (бэлчээрийн ургамалжилтын хандлага)-ыг үнэлэх, ургамлын биомассыг тооцоолох загварчлал бий болгож орон зай, цаг хугацааны давтамж бүхий үр дүн гарган авахад ашиглана.

Хиймэл дагуулын мэдээний хувьд 6-8 сарын бөгөөд ургамал ургаж гүйцсэн, ургамал шарлаж хагдрахаас өмнөх үеийн болон хээрийн судалгаа хийх үеийн мэдээг ашиглана. Бэлчээрийн мониторингийн судалгаанд орон зай, цаг хугацааны шийдийн хувьд 6 төрлийн зайнаас тандсан мэдээг судалгааны талбайн орон зайн нөхцөлөөс хамаарч сонгон авч ашиглана.

1. Спектрорадиометрийн хэмжилт (50х50 см, 100х100 см);
2. Спектрийн олон сувгийн нисгэгчгүй нисэх төхөөрөмж (хэсэгчлэн сонгож авсан талбай);
3. Орон зай (0-8м) болон спектрийн (350-2500нм) өндөр нарийвчлал бүхий хиймэл дагуулын мэдээ (Баг, сумын болон түүнээс бага талбайд);
4. Баг, сумын түвшинд Сэнтинел-2 (Sentinel-2 MSI) хиймэл дагуулын мэдээг ашиглахад тохиромжтой.
5. Аймаг болон түүнээс дээш бүсчилсэн хэсгүүдэд Ландсат (Landsat) хиймэл дагуулын мэдээг ашиглахад тохиромжтой.
6. Монгол орны бүрхсэн хэмжээнд МОДИС (MODIS) хиймэл дагуулын мэдээг ашиглахад тохиромжтой.

7.2. Хээрийн судалгааны үе шат

Хээрийн судалгаа нь бэлчээрийн ургамлын судалгаа, биомассын хэмжилт, спектрорадиометрийн хэмжилт, спектрийн олон сувгийн нисгэгчгүй нисэх төхөөрөмжийн зураглалаас бүрдэнэ.

7.2.1. Байнгын ажиглалт хэмжилтийн талбайг сонгох, байгуулах

Газрын гадарга, хөрс, ургамлан нөмрөгийн хэв шинж, тэдгээрийн төлөв байдал, ажиглалт, нөлөөлөлд өртсөн байдалд үндэслэн судалгаа хийх байнгын ажиглалтын талбай болон мониторингийн цэгийг сонгож судалгааг хийнэ (Мягмарцэрэн ба Мягмаржав, 2005). Судалгааг эхлэхийн өмнө дараах нөхцөлийг нягтална.

- Ургамлын төрөл зүйл, бүрхцийн хувьд сонгосон талбай тухайн хэсгийн нийт талбайн төлөөлөл бүрэн болж чадах эсэх;
- Хөрс ба ургамлан нөмрөгийн ялгааг бүрэн төлөөлөх эсэх;
- Гадаргын төрх байдлын хувьд тухайн хэсгийн талбайг бүрэн төлөөлж байгаа эсэх;
- Нөлөөллийн хүчин зүйлийн хувьд тухайн хэсгийн талбайг бүрэн төлөөлж байгаа эсэх;
- Ашиглалтын зориулалт нь бэлчээрийн газрын зориулалттай эсэх;

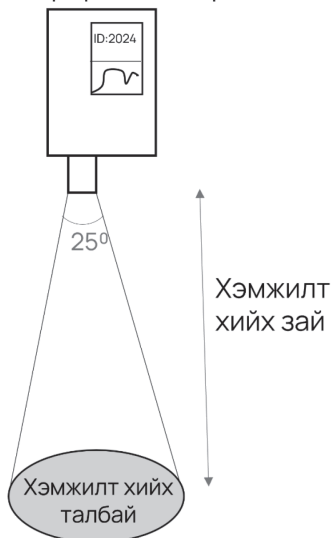
Байнгын ажиглалт-хэмжилтийн талбай байгуулах: 50х50 см эсвэл 100х100 см-ийн хэмжээтэй тор ашиглан тэгш дөрвөлжин хэлбэр үүсгэнэ. Ингэхдээ том орон зайг хамарсан бэлчээрийн газруудад зам харгуй, хашаа хайс, барилга байгууламж, аяны ба суурин лагерь, усны

орц гарц, гол горхи, ус зайлуулах шуудуу зэргээс 500, 1000 метрээс багагүй зайд 2500 см² эсвэл 10000 см² хэмжээтэй талбайг байгуулна.

7.2.2. Ургамлын спекторрадиометрийн хэмжилт хийх

Хээрийн нөхцөлд гар спекторрадиометрийн багаж ашиглаж зайнаас тандсан өгөгдөл мэдээллийг цуглуулах бөгөөд байнгын ажиглалтын талбайд ургамлын спектрийн хэмжилт хийнэ (Хүснэгт 1). Тухайн сонгож авсан цэгийг хадгалт хийхийн өмнө ургамлын спектрийн мэдээллийг төрөл бүрийн спекторрадиометр болон спектрийн хавтан ашиглан хэмжинэ. Ургамлыг хадах болон трансектийн аргаар биомассыг тодорхойлон авсан судалгааны цэг бүр ургамлын спектрийн хэмжилтийг хийх бөгөөд спекторрадиометрийн төрөл, үзүүлэлтээс хамааран хэмжилт хийх арга, технологи ялгаатай байж болно.

Спекторрадиометр



Хэмжилт хийх зай (см)	Хэмжилтийн талбай (см.кв)	Хэмжилтийн талбайн диаметр (см)
10	20	5
20	60	9
30	140	13
40	250	18
50	390	22
60	560	27
70	760	31
80	990	35
90	1250	40
100	1540	44
110	1870	49
120	2220	53
130	2510	58
140	3030	62
150	3470	67

Зураг 1. 25 градусын тусгалын өнцгөөр хэмжих спекторрадиометрийн үзүүлэлтүүд.

Хэмжилт хийх зайнаас хамаарч хэмжилтэд бүртгэх талбайн хэмжээг 1-р зурагт жишээ байдлаар харуулав. Спекторрадиометр нь тодорхой градусын тусгалын өнцгөөр хэмжилт хийдэг бөгөөд байнгын ажиглалтын талбайд газраас дээш 1.0–1.5 метрт хэмжилтийг хийх ба 350–2500 нанометр долгионд харгалзах ойлтыг хэмжинэ.

Спектрийн хэмжилт хийх бүрийн өмнө цагаан өнгийн хавтан ашиглаж тохируулга хийж, аль болох нар өндөр буюу өдрийн 11 – 15 цагийн хооронд үүлгүй, бороо ороогүй, салхи багатай үеийг тааруулж, тэгш хэмд, хөдөлгөөнгүй тогтвортой барьж, байрлуулан хэмжилт хийнэ. Спекторрадиометрт хэмжилтийн үр дүнг нэр өгч хадгалан, хээрийн судалгааны дараа компьютерт холбон хуулж, боловсруулалт хийнэ. Хээрийн судалгааны спектрометрийн хэмжилтийн үр дүнг хөтлөх хүснэгтэд (хавсралт 1) тэмдэглэнэ.

- Хэмжилт хийхийн өмнө спекторрадиометрийн цагийг шалгаж тохируулна.
- Спекторрадиометрийн хэмжилтийг өглөөний 11 цагаас 15 цагийн хооронд явуулна.

- Хэмжилтийн үед спекторрадиометрийн суурь ашиглахгүй тохиолдолд 2 гараараа хөдөлгөөнгүй барьж хэмжилтийг хийнэ.
- Нар эгц дээрээс тусах газарт багажийг байрлуулж, сонгосон цэгт сүүдэр тусгахгүйгээр хэмжилт хийнэ.
- Хэмжилт, судалгаа хийх үед геоботаникийн бичиглэлд спекторрадиометрийн хэмжилт хийсэн дугаарыг тэмдэглэнэ. /Жишээ нь: SH01, SH02, ..., SM01 гэх мэт/.

Ургамлын спектрийн хэмжилтийг хийсний дараа трансектийн торны хэмжээгээр (50×50 см, 100×100 см) хадалт хийж биомассыг хэмжиж авна. Хадалт хийсэн судалгааны цэгийн дугаарыг цаасан уутан дээрээ бичиж өгнө.

Зонхилох ургамлыг төлөөлөх спектрийн хэмжилт. Спекторрадиометрээр судалгааны цэгийн биомассыг хэмжихээс гадна, байгалийн бүс бүслүүрийн шилжилт, өөрчлөлтийг тогтоох зорилгоор бүс, бүслүүрийг төлөөлөх зонхилогч ургамлуудын хэмжилт хийнэ.

Бэлчээрийн газрын ургамлын судалгаанд дараах үзүүлэлтүүдийг тодорхойлно.

- ургамлын зүйлийн бүрэлдэхүүн
- ургамлын тусгаг бүрхэц
- бэлчээрийн биомасс

Ургамлын зүйлийн бүрэлдэхүүн: Хээрийн судалгаанд бэлчээрийн ургамлын зүйлийн бүрэлдэхүүн, арвийг Браун-Бланкийн аргаар үнэлнэ (Хүснэгт 3).

Хүснэгт 2. Ургамлын арви

Браун-Бланкын арга	
Балл	Эзлэх хувь
Un	Ганц нэг
+	1-3
Eg	3-5
1	5-10
2	10-25
3	25-50
4	50-75
5	75-100

Бэлтгэл ажлын хүрээнд холбогдох байгууллагуудаас тэжээлийн ач холбогдолтой ургамал, хөнөөлтэй, хортой, нэн ховор, ховор ургамал байгаа эсэхийг урьдчилан ажлын зурагт тэмдэглэсэн байна. Хээрийн судалгааны явцад эдгээр ургамлын зүйлийн бүрэлдэхүүн, арви, бүрхцийн талаар мэдээлэл цуглуулахад анхаарч, байршил, солбицлыг зурагт тэмдэглэнэ.

Хүснэгт 3. Ургамлын зүйлийн бүрэлдэхүүний бичиглэл

№	Зүйлийн нэр	Арви, балл	Өндөр, см	Хөгжлийн үе шат	Тайлбар
1.	Монгол/латин				
2.	нэр				
3.					
4.					

Ургамлын зүйлийн бүрэлдэхүүн, тэдгээрийн ашигт байдлын үнэлгээг малд идэгддэг, талхагдлын заагуур ургамлаар нь ангилж, зурган мэдээллийн хүснэгтэн өгөгдлийг үүсгэнэ (Хүснэгт 3).

Ургамлын зүйлийн бүрэлдэхүүний тоо, арви багасаж, шатлал буурснаар талхагдалд орсныг үнэлж, бичиглэлийн солбицлын дагуу зурагт оруулна.

Ургамлын тусгаг бүрхэц: Бэлчээрийн талхагдлыг тогтоох өөр нэгэн үзүүлэлт бол ургамлын тусгаг бүрхэвч сийрэг болох явдал юм. Бэлчээрийн газрын талхагдлыг тогтооход ургамлын зүйлийн бүрэлдэхүүн ба ерөнхий бүрхэвчид оролцох талхагдлын заагуур ургамлын тоо, тусгаг бүрхцийг мөн адил тодорхойлж, хувиар илэрхийлэн бичиглэл хийсэн цэгтэй холбон зурагт оруулна.

Ургамлын тусгаг бүрхэц нь газрын хэдэн хувь ургамлаар буюу иш, навч, цэцэг зэргээр хучигдсаныг хувиар илэрхийлэх бөгөөд 1 м² тор ашиглан тодорхойлно.

Хэмжилт хийхдээ торыг газар тавьж, эгц дээрээс нь харж, торны 1 нүдийг 1 хувь гэж тооцон ургамлын бүрхцийг нүд бүрээр тоолон, ургамлын бүрхэц, халцгай газрын хэмжээ, хад чулууны хэмжээ, хагдны бүрхцийг тус тус хувиар гаргана. Энэ хэмжилтийг 1 давталттай хийж дараах хүснэгтээр тооцоо хийнэ (Хүснэгт 4).

Хүснэгт 4. Ургамлын тусгаг бүрхэц

№	Ургамлын нэр	Бүрхэц, хувиар
1	Ургамлын нийт бүрхэц	
	Үүнээс: олшрогч ургамлын бүрхэц	
2	Хагд	
3	Хад чулуу	
4	Халцгай газар	

Бэлчээрийн төлөв байдлын судалгааг спектрийн хэмжилт хийсэн талбайд (50x50 см эсвэл 100x100 см) ургамлын зүйлийн бүрэлдэхүүн, ургамлын тусгагийн бүрхэц, биомасс, хөрсний ерөнхий хэв шинж, газрын гадарга болон бусад дагалдах мэдээллийг агуулсан үзүүлэлтүүдийг тодорхойлж, нийт бүрхцэд талхагдлын заагуур ургамлууд дангаараа давамгайлан тархаж байгаа эсэхийг нягтлан ургамлын бичиглэлийн (хавсралт 2) маягтад тэмдэглэнэ. Монгол орны бэлчээрийн соргог төлөв байдлыг илэрхийлэгч болон талхагдлын заагуур ургамлын жагсаалтыг (хавсралт 3) ашиглана.

Биомасс хэмжих (газар дээрх ногоон масс): Бэлчээрийн биомассын хэмжилтийг трансектийн болон хадах аргаар (50x50см, 100x100 см талбайн аль нэг) ургамлыг хайчлан, нойтон жинг тодорхойлон жинлэнэ. Мөн ургамлын биомассыг агаарт болон лабораторийн нөхцөлд хатаах шүүгээнд 80°C-д 24 цагийн турш хатааж, нарийвчлалтай жингээр жинлэж хэмжинэ.

Сөөгт бэлчээрийн ургамлын биомассыг тодорхойлохдоо тодорхой талбайн сөөгийг зүйл тус бүрээр том жижиг хэмжээгээр ангилан тоолно. Үүний дараа ангилсан бут тус бүрээс зөвхөн

нэг наст ногоон мөчрөөс 5-10 ширхгийг түүвэрлэн авч, хатаан, жинлэн талбайд шилжүүлэн тооцно.

Цэгийн байршлыг хэмжсэний дараа геоботаникийн бичиглэлийг хийх бөгөөд дараах мэдээллийг тэмдэглэнэ.



Зураг 2. Мониторингийн судалгааны цэгт ургац хайчилж байгаа

- Хэмжилт хийсэн огноо
- Сорьц талбайн хэмжээ
- Газрын нэр
- Судалгаа хийгдэж буй аймаг, сүм, баг
- Газарзүйн солбицол
- Газрын гадаргуу
- Орчны хүрээлэл
- Ургамлын бүлгэмдлийн нэр
- Ургамлан бүрхэвч
- Ургамлын бүлгэмдлийн дундаж өндөр
- Бүлгэмдлийн нийт зүйлийн тоо
- Зуншлагын байдал
- Мал, амьтны нөлөө гэх мэт мэдээллийг багтаасан бичиглэлийн хуудсыг бөглөнө.

Талхлагдсан бэлчээрийн талбайг тодорхойлохын тулд бэлчээрийн талхагдлын заагуур ургамлын хэмжилтийг хийж, мэдээллийн сан үүсгэнэ.

Агаарын зураглал үйлдэх: Бэлчээрийн мониторингийн судалгаа хийж, төлөв байдлыг зураглахын тулд спектрийн олон сүвгийн нисгэгчгүй нисэх төхөөрөмжийг ашиглах нь хээрийн судалгааны үр дүнг улам нарийвчилсан, зайнаас тандсан спектрийн олон сүвгийн мэдээг спекторрадиометр болон хээрийн хэмжилттэй хослуулан ашиглах нь томоохон орон зай хамарсан бэлчээрийн төлөв байдлын зураглалд чухал хувь нэмэр оруулж байна.

Олон сүвгийн нисгэгчгүй нисэх төхөөрөмжийн хувьд цахилгаан соронзон долгионы үзэгдэх гэрэл, ойрын болон богино долгионы нэл улаан туяаны мужид (350-2500 нанометр) зураглал үйлддэг спектрийн олон сүвгийн нисгэгчгүй нисэх төхөөрөмж (Drone, UAV) ашиглан агаарын зураглал үйлдэх нь нэн тохиромжтой.

Орон зайн нарийвчлал болон зураглах талбайг нисэх өндрөөс хамаарч харилцан адилгүй сонгоно. Багадаа 5га газрыг хамарсан талбайг сонгон хамгийн багадаа 5 см орон зайн нарийвчлал бүхий олон сүвгийн мэдээ үүсгэн зураглах шаардлагатай. Агаарын зураглал үйлдэхдээ нар эгц дээр үед буюу 11-16 цагийн хооронд, үүлгүй, бороо ороогүй, салхи багатай үед зураглал үйлдэнэ. Бэлчээрийн мониторинг судалгаанд спектрийн олон сүвгийн нисгэгчгүй нисэх төхөөрөмжийг ашигласан тохиолдолд тухайн талбайн гол хэсэг болон дөрвөн талд нь нийт 5 талбайг сонгон авч биомассын хэмжилтүүдийг хийж гүйцэтгэнэ.

7.3. Боловсруулалтын үе шат

7.3.1. Хээрийн судалгааны спектрорадиометрийн өгөгдөл мэдээнд боловсруулалт хийх

Хээрийн судалгаанд зайнаас тандан судлалын төхөөрөмж болох спектрорадиометрийг ашиглан хэмжилт хийж тухайн байнгын ажиглалтын талбар болон мониторингийн судалгааны цэгт хэмжсэн үр дүнд шинжилгээ хийх, судалгааны цэг тус бүрийн хэмжилтийн үр дүнг архивлах, цаашдын судалгаанд харьцуулан ашиглах боломжоор хангах, спектрийн олон сүвгийн нисгэгчгүй нисэх төхөөрөмж, хиймэл дагуулын мэдээтэй хослуулах, зайнаас тандсан бодит үр дүн гарган авахад ашиглана.

Хээрийн хэмжилт судалгаанд цуглуулсан цэг тус бүрийн спектрорадиометрийн хэмжилт нь 350-2500 нанометрийн хооронд хэмжилт байх бөгөөд тухайн хэмжилтийн үр дүнд дараах боловсруулалтыг хийнэ.

- Анхан шатны засал буюу урьдчилсан боловсруулалт хийх: Спектрорадиометр нь нарнаас ирсэн цахилгаан соронзон долгионы 350-2500 нанометрийн хэмжилтийг бүртгэн авдаг тул хүрээлэн буй орчноос ирэх, дуу чимээ, шуугиан, салхи гэх мэт нөлөөг засварлах засал хийнэ. Спектрийн дүн шинжилгээ хийдэг, зайнаас тандан судлалын программ хангамж ашиглан боловсруулалтыг хийнэ.
- Бэлтгэл боловсруулалт: Мониторингийн судалгааны цэг тус бүрд 3-30 удаагийн давталт бүхий хэмжилтийн үр дүнд задлан шинжилгээ хийж тухайн цэгийг төлөөлөх математик дундаж бүхий хэмжилтийн үр дүнг гаргах, Microsoft word, excel, зайнаас тандан судлал, спектрийн боловсруулалтын программ хангамж ашиглан боловсруулах.
- Үндсэн боловсруулалт: Спектрийн хээрийн хэмжилтийн үр дүнг тайлагнах маягт нь спектрорадиометрийн хэмжилтийн хураангуй, хээрийн бичиглэлийн үр дүн, спектрийн хэмжилтийн диаграмм, хэмжилт хийсэн талбайн болон орчны нөхцөлийг харуулсан фото зураг, ургамлын нормчлогдсон ялгаврын индекс (NDVI)-ийн томьёоны дагуу спектрийн хэмжилтээс индекс тооцоолсон үр дүн, ургамлын биомассын хуурай, нойтон жинтэй харьцуулсан үр дүнгүүдийг спектрорадиометрийн хэмжилтийн үр дүнг тайлагнах маягт (хавсралт 4)-д тэмдэглэнэ.

7.3.2. Хиймэл дагуулын мэдээнд боловсруулалт хийх.

Бэлчээрийн мониторингийн судалгаанд зайнаас тандан судлал, ялангуяа хиймэл дагуулын орон зай, цаг хугацааны олон төрлийн мэдээг орон зайн нөхцөл, судалгааны түвшинд тохируулан сонгон авч хэрэглэнэ (Д.Амарсайхан ба бусад, 2006). Хиймэл дагуулын мэдээ татах, боловсруулах, ашиглах программ хангамж, мэдээг боловсруулах, ургамлын нормчлогдсон ялгаврын индекс бодох талаар дэлгэрэнгүйг "Зайнаас тандан судлалын аргаар бэлчээрийн газрын мониторинг хийх аргачилсан заавар"-ын гарын авлагад (цаашид "гарын авлага" гэх) оруулав.

1. Сэнтинел-2 хиймэл дагуулын мэдээ боловсруулах: Сэнтинел хиймэл дагуулын L2A төрлийн мэдээг татаж авч, багцалсан мэдээ (.zip, .rar)-г ашиглана. Мэдээг SNAP программ хангамж ашиглан нээж, боловсруулалт хийнэ.
2. Ландсат хиймэл дагуулын мэдээ боловсруулах: Ландсат хиймэл дагуулын GeoTIFF өргөтгөл бүхий мэдээ татаж авч, багцалсан мэдээ (.zip, .rar)-г ашиглана. Мэдээг дүрс

боловсруулалт (SNAP эвсэл ENVI)-ын программ хангамж ашиглан нээж, боловсруулалт хийнэ.

3. Модис хиймэл дагуулын мэдээ боловсруулах: Модис хиймэл дагуулын мэдээ MOD13 төрлийн ургамлын нормчлогдсон ялгаврын индекс бүхий бүтээгдэхүүн (.hdf, .geotif)-ийг татаж авч ашиглана. Мэдээг дүрс боловсруулалт (SNAP эвсэл ENVI)-ын программ хангамж ашиглан нээж, боловсруулалт хийнэ.

Ургамлын нормчлогдсон ялгаврын индекс (NDVI) нь ургамлын индексийн хувьд анхдагч болон суурь индекс бөгөөд олон жилийн турш хангалттай туршигдсан, ургамлыг хөрснөөс ялгах төрлийн индексээс бусад төрлийн ургамлын индексийг гаргаж авахад суурь болон ашиглагддаг.

Анхдагч засал хийсэн дүрс мэдээнд ургамлын нормчлогдсон ялгаврын индекс (NDVI)-ийг тодорхойлно. Бусад төрлийн ургамлын индекс ашиглах боломжтой (Bayaragaа ба бусад, 2021).

$$\text{Ургамлын нормчлогдсон ялгаврын индекс } NDVI = \frac{(\text{Ойрын нэл улаан } NIR - \text{Улаан } Red)}{(\text{Ойрын нэл улаан } NIR + \text{Улаан } Red)} \quad (1)$$

Эх сурвалж: Krieglger ба бусад, 1969; Rouse ба бусад, 1974.

7.3.3. Спектрийн дүн шинжилгээ хийх.

Хээрийн хэмжилт судалгааны үр дүнг нэгтгэн дүгнэх, хоорондын хамаарал зүй тогтлыг таньж тайлах, харьцуулан уялдуулсан анализ дүн шинжилгээ хийнэ. Спектрорадиометрийн хэмжилтийн диаграммаас цахилгаан соронзон долгионы муж тус бүрд өгч буй спектрийн ойлтод тулгуурлан тухайн ургамлын ногоорол, чийгийн агууламж, биомассын хэмжээг тодорхойлоход ургамлын нормчлогдсон ялгаврын индекс (NDVI)-ийг ашиглана.

НАЙМ.БЭЛЧЭЭРИЙН ДААЦ, ДААЦЫН ҮНЭЛГЭЭ ХИЙХ

8.1.Бэлчээрийн ургамлын биомасс тооцоолох загвар үүсгэх

8.1.1.Бэлчээрийн биомассыг тооцох

Бэлчээрийн биомассыг спектрорадиометрийн хэмжилтийн мэдээ, хиймэл дагуулын мэдээ ашиглан тооцоолохдоо биомассыг хэмжсэн хуурай жинг суурь мэдээлэл болгон авах бөгөөд тухайн хэмжилтийн цэг тус бүрд харгалзах (хээрийн хэмжилт хийсэн хугацааны мэдээ) спектрийн хэмжилт, хиймэл дагуулын мэдээнээс (доктор Б.Батбилэг ба бусад, 2021) тус тус тооцоолсон NDVI (бусад төрлийн ургамлын индекс ашиглах боломжтой) утгыг харгалзуулан шугаман регрессийн шинжилгээ болон бусад төрлийн (шугаман бус, жишээлбэл экспоненциал) шинжилгээний аргаар ургамлын биомасс тооцоолох загварыг гаргадаг. Биомассыг тооцоолох загвараа ашиглан ургамлын биомассыг хиймэл дагуулын мэдээнээс гаргана.

Бэлчээрийн ургамлын индексийг тодорхойлсны дараа бэлчээрийн ургамлын биомассыг улс, бүс, аймаг, сумаар тооцож гаргана. Бэлчээрийн биомассыг тооцохдоо байгалийн бүс, бүслүүрээр дараах загварыг ашиглан тооцох ба биомассын тооцоолох загварыг хэрэглэхдээ "Байгалийн бүсчлэлд хамрагдах сумдын нэрийн жагсаалт батлах тухай" Засгийн газрын 2006 оны 4 дүгээр сарын 5-ний өдрийн 71 тоот тогтоолыг баримтална.

Биомассыг тооцоолох загварыг спекторрадиометрийн нэмэлт хэмжилтийн өгөгдлийг ашиглан сайжруулах боломжтой (Хүснэгт 5).

Хүснэгт 5. Бэлчээрийн биомасс тооцох загвар

№	Байгалийн бүс, бүслүүр	Бэлчээрийн биомасс, г/м ²
1	Өндөр уулын бүслүүр	Биомасс=388.43×NDVI ² - 176.42×NDVI + 43.054
2	Уулын ойт хээрийн бүс	Биомасс=16.559 × e ^{^(3.0014 × NDVI)}
3	Хээрийн бүс	Биомасс=19.535 × e ^{^(3.0232 × NDVI)}
4	Цөлийн хээрийн бүс	Биомасс=137.1× NDVI +9.2753
5	Цөлийн бүс	Биомасс=336.75 × e ^{^(-19.34 × NDVI)}

Тайлбар: e нь иррационал тоо, ойролцоогоор 2.72 утгатай. e нь бүх тасралтгүй өсөн нэмэгдэж буй процессуудын хуваалцсан өсөлтийн суурь хүрд юм.

Эх сурвалж:

- Өндөр уулын бүслүүр, цөлийн хээрийн бүс, цөлийн бүсийн биомассыг тооцоолохдоо Газар зохион байгуулалт, Геодези, Зураг зүйн ерөнхий газар, Газарзүй, геоэкологийн хүрээлэнд хэрэгжсэн Шинжлэх ухаан, технологийн сангийн санхүүжилттэй “Зайнаас тандан судлалын олон төрлийн өгөгдлийн сан дээр тулгуурлан бэлчээрийн мониторинг хийх гол технологи судалгааг хөгжүүлэх” сэдэвт төслийн хамтарсан судалгааны багийн 2020-2021 оны хээрийн судалгааны спектрийн болон бэлчээрийн ургацын мэдээнд үндэслэн тооцсон болно.
- Хээрийн бүсийн биомассын загварыг боловсруулахдаа Хөдөө аж ахуй их сургууль болон Японы Хөдөө аж ахуйн олон улсын судалгааны төв (JIRCAS- Japan International Research Center for Agricultural Sciences)-ийн хамтарсан “The development of resilient agro-pastoral systems against the risk of extreme weather events in arid grasslands in Northeast Asia” сэдэвт төслийн хээрийн судалгаа болон үр дүнгийн загварыг ашигласан болно.
- Уулын ойт хээрийн бүсийн биомассын загварыг боловсруулахдаа Хөдөө аж ахуй их сургууль болон Японы Хөдөө аж ахуйн олон улсын судалгааны төв (JIRCAS- Japan International Research Center for Agricultural Sciences)-ийн хамтарсан “The development of resilient agro-pastoral systems against the risk of extreme weather events in arid grasslands in Northeast Asia” сэдэвт төслийн хээрийн судалгааны мэдээ болон доктор Б.Батбилэгийн “Зайнаас тандах аргаар бэлчээрийн биомассыг үнэлэх арга зүйн асуудалд” нэг сэдэвт бүтээлээс авч ашигласан болно.

8.2.Бэлчээрийн дундаж ургацыг тооцоолох

Бэлчээрийн биомассын зургаас тухайн бүс нутгийн бэлчээрийн талбайд дундаж ургацыг жинлэгдсэн дунджийн аргаар тодорхойлно.

8.2.1.Аль цаг хугацааны хиймэл дагуулын мэдээг үндэслэн биологийн ургацыг тооцохоос хамаарч дараах итгэлцүүрийг ашиглаж зуны дээд ургац руу шилжүүлнэ.

Хүснэгт 6. Бэлчээрийн биологийн ургацыг сарын дундаж ургацад шилжүүлэх итгэлцүүр

Байгалийн бүс бүслүүр		6 сар	7 сар	8 сар
Өндөр уулын бүслүүр		0.33	0.78	1.0
Уулын ойт хээрийн бүслүүр	Уулын хээр	0.41	0.81	1.0
	Нуга	0.37	0.77	1.0
Хээрийн бүс		0.37	0.77	1.0
Цөлийн хээрийн бүс		0.32	0.59	1.0
Цөлийн бүс		0.32	0.59	1.0

Эх сурвалж: Малын бэлчээрийн даац тооцох нэгдсэн аргачлал, 2019 он

8.2.2.Бэлчээрийн бодит ургацыг тодорхойлох. Бэлчээрийн биологийн дундаж ургацыг тухайн сумын байгалийн бүсчлэлээс хамааран дараах итгэлцүүрийг ашиглан бодит ургацад /малд идэгдэх ургац/ шилжүүлнэ.

Хүснэгт 7. Биологийн ургацыг бодит ургацад шилжүүлэн тооцох итгэлцүүр

Байгалийн бүс бүслүүр	Зун	Намар	Зун, намар	Өвөл	Хавар	Өвөл, хавар
Өндөр уулын бүслүүр	50%	60%	55%	55%	65%	60%
Уулын ойт хээрийн бүслүүр	50%	60%	55%	55%	65%	60%
Хээрийн бүс	60%	65%	62.5%	65%	70%	67.5%
Цөлийн хээрийн бүс	65%	70%	67.5%	65%	70%	67.5%
Цөлийн бүс	65%	70%	67.5%	65%	70%	67.5%

Эх сурвалж: Малын бэлчээрийн даац тооцох нэгдсэн аргачлал, 2019 он

8.2.3.Бэлчээрийн тэжээлийн нөөцийг тооцох - Тэжээлийн нөөцийг тооцохдоо бэлчээрийн талбайг бодит ургацаар үржүүлэн тооцно.

$$B_{тн} = T_{б} * Y_{бодит} \quad (2)$$

$B_{тн}$ – Тэжээлийн нөөц, ц; $T_{б}$ – Бэлчээрийн талбай, га;

$Y_{бодит}$ – Бодит ургац, ц

8.3.Бэлчээрийн даац

Бэлчээрийн даац гэдэг нь бэлчээрийн ургамлын өсөлт, хөгжилт, нөхөн сэргээлтэд сөрөг нөлөө үзүүлэхгүйгээр тодорхой хугацааны туршид 1 га бэлчээрт бэлчээж болох малын тоог хэлнэ.

8.3.1.Бэлчээрийн даац тооцох. Бэлчээрийн даацыг тооцохын тулд 1 хонь толгой малын өдөрт идэх өвсний хэмжээ болон мал бэлчээрлүүлэх хугацааг байгалийн бүс бүслүүр, улирлаас хамааран дараах үзүүлэлтийг ашиглан жилээр шилжүүлэн тооцно.

Хүснэгт 8. Улирлын үргэлжлэх хугацаа болон малын идэх өвсний хэмжээ

№	Байгалийн бүс бүслүүр	Мал бэлчээрлэх хугацаа, өдөр		1 хонь толгой малын өдөрт идэх өвсний хэмжээ, кг		1 хонь толгой малын жилд идэх өвсний хэмжээ, ц	
		Өвөл хаврын бэлчээр	Зун намрын бэлчээр	Өвөл хаврын бэлчээр	Зун намрын бэлчээр	Өвөл хаврын бэлчээр	Зун намрын бэлчээр
1	Өндөр уулын бүслүүр	200	165	1.4	1.6	2.8	2.64

2	Уулын ойт хээрийн бүслүүр	198	167	1.6	1.8	3.168	3.006
3	Хээрийн бүс	196	169	1.4	1.8	2.744	3.042
4	Цөлийн хээрийн бүс	178	187	1.1	1.5	1.958	2.805
5	Цөлийн бүс	154	211	1.1	1.5	1.694	3.165

Эх сурвалж: Малын бэлчээрийн даац тооцох нэгдсэн аргачлал, 2019 он

$$B_{\text{өх}} = \frac{B_{\text{тн}}}{(X+\Theta)} \quad (3); \quad B_{\text{зн}} = \frac{B_{\text{тн}}}{(X+\Theta)} \quad (4); \quad B_{\text{д}} = B_{\text{өх}} + B_{\text{зн}} \quad (5);$$

$B_{\text{өх}}$ – Өвөл, хаврын бэлчээрийн даац; $B_{\text{зн}}$ – Зун, намрын бэлчээрийн даац
 $B_{\text{д}}$ – Нийт бэлчээрийн даац; $U_{\text{бодит}}$ – Бэлчээрийн бодит ургац, ц/га
 X – Мал бэлчээрлэх хугацаа, өдөр;
 Θ – 1 хонь толгой малын бэлчээрээс өдөрт идэх өвсний хэмжээ, кг

8.4.Бэлчээрийн даацыг үнэлэх:

Бэлчээрийн даацыг үнэлэхдээ даац хэтрэлт гэсэн үзүүлэлтийг тооцох ба даац хэтрэлт гэдэг нь бэлчээрт байгаа малын тоо бэлчээрийн даацаас давсан байх утгыг хэлнэ.

Малын тоог хонь толгойд шилжүүлэх итгэлцүүрийг бэлчээрийн даацын үнэлгээ хийхэд ашиглана.

Хүснэгт 9. Төрөл бүрийн малыг хонь толгойд шилжүүлэх итгэлцүүр

Малын төрөл	Адуу	Тэмээ	Үхэр	Хонь	Ямаа
Итгэлцүүр	7	5	6	1	0.9

Эх сурвалж: Малын бэлчээрийн даац тооцох нэгдсэн аргачлал, 2019 он

$$D_x = \frac{M}{B_d} \quad (6)$$

D_x – Даац хэтрэлт, хувь; M – Малын тоо, хонь толгойгоор

ЕС. ТАЙЛАН БОЛОВСРУУЛАХ

9.1.Бэлчээрийн газрын мониторингийн цэгэн болон талбарын анхдагч мэдээнд боловсруулалт хийж, үр дүнгээр мэдээллийн сан үүсгэх

Мэдээллийн санг үүсгэхдээ "Бэлчээрийн газрын мониторингийн мэдээллийн сангийн загвар" (хавсралт 5)-ыг ашиглана. Мэдээллийн сан нь дараах мэдээнээс бүрдэнэ (Хүснэгт 10).

Хүснэгт 10. Мэдээллийн сангийн өгөгдөл, мэдээ

№	Төрөл	Өгөгдөл, мэдээ
1	Анхдагч өгөгдөл, мэдээ	Мониторингийн цэгүүдийн ургамлын бичиглэлийг дэс дугаарын дагуу нэгтгэсэн сканердсан файл (.pdf)
		Спектрометрийн хэмжилт хийсэн үр дүнгийн файл (.xlsx)
		Хэмжсэн цэг бүрийн орчны болон цэгийн дугаарын нэрээр хадгалсан фото зураг (.jpg)
		Ургамлын бичиглэл хийх цаг үеийн хиймэл дагуулын мэдээ
2		Бэлчээрийн мониторингийн цэгийн мэдээллийн сан (Ургамлын бичиглэл)

	Боловсруулалтын мэдээ	Спектрометрийн хэмжилт хийсэн цэгийн мэдээллийн сан
		Бэлчээрийн ургацын мэдээллийн сан
		Бэлчээрийн даацын мэдээллийн сан
3	Бүтээгдэхүүн	Бэлчээрийн ургацын зураг
		Бэлчээрийн даацын зураг

9.2.Бэлчээрийн газрын мониторингийн ажлын тайлан

Тайланг дор дурдсан агуулгын дагуу *Arial* фондоор үсгийн 12 pt хэмжээтэй, цаасны дээрээс 2 см, доороос 2 см, зүүн талаас 2.5 см, баруун талаас 1.5 см зайтай, мөр хоорондын зай 1.5 pt байхаар бичнэ.

Мэдээллийн эх сурвалжийг бичих ба иш татсан бол өгүүлбэрийн ард дөрвөлжин хаалтад ашигласан материалын дугаарыг бичнэ.

Тайлангийн гадна нүүр, дотоод товъёг болон CD-ний нүүрийг бичихдээ Газар зохион байгуулалт, геодези, зураг зүйн газрын даргын 2021 оны А/226 тоот тушаал буюу “Газар зохион байгуулалт, геодези, зураг зүйн төрийн архивын сан хөмрөгийг бүрдүүлэх, баримт хүлээн авах журам”-ыг баримтална.

Тайлангийн дотор нүүрэнд гүйцэтгэсэн ажлын нэр, гүйцэтгэгч зөвлөх багийн гишүүдийн нэр, гарын үсэг, захиалагчийг төлөөлж хяналт тавьсан мэргэжилтний нэр, гарын үсэг байна.

- Гадна нүүр (“Газар зохион байгуулалт, геодези, зураг зүйн төрийн архивын сан хөмрөгийг бүрдүүлэх, баримт хүлээн авах журам” -д заасны дагуу)
- Дотор нүүр
- Гарчиг
- Зураг, хүснэгт, графикийн жагсаалт
- Үндэслэл (ажил гүйцэтгэх үндэслэл, зорилго, зорилт, гүйцэтгэсэн хугацаа, ашигласан журам, заавар, аргачлалын жагсаалт, хамтран ажилласан байгууллага, хувь хүн, тэдний гүйцэтгэсэн үүрэг, хээрийн судалгааны маршрут, төлөвлөгөө, ашигласан техник, тоног төхөөрөмж)
- Мониторингийн арга зүй (ажлын үе шат бүрд хийсэн ажлын жагсаалт, хиймэл дагуулын зураг боловсруулсан арга зүй, спектрометрийн хэмжилт боловсруулсан арга зүй, бэлчээрийн ургац, даац тогтоосон арга зүй)
- Байгаль, нутаг дэвсгэрийн тухай мэдээлэл (газар зүйн байршил, газрын гадарга)-ийг эх сурвалжийн хамт бичнэ. 1:100000 байр зүйн зураг болон агаар-сансрын зураг, гадаргын өндөржилтийг зургаар харуулна. Зарим нэг ном сурах бичиг, судлаачийн бүтээлээс эшлэл авсан тохиолдолд уг өгүүлбэрийн ард нь хаалтад, бүтээл болон номын нэр, зохиогч, оныг дурдаж ашигласан материалын жагсаалтад оруулна.)
- Бэлчээр ашиглалтын одоогийн байдал. (Бэлчээр ашиглалтын төрөл, талбайн хэмжээ, байршлыг гаргах)
- Бэлчээрийн ургамалжилт (Бэлчээрийн ургамалжилтын ерөнхий төрхийг тодорхойлох ба өмнө хийсэн хянан баталгааны ажлын ургамалжилтын судалгаа, үр дүнг оруулан, бүсийн дундаж утгатай болон бусад судлаачдын бүтээлтэй харьцуулан дүгнэнэ.)

- Мониторингийн болон судалгааны цэгийн мэдээлэл (Цэгийн жагсаалт, солбицол, цэг дээр хийгдсэн ажилбар, цэг сонгосон үндэслэлийг цэг бүрээр тайлбарлах, цэгийн байршлыг сумын зурагт тоймоор харуулах, цэгийн бичиглэл, фото зураг, хэмжсэн цэгийн спектрийн утгыг оруулах. Харин бичиглэл, дүгнэлт зэргийг тайлангийн хавсралтад оруулна.)
- Бэлчээрийн биомасс (бэлчээрийн ургамлын нормчлогдсон ялгаврын индекс, бэлчээрийн ургац, дундаж ургац, зуны дээд ургацад шилжүүлсэн байдлыг зураг, хүснэгтээр оруулж тайлбарлах, бүсийн дундаж ургацын мэдээтэй харьцуулан бичих)
- Бэлчээрийн даац (сүүлийн жилээр малын тоо, төрөл, бэлчээр тэжээлийн нөөц, хүрэлцээ, бэлчээрийн даацыг хувиар болон малын тоогоор гаргана)
- Дүгнэлт (тайлангийн дүгнэлтэд ямар нутаг дэвсгэрийн хэмжээнд хэдэн га бэлчээрийн талбайд, ямар хугацаатай хэдэн сцен сансрын зурагт боловсруулалт хийн тогтоосон ургамлын нормчлогдсон ялгаврын индекс, биомассын дундаж утгыг товч тайлбарлан бичнэ. Бэлчээр тэжээлийн нөөц, бэлчээрийн даацын үр дүн, зөвлөмж бичнэ)
- Ашигласан материалын жагсаалт (цагаан толгойн үсгийн дарааллаар эх сурвалжийн нэр, он, хэвлэгдсэн газрын нэр, цахим эх үүсвэрийг бичнэ)
- Хавсралт (мониторингийн болон судалгааны цэгийн спектрометрийн хэмжилтийн нэгтгэсэн утга, хээрийн хэмжилтийн биомассын утга)

АРАВ. БАТАЛГААЖУУЛАЛТ

Бэлчээрийн газрын мониторингийн цэгт явуулсан ургамлан нөмрөгийн судалгааны ажиглалт, спектрийн хэмжилт болон ургамлын бичиглэлийн үр дүн, хиймэл дагуулын мэдээг боловсруулж, бэлчээрийн биомассыг гаргаж, бэлчээрийн даацыг тооцох бөгөөд бэлчээрийн газрын зохион байгуулалтын төлөвлөлт болон мал аж ахуйн бодлогын суурь мэдээллийг боловсруулна.

*“Зайнаас тандан судлалын аргаар бэлчээрийн газрын мониторинг
хийх аргачилсан заавар”-ын нэгдүгээр хавсралт*
Спектрометрийн хэмжилтийн үр дүнг хөтлөх хүснэгт

Мониторингийн цэгийн дугаар.....		
Спектрометрийн хэмжилтийн дугаар.....		
Газарзүйн солбицол:.....		
Спектрометрийн хэмжилтийн төрөл: а) холимог, б) индикатор ургамлын нэр:		
Зонхилох зүйлийн нэр болон эзлэх хувь:.....		
Биомасс:		
Спектрометрийн хэмжилт хийсэн өдөр, цаг, минут:		
Д/д	Цахилгаан соронзон долгионы урт, нм	Спектрийн ойлтын хэмжээ

“Зайнаас тандан судлалын аргаар бэлчээрийн газрын мониторинг хийх аргачилсан заавар”-ын хоёрдугаар хавсралт

Бэлчээрийн төлөв байдлын судалгааны хээрийн бичиглэлийн маягт

УРГАМЛЫН БИЧИГЛЭЛИЙН МАЯГТ
№ ...

Аймгийн нэр _____ Сумын нэр _____
 Мэргэжлийн байгууллагын нэр: _____
 Бичиглэл хийсэн хугацаа он сар өдөр
 Мониторингийн цэгийн дугаар: _____ Дээжийн дугаар № _____

Газар усны нэр _____ Хөрсний хэв шинж _____
 Газрын гадарга А. Зүг чиг _____ Налуу, град _____
 Б. Тэгш гадаргуу, гүдгэр, хотгор, хажуу, уулын орой, хяр _____
 Газар зүйн солбицол: N _____ E _____ H _____
 Төрлийн нэр _____
 Ерөнхий бүрхэц, % _____ Хог ургамал _____ Халцгай _____ Хад чулуу _____ Борог хэгд _____
 Сөөг _____ Хайрга _____ Элс _____ Бусад _____ Биомасс нойтон _____ Биомасс хуурай _____
 Ургацын дээж авсан талбай м.кв/см.кв, Зуншлага _____, Амьтны нөлөө _____

№	Ургамлын нэр	Бүрхэц, %	Өндөр, см	Хөгжлийн үе шат	Тайлбар
	Зүйлийн тоо 1м ² -д Д Аспект/микроценоз.....	100м ² -		үетэн%, буурцагтан%, уялж% алаг өвс.....% шарилж%, сонгинолог% Түрэгч ургамал..... %	

Талбайн төрх байдал (бичих)

Төрх байдлын төрлүүд	Бүрхэц, %	Тархалтын шинж	Хэмжээ /диаметр, өндөр, гүн/	Тайлбар

Нөлөөллийн үзүүлэлтүүд (бичих)

Мониторингийн цэгийн дугаар	Нөлөөллийн үзүүлэлтүүдийн зэрэг /хүчтэй, дунд, сул/							
	Автогени	Техногени	Хортон мэрэгч	Бохирдсон	Доройтсон	Элсний нүүлтэй	Усны эвдрэлд орсон	Гүү жалгатай

Хөрсний чийгийн хэмжилт: Хөрсний температур

Талхагдлын зэрэг: 1. Сул, 2. Дунд, 3. Хүчтэй

Биомасс авсан дээжийн дугаар:

Спектрометрийн хэмжилт: 1..... 2..... 3.....
 4..... 5..... 6.....

Спектрометрийн хэмжилт хийсэн өдөр, цаг, минут:

"Зайнаас тандан судлалын аргаар бэлчээрийн газрын мониторинг хийх аргачилсан заавар"-ын гуравдугаар хавсралт

Монгол орны зонхилох бэлчээрийн соргог төлөв байдлыг илэрхийлэгч ургамлын (эдификатор) жагсаалт

№	Бэлчээр, хадлангийн ангилал	Овог	Төрөл	Зүйл
1	Өндөр уулын бэлчээр-Ө	Улалж	Бушилз	<i>Kobresia Bellardii</i> (All.) Degl.-Беллардийн бушилз
2		Улалж	Улалж	<i>Carex pediformis</i> C.A.Mey.-Зогдор улалж, Бугын зогдор.
3		Үетэн	Дааган сүүл	<i>Koeleria altaica</i> (Domin) Kryl.-Алтайн дааган сүүл
4		Үетэн	Биелэг	<i>Poa attenuata</i> Trin.-Сунагар биелэг өвс
5		Үетэн	Ботууль	<i>Festuca ovina</i> L. - Хонин ботууль
6		Тарна	Тарна	<i>Polygonum viviparum</i> L.-Төллүүр тарна
7		Ноцоргоно	Батга	<i>Eriochloa pauciflora</i> (Ldb.) DC.-Цөөн цэцэгт батга
8	Өндөр уулын хоорондох нуга хөндийн бэлчээр-ӨХ	Улалж	Бушилз	<i>Kobresia humilis</i> (C.A. Mey.ex Trautv.) Serg.-Одой бушилз
9		Улалж	Улалж	<i>Carex obtusata</i> Lijebel.-Мохоодуу улалж
10		Улалж	Улалж	<i>Carex Korshinskyi</i> Kom.-Коржинскийн улалж
11		Буурцагтан	Ортүүз	<i>Oxytropis chionophylla</i> Schrenk.-Цасархүү ортүүз <i>Saussurea leucophylla</i> Shrenk.-Цагаалин навчит банздоо
12		Голгэсэртэн	<i>Saussurea leucophylla</i> (Artemisia L.)	<i>Saussurea leucophylla</i> Shrenk.-Цагаалин навчит банздоо
13	Дундаж өндөр болон нам, бэсрэг уулын бэлчээр	Үетэн	Биелэг	<i>Poa botryoides</i> Trin.-Цацаглаг биелэг өвс
14		Үетэн	Дааган сүүл	<i>Koeleria macrantha</i> (Ldb.) Schult.-Том цэцэгт дааган сүүл
15		Үетэн	Ботууль	<i>Festuca lenensis</i> Drob.-Лени ботууль
16		Үетэн	Хялгана	<i>Ptilagrostis Pelloitii</i> (Danguy) Grub.-Пеллитын шивэлз
17		Лууль	Тогторгоно	<i>Kochia prostrata</i> (L.) Schrad.-Дэлхээ тогторгоно
18		Баширтан	Дэвхэргэн цагаан	<i>Arenaria cappularis</i> Poir.-Хялгасан дэвхэргийн цагаан
19		Сарнай	Түмэн тана	<i>Chamaerhodos altaica</i> (Laxm.) Vge.-Алтайн түмэн тана
20		Шүхэртэн	Бэриш	<i>Vupleurum bicaule</i> Helm.-Хоёр ишт бэриш
21		Хаварсал	Далантовч	<i>Androsace incana</i> Lam.-Буурал далантовч
22		Уруул цэцэгтэн	Ганга	<i>Thymus dahuricus</i> - Дагуур ганга
23		Нам бэсрэг уулсын хоорондох нуга хөндийн бэлчээр-УХ	Үетэн	Согоовор
24	Үетэн		Эмзэг түрүүн	<i>Psathyrostachys juncea</i> (Fisch.) Nevski.-Гололждуу эмзэг түрүү
25	Үетэн		Биелэг	<i>Poa sibirica</i> Roshev.-Сибирь биелэг
26	Үетэн		Сүльхиаг	<i>Elymus Gmelinii</i> (Ldb.) Tzvel.-Г.мелинийн цагаан сүль
27	Үетэн	Сүльхиаг	<i>Elymus dahuricus</i> Turch ex Griseb.-Дагуур цагаан	
28	Тал хээрийн бэлчээр-Х	Үетэн	Хялгана	<i>Stipa sibirica</i> (L.) Lam.-Сибирь хялгана
29		Үетэн	Хялгана	<i>Stipa Krylovii</i> Roshev.-Крыловын хялгана
30		Үетэн	Хазаар өвс	<i>Cleistogenes squarrosa</i> (Trin.) Keng.-Дэрвээн хазаар өвс
31		Үетэн	Ерхөг	<i>Agropyron cristatum</i> (L.) P.B.-Саман ерхөг
32		Буурцагтан	Харгана	Жижиг навчит харгана (<i>Caraganamicrophylla</i> (Pall) Lam.)

33	Цөлийн хээрийн бэлчээр-ЦХ	Үетэн	Дэрс	<i>Achnatherum splendens</i> (Trin.) Nevski-Гялгар дэрс	
34		Үетэн	Хялгана	<i>Stipa glareosa</i> P. Smirn.-Сайрын хялгана	
35		Үетэн	Хялгана	<i>Stipa gobica</i> Roshev.-Говийн хялгана	
36		Сонгино	Сонгино	<i>Allium polyrrhizum</i> Turcz. ex Rgl.-Таана буюу баглагар сонгино	
37		Сонгино	Сонгино	<i>Allium mongolicum</i> Rgl.-Хөмөл	
38		Лууль	Тэсэг	<i>Eurotia ceratoides</i> (L.) C.A.Mey-Орог тэсэг	
39		Лууль	Бударгана	<i>Salsola passerina</i> Bge.-Бор бударгана	
40		Хотир	Хотир	<i>Zygophyllum xanthoxylon</i> (Bge.) Maxim.- Шар хотир	
41		Сүхай	Улаанбударгана	<i>Reaumuria soongorica</i> (Pall.) Maxim.-Зүүн гарын улаан бударгана	
42		Голгэсэртэн	Боролз	<i>Ajania acheleoides</i> (Turcz.) Poljak.-Төлөгчдүү боролз	
43		Голгэсэртэн	Шарилж	<i>Artemisia xerophytica</i> Krasch.-Хуурайсаг шарилж Цагаан шаваг	
44		Цөлийн бэлчээр-Ц	Зээргэнэ	Зээргэнэ	<i>Ephedra Przewalskii</i> Stapf.-Пржевальскийн зээргэнэ
45			Лууль	Бударгана	<i>Salsola arbuscula</i> Pall.-Модлог бударгана Цагаан мод
46	Лууль		Бударгана	<i>Salsola laricifolia</i> Turcz.ex Litv.-Шинэсэрхүү бударгана, Зарсагал	
47	Лууль		Баглуур	<i>Anabasis brevifolia</i> C.A.Mey.-Ахар навчит баглуур	
48	Лууль		Будраа	<i>Ijinia Regelii</i> (Bge.) Korov.-Регелийн будараа	
49	Лууль		Шар мод	<i>Sympegma Regelii</i> Bge.-Регелийн шар мод	
50	Хотир		Хармаг	<i>Nitraria sphaerocarpa</i> Maxim.-Арзгар урт хармаг	
51	Бүс дундын голын хөндий, нам хотосын нугын бэлчээр-Н	Үетэн	Арвай	<i>Hordeum brevisubulatum</i> (Trin.) Link.-Ахарсорт арвай	
52		Үетэн	Улаантолгой	<i>Agrostis mongolica</i> Roshev.-Монгол улаан толгой	
53		Үетэн	Биелэг	<i>Poa subfastigiata</i> Trin.-Дэргэр биелэг	
54		Үетэн	Биелэг	<i>Poa pratensis</i> L.-Нугын биелэг өвс	
55		Цахилдаг	Цахилдаг	<i>Iris lactea</i> Pall.-Цагаалин цахилдаг	
56		Холтсонцэцэг	Гэц	<i>Halerpestes salsuginosa</i> (Pall.ex Georgi) Greene-Марцны гэц	
57		Сарнай	Гичгэнэ	<i>Potentilla anserina</i> L.-Галуун гичгэнэ	
58		Сарнай	Сөд	<i>Sanguisorba officinalis</i> L.-Эмийн сөд	
59		Шүхэртэн	Гоньд	<i>Carum carvi</i> L.-Эгэл гоньд	
60		Голгэсэртэн	Багваахай	<i>Taraxacum officinale</i> Wigg.-Эмийн багваахай	



Монгол орны бэлчээрийн талхаг длын заагуур ургамлын жагсаалт

№	Бэлчээр, хадлангийн ангилал	Овог	Төрөл	Зүйл
1	Өндөр уулын бэлчээр-Ө	Холтсонцэцэг	Буржгар	<i>Thalictrum foetidum</i> L. - Үмхий буржгар
2		Сарнай	Хэрээн хошуу	<i>Sibbaldianthe adpressa</i> (Bge.) Juz. - Налчгар хэрээн хошуу
3		Хаварсал	Далантовч	<i>Androsace incana</i> Lam. - Буурал далан товч
4		Голгэсэртэн	Шарилж	<i>Artemisia frigida</i> Willd. - Агь
5	Өндөр уулын хоорондох нуга хөндийн бэлчээр-ӨХ	Үетэн	Сүльхиаг	<i>Elymus brachypodioides</i> (Nevski) Peschk. - Ахар шилбэт цагаан сүль
6		Тоонолжин цэцэгтэн	Хамбил	<i>Draba nemorosa</i> L. - Түжийн хамбил
7		Хаварсал	Далантовч	<i>Androsace septentrionalis</i> L. - Умардын далантовч
8		Сарнай	Гичгэнэ	<i>Potentilla conferta</i> Bge. - Бөөнөг гичгэнэ
9		Иршимб	Хувиланг	<i>Pedicularis compacta</i> Steph. ex Willd. - Нягт хувилгана
10		Уруул цэцэгтэн	Бивлэнцэр	<i>Schizonepeta multifida</i> (L.) Briq. - Хэрчлээст бивлэнцэр
11		Голгэсэртэн	Шарилж	<i>Artemisia dracunculus</i> L. - Ишгэн шарилж
12		Голгэсэртэн	Банздоо	<i>Saussurea Pricei</i> Simps. - Прайсын банздоо
13		Улалж	Улалж	<i>Carex duriuscula</i> C. A. Mey. - Ширэг улалж
14		Лууль	Алис	<i>Axyris prostrata</i> L. - Дэлхээ алис
15	Сарнай	Гичгэнэ	<i>Potentilla bifurca</i> L. - Илт гичгэнэ	
16	Сарнай	Гичгэнэ	<i>Potentilla acaulis</i> L. - Ишгүй гичгэнэ	
17	Иршимб	Гандбадраа	<i>Veronica incana</i> L. - Буурал гандбадраа	
18	Уруул цэцэгтэн	Шимэлдэг	<i>Dracocephalum foetidum</i> Bge. - Үмхий шимэлдэг	
19	Голгэсэртэн	Цагаан түрүүн	<i>Leontopodium Leontopodioides</i> (Willd.) Beauvd. - Эгэл цагаан түрүү	
20	Голгэсэртэн	Согсоолж	<i>Heteropappus hispidus</i> (Thunbg.) Less. - Арзrap согсоолж	
21	Голгэсэртэн	Шарилж	<i>Artemisia palustris</i> L. - Намгийн шарилж	
22	Голгэсэртэн	Шарилж	<i>Artemisia Sieversiana</i> Willd. - Сиверсийн шарилж	
23	Нам бэсрэг уулсын хоорондох нуга хөндийн бэлчээр-УХ	Улалж	Улалж	<i>Carex duriuscula</i> C. A. Mey. - Ширэг улалж
24		Үетэн	Түнг	<i>Elytrigia repens</i> (L.) Desv. ex Nevski. - Мөлхөө хиаг
25		Таван салаа	Таван салаа	<i>Plantago depressa</i> Willd. - Замын таван салаа
26		Голгэсэртэн	Шарилж	<i>Artemisia glauca</i> Pall. - Саарал шарилж
27		Голгэсэртэн	Шарилж	<i>Artemisia mongolica</i> Fisch. ex Nakai - Монгол шарилж
28	Тал хээрийн бэлчээр-Х	Тоонолжин цэцэгтэн	Цангуу	<i>Lepidium ruderale</i> L. - Хогийн цангуу
29		Голгэсэртэн	Шарилж	<i>Artemisia Adamsii</i> Bess. - Адамсын шарилж
30		Голгэсэртэн	Шарилж	<i>Artemisia pectinata</i> Pall. - Шүлхий шарилж
31	Цөлийн хээрийн бэлчээр-ЦХ	Үетэн	Хургалж	<i>Eragrostis minor</i> Host. - Бага хургалж
32		Үетэн	Бөөдий	<i>Aristida Heymannii</i> Rgl. - Гейманын бөөдий
33		Лууль	Манан хамхаг	<i>Bassia dasyphylla</i> (Fisch. et Mey.) Ktze. - Үслиг манан-хамхаг
34		Лууль	Хамхууг	<i>Corispermum mongolicum</i> Iljin - Монгол хамхуул
35		Лууль	Бударгана	<i>Salsola collina</i> Pall. - Толгодын бударгана
36		Лууль	Сээтэн	<i>Ceratocarpus arenarius</i> L. - Элсний сээтэн
37		Лууль	Бударгана	<i>Salsola pestifera</i> Nels. - Өргөст бударгана
38		Хотир	Үмхий өвс	<i>Peganum nigellastrum</i> Bge. - Харлаг үмхий өвс

39		Сэдэргэнэ	Сэдэргэнэ	<i>Convolvulus Ammanii</i> Desr. – Амманы сэдэргэнэ
40	Цөлийн бэлчээр-Ц	Үетэн	Оготнын сүүл	<i>Enneapogon borealis</i> (Griseb.) Honda. - Умардын огтонын сүүл
41		Хотир	Зангуу	<i>Tribulus terrestris</i> L. - Зэлэн буюу нохойн зангуу
42	Бүс дундын голын хөндий, нам хотосын нугын бэлчээр-Н	Үетэн	Зурман сүүл	<i>Puccinellia tenuiflora</i> (Griseb.) Scribn. et Merr. - Турьхан цэцэгт зурман сүүл
43		Тарна	Тарна	<i>Polygonum aviculare</i> L. - Шувуун тарна
44		Лууль	Лууль	<i>Chenopodium glaucum</i> L. - Хөх ногоон лууль
45		Лууль	Алис	<i>Axyris prostrata</i> L. - Дэлхээ алис
46		Лууль	Лууль	<i>Chenopodium prostratum</i> Vge. - Дэлхээ лууль
47		Лууль	Шорной	<i>Atriplex sibirica</i> L. - Сибирь шорной
48		Тоонолжин цэцэгтэн	Цангуу	<i>Lepidium densiflorum</i> Schrad. - Бөөн цэцэгт цангуу
49		Голгэсэртэн	Шарилж	<i>Artemisia Sieversiana</i> Willd. - Сиверсийн шарилж
50		Голгэсэртэн	Шарилж	<i>Artemisia leucophylla</i> (Turcz. ex Bess.) Turcz. - Цагаан навчит шарилж
51		Голгэсэртэн	Шарилж	<i>Artemisia macrocephala</i> Jacquet - Ээрэм шарилж
52	Голгэсэртэн	Банздоо	<i>Saussurea amara</i> DC. - Гашуун банздоо	

"Зайнаас тандан судлалын аргаар бэлчээрийн газрын мониторинг хийх аргачилсан заавар"-ын дөрөвдүгээр хавсралт

Спектрорадиометрийн хэмжилтийн үр дүнг тайлагнах маягтын загвар

Спектрорадиометрийн хураангуй		хэмжилтийн	Хээрийн бичиглэлийн үр дүн			
Спектрийн муж, нанометр	Спектрийн ойлт		Аймаг, сумын нэр Бичиглэл хийсэн хугацаа он сарөдөр			
Хөх: 490			Мониторингийн цэгийн дугаар:			
Ногоон: 560			Газрын гадарга А. Зүг чиг.....Налуу, градус.....			
Улаан: 665			Б. Тэгш гадаргуу, гүдгэр, хотгор, хажуу, уулын орой хяр			
Ургамлын улааны хязгаар: 705			Газар зүйн солбицол: N..... E			
Ургамлын улааны хязгаар: 740			Н.....			
Ургамлын улааны хязгаар: 783			Ургацын дээж авсан талбай			
Ойрын нэл улаан: 842		м.кв/см.кв			
Ургамлын улааны хязгаар: 864			Хөрсний чийгийн хэмжилт:..... Биомасс: Нойтон жин..... Хуурай жин.....			
Богино долгионы нэл улаан: 1610			Ургамлын зонхилох зүйл	Бүрх эц, %	Өнд өр, см	Хөгжлийн үе шат
Богино долгионы нэл улаан: 2190			Зонхилох зүйл нэр			
Хэмжилт хийх үеийн цаг агаарын нөхцөл:			Зонхилох зүйл нэр			
			Зонхилох зүйл нэр			
Хэмжилтийн давталтын тоо:			Халцгай газар	Бүрх эц, %	Халцгай газрын шинж байдал	
Хэмжилт хийсэн талбайн фото зураг			Орчны нөхцөлийг харуулсан фото зураг			
						
Ургамлын нормчлогдсон ялгаврын индекс (NDVI) ашигласан спектрийн хэмжилтээс бодолт хийсэн үр дүн						
Ургамлын нормчлогдсон ялгаврын индекс $NDVI = \frac{(\text{Ойрын нэл улаан} - \text{Улаан})}{(\text{Ойрын нэл улаан} + \text{Улаан})} = \frac{(842 \text{ нм ойлт} - 665 \text{ нм ойлт})}{(842 \text{ нм ойлт} + 665 \text{ нм ойлт})}$						
Спектрорадиометрийн хэмжилтийн диаграмм						



*"Зайнаас тандан судлалын аргаар бэлчээрийн
газрын мониторинг хийх аргачилсан заавар"-ын
тавдугаар хавсралт*

"Зайнаас тандан судлалын аргаар бэлчээрийн газрын
мониторинг хийх аргачилсан заавар"-ын мэдээллийн сан байгуулах загвар

Хүснэгт 1. Бэлчээрийн мониторингийн мэдээллийн сангийн орон зайн бүтэц дизайн

№	Давхаргын нэр	Дүрслэх хэлбэр	Монгол нэр	Тодорхойлогч
1	belch_veg_point	Цэгэн	Бэлчээрийн мониторингийн цэг	Мониторингийн цэгийн дугаар
2	spec_point	Цэгэн	Спектрийн хэмжилт	Мониторингийн цэгийн дугаар
3	belch_tseg,	Цэгэн	Бэлчээрийн мониторингийн цэг	Мониторингийн цэгийн дугаар
4	Belch_parcel	Полигон	Бэлчээрийн нэгж талбар	Бэлчээрийн нэгж талбарын дугаар
5	Ajig_talbar	Полигон	Ажиглалтын талбар	Ажиглалтын талбарын дугаар
6	Belch_yield	Цэгэн	Бэлчээрийн ургац	Мониторингийн цэгийн дугаар
7	Belch_yield	Полигон	Бэлчээрийн ургац	Ажиглалтын талбарын дугаар
8	Belch_yield	Полигон	Бэлчээрийн ургац	Сумын кодоор
9	Belch_yield	Растер	Бэлчээрийн ургац	Ангиллын кодоор
10	Belch_pas	Полигон	Бэлчээрийн даац	Сумын кодоор
11	Belch_daats_het	Полигон	Бэлчээрийн даацын хэтрэлт	Сумын кодоор
12	Pas_deg	Полигон	Талхагдлын заагуур ургамлын	Тархалтын нэгж талбарын дугаар
13	Pas_deg	Растер	Бэлчээрийн ургац	Ангиллын кодоор
14	Pas_ch	Полигон	Бэлчээрийн төлөв байдал	Бэлчээрийн нөлөөллийн кодоор

Хүснэгт 2. Бэлчээрийн газрын мониторингийн мэдээллийн сан байгуулах загвар
(ургамлын бичиглэл)

Coverage name, type	Field				Тайлбар	
	Name	Type	Width	Decimal		
belch_veg_point (Бэлчээрийн мониторингийн цэг)	Ургамалжилт-point	au1	short Integer	3		Аймаг, нийслэлийн код (11 гм)
		au2	short Integer	5		Сум, дүүргийн код (1101 гм)
		au1_name	text	25		Аймаг, нийслэлийн нэр
		au2_name	text	25		Сум, дүүргийн нэр
		mo_talbar	text	50		Мониторингийн цэгийн дугаар (854611001.....гм)
		moni_point	text	50		Мониторингийн ургамлын цэг- B854611001001
		sample	text	50		Дээжийн дугаар
		land_name	text	50		Газар усны нэр
		lat	text	50		У-координат
		long	text	50		Х-координат
		height	short Integer	5		Өндөр
		land_type	text	50		Газрын гадарга (Зүг чиг, налуу, тэгш гадаргуу, гүдгэр, хотгор, хажуу, уулын орой хяр гэх мэт)
		soil_type	text	50		Хөрсний хэв шинж
		veg_type	text	50		Ургамлын төрлийн нэр
		per_veg1	double	5	1	Тусгаг бүрхцийн хэмжээ, % /1м ² /
		weed	double	5	1	Хог ургамал, %
		bare	double	5	1	Халцгай, %
		rock	double	5	1	Хад чулуу, %
		dead	double	5	1	Борог хагд, %
		shrub	double	5	1	Сөөг, %
		khairga	double	5	1	Хайрга, %
		sand	double	5	1	Элс, %
		other	double	5	1	Бусад, %
		urgats_noi	double	6	2	Ургац хуурай
		urgats_huu	double	6	2	Ургац нойтон
		field	double	5	1	Ургацын дээж авсан талбай, м.кв/см.кв
		zunshlaga	text	25		Зуншлага
		grazing	text	25		Амьтны нөлөө
		asp_mic	text	30		Аспект/микроценоз
		zuil_burel	short integer	5		Зүйлийн бүрэлдэхүүний тоо /1м ² /
		zuil_burel100	short integer	5		Зүйлийн бүрэлдэхүүний тоо /100м ² /
		ueten	double	5	1	Үетэн, %
		buurtsagt	double	5	1	Буурцагтан, %
		ulalj	double	5	1	Улалж, %
		alag_uvs	double	5	1	Алаг өвс, %
		sharilj	double	5	1	Шарилж, %
		songinolog	double	5	1	Сонгинолог, %
		suug	double	5	1	Сөөг, %
		invasive	text	250		Олшрогч-түрэгч ургамлын нэр (хамгийн их арвитай ургамал)
		arvi	text	10		Арви /1м ² / Зонхилогч ургамал (1-5)
per_deg	double	5	1	Талхагдлын заагуур ургамлын тусгаг бүрхэц, %		
main_type	text	50		Төрх байдлын төрлүүд		
main_cov	double	5	1	Бүрхэц, %		

	main_pr	text	30		Тархалтын шинж
	main_sz	double	6	2	Хэмжээ (Диаметр, өндөр, гүн)
	auto	text	10		Автогени (нөлөөллийн үзүүлэлтүүдийн зэргийг бичихдээ хүчтэй, дунд, сул гэж бичнэ.)
	techno	text	10		Техногени
	rod	text	10		Хортон мэрэгч
	poll	text	10		Бохирдсон
	deg	text	10		Доройтсон
	sand_mov	text	10		Элсний нүүлттэй
	eros	text	10		Усны эвдрэлд орсон
	gulch	text	10		Гуу жалгатай
	soil_mo	double	5	1	Хөрсний чийгийн хэмжилт
	soil_temp	double	5	1	Хөрсний температур
deg_rate	text	10		1-Сул, 2-Дунд, 3- Хүчтэй	
sam_bio	text	50		Биомасс авсан дээжийн дугаар	
spec_num	text	50		Спектрометрийн хэмжилтийн дугаар	
spec_date	date			Спектрометрийн хэмжилт хийсэн хугацаа	
sp_name	text	250		Ургамлын бичиглэл хийсэн судлаачийн нэр	
company	text	250		Гүйцэтгэсэн мэргэжлийн байгууллага	
date	date			Судалгаа хийгдсэн цаг хугацаа (Он, сар, өдөр)	

Хүснэгт 3. Бэлчээрийн газрын мониторингийн мэдээллийн сан байгуулах загвар
(Спектрометрийн хэмжилт)

Coverage name	Field				Тайлбар	
	Name	Type	Width	Decimal		
spec_point (Бэлчээрийн мониторингийн цэг)	Спектрометр-point	au1	short integer	3		Аймаг, нийслэлийн код (11 гм)
		au2	short integer	5		Сум, дүүргийн код (1101 гм)
		au1_name	text	25		Аймаг, нийслэлийн нэр
		au2_name	text	25		Сум, дүүргийн нэр
		mo_talbar	text	50		Мониторингийн цэгийн дугаар (854611001.....гм)
		spec_num	text	50		Спектрометрийн хэмжилтийн дугаар
		lat	text	50		У-координат
		long	text	50		Х-координат
		spec_type	text	30		Спектрометрийн хэмжилтийн төрөл (а) холимог, б) индикатор ургамлын нэр)
		veg_type	text	50		Зонхилох зүйлийн нэр
		veg_cov	double	5	1	Зонхилох зүйлийн эзлэх хувь
		Bio_field	double	6	2	Биомасс, грамм
		spec_date	date			Спектрометрийн хэмжилт хийсэн хугацаа
		wave_len	short integer	5		Цахилгаан соронзон долгионы урт, нанометр
spec_ref	double	12	8	Спектрийн ойлтын хэмжээ		

Хүснэгт 4. Бэлчээрийн газрын мониторингийн мэдээллийн сан байгуулах загвар (ерөнхий)

Coverage name	Field				Тайлбар
	Name	Type	Width	Decimal	
belch_tseg, (Бэлчээрийн мониторингийн цэг)	au1	short Integer	3		Аймаг, нийслэлийн код (011 гм)
	au2	short Integer	5		Сум, дүүргийн код (01101 гм)
	au1_name	text	25		Аймаг, нийслэлийн нэр
	au2_name	text	25		Сум, дүүргийн нэр
	veg_code	text	5		Ургамал, газарзүйн тойрог
	sur_code	text	5		Газрын гадарга
	lcode3	short Integer	5		ГНС-н ангиллын код /газар ашиглалтын төрөл/
	mo_talbar	text	50		Мониторингийн цэгийн дугаар 854611001.....гм (85 - аймгийн код, 46 - сумын код, 11 - ГНС-ийн ангиллын lcode2, 001-цэгийн дугаар)
	main_code	short Integer	5		Бэлчээрийн төлөв байдал код: (100-Цэвэр бэлчээр, 300-бага сөөгтэй, 301-дунд сөөгтэй, 302- их сөөгтэй, 200-бага чулуутай, 201-дунд чулуутай, 202-их чулуутай, 400-бага довонтой, 401-дунд довонтой, 402-их довонтой, 500-Элс, 600-хад асга, 700-мөнх цас, 800-мараа шал, 900-сайр)
	ppo_code	short Integer	5		Хөрсний элэгдэл эвдрэлийн код: Салхины элэгдэлд орсон-1, гуу жалгатай-2, усны эвдрэлтэй-3, бохирдолтой-4, элсний нүүлттэй-5
	pch_code	short Integer	5		Бэлчээрийн нөлөөллийн код: Бага талхлагдсан- 13, дунд талхлагдсан-1, их талхлагдсан -2, алслагдсан-3, худаг усгүй ашигладаггүй бэлчээр -4, элсний нүүлттэй-5, усны эвдрэлд орсон--6, гуу жалга гарсан-7, бохирдсон-8, хортон мэргэчидтэй-9, автогений нөлөөтэй-10, техногений нөлөөтэй -11, хорт ургамалтай-12

Хүснэгт 5. Бэлчээрийн ургацын мэдээллийн загвар

Coverage name, type	Field				Тайлбар	
	Name	Type	Width	Decimal		
Beich_yield	Бэлчээрийн ургац, polygon	au1_name	text	25		Аймаг, нийслэлийн нэр
		au2_name	text	25		Сум, дүүргийн нэр
		mo_talbar	text	50		Мониторингийн цэгийн дугаар (854611001.....гм)
		veg_index	text	50		Бэлчээр, хадлангийн ангиллын зураг дээрх индекс (236, 165, 71+61a гм)
		veg_name	text	300		Бэлчээрийн төрлийн нэр
		max_urgats	double	6	2	Зуны дээд ургац, цн/га
		sa_urgats	double	6	2	Зун-намрын ургац, цн/га
		ws_urgats	double	6	2	Өвөл-хаврын ургац, цн/га
	avg_urgats	double	6	2	Жилийн дундаж, цн/га	

Хүснэгт 6. Бэлчээрийн чадавх

Coverage name, type	Field				Тайлбар	
	Name	Type	Width	Decimal		
Beich_pas	Бэлчээрийн чадавх, polygon	au1_name	text	25		Аймаг, нийслэлийн нэр
		au2_name	text	25		Сум, дүүргийн нэр
		mo_talbar	text	50		Мониторингийн цэгийн дугаар (854611001.....гм)
		veg_index	text	50		Бэлчээр, хадлангийн ангиллын зураг дээрх индекс (236, 165, 71+61a гм)
		veg_name	text	300		Бэлчээрийн төрлийн нэр
		ga_urgats	double	6	2	1 га-гийн ургац, цн/га
		ga_stock	double	6	2	Үндсэн үзүүлэлт 1 га бэлчээрт байх мал хонин толгой
		pas_cap	double	6	2	Бэлчээрийн чадавх хонин толгой

АРВАН НЭГ. АШИГЛАСАН МАТЕРИАЛ

1. Амарсайхан, Д., Ганзориг, М., Саандарь, М., & Адьяасүрэн, Ц. (2006). Зайнаас тандах судлал, газарзүйн мэдээллийн системийн зарчмууд. Улаанбаатар.
2. "Байгалийн бүсчлэлд хамрагдах сүмдын нэрийн жагсаалт батлах тухай" ЗГ-ын 2006 оны 4 дүгээр сарын 5-ний өдрийн 71 тоот тогтоолын хавсралт 2
3. Батбилэг, Б. (2021). "Зайнаас тандах аргаар бэлчээрийн биомассыг үнэлэх аргагүйн асуудалд" докторын зэрэг горилсон бүтээл. МУИС
4. Bayaraa, B., Hirano, A., Purevtseren, M., Vandansambu, B., Damdin, B., & Natsagdorj, E. (2021). Applicability of different vegetation indices for pasture biomass estimation in the North-Central region of Mongolia. Geocarto International, 1-16.
5. "Малын бэлчээрийн даац тооцох нэгдсэн аргачлал" Үндэсний Статистикийн хорооны дарга, ХХААХҮ-ийн сайд, БОАЖ-ын сайдын 2019 оны 8 сарын 5-ний өдрийн А/113, А-250, 4/422 дугаар хамтарсан тушаал
6. Мягмарцэрэн, П., & Мягмаржав, И. (2005). Газрын төлөв байдлын мониторинг. Улаанбаатар: "Мөнхийн үсэг" ХХК.
7. Үндэсний статистикийн хороо, Хүнс, хөдөө аж ахуй, хөнгөн үйлдвэрийн яам, Байгаль орчин аялал жуулчлалын яамны сайдын хамтарсан тушаалаар батлагдсан "Малын бэлчээрийн даац тооцох нэгдсэн аргачлал" 2019 он.
8. GrassRisk project, 2016. Хөдөө аж ахуй их сургууль болон Японы Хөдөө аж ахуйн олон улсын судалгааны төв (JIRCAS- Japan International Research Center for Agricultural Sciences)-ийн хамтарсан "The development of resilient agro-pastoral systems against the risk of extreme weather events in arid grasslands in Northeast Asia" сэдэвт төсөл, Улаанбаатар.
9. Rouse, J.W., Haas, R.H., Scheel, J.A., and Deering, D.W. (1974) 'Monitoring Vegetation Systems in the Great Plains with ERTS.' Proceedings, 3rd Earth Resource Technology Satellite (ERTS) Symposium, vol. 1, p. 48-62.
10. Krieglner, F.J., Malila, W.A., Nalepka, R.F., and Richardson, W. (1969) 'Preprocessing transformations and their effects on multispectral recognition.' Proceedings of the Sixth International Symposium on Remote Sensing of Environment, p. 97-131.

-----ooOoo-----

2 ХОЁРДУГААР БҮЛЭГ. ЗАЙНААС ТАНДАН СУДЛАЛЫН ТЕХНОЛОГИЙГ АШИГЛАН БЭЛЧЭЭРИЙН ГАЗРЫН МОНИТОРИНГ ХИЙХ ЗӨВЛӨМЖ

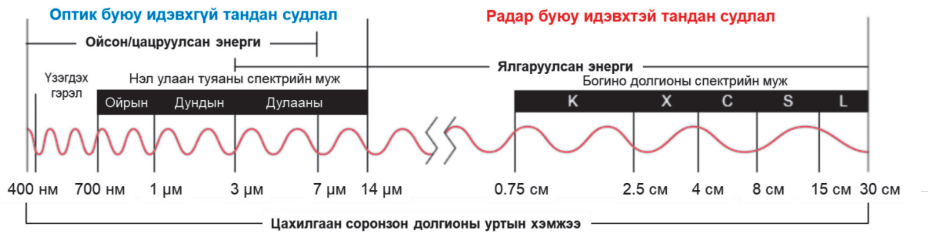
Нэг. Тандан судлалын тулгуур ойлголтууд

Зайнаас тандан судлал нь алсын зайнаас (алслагдсан) дэлхийн гадаргуу дээрх байгалийн үйл явц болон хүний үйл ажиллагаагаар үүссэн аливаа объектуудын бүртгэх, ажиглах, хэмжих үйл ажиллагаа бөгөөд цахилгаан соронзон долгионыг мэдээлэл зөөгч болгон ашигладаг. Өөрөөр хэлбэл зайнаас тандан судлал нь агаарын (жишээ нь нисэгчгүй нисэх төхөөрөмж, нисэх онгоц, бөмбөлөг) эсвэл сансрын (жишээ нь хиймэл дагуул, сансрын хөлөг) хөлөгт байрлуулсан тавцанд бэхэлсэн цахилгаан соронзон долгионы спектрийн хэмжилт бүхий мэдрэгч төхөөрөмжийг ашиглан дэлхийн гадаргуу болон агаар мандлаас ойсон, цацруулсан болон сарниулсан цахилгаан соронзон долгионыг (энергийг) хэмжих, бүртгэх замаар аливаа объектын шинж чанар, үйл явц, хэлбэр хэмжээний мэдээллийг олж авах шинжлэх ухаан, технологи юм (Амарсайхан ба бусад, 2014). Зайнаас тандан судлах систем нь ерөнхийдөө цахилгаан соронзон долгионы эх үүсвэр, энэ долгион нь агаар мандал болон дэлхийн гадарга дээрх объектод харилцан үйлчлэлцэх, ойх эсвэл ялгарах энергийн (долгионы) хэмжээг бүртгэх мэдрэгч (sensor) гэсэн бүрэлдэхүүн хэсгээс бүрдэнэ (De Jong ба бусад, 2008). 2014 онд хэвлэгдсэн Д.Амарсайхан, Ц.Адьяасүрэн, М.Саандарь нарын "Зайнаас тандан судлал, газарзүйн мэдээллийн системийг байгалийн нөөцийн менежментэд ашиглах нь" сэдэвт бүтээлээс зайнаас тандан судлалын тулгуур ойлголтын тухай дэлгэрэнгүй уншиж судлах боломжтой.

Цахилгаан соронзон долгионы (спектрийн) уртыг оптик (~0.4-14μm) ба богино долгион (~1mm-1m) гэсэн хоёр мужид хувааж болно (Зураг 3). Оптик мэдрэгч нь ихэвчлэн үзэгдэх гэрлийн (хөх, ногоон, улаан), ойрын болон дунд нэл улаан туяа, дулааны нэл улаан туяаны мужид ойсон цацрагийн хэмжээг бүртгэдэг. Цахилгаан соронзон долгионы спектрийн богино долгионы мужид багахан хэсгийг (0.75-аас 30 см хүртэлх долгионы урт) радарын тандан судлах технологид ашигладаг (Зураг 3). Оптик болон радарын (богино долгионы) тандан судлал нь тус бүр өөрийн гэсэн мэдрэгч төхөөрөмж, технологийг хэрэглэхээс гадна хэрэглээний түвшин харилцан адилгүй байдаг (Turner ба бусад, 2003).

Цахилгаан соронзон энергийн (долгионы) гол эх үүсвэр нь нар бөгөөд нарны цацраг дэлхийн гадарга дээрх байгалийн болон хүний үйл ажиллагаагаар үүссэн объектуудад тусан, харилцан үйлчилж түүнд байгаа мэдээллийг агуулсан ойсон нарны цацраг (цахилгаан соронзон долгион) эсвэл дэлхийгээс ялгарах дулааныг хэмждэг. Мөн хиймэл энергийн эх үүсвэрүүд ч бас байдаг. Энэ энергийн эх үүсвэрээс хамаарч тандан судлалыг ерөнхийд нь идэвхтэй (радар), идэвхгүй (оптик) гэж хоёр төрөлд ангилж үзэхээс гадна хэрэглээний хамрах хүрээгээр (1) хиймэл дагуулын тандан судлал (хиймэл дагуулын платформ), (2) орто зураг ба фотограмметр (үзэгдэх гэрлийг спектрийн муж ашиглан орто зураг авах), (3) дулааны тандан судлал (дулааны спектрийн нэл улаан туяа ашиглан хэмжилт, зураглал хийх), (4) радарын тандан судлал (богино долгион ашиглан хэмжилт, зураглал хийх), (5) LiDAR тандан судлал (лазерын долгион ашиглан хэмжилт, зураглал хийх) гэх зэргээр ангилж, хувааж болно.

Идэвхгүй тандан судлалын систем нь ихэнхдээ цахилгаан соронзон долгионы спектрийн үзэгдэх гэрлээс нэл улаан туяаны мужид хамаарах камер эсвэл мэдрэгч төхөөрөмж ашиглан нарнаас ирэх цахилгаан соронзон долгион дэлхий гадаргуу дээр тусаж, түүнээс ойсон цацраг эсвэл дэлхийгээс ялгарах энергийг бүртгэдэг. Харин идэвхтэй буюу радарын төрлийн тандан судлалын системүүд нь тодорхой үүсгүүрээс цахилгаан соронзон (богино долгионы спектрийн муж) долгионыг илгээж, дэлхийн гадаргуугаас буцаж ойсон энергийг бүртгэдэг (De Jong ба бусад, 2008; Turner ба бусад 2003). Тандан судлах систем нь дэлхийн гадаргуугаас ойсон болон ялгарсан энергийн аль алиныг нь илрүүлж бүртгэж чаддаг.



Зураг 3. Цахилгаан соронзон долгионы спектрийн хуваарь (Turner ба бусад 2003).

Газрын гадаргуу дээрх аливаа биетийн шинж чанар цахилгаан соронзон долгионы өөр өөр мужид харилцан адилгүй энергийг ойлгох, шингээх, дамжуулах хэлбэрээр илэрдэг байна. Биет юмсын энэхүү чухал шинж чанар нь тэдгээрийн янз бүрийн шинж чанарыг тодорхойлж, тэдгээрийг спектрийн шинж тэмдгээр (спектрийн муруй) ялгах боломжийг олгодог. Тухайлбал ус, хөрс, ногоон ургамал харилцан ялгаатай спектрийн шинжийг үзүүлдэг төдийгүй энэ шинж чанарыг ашиглан хиймэл дагуулын мэдээнээс таньж тайлах боломжийг олгодог. Оптикийн тандан судлалын хувьд спектрийн муруй, нормчлогдсон ялгаврын индекс зэргийг ашиглан ургамлын шинж чанарыг таних, тайлах, судлах арга зүй нэлээд түгээмэл байдаг. Тандан судлалын хэрэглээ, туршигдсан индекс, загварчлалын арга зүй, технологи нь ургамал судлалын салбарт өргөн хэрэглэгдсээр байна.

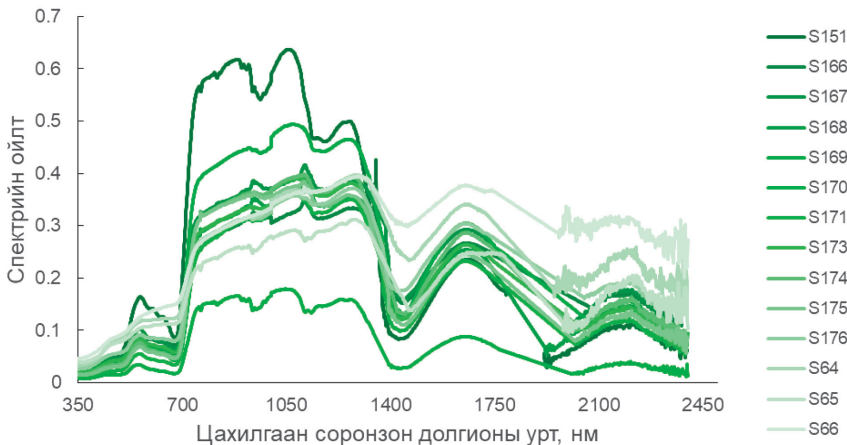


Зураг 4. Ногоон ургамлын спектрийн муруй.

Газрын бүрхэвчийн өөрчлөлт, ургамлын зүйлийн тархалт, ландшафтын хэв шинж зэрэг зураглалын судалгаанууд түгээмэл байхаас гадна навчны талбайн индекс (LAI: leaf area index), цэвэр анхдагч бүтээгдэхүүн (NPP: net primary production), биомасс зэрэг ургамлын биофизикийн шинж чанарыг тооцоолох индексүүд болон загварчлалуудыг боловсруулан түгээмэл ашиглаж байна (Wulder ба бусад, 2004). Эдгээр тооцооллууд, загварчлалын ихэнх нь ургамлын нормчлогдсон ялгаврын индекс (NDVI: Normalized Difference Vegetation Index) гэх спектрийн индекс дээр суурилсан байдаг. Мөн ургамлын зүйлийн бүрэлдэхүүн, зүйлийн тархалтыг тодорхойлох нь ургамлын төрөл зүйлийн янз бүрийн спектрийн шинж чанарыг үндэс болгодог. Ургамлын фотосинтезийн пигментүүд, эсийн бүтэц, усны агууламж нь цахилгаан соронзон долгионы урт дахь спектрийн оптик цацрагийн шингээлт, ойлтоор тодорхойлдог (Зураг 4).

Ногоон ургамлын фотосинтезийн пигментүүд нь үзэгдэх гэрлийн муж (0.4-0.7 μm)-д спектрийн хүчтэй шингээлтийг үзүүлдэг. Үзэгдэх гэрлийн ногоон спектрийн муж дахь ойлтын оргил үе нь хлорофиллийн нэг хэлбэрийг илтгэж байна. Ойрын нэл улаан туяаны мужид (NIR, 0.7-1.1 μm) хязгаарлагдмал биохимийн шингээлт, спектрийн өндөр ойлтыг үзүүлж байна (Зураг 4). Ургамлын зүйлийн бүрдэл бүр өөр өөрийн гэсэн онцлог бүхий эсийн дотоод бүтэцтэй байдаг ба спектрийн энэ өндөр ойлт нь ургамлын эсийн дотоод бүтцээс ихээхэн шалтгаалах бөгөөд спектрийн долгион нь эсийн хана, агаар, усны орон зайн хаана хүрснээс хамаарч харилцан адилгүй ойлтыг үзүүлдэг (Ustin ба бусад, 2004). Ойрын нэл улаан туяаны муж нь ургамлын стресс, ургамлан бүрхэвчийг таньж тайлах боломжтой хэдий ч ургамлын төрөл зүйлийг ялган тодорхойлоход хэцүү хэвээр байна (Govender ба бусад, 2007).

Ургамлын спекторрадиометрийн хэмжилтийн үр дүн



Зураг 5. Монгол орны ойт хээрийн бүсэд хэмжсэн бэлчээрийн ургамлын спектрийн муруйнууд.

Богино долгионы нэл улаан туяаны спектрийн муж (1.1-2.5 μm) нь мөн өндөр ойлт, бага шингээлт: тухайлбал усны агууламж 1.4 ба 1.9 μm гэсэн хоёр зурваст бага шингээлтийг үзүүлсэн байна (Зураг 5). Ойн ургамлыг судлахад богино долгионы нэл улаан туяаны спектрийн муж онцгой ач холбогдолтой. Энэхүү ургамлын спектрийн шинж чанарыг ашиглан хээрийн болон лабораторийн нөхцөлд хэмжсэн спекторрадиометрийн хэмжилтийн үр дүнтэй харьцуулж, төрөл зүйлийг шинж чанар, стресс, усны агууламж зэргийг тодорхойлж болно (Turner ба бусад, 2003).

Зураг 5-д үзүүлсэн Монгол орны ойт хээрийн бүсэд хэмжсэн бэлчээрийн ургамлын спектрүүдийн муруйг төлөөлүүлэн үзүүлээ.

Хоёр. Зайнаас тандах мэдрэгч төхөөрөмж, түүний үзүүлэлтүүд

Зайнаас тандах мэдрэгч төхөөрөмжүүдийг орон зайн, спектрийн, цаг хугацааны болон радиометрийн гэсэн дөрвөн үндсэн нарийвчлалын хүрээнд шалгуур үзүүлэлт болгон сонгон авч ашигладаг (Амарсайхан ба бусад, 2014). Шинээр гарч ирж буй шинэ технологиуд нь илүү нарийвчилсан хамрах хүрээг бий болгож байна. Тухайлбал, орон зайн өндөр нарийвчлал болон спектрийн олон/хэт олон сүвгийн (multi & hyperspectral) системүүд нь хээрийн судалгаатай хослуулан, тандан судлалын технологи ашиглан бэлчээрийн мониторинг хийх боломжийг улам бүр боловсронгуй болгож байна (Chambers ба бусад, 2007).

2.1. Спектрийн нарийвчлал (шийд)

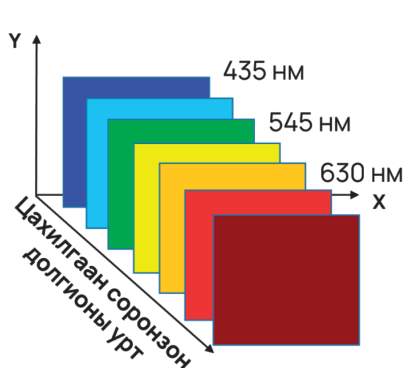
Спектрийн нарийвчлал гэдэг нь цахилгаан соронзон долгионы спектрийн аль нэг мужид хэрэглээ зориулалтаас хамаарч хэд хэд хувааж хэмжих, тэдгээр спектрийн хэсгүүдийн тоо ба өргөнийг хэлнэ. Спектрийн мэдрэгч төхөөрөмжөөр дамжуулан өгөгдөл цуглуулж буй эдгээр спектрийн зурвасыг спектрийн суваг (Band) гэж нэрлэн цахилгаан соронзон долгионы спектрийн өргөний хэмжээг (350-700 нм, 700-1100 нм, 1100-2500 нм гэх мэт) тодорхойлдог ба тэдгээрийн мөн мужийн нэрээр үзэгдэх гэрлийн, ойрын нэл улаан туяаны, дундын нэл улаан туяаны мужийн спектрийн суваг гэх мэтээр нэрлэдэг. Энэ спектрийн нарийвчлал нь судалж буй объектоос хамаарч харилцан адилгүй байх ба тухай биетийн цахилгаан соронзон долгионы аль мужид хамгийн их шинж чанарыг үзүүлж байгаагаас хамаарч, олон хувааж хэмждэг. Тиймээс илүү өндөр спектрийн нарийвчлал (спектрийн олон нарийн зурваст хувааж хэмжих) нь өөр өөр объектуудын шинж чанар, элементүүдийг илүү сайн ялгаж чадна гэсэн үг юм (Govender ба бусад, 2007). Олон суваг (multispectral) болон хэт олон суваг буюу хайперспектр (hyperspectral)-ийн мэдээний хэрэгцээ, шаардлага улам бүр нэмэгдэж байна (Зураг 6).

Хэт олон сүвгийн мэдээ нь спектрийн өргөн зурвасыг олон жижиг хэсгүүд болгон хуваасан байдаг тул өөр хоорондоо төстэй биетүүдийн хил заагийг сайн тодорхойлох боломж илүү байдгаараа давуу талтай юм. Энэ төрлийн хэмжилт нь аливаа сонирхол татсан объектын хувийн шинж чанарыг нарийвчлан бүртгэх, жишээлбэл ургамлын бүтцийн өөрчлөлт (Govender ба бусад, 2007), навчны фенологи (Gillespie ба бусад, 2008), физиологийн шинж чанарыг тодорхойлох боломжийг олгодог (Chambers ба бусад, 2007).

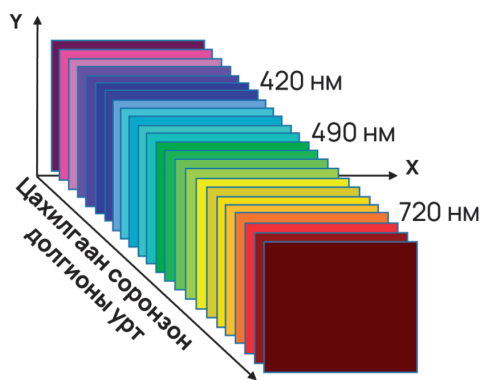
Өгөгдлийн өндөр өртөг, тусгай агаар мандлын засал, мэргэжилтнүүдийн өндөр мэдлэг шаардсан зэрэг нь ургамал, бэлчээрийн судалгаанд хайперспектр системийн хэрэглээг хязгаарласаар байна (Shippert, 2004). Тиймээс хээрийн нөхцөлд гар спектрорадиометр бүхий хайперспектр мэдрэгч төхөөрөмжийг ашиглан хэмжих нь илүү тохиромжтой төдийгүй нээлттэй эхийн үнэ төлбөргүй спектрийн олон сүвгийн (multispectral) тандан судлалын хиймэл дагуулийн өгөгдөл мэдээлэлтэй хослуулан ашиглах нь нэн тохиромжтой.

Түгээмэл ашиглагддаг спектрийн олон сүвгийн хиймэл дагуулийн мэдрэгчүүд болох Сэнтинел-2 (Sentinel-2 MSI), Ландсат (Landsat), МОДИС (MODIS) нь үзэгдэх гэрлийн туяа, ойрын, богино, дулааны гэсэн нэл улаан туяаны мужид 11-36 хүртлэх зурваст хувааж хэмждэг байна. Жишээ нь Сэнтинел-2 дагуулын мэдрэгч төхөөрөмж нь (1) 0.433 μm (аризол), (2) 0.490 μm (хөх), (3) 0.560 μm (ногоон), (4) 0.665 μm (улаан), (5) 0.705 μm (ургамалд зориулсан улааны хязгаар),

(6) 0.740 μm (ургамалд зориулсан улааны хязгаар), (7) 0.783 μm (ургамалд зориулсан улааны хязгаар), (8) 0.842 μm (ойрын нэл улаан), (8А) 0.865 μm (ургамалд зориулсан улааны хязгаар), (9) 0.965 μm (усны уур), (10) 1.375 μm (агаар мандалд зориулсан богино долгионы нэл улаан), (11) 1.610 μm (12) 2.190 μm (богино долгионы нэл улаан) зэрэг нийт арванхоёр спектрийн сувагтай. Харин Ландсат-8 дагуулын мэдрэгч төхөөрөмж нь (1) 0.43–0.45 μm (аризол), (2) 0.45–0.51 μm (хөх), (3) 0.53–0.59 μm (ногоон), (4) 0.64–0.67 μm (улаан), (5) 0.85–0.88 μm (ойрын нэл улаан), (6) 1.57–1.65 μm (богино долгионы ойрын нэл улаан), (7) 2.11–2.29 μm (богино долгионы нэл улаан), (8) 0.50–0.68 μm (орон зайн өндөр нарийвчлалтай пан суваг), (9) 1.36–1.38 μm (агаар мандал), (10) 10.60–11.19 μm (дулааны нэл улаан), (11) 11.50–12.51 μm (дулааны нэл улаан) зэрэг нийт арван нэгэн спектрийн сувагтай байдаг.



Спектрийн олон суваг (Multispectral)



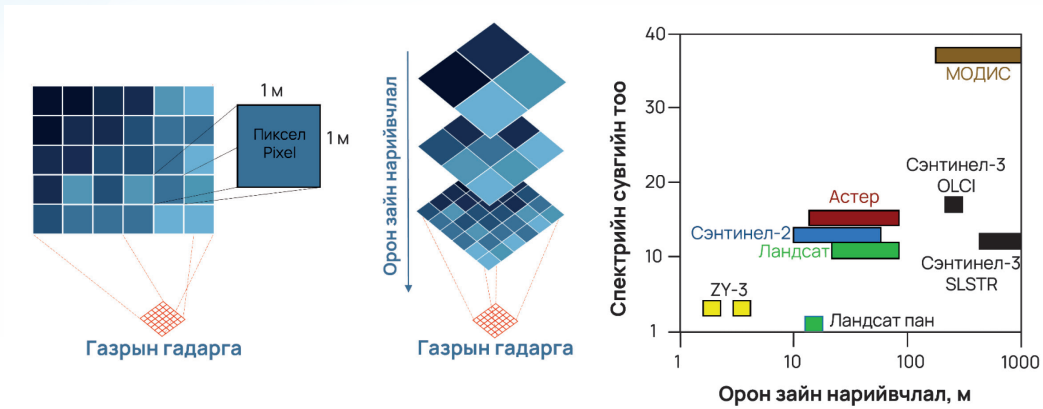
Спектрийн хэт олон суваг (Hyperspectral)

Зураг 6. Зайнаас тандах мэдрэгч төхөөрөмжийн спектрийн нарийвчлал.

2.2. Орон зайн нарийвчлал (шийд)

Газрын гадрага дээрх аливаа биетийг тоон дүрс зураг болгон бүртгэх явцдаа газарт байгаа байрлалын хэмжээг дүрсийн нэгж элемент буюу зургийн нэг пикселд багтаан илэрхийлдэг. Өөрөөр хэлбэл газарт хамарч байгаа талбайг нэг пиксел болгон дүрсэлдэг байна (Зураг 7А). Пикселийн хэмжээ нь орон зайн нарийвчлалыг тодорхойлдог. Тухайлбал Сэнтинел-2 дагуулын мэдрэгчийн үзэгдэх гэрлийн мужид хэмждэг 2, 3, 4-р сувгууд нь орон зайн нарийвчлалын хувьд 10 м байдаг ба энэ нь газар дээрх 100 м² талбайд байгаа объектуудын мэдээллийг агуулна гэсэн үг юм.

Мэдрэгч төхөөрөмжүүдийн пикселийн хэмжээ нь хэдхэн сантиметрээс хэдэн хавтгай дөрвөлжин километр хүртэл хот, баг, сум, аймаг, бүс нутаг болон дэлхийн хэмжээнд зориулалтаасаа хамаарч өөр өөр орон зайн нарийвчлалтай байдаг. Агаарын хөлөгт байрлуулсан мэдрэгч нь газрын гадаргууг ойроос зурагладаг тул хиймэл дагуулын мэдрэгчтэй харьцуулахад илүү өндөр орон зайн нарийвчлалтай байдаг (Govender ба бусад, 2007). Сэнтинел-2 (Sentinel-2 MSI), Ландсат (Landsat), МОДИС (MODIS) гэсэн мэдрэгчүүд нь хэрэглээний зориулалтаасаа хамаарч газар дээрх 10 метрээс 1 километр хүртэлх талбайг нэг пикселд багтаан хэмждэг байна (Зураг 7В).



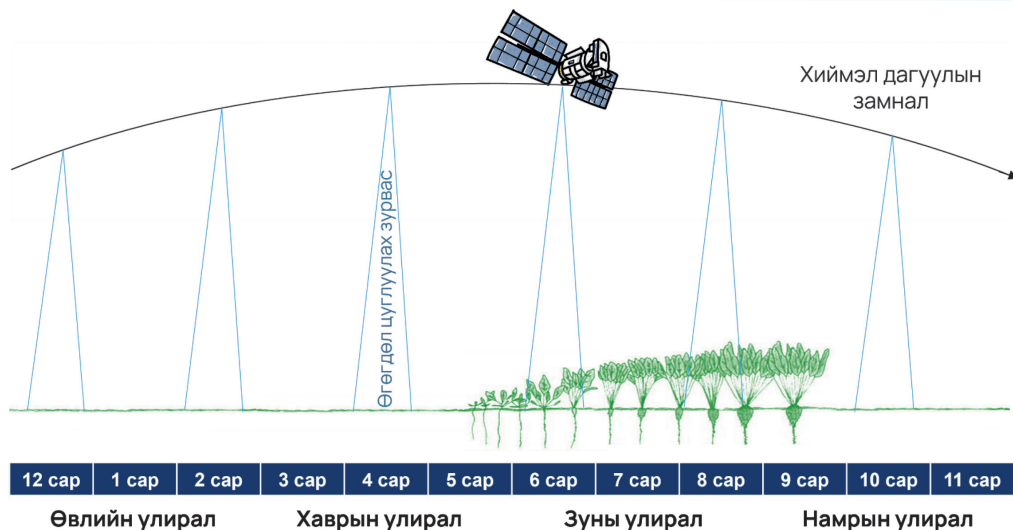
Зураг 7. А. Мэдрэгч төхөөрөмжүүдийн (пикселийн хэмжээ) орон зайн нарийвчлал; В. хиймэл дагуулуудын (мэдрэгч төхөөрөмжийн) орон зайн нарийвчлалын харьцуулалт.

2.3. Цаг хугацааны нарийвчлал (шийд)

Хиймэл дагуулын платформууд дэлхийн тойрог замд тодорхой өндөрт дэлхийг тойрон эргэж өгөгдөл цуглуулах явцдаа нэгэн ижил байрлалд давтан ирэхэд тодорхой хугацаа зарцуулдаг буюу давтан зураглал үйлдэх хугацааг цаг хугацааны нарийвчлалд тооцдог байна.

Зарим хиймэл дагуулууд хэдхэн өдөрт нэг ижил байрлал дээр хугацааны давтамжтай өгөгдөл цуглуулж чаддаг байна. Энэ чадамжаас хамаарч тухайн мэдрэгч төхөөрөмжийн цуглуулсан өгөгдлийг тодорхой сэдэвчилсэн судалгаануудад ашигладаг бөгөөд богино цаг хугацааны давтамжийг нарийвчлал сайтай гэж тооцдог. Энэ шийдэл нь хүрээлэн буй орчны өөрчлөлтийг илрүүлэх, хяналт, мониторинг хийхэд чухал ач холбогдолтой юм. Цаг хугацааны явцад байнга өөрчлөгддөг ургамал, цаг уур, ойн түймэр, үер, усны гамшиг гэх мэт байгалийн үзэгдлүүд тэр дундаа ургамлын улирлын болон фенологийн мөчлөгийн судлахад чухал ач холбогдолтой юм (Зураг 8). Ургамлын судалгаанд зориулсан хиймэл дагуулуудын цаг хугацааны нарийвчлал харьцангуй сайн байдаг. Тухайлбал Ландсат мэдрэгч 1972 оноос хойш урт хугацаанд өгөгдөл архивлаж, түгээж байгаа төдийгүй 16-18 хоногийн давтамжтай (Kerr ба Ostrovsky, 2003) хэдий ч зуны цагт үүлэн бүрхүүлээс хамаарч олон цаг хугацааны давтамжтай өгөгдөл цуглуулж ашиглахад ихээхэн асуудал үүсдэг. Энэ үүлэн бүрхүүлийн асуудлыг багасгах үүднээс Сэнтинэл-2 хиймэл дагуулыг бүтээсэн бөгөөд дунджаар 5 өдрийн давтамжтайгаар өгөгдөл цуглуулж хэрэглэгчдэд түгээж байна.

Зайнаас тандан судлах платформуудын үргэлжилсэн урт хугацаанд ажиллуулах гол зорилго нь экосистемийн улирлын болон жил хоорондын цаг хугацааны динамикийг ашиглан өнгөрсөн хугацаанд болж өнгөрсөн өөрчлөлтийг харьцуулах, газар ашиглалтын өөрчлөлт, уур амьсгалын өөрчлөлт, байгаль орчны олон параметрууд ургамалжилтад үзүүлэх нөлөө, ургамлын фенологийн өөрчлөлт, өсөлт хөгжлийг судлах өргөн хэрэглээний боломжийг олгодог. (Cohen ба бусад, 1996; Cohen ба Goward, 2004; Kerr ба Ostrovsky, 2003; Turner ба бусад, 2003).



Зураг 8. Зайнаас тандах мэдрэгч төхөөрөмжийн цаг хугацааны нарийвчлал.

Гурав. Хиймэл дагуулын мэдээ (тоон өгөгдөл) боловсруулалтын арга

Зайнаас тандах, өгөгдөл цуглуулах үйл явцын дүнд ихэвчлэн ажиглагдаж буй үзэгдлийг дүрсэлсэн спектрийн ойлт, цацаргалт, шингээлтийн мэдээллийг агуулсан тоон өгөгдөл, дүрс зураг үүсэж байдаг. Дүрс зургаас хэрэгтэй мэдээллийг гаргаж авахын тулд дүрс боловсруулалтын дүн шинжилгээ, тайлал хийх шаардлагатай байдаг.

3.1. Анхан шатны заслууд

Дүрс зургийн үндсэн шинжилгээ хийхээс өмнө зургийг урьдчилан боловсруулах шаардлагатай байдаг. Зургийн урьдчилсан боловсруулалт нь ямар нэгэн муу дүрсийг илрүүлэх, сэргээх, геометрийн заслага эсвэл дүрс бүртгэх, радиометрийн тохируулга ба агаар мандлын засал, байр зүйн засал зэргийг багтааж болно. Геометрийн засал, агаар мандлын тохируулга нь зургийг урьдчилан боловсруулахад хамгийн чухал алхам юм. Геометрийн заслаар зайнаас тандан судлах систем болон зураг авах явцад гарсан геометрийн гажил, системийн болон системийн бус алдааг засдаг (Lo ба Yeung, 2002). Геометрийн заслын талаар илүү нарийвчилсан мэдээллийг өмнөх судалгаанаас олж танилцаж болно (Colby, 1991; Gu ба Gillespie, 1998; Hale ба Rock, 2003; Meyer ба бусад, 1993; Richter, 1997; Teillet ба бусад, 1982).

Радиометрийн болон агаар мандлын тохируулга, залруулга хийхэд харьцангуй харанхуй объектыг хасахаас эхлээд загварт суурилсан нарийн төвөгтэй тохируулгын хэд хэдэн аргыг олон эрдэмтэд боловсруулан гаргасан байдаг (Canty ба бусад, 2004; Chavez, 1996; Gilabert ба бусад, 1994; Hadjimitsis ба бусад, 2004; Neo ба FitzHugh, 2000; Markham ба Barker, 1987; McGovern ба бусад, 2002; Tokola ба бусад, 1999; Vermote ба бусад, 1997). Сүүлийн үеийн хиймэл дагуулын ихэнх өгөгдлүүд агаар мандлын болон геометрийн засал хийгдсэн байдаг бол зарим нь агаар мандлын засал хийх шаардлагатай ч өгөгдөл бий. Тухайлбал ландсат хиймэл дагуулууд геометрийн засал хийгдсэн хэдий ч агаар мандлын засал хийсний дараа индекс болдох ангилал

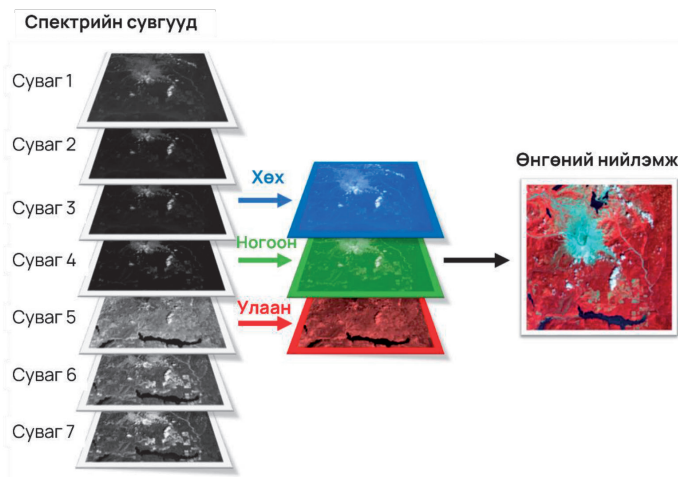
хийх шаардлагатай байдаг. Харин Сэнтинел-2 хиймэл дагуулын 2-р түвшний (Level 2A) өгөгдлийг авч ашиглавал агаар мандал, геометрийн засал аль аль нь хийдсэн тул шууд авч ашиглахад дөхөм болгож хөдөлмөр хөнгөвчилсэн байна.

3.2. Өнгөний нийлэмж

Зайнаас тандан судлах системийн цахилгаан соронзон долгионы аль нэг эсвэл хэд хэдэн мужид (цахилгаан соронзон долгионы спектрийн аль ч хэсгийг төлөөлж болно) мэдрэгч төхөөрөмжөөр хэмжсэн спектрийн мужийн уртыг суваг (Band) гэж нэрлэдэг бөгөөд ихэвчлэн цахилгаан соронзон долгионы уртаар тодорхойлогддог. Олон спектрийн дүрсүүд (агаар сансрын янз бүрийн түшингээс спектрийн өөр өөр мужид авсан зургууд) нь ихэнхдээ цагаан саарал, хар саарал өнгөөр илэрхийлэгдсэн байдаг ба гурван сүвгийг нэг дор хослуулан өнгөт нийлмэл дүрс болгон харуулах боломжтой байдаг. Гэрлийн улаан, ногоон, хөх гэсэн гурван үндсэн өнгөнд сүвгуудыг хуваарилан (суваг тус бүр өөр үндсэн өнгө ашиглана) нэгтгэснээр өнгөт нийлмэл дүрсийг олж авдаг бөгөөд үүнийг өнгөний нийлэмж (color composite as RGB) гэж нэрлэдэг (Зураг 9). Цахилгаан соронзон долгионы спектрийн хэмжилт бүхий дүрс зургийг байгалийн болон хуурмаг өнгөний нийлэмж үүсгэн, урьдчилсан хэлбэрээр хүний харж чадах мэдээллийг таньж тайлах зорилгын үүднээс ашигладаг.

Бодит өнгөний нийлэмж: Цахилгаан соронзон долгионы спектрийн үзэгдэх гэрлийн улаан, ногоон, хөх мужид хэмжсэн сүвгийг гэрлийн улаан, ногоон, хөх өнгөний нийлэмжид (RGB) харгалзуулан өгч нийлмэл өнгө үүсгэдэг. Хүний харж чаддаг байгалийн өнгө буюу дэлхийн гадаргуугийн харагдах байдлыг сайн төлөөлдөг.

Хуурмаг өнгөний нийлэмж: Цахилгаан соронзон долгионы спектрийн өөр өөр мужид хэмжсэн сүвгийг гэрлийн улаан, ногоон, хөх өнгөний нийлэмжид (RGB) харгалзуулан өгч нийлмэл өнгө үүсгэдэг. Тухайлбал цахилгаан соронзон долгионы спектрийн ойрын нэл улаан, ногоон, хөх туяаны мужид хэмжсэн дүрс зургийг гэрлийн улаан, ногоон, хөх өнгөнд харгалзуулан өгч өнгөний нийлэмж үүсгэж болох ба энэ үед ургамлын бүрхэвч бүхий талбай улаан өнгөөр харагдана.



Зураг 9. Өнгөний нийлэмж үүсгэх.

Хүснэгт 11. Дагуулын мэдээгээр өнгөний нийлэмж үүсгэх спектрийн сувгуудын харьцаа

	<p>Дүрс боловсруулалтын программ хангамжийн өнгөний нийлэмж (color composite or RGB) үүсгэх командыг ашиглан Сэнтинел-2-ын улаан (B04), ногоон (B03), хөх (B02) спектрийн сувгуудыг гэрлийн улаан, ногоон хөх өнгөнд өгч байгалийн бодит өнгийг илтгэх өнгөний нийлэмж бүхий дүрс зургийг үүсгэдэг.</p> <p>Мөн богино долгионы нэл улаан (B12), ойрын нэл улаан (B08), ногоон (B03) спектрийн сувгуудыг улаан, ногоон хөх өнгөнд өгч бэлчээрийн төлөвийг илтгэх өнгөний нийлэмж бүхий дүрс зургийг боловсруулан гаргаж авах бөгөөд энэхүү дүрс зурагт ургамлаар бүрхэгдсэн талбай ногоон өнгөтэй үзэгдэнэ.</p> <p>Ландсат-5 болон 7-ын улаан (B03), ногоон (B02), хөх (B01); Ландсат-8 болон 9-ийн улаан (B03), ногоон (B02), хөх (B01) спектрийн сувгуудыг гэрлийн улаан, ногоон хөх өнгөнд өгч байгалийн бодит өнгийг илтгэх өнгөний нийлэмж бүхий дүрс зургийг үүсгэдэг. Ургамлаар бүрхэгдсэн талбай ногоон өнгөтэй үзэгдэнэ.</p> <p>МОДИС-ийн улаан (B01), ногоон (B04), хөх (B03) спектрийн сувгуудыг гэрлийн улаан, ногоон хөх өнгөнд өгч байгалийн бодит өнгийг илтгэх өнгөний нийлэмж бүхий дүрс зургийг үүсгэдэг. Ургамлаар бүрхэгдсэн талбай ногоон өнгөтэй үзэгдэнэ.</p>
	<p>Ойрын нэл улаан туяаны урвуу өнгөний нийлэмжийг Сэнтинел-2-ын B08, B04, B03 спектрийн сувгуудыг улаан, ногоон, хөх өнгөнд өгч нийлмэл зураг гаргаж авах бөгөөд энэхүү дүрс зурагт ургамлаар бүрхэгдсэн талбай улаан өнгөөр тодрон харагдана.</p> <p>Ландсат-5 болон 7-ийн B04, B03, B02; Ландсат-8 болон 9-ийн B05, B04, B03 спектрийн сувгуудыг улаан, ногоон, хөх өнгөнд өгч нийлмэл зураг гаргаж авах бөгөөд энэхүү дүрс зурагт ургамлаар бүрхэгдсэн талбай улаан өнгөөр тодрон харагдана.</p>

3.3. Спектрийн сувгуудын математик тооцоолол (Band Math)

Спектрийн хэд хэдэн мужид хэмжсэн дүрс зургаар илэрхийлэгдэх өгөгдлүүдийг нэгтгэж, тодорхой онцлогуудыг илтгэсэн шинэ үр дүн үүсгэх арга юм. Үйлдэл бүр нь нэгж пиксел бүр дээр суурилан тооцоологддог. Спектрийн сувгууд хооронд нэмэх, хасах, үржүүлэх, хуваах зэрэг үндсэн математик үйлдлүүдийг хийж, жишээлбэл улаан, ногоон спектрийн сувгуудыг ашиглаж ургамлын шинж чанарыг илэрхийлэх шинэ дүрс зураг үүсгэж болно. Дүрс боловсруулалтын бүх төрлийн программ хангамж дээр спектрийн сувгуудын математик тооцоолол хийх арга (band math, spectral math, raster calculator) -ууд түгээмэл байдаг (Зураг 10).



Зураг 10. Спектрийн сувгуудын математик тооцоолол.

Түгээмэл ашиглагддаг ургамлын индексүүд: Тандан судлаачдын сайн мэддэг, өргөн хэрэглэгддэг ургамлын нормчлогдсон ялгаврын индекс (NDVI) -ийг ашиглан ногоон ургамлыг

тодорхойлдог энгийн боловч үр дүнтэй индекс төдийгүй ногоон ургамлын сайн төлөөлөгч юм (Kerr & Ostrovsky 2003). Ургамлын индексүүдийн цаадах зарчмууд нь тэдгээрийн фотосинтез болон бусад биофизикийн үйл явцын хамаарлыг тайлбарладаг. Ногоон навч нь спектрийн улаан долгионы мужид хлорофиллыг шингээх замаар ойрын нэл улаан туяаны спектрийн мужид долгионыг ойлгодог шинж чанарт тулгуурлан ургамлын нормчлогдсон ялгаврын индексийг тооцоолдог байна. Өөрөөр хэлбэл, ургамал нь ихэвчлэн спектрийн улаан туяаны мужид ойлт багатай, ойрын нэл улаан туяаны мужид маш өндөр ойлтыг үзүүлдэг төдийгүй энэхүү ойлт шингээлтийн гайхалтай ялгаатай байдал нь ургамлын индексийн үндсэн суурь юм. Ургамлын индексийг ихэнхдээ спектрийн улаан болон ойрын нэл улаан туяаны мужийн ойлтын утгууд бүхий спектрийн сүвгуудын хоорондын харьцаагаар тооцдог.

Хамгийн их ашиглагддаг ургамлын индекс бол NDVI юм (Kriegler ба бусад, 1969; Rouse ба бусад, 1974).

$$NDVI = \frac{(\rho NIR - \rho Red)}{(\rho NIR + \rho Red)} \text{ буюу } \frac{(\text{Ойрын нэл улаан} - \text{Улаан})}{(\text{Ойрын нэл улаан} + \text{Улаан})} \quad (1)$$

Энд ρNIR нь ойрын нэл улаан туяаны спектрийн муж дахь ойлт (цацаргалт), ρRed нь улаан туяаны спектрийн мужийн ойлт юм.

NDVI утгууд нь -1-ээс +1 хооронд хэлбэлздэг. Утга өндөр байх тусам улаан болон ойрын нэл улаан туяаны мужуудын хооронд спектрийн ойлтын ялгаа их, эерэг (өндөр) NDVI утга нь ургамлын фотосинтезийн идэвх их байна гэсэн үг юм. Үс NDVI-ийн сөрөг утгаар илэрхийлэгдэнэ. Хөрс ерөнхийдөө бага зэрэг эерэг утгыг агуулна (Glenn ба бусад, 2008). Тэгтэй ойролцоо утгууд (-0.1-ээс 0.1) нь чулуулаг, элс, цас, үржил шимгүй хөрсийг илтгэх бол бага, эерэг утга нь бут сөөг, бэлчээрийг (ойролцоогоор 0.2-0.4) ургамлыг, өндөр утга нь сэрүүн болон халуун орны ширэнгэн ойг (1-д ойртож буй утгыг) тус тус илэрхийлнэ. NDVI-ийг олон янзаар тайлж, тайлбарлаж, ашиглаж болно. NDVI утгыг анх ургамлын зураглал үүсгэх, ургалтын улирлын үе, фенологийн үйл явц зэргийг хянахад ашигладаг (Pettorelli ба бусад, 2005).

Хүснэгт 12. Ургамлын индексийн томъёонууд

Д/д	Ургамлын индекс	Товчлол	Томъёо	Тайлбар, эх сурвалж
1	Ургамлын нормчлогдсон ялгаврын индекс / Normalized Difference Vegetation Index	NDVI	$\frac{(NIR - Red)}{(NIR + Red)} \text{ буюу } \frac{(\text{Ойрын нэл улаан} - \text{Улаан})}{(\text{Ойрын нэл улаан} + \text{Улаан})}$ NIR: Ойрын нэл улаан, Red: улаан туяаны спектрийн муж. $\text{Сэнтинел} - 2 = \frac{(B08 - B04)}{(B08 + B04)}$ $\text{Ландсат} - 8,9 = \frac{(B05 - B04)}{(B05 + B04)}$ $\text{МОДИС} = \frac{(B02 - B01)}{(B02 + B01)}$	NDVI нь фотосинтезийн үйл ажиллагааны хэмжилт, ургамлын нягтрал, амьдрах зэрэгтэй хүчтэй хамаарал үзүүлдэг (Rouse ба бусад, 1974).
2	Ургамлын чийгийн нормчлогдсон ялгаврын индекс	NDMI	$\frac{(NIR - SWIR)}{(NIR + SWIR)}$ NIR: Ойрын нэл улаан, SWIR: богино долгионы нэл улаан туяаны спектрийн муж. $\text{Сэнтинел} - 2 = \frac{(B08 - B11)}{(B08 + B11)}$	Ургамлын усны агууламжийг тодорхойлдог (Gao, 1996).

	Normalized Difference Moisture Index		$\text{Ландсат} - 8,9 = \frac{(B05 - B06)}{(B05 + B06)}$ $\text{МОДИС} = \frac{(B02 - B06)}{(B02 + B06)}$	
3	Ургамлын сайжруулсан индекс/ Enhanced Vegetation Index	EVI	$2.5 * \frac{(NIR - Red)}{(NIR + 6 * Red - 7.5 * Blue) + 1}$ <p>NIR: Ойрын нэл улаан, Red: улаан, Blue: хөх туяаны спектрийн муж.</p> $\text{Сэнтинел} - 2 = \frac{(B08 - B04)}{(B08 + 6 * B04 - 7.5 * B02) + 1}$ $\text{Ландсат} - 8,9 = 2.5 * \frac{(B05 - B04)}{(B05 + 6 * B04 - 7.5 * B02) + 1}$ $\text{МОДИС} = 2.5 * \frac{(B02 - B01)}{(B02 + 6 * B01 - 7.5 * B03) + 1}$	<p>Навчны талбайн индекс (LAI) өндөр, өтгөн бүрхэвчтэй хэсгүүдэд хөх долгионы уртыг ашиглан NDVI-ийн нарийвчлалыг сайжруулж, хөрс болон агаар мандлын нөлөөллийг бууруулах боломжтой.</p> <p>Утгын тодорхойлолт: EVI-ийн утгын хүрээ нь -1-ээс 1, эрүүл ургамал нь ерөнхийдөө 0.20-0.80 хооронд байна (Huete ба бусад, 1997).</p>
4	Хөрснөөс хамаарсан ургамлын индекс/Soil Adjusted Vegetation Index	SAVI	$(1 + L) * \frac{(NIR - Red)}{(NIR + Red + L)}$ <p>NIR: Ойрын нэл улаан, Red: улаан, Blue: хөх туяаны спектрийн муж. Энд L нь хөрсний гэрэлтүүлгийг засах коэффициент бөгөөд (0-1) хооронд хэлбэлзэж болно.</p> $\text{Сэнтинел} - 2 = (1 + L) * \frac{(B08 - B04)}{(B08 + B04 + L)}$ $\text{Ландсат} - 8,9 = (1 + L) * \frac{(B05 - B04)}{(B05 + B04 + L)}$ $\text{МОДИС} = (1 + L) * \frac{(B02 - B01)}{(B02 + B01 + L)}$	<p>Хөрсний гэрэлтүүлгийн нөлөөллийг багасгадаг зорилгоор ашиглах арга юм (Huete, 1988).</p> <p>L нь маш их ургамлан бүрхэвчтэй бол 0, маш бага ургамлын бүрхэвчтэй бол 1, хамгийн түгээмэл хэрэглэгддэг утга нь дунд зэргийн ургамлын нөмрөгийн хувьд 0.5 байна.</p>
5	Навчны талбайн индекс / Leaf Area Index	LAI	$\frac{\text{Ln}(0.69 - \text{SAVI}/0.59)}{0.91}$ <p>SAVI: Хөрснөөс хамаарсан ургамлын индекс.</p> <p>Сэнтинел-2 дагуулын мэдээ боловсруулах SNAP программ хангамж дээр шууд ашиглах алгоритм хэлбэрээр бэлтгэсэн загвар.</p>	<p>LAI нь нэг талт ногоон навчны талбайг ($\text{м}^2 / \text{м}^2$) илэрхийлэх хэмжээсийн бус индекс юм (Allen ба бусад, 2002; Pócsas ба бусад, 2014).</p>

Дүрс боловсруулалтын программ хангамжийн Спектрийн сувгуудын математик тооцоолол (Band Math) гэсэн командыг ашиглан 1-р томьёоны дагуу ургамлын нормчлогдсон ялгаврын индекс (NDVI) -ийг Сэнтинел-2 дагуулын ойрын нэл улаан туяаны 8-р суваг болон улааны 4-р сувгууд, Ландсат-8, 9 дагуулын ойрын нэл улаан туяаны 5-р суваг болон улааны 4-р сувгуудыг тус тус ашиглан тооцоолон гаргах бөгөөд энэхүү үр дүн нь ургамалжилтын төлөв байдлыг илтгэсэн зураглалын үр дүн юм. Бусад төрлийн ургамлын индексийг нэмэлтээр ашиглах, харьцуулсан үр дүн гаргах бол хүснэгт 12-ыг ашиглан боловсруулалт хийхийг зөвлөж

байна. Мөн МОДИС-ийн хувьд индекс тооцоолж гаргахаас гадна MOD13 төрлийн ургамлын нормчлогдсон ялгаврын индекс NDVI тооцоолон архивласан бүтээгдэхүүнийг татаж авч ашиглаж болно. Хүснэгт 12-т үзүүлсэн ургамлын индексүүдийг ашиглан үр дүн гаргах боломжтой.

Дөрөв. Спектрийн олон сувгийн хиймэл дагуулын мэдээ (өгөгдөл)

Бэлчээрийн мониторингийн судалгаанд ашиглах нээлттэй эхийн (үнэ төлбөргүй) спектрийн олон сувгийн хиймэл дагуулын орон зай, цаг хугацааны өөр өөр төрлийн дараах эх мэдээг (хүснэгт 13) ашиглахыг санал болгож байна.

- Орон зай болон спектрийн өндөр нарийвчлал бүхий хиймэл дагуулын мэдээ,
- Сэнтинел-2 (Sentinel-2 MSI) хиймэл дагуулын мэдээ,
- Ландсат (Landsat) хиймэл дагуулын мэдээ,
- МОДИС (MODIS) хиймэл дагуулын мэдээ.

Хүснэгт 13. Хиймэл дагуулын мэдээнүүдийн нарийвчлалын үзүүлэлтүүд

Дагуулын төрөл	Орон зайн нарийвчлал	Спектрийн сувгийн нарийвчлал, нанометр (нм)	Цаг хугацааны нарийвчлал	Эх сурвалж
Орон зай болон спектрийн өндөр нарийвчлал бүхий хиймэл дагуулын мэдээ (ZY-3)	Пан: 2.1м (nadir); 3.5м B1-B4: 5.8м	450~890нм спектрийн мужид 4 сувагт хувааж хэмждэг.	59 хоногт ±84° өргөргийн хүрээнд дэлхийг бүрхсэн өгөгдөл цуглуулдаг.	Earth observation resources
Сэнтинел-2 дагуулын мэдээ	10м, 20м, 60м	443~2190нм спектрийн мужид 12 сувагт хувааж хэмждэг.	5 өдрийн давтамжтай өгөгдөл цуглуулдаг.	The European Space Agency https://sentinel.esa.int/
Ландсат хиймэл дагуулын мэдээ	Пан: 15м, 30м, 100м	435~2294нм спектрийн мужид 12 сувагт хувааж хэмждэг.	16 өдрийн давтамжтай өгөгдөл цуглуулдаг.	Landsat Science https://landsat.gsfc.nasa.gov
Терра болон аюуа дагуулын МОДИС мэдрэгчийн мэдээ	250м, 500м, 1000м	405~14385нм спектрийн 36 сувагт хувааж хэмждэг.	8-16 өдрийн давтамжтай өгөгдөл цуглуулдаг.	MODIS https://modis.gsfc.nasa.gov

4.1. Орон зай болон спектрийн өндөр нарийвчлал бүхий хиймэл дагуулын мэдээ

WorldView (өндөр үнэ, өртөг бүхий мэдээ), SPOT, Quickbird (өндөр үнэ, өртөг бүхий мэдээ), ZY-3 гэх мэт орон зай болон спектрийн (350-2500 нанометр) өндөр нарийвчлалтай хиймэл дагуулын мэдээ нь цахилгаан соронзон долгионы үзэгдэх гэрэл, ойрын нэл улаан туйаны, панхроматик гэсэн сувгуудтай бөгөөд олон сувгийн орон зайн нарийвчлал 1-2.44 м, панхроматик (пан) сувгийн, 30-60 см-ийн орон зайн нарийвчлалтай. Nadir болон Offset камер ашиглан 2.1-2.6

м орон зайн шийдтэй стерео зураг үйлддэгээрээ бусад ижил төрлийн хиймэл дагуулуудтай харьцуулахад давуу талтай байдаг. Мөн үзэгдэх гэрлийн болон ойрын нэл улаан туяаны мужид хэмжилт хийсэн олон сувгийн өгөгдөл цуглуулж урт хугацааны өгөгдлийн архив үүсгээд байна. Зарим өөр өөр өндөр үнэ өртөг бүхий өгөгдөл, мэдээллийг худалдаж авах шаардлагатай тул сонгон ашиглахыг зөвлөж байна.

ZY-3A (Resource-3A) нь Хятадын анхны өндөр нарийвчлалтай стереоскоп бүхий зураглалын хиймэл дагуул юм. Тухайн хиймэл дагуулын үүрэг нь 1:50000 ба түүнээс дээш масштабтай газрын зураг үйлдэх, мэдээллийн сан бүрдүүлэх, нөөцийн зураглал, байгаль орчны судалгаа, гамшгийн хяналт, хот төлөвлөлт зэрэг хэрэгцээнд шаардлагатай мэдээллээр хангах явдал юм. ZY-3 төсөл 2008 оны 3-р сард анх эхэлсэн бөгөөд 2012 оны 1-р сарын 9-ний өдөр (UTC 03:17) Хятадын Тайвань хиймэл дагуул хөөргөх төвөөс Long March 4B хөлгөөр сансрын уудамд үүргээ гүйцэтгэхээр гарсан. Бээжин, Каши, Санья хотуудад ZY-3-ын мэдээг хүлээн авах станцууд байрладаг төдийгүй өдөрт 6-8 ширхэг зураг авч (ойролцоогоор 1.8 TB), орчим нь дэлхийн бусад орныг бүрхсэн өгөгдөл мэдээллийг цуглуулан дэлхийн зарим оронд түгээж байна. Манай орны хувьд ZY-3 төрлийн мэдээг Газар зохион байгуулалт, геодези, зураг зүйн ерөнхий газарт албан ёсны эрхтэйгээр архивлагддаг тул геопортал (www.nsd.gov.mn)-аар дамжуулан хэрэглэгчдэд түгээж байна.

4.2. Сэнтинел-2 дагуулын мэдээ

Европын Сансар Судлалын Агентлаг (ESA)-ийн байгаль орчны судалгаа, хэрэглээнд зориулсан Сэнтинел (Sentinel) цуврал хиймэл дагуулууд үүрэг гүйцэтгэн өгөгдөл цуглуулж байна. Энэхүү цувралаас өндөр нарийвчлалтай Сэнтинел-2 (Оптик) хиймэл дагуулуудын мэдээг ESA нь нээлттэйгээр дэлхийн даяар түгээн өргөн хэрэглэж байна.

Сэнтинел-2 (Sentinel-2 Multispectral Instrument (MSI)) нь орон зайн өндөр нарийвчлалтай, спектрийн олон сувгийн өгөгдөл цуглуулдаг 2А болон 2В гэсэн ихэр дагуулуудаас бүрдэх бөгөөд цахилгаан соронзон долгионы спектрийн үзэгдэх гэрлийн, ойрын болон богино долгионы нэл улаан туяаны мүжүүдэд (443-2190 нанометр) нийт 13 сувагт хуваан 10, 20, 60 (Хүснэгт 14) метрийн орон зайн нарийвчлалтайгаар цаг хугацааны хувьд 5 өдрийн давтамжтайгаар өгөгдөл цуглуулж хэрэглэгчдэд хүргэж байна.

Эдгээр өндөр нарийвчлалтай хиймэл дагуулын бүтээгдэхүүнүүд нь орон зайн төлөвлөлт, газар тариалан, ус, ой, ургамал, байгалийн нөөцийн мониторингийн судалгаанд ашиглах зориулалттай өгөгдөл юм. Манай орны хувьд энэхүү үнэ төлбөргүй цаг хугацаа, орон зай, спектрийн олон сувгийн өндөр нарийвчлалтай өгөгдлийг, түүнийг боловсруулах арга зүйг эзэмшиж ашиглах боломжийг хэн бүхэнд нээлттэй ашиглаж байна. Дэлгэрэнгүй мэдээллийг Сэнтинел дагуулын веб хуудас <https://sentinels.copernicus.eu/>-аас авна уу. Геометр, агаар мандлын заслууд хийгдсэн хоёрдугаар түвшний level-2A (L2A) төрлийн мэдээг <https://browser.dataspace.copernicus.eu/> (2024 оны байдлаар) веб хуудсанд хандан үнэ төлбөргүй татаж авч архивлан ашиглах боломжтой. Мэдээ татах зааврыг гарын авлагад дэлгэрэнгүй оруулав.

Хүснэгт 14. Сентинел-2 дагуулын мэдээний үзүүлэлтүүд

Сентинел-2 спектрийн сувгууд	Цахилгаан соронзон долгионы спектрийн муж (μм)	Орон зайн нарийвчлал (м)
Суваг 1 - Аерезол	0.443	60
Суваг 2 - Хөх	0.490	10
Суваг 3 - Ногоон	0.560	10
Суваг 4 - Улаан	0.665	10
Суваг 5 - Улааны хязгаар (ургамал)	0.705	20
Суваг 6 - Улааны хязгаар (ургамал)	0.740	20
Суваг 7 - Улааны хязгаар (ургамал)	0.783	20
Суваг 8 - Ойрын нэл улаан	0.842	10
Суваг 8а - Улааны хязгаар (ургамал)	0.865	20
Суваг 9 - Усны уур	0.945	60
Суваг 10 - Богино долгионы нэл улаан (Агаар мандлын)	1.375	60
Суваг 11 - Богино долгионы нэл улаан	1.610	20
Суваг 12 - Богино долгионы нэл улаан	2.190	20

4.3. Ландсат дагуулын мэдээ

Ландсат (Landsat) хиймэл дагуул нь дэлхийн гадаргын хувьсал өөрчлөлтийг судлах зорилгоор үрт хугацааны туршид цуврал хиймэл дагуулуудыг хөөргөн, дэлхий нийтээр нээлттэйгээр өгөгдөл мэдээлэл түгээн ажиллаж байна. Ландсат 1-7 цувралуудыг амжилттай хэрэгжүүлэн, шинжлэх ухаан технологийн дэвшлийг үйлдвэрт нэвтрүүлсээр байгаа бөгөөд түүний архивлагдсан өнгөрсөн цаг хугацааны мэдээг Америкийн геологийн алба (USGS)-аар дамжуулан орон зай, цаг хугацааны интервал бүхий үр дүнгүүдийг гаргасаар байна. Харин 2013 оны 2-р сарын 11-ний өдөр Ландсат-8, 2021 оны 9-р сарын 27-ны өдөр Ландсат-9 ээлжит цувралуудыг Калифорни мужийн Ванденберг сансрын баазаас амжилттай хөөргөн өгөгдөл мэдээллийг (USGS)-аар олон нийтэд нээлттэй түгээсээр байна.

Ландсат-8 болон Ландсат-9 дагуулууд нь газрын зургийн аппарат (Operational Land Imager - OLI) ба дулааны хэт улаан туяаны мэдрэгч (Thermal Infrared Sensor - TIRS) гэсэн бүтэцтэй бөгөөд цахилгаан соронзон долгионы үзэгдэх гэрэл, улааны хязгаар, ойрын болон богино долгионы нэл улаан туяаны мужид (430-12510 нанометр) зураглал үйлддэг (Хүснэгт 15) спектрийн 11 сувгийн орон зайн нарийвчлал 30 м, 100 м (дулааны) ба 15 м (панхроматик). Цаг хугацааны хувьд 16 өдрийн давтамжтай өгөгдөл цуглуулдаг юм. НАСА (NASA) болон АНУ-ын Геологийн алба (USGS) хамтран зураг төсөл, бүтээн байгуулалт, хөөргөх, тойрог замд шалгалт тохируулгын үе шатуудыг удирдаж байсан бөгөөд USGS-ийн Earth Resources Observation and Science (EROS) төвд хөөргөсний дараах шалгалт тохируулгын үйл ажиллагаа, хиймэл дагуулын ажиллагаа, өгөгдөл бүтээгдэхүүн үүсгэх, өгөгдөл архивлах ажлыг удирдан явуулдаг байна. Дэлгэрэнгүй мэдээллийг Ландсат хиймэл дагуулын веб хуудас <https://landsat.gsfc.nasa.gov/> - аас авна уу. Мэдээг <https://glovis.usgs.gov/> (2024 оны байдлаар) веб хуудсанд хандан үнэ төлбөргүй татаж авч ашиглах боломжтой.

Хүснэгт 15. Ландсат-8, 9 дагуулын мэдээний үзүүлэлтүүд

Ландсат-8, 9 спектрийн сувгууд	Цахилгаан соронзон долгионы спектрийн муж (μм)	Орон зайн нарийвчлал (м)
Суваг 1 - Аерезол	0.43-0.45	30
Суваг 2 - Хөх	0.45-0.51	30
Суваг 3 - Ногоон	0.53-0.59	30
Суваг 4 - Улаан	0.64-0.67	30
Суваг 5 - Ойрын нэл улаан	0.85-0.88	30
Суваг 6 - Богино долгионы нэл улаан	1.57-1.65	30
Суваг 7 - Богино долгионы нэл улаан	2.11-2.29	30
Суваг 8 - Панхроматик	0.50-0.68	15
Суваг 9 - Агаар мандлын	1.36-1.38	30
Суваг 10 - Дулааны нэл улаан	10.6-11.19	100
Суваг 11 - Дулааны нэл улаан	11.50-12.51	100

4.4. Терра, Акуа дагуулын MODIS мэдрэгч төхөөрөмжийн мэдээ

МОДИС (MODIS: Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) нь Терра (Terra анх EOS AM-1 гэж нэрлэгддэг байсан) болон Акуа (Aqua анх EOS PM-1 гэж нэрлэгддэг байсан) хиймэл дагуулын гол мэдрэгч төхөөрөмж юм. Террагийн дэлхийг тойрон эргэдэг тойрог нь өглөө нь хойд зүгээс урагшаа экватороор дамждаг, харин Акуа нь үдээс хойш экваторын дээгүүр урдаас хойшоо чиглэдэг байна.

Терра МОДИС болон Аква МОДИС нь 1-2 хоног тутамд дэлхийн гадаргууг бүхэлд нь харж, цахилгаан соронзон долгионы үзэгдэх гэрэл, улааны хязгаар, ойрын болон дундын нэл улаан туяаны мужид (405-14385 нанометр) зураглал үйлддэг нийт 36 спектрийн сувгийн нарийвчлалтай байдаг (Хүснэгт 16-аас МОДИС-ийн техникийн үзүүлэлтүүдийг үзнэ үү). МОДИС-ын 250м, 500м, 1км-ийн орон зайн нарийвчлалыг агуулдаг. Цаг хугацааны хувьд 8-16 өдрийн давтамжтай өгөгдөл цуглуулдаг.

Эдгээр өгөгдөл нь газар, далай, агаар мандлын доод давхаргад болж буй дэлхийн динамик, үйл явцын талаарх бидний ойлголтыг сайжруулах, байгаль орчныг хамгаалах талаар зөв шийдвэр гаргахад бодлого боловсруулагчдад туслахын тулд дэлхийн өөрчлөлтийг хангалттай зөв урьдчилан таамаглах чадвартай, батлагдсан, интерактив дэлхийн системийн загваруудыг хөгжүүлэхэд чухал үүрэг гүйцэтгэдэг. Дэлгэрэнгүй мэдээллийг МОДИС-ын веб хуудас <https://modis.gsfc.nasa.gov/>-аас авна үү. Мэдээг https://lpdaac.usgs.gov/product_search (2024 оны байдлаар) веб хуудсанд хандан татаж авч ашиглах боломжтой.

Хүснэгт 16. МОДИС мэдрэгч төхөөрөмжийн мэдээний үзүүлэлтүүд.

Сэдэвчилсэн судалгаанд	Суваг	Цахилгаан соронзон долгионы спектрийн муж (нм)	Сэдэвчилсэн судалгаанд	Суваг	Цахилгаан соронзон долгионы спектрийн муж (μм)
Газар/Үүл/Аэрозолийн хил хязгаар	1	620 - 670	Гадаргуугийн/ Үүлний температур	20	3.660 - 3.840
	2	841 - 876		21	3.929 - 3.989
Газар/Үүл/Аэрозолийн шинж чанарууд	3	459 - 479	Агаар мандлын температур	22	3.929 - 3.989
	4	545 - 565		23	4.020 - 4.080
	5	1230 - 1250	Сэмжин үүл Усны уур	24	4.433 - 4.498
	6	1628 - 1652		25	4.482 - 4.549
	7	2105 - 2155		26	1.360 - 1.390
Далайн өнгө/ Фитопланктон/ Биогеохими	8	405 - 420	Үүлний шинж чанар	27	6.535 - 6.895
	9	438 - 448		28	7.175 - 7.475
	10	483 - 493	Озон	29	8.400 - 8.700
	11	526 - 536	Гадаргуугийн/ Үүлний температур	30	9.580 - 9.880
	12	546 - 556		31	10.780 - 11.280
	13	662 - 672	Үүлний дээд хэсэг	32	11.770 - 12.270
	14	673 - 683		33	13.185 - 13.485
	15	743 - 753		34	13.485 - 13.785
16	862 - 877	35		13.785 - 14.085	
Агаар мандлын усны уур	17	890 - 920		36	14.085 - 14.385
	18	931 - 941			
	19	915 - 965			

Тав. Дүрс боловсруулалтын программ хангамжууд

Дүрс зургийн боловсруулалтыг Erdas Imagine, ENVI, SNAP болон агаарын зураглалын программ хангамж, газарзүйн мэдээллийн системийн ArcGIS, QGIS программ хангамж, статистик боловсруулалтыг Excel, SPSS, E-Views, R, R-studio болон бусад ижил төрлийн программ хангамжуудыг тус тус ашиглан хийнэ. Хиймэл дагуулын мэдээ боловсруулах SNAP болон газарзүйн мэдээллийн системийн QGIS, статистик боловсруулалтын R программ хангамжууд нь нээлттэй эх сурвалжийн, хүн бүр үнэ төлбөргүй татан авч ашиглах боломжтой (Хүснэгт 17). Мөн Google earth engine, Sentinel Hub нь үнэ төлбөргүйгээр (Хандах эрхээс хамаарч боловсруулалт

хийх зарим нөхцөл хязгаартай байдаг) тусгайлан бэлтгэсэн код ашиглан хиймэл дагуулын мэдээний боловсруулалтыг орон зай, цаг хугацааны өргөн цар хүрээтэй хийж гүйцэтгэх боломжийг олгож байна.

Хүснэгт 17. Программ хангамжийн мэдээлэл

Программ хангамж	Нээлттэй эсэх	Хэрэглээ	Татаж авах линк	Эх сурвалж
SNAP	Нээлттэй, үнэ төлбөргүй	Хиймэл дагуулын мэдээ боловсруулалт	Үнэ төлбөргүй шууд татаж авч ашиглана. https://step.esa.int/	The European Space Agency
ENVI	Төлбөртэй		Лиценз худалдан авч идэвхжүүлж ашиглана. https://www.nv5geospatialsoftware.com/	NV5 Geospatial Solutions, Inc.
QGIS	Нээлттэй, үнэ төлбөргүй	Газарзүйн мэдээллийн системийн боловсруулалт	Үнэ төлбөргүй шууд татаж авч ашиглана. https://www.qgis.org/	Open Source Geographic Information System
ArcGIS	Төлбөртэй		Лиценз худалдан авч идэвхжүүлж ашиглана. www.esri.com	ESRI
R	Нээлттэй, үнэ төлбөргүй	Алгоритмд суурилсан боловсруулалт	Үнэ төлбөргүй шууд татаж авч ашиглана. www.r-project.org	The R Foundation
Google earth engine	Нээлттэй, үнэ төлбөргүй, хязгаартай	Хиймэл дагуулын мэдээний архив, алгоритмд суурилсан боловсруулалт	Онлайн хэлбэрээр нэвтэрч, боловсруулалт хийнэ.	Google Earth Engine https://earthengine.google.com/
Sentinel Hub				The European Space Agency www.sentinel-hub.com

АШИГЛАСАН МАТЕРИАЛ

1. Д.Амарсайхан, 2019, Орчин үеийн газарзүйн мэдээллийн систем, тандан судлалын зарчмууд, 32.8хэв.хуудас, Улаанбаатар хот.
2. Д.Амарсайхан, 2023, "Орчин үеийн радарын тандан судлал, радарын мэдээнд боловсруулалт хийх зарчмууд", 35.9 хэв.хуудас, Улаанбаатар хот.
3. Д.Амарсайхан, Ц.Адьяасүрэн, М.Саандарь, 2014, Зайнаас тандах судлал, газарзүйн мэдээллийн системийг байгалийн нөөцийн менежментэд ашиглах нь, 5-дахь хэвлэл, 43.7 хэв.хуудас, Улаанбаатар хот.
4. Амарсайхан, Д., Адьяасүрэн, Ц., Саандарь, М. (2014). Зайнаас тандах судлал, газарзүйн мэдээллийн системийг байгалийн нөөцийн менежментэд ашиглах нь. Улаанбаатар.
5. De Jong, S. M., Addink, E., Zeijlmans, M. & Nijland, W. (2008). Remote Sensing - A tool for environmental observations. Department of Physical Geography, Faculty of Geosciences, Utrecht University. Lecture Notes Remote Sensing Course GEO2-4208 . Ref Type: Report.
6. Turner, W., Spector, S., Gardener, N., Fladeland, M., Sterling, E. & Steininger, M. (2003). Remote sensing for biodiversity science and conservation. *Trends in Ecology and Evolution* 18: 306-314.
7. Wulder, M. A., Hall, R. J., Coops, N. C. & Franklin, S. E. (2004). High spatial resolution remotely sensed data for ecosystem characterization. *BioScience* 54: 511-521.
8. Ustin, S. L., Roberts, D. A., Gamon, J. A., Asner, G. P. & Green, R. O. (2004). Using imaging spectroscopy to study ecosystem processes and properties. *BioScience* 54: 523-534.
9. Wadsworth, R. & Treweek, J. 1999. Sources of data. *Geographical Information Systems for Ecology*, pp. 63-75. Addison Wesley Longman Limited.
9. Govender, M., Chetty, K. & Bulcock, H. (2007). A review of hyperspectral remote sensing and its application in vegetation and water resource studies. *Water SA* 33: 145-151.
10. Chambers, J. Q., Asner, G. P., Morton, D. C., Anderson, L. O., Saatchi, S. S., Esprito-Santo, F. D. B., Palace, M. & Souza, J. (2007). Regional ecosystem structure and function: ecological insights from remote sensing of tropical forests. *Trends in Ecology and Evolution* 22: 414-423.
11. Gillespie, T. W., Foody, G. M., Rocchini, D., Giorgi, A. P. & Saatchi, S. (2008). Measuring and modelling biodiversity from space. *Progress in Physical Geography* 32: 203-221.
12. Shippert, P. (2004). Why use hyperspectral imagery *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* 70: 377-380.
13. Kerr, J. T. & Ostrovsky, M. (2003). From space to species: ecological applications for remote sensing. *Trends in Ecology and Evolution* 18: 299-305.
14. Cohen, W. B. & Goward, S. N. (2004). Landsat's role in ecological applications of remote sensing. *BioScience* 54: 535-545.
15. Cohen, W. B., Kushla, J. D., Ripple, W. J. & Garman, S. L. (1996). An introduction to digital methods in remote sensing of forested ecosystems: Focus on the pacific northwest, USA. *Environmental Management* 20: 421-435.
16. Lo, C. P., and Yeung, A. K. W. (2002). *Concepts and Techniques of Geographic Information Systems*. Upper Saddle River, NJ: Prentice-Hall.
17. Colby, J. D. (1991). Topographic normalization in rugged terrain. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* 57, 531-537.

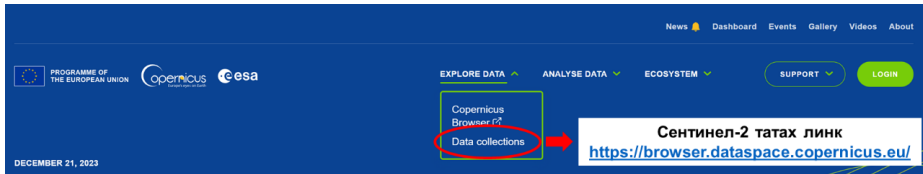
18. Gu, D., and Gillespie, A. (1998). Topographic normalization of Landsat TM images of forest based on subpixel sun-canopy-sensor geometry. *Remote Sensing of Environment* 64, 166–175.
19. Hale, S. R., and Rock, B. N. (2003). Impacts of topographic normalization on landcover classification accuracy. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* 69, 785–792.
20. Meyer, P., Itten, K. I., Kellenberger, T., et al. (1993). Radiometric corrections of topographically induced effects on Landsat TM data in alpine environment. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing* 48, 17–28.
21. Richter, R. (1997). Correction of atmospheric and topographic effects for high spatial resolution satellite imagery. *International Journal of Remote Sensing* 18, 1099–1111.
22. Teillet, P. M., Guindon, B., and Goodenough, D. G. (1982). On the slope-aspect correction of multispectral scanner data. *Canadian Journal of Remote Sensing* 8, 84–106.
23. Canty, M. J., Nielsen, A. A., and Schmidt, M. (2004). Automatic radiometric normalization of multitemporal satellite imagery. *Remote Sensing of Environment* 91, 441–451.
24. Chavez, P. S., Jr. (1996). Image-based atmospheric corrections: Revisited and improved. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* 62, 1025–1036.
25. Gilabert, M. A., Conese, C., and Maselli, F. (1994). An atmospheric correction method for the automatic retrieval of surface reflectance from TM images. *International Journal of Remote Sensing* 15, 2065–2086.
26. Hadjimitsis, D. G., Clayton, C. R. I., and Hope, V. S. (2004). An assessment of the effectiveness of atmospheric correction algorithms through the remote sensing of some reservoirs. *International Journal of Remote Sensing* 25, 3651–3674.
27. Heo, J., and FitzHugh, T. W. (2000). A standardized radiometric normalization method for change detection using remotely sensed imagery. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* 66, 173–182.
28. Markham, B. L., and Barker, J. K. (1985). Spectral characteristics of the Landsat Thematic Mapper sensors. *International Journal of Remote Sensing* 6, 697–716.
29. McGovern, E. A., Holden, N. M., Ward, S. M., and Collins, J. F. (2002). The radiometric normalization of multitemporal Thematic Mapper imagery of the midlands of Ireland: A case study. *International Journal of Remote Sensing* 23, 751–766.
30. Tokola, T., Löfman, S., and Erkkilä, A. (1999). Relative calibration of multitemporal Landsat data for forest cover change detection. *Remote Sensing of Environment* 68, 1–11.
31. Vermote, E., Tanre, D., Deuze, J. L., et al. (1997). Second simulation of the satellite signal in the solar spectrum, 6S: An overview. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing* 35, 675–686.
32. Rouse, J.W., Haas, R.H., Scheel, J.A., and Deering, D.W. (1974) 'Monitoring Vegetation Systems in the Great Plains with ERTS'. *Proceedings, 3rd Earth Resource Technology Satellite (ERTS) Symposium*, vol. 1, p. 48-62.
33. Krieglger, F.J., Mallia, W.A., Nalepka, R.F., and Richardson, W. (1969) 'Preprocessing transformations and their effects on multispectral recognition.' *Proceedings of the Sixth International Symposium on Remote Sensing of Environment*, p. 97-131.
34. Gao, B.-C. (1996). NDWI - A normalized difference water index for remote sensing of vegetation liquid water from space. *Remote Sensing of Environment* 58: 257-266.

35. Huete, A. R., Liu, H. Q., Batchily, K. V., & Van Leeuwen, W. J. D. A. (1997). A comparison of vegetation indices over a global set of TM images for EOS-MODIS. *Remote sensing of environment*, 59(3), 440-451.
36. Huete, A.: A soil-adjusted vegetation index (SAVI), *Remote Sens. Environ.*, 25, 295–309, 1988.
37. Allen, R. G., Tasumi, M., Trezza, R., Waters, R., & Bastiaanssen, W. (2002). SEBAL (surface energy balance algorithms for land). *Advance training and users manual-Idaho implementation*, version, 1, 97.
38. Pôças, I., Paço, T. A., Cunha, M., Andrade, J. A., Silvestre, J., Sousa, A., ... & Allen, R. G. (2014). Satellite-based evapotranspiration of a super-intensive olive orchard: Application of METRIC algorithms. *Biosystems Engineering*, 128, 69–81.

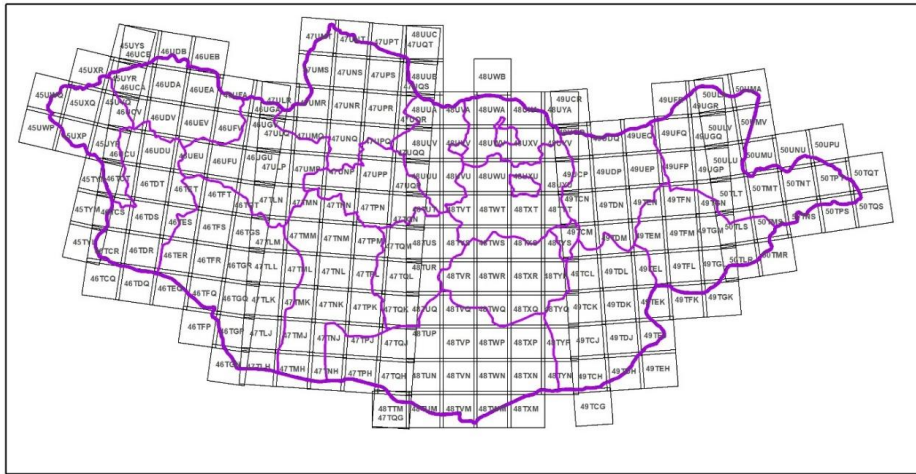
3 ГУРАВДУГААР БҮЛЭГ. ХИЙМЭЛ ДАГУУЛЫН МЭДЭЭ БОЛОВСРУУЛАХ ГАРЫН АВЛАГА

Нэг. Сэнтинел-2 дагуулын мэдээ татаж, архивлах

Сэнтинел-2 дагуулын хувьд үндсэн эх тоон өгөгдөл нь L1B-р түвшний (Level-1B) 13 спектрийн сувгийг (бүх боломжит спектрийн зурвасыг агуулсан) эмхэтгэн багцалсан багц бүтээгдэхүүн юм. L1C, L2A-р түвшний (Level-1C ба Level-2A) бүтээгдэхүүний хувьд UTM/WGS84 системийн проекцоор тодорхойлсон 110x110 кв.км хэмжээтэй торлолоор хувааж (Зураг 12) арван гурван спектрийн сувгуудыг нэг дор багцалсан байдаг. L1C төрлийн мэдээ нь геометрийн засалтай, агаар мандлын засал хийгдээгүй байдаг бол L2A төрлийн мэдээ нь геометрийн болон агаар мандлын засал аль аль нь хийгдсэн үр дүн юм. Сэнтинел-2 дагуулын 110x110 кв.км торлолын Google earth (kml format of google earth) өргөтгөлөөр татаж авч ашиглаж болно. Европын холбооны сансар судлалын агентлагийн Сэнтинел цувралуудын мэдээлэл агуулсан, вебд суурилсан боловсруулалт хийх платформ, дашбоард, хиймэл дагуулуудын тоон эх мэдээг хайх хандах, эрх үүсгэх веб хуудас <https://dataspace.copernicus.eu/> (Зураг 11, 2024 он хүртэлх байдлаар).



Зураг 11. Сэнтинел цуврал дагуулуудын веб хуудас.

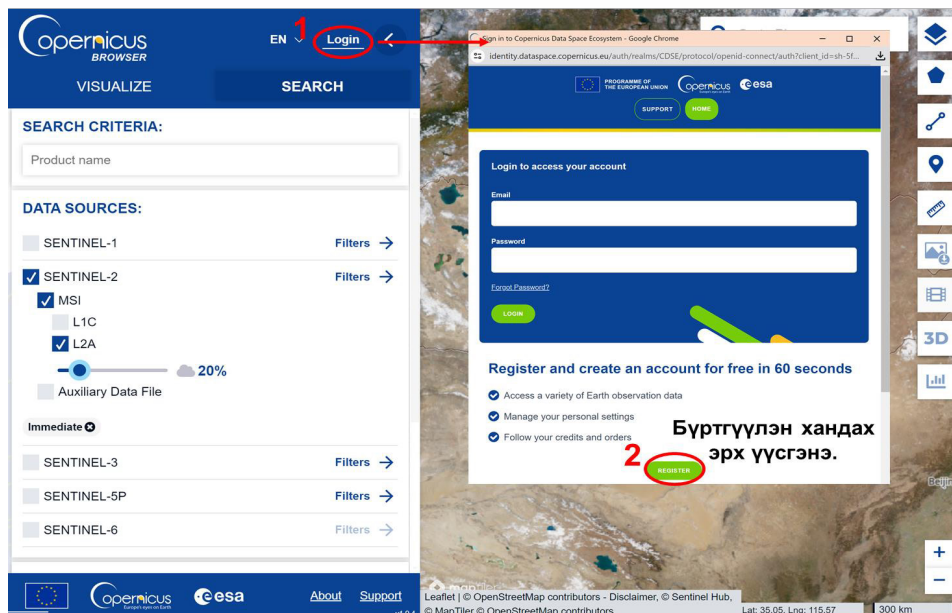


Зураг 12. Монгол орныг бүрхсэн Сэнтинел-2 дагуулын L1C, L2A-р түвшний бүтээгдэхүүний торлол. Торлолын татах линк:

https://sentinels.copernicus.eu/documents/247904/1955685/S2A_OPER_GIP_TILPAR_MPC_20151209T005117_V20150622T000000_21000101T000000_B00.kml

1.1. Sentinel хиймэл дагуулын архивын санд хандах эрх үүсгэх

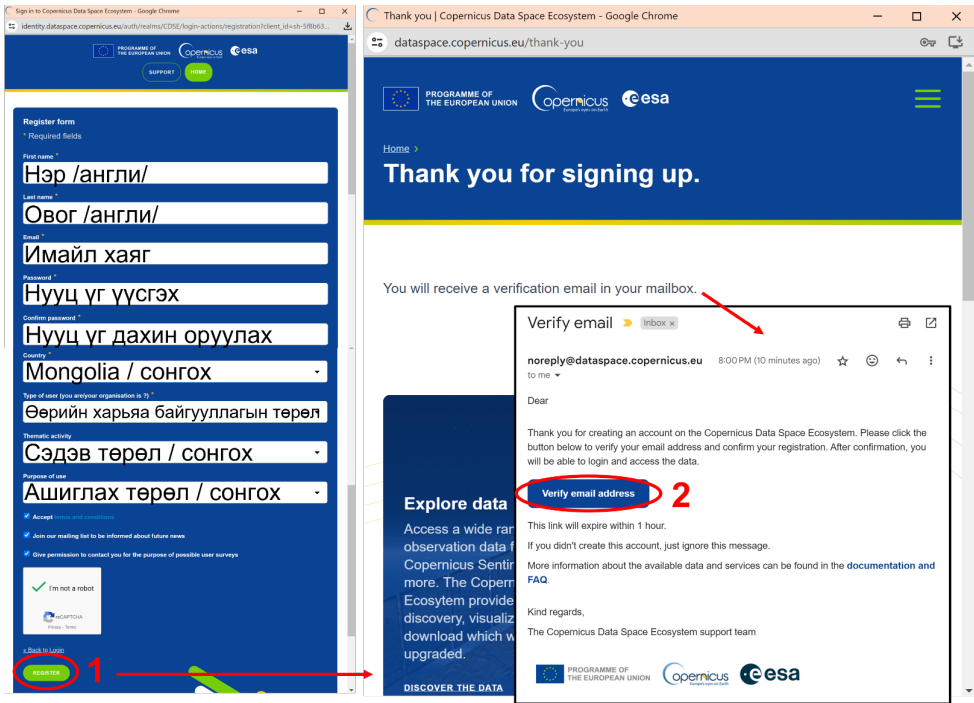
Сэнтинел-2 дагуулын мэдээг татаж авахдаа Европын сансар судлалын агентлагийн өгөгдлийн сангийн <https://browser.dataspace.copernicus.eu/> веб хуудсанд хандан Зураг 13 -д үзүүлсний дагуу бүртгүүлэн хандах эрх үүсгэнэ. Login дарж орох үед шинэ цонх нээгдэх бөгөөд бүртгүүлсэн бол шууд нэвтрэх боломжтой ба шинээр хандах хаяг үүсгэх бол Register дарж бүртгэл үүсгэнэ.



Зураг 13. Хандах эрх үүсгэх заавар.



Register нэвтрэн орсны дараа бүртгэл үүсгэх цонх гарч ирэх ба тус бүртгэлийг овог, нэр, и-мэйл хаяг, нууц үг үүсгэх, оршин суугаа улс, өөрийн харьяа байгууллагын төрөл, ашиглах сэдэв, төрлийг сонгон бөглөж холбогдох зөвшөөрлийг идэвхжүүлэн илгээснээр таны бүртгүүлсэн и-мэйл хаягт баталгаажуулалтын линк ирэх бөгөөд зураг 14-д үзүүлсний дагуу Verify email address дарж орсноор таны бүртгэл баталгаажна. Нууц үгээ үүсгэхдээ тоо, том болон жижиг үсэг, тэмдэгт зэргийг оролцуулсан багадаа 8 тэмдэгт байхыг анхаараарай. Бүртгэлээ хийсний дараагаар LOGIN хийж нэвтрэнэ.

Сэнтинел 1-6 хүртэл бүх цуврал хиймэл дагуулуудын мэдээг эндээс татаж авч ашиглах боломжтой бөгөөд зориулалтаараа харилцан адилгүй түвшний өгөгдөл цуглуулдаг тул Сэнтинел-2-оос бусад хиймэл дагуултай холбоотой мэдээлэл, тэдгээрийн өгөгдлийн үзүүлэлтүүд, сэдэвчилсэн хэрэглээний түшингийн мэдээллийг Сэнтинел дагуулын веб [хуудас https://sentinels.copernicus.eu/](https://sentinels.copernicus.eu/) -аас авна уу. Геометр, агаар мандлын заслууд хийгдсэн 2-р түвшний level-2A (L2A) төрлийн мэдээг татаж ашиглана. Агаар мандлын усны уур, аэрозолын төрлийн судалгаа хийх бол агаар мандлын засал хийгдээгүй 1-ээр түвшний level-1C (L1C) төрлийн мэдээг авч ашиглавал тохиромжтой.




Зураг 14. Бүртгэл үүсгэх заавар.





1.2. Сэнтинел-2 дагуулын хоёрдугаар түвшний (L2A) мэдээ татаж, архивлах

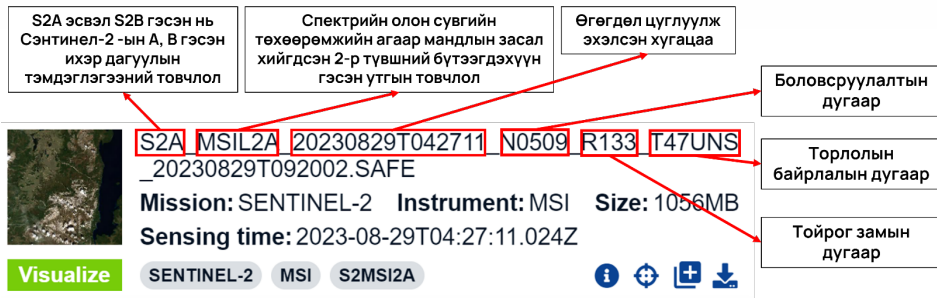
Нэвтэрч орсны дараагаар зураг татах нөхцөлөө оруулж өгнө. Ингэхдээ та өөрийн татах дагуулын дүрс мэдээний байршлыг  зурж үүсгэж өгнө. Мөн газарзүйн мэдээллийн системийн өгөгдлийн KML/KMZ, GPX, WKT (in EPSG:4326), GEOJSON/JSON зэрэг өргөтгөлтэй файлыг  оруулж байрлалыг сонгох боломжтой.

Дараах нөхцөлүүдийг тохируулж хайх SEARCH цонхон дээр дарснаар тухайн нөхцөлд таарсан бүтээгдэхүүнүүд гарч ирнэ.

- SENTINEL-2 сонгон тэмдэглэгээ бүхий болгоно.
- Олон сүвгийн спектрийн төхөөрөмж буюу MSI сонгон тэмдэглэгээ бүхий болгоно.
- Геометр, агаар мандлын засал хийгдсэн L2A сонгон тэмдэглэгээ бүхий болгоно.
- Үүлэн бүрхэвчийг  0-20% байхаар тохируулна.
- Татах мэдээний эхлэх, дуусах хугацааг зааж өгнө.

Сэнтинел-2 дагуулын тоон эх мэдээг татах зурган зааврыг зураг 15-аас харна уу.

-  Нэмэлт шинэ цонх нээгдэж бүтээгдэхүүний дэлгэрэнгүй мэдээллийг харуулна.
-  Бүтээгдэхүүний газрын зурагт байрлах байршлыг ойртуулж харуулна.
-  Бүтээгдэхүүнийг өөрийн аккаунтад хадгална.
-  Бүтээгдэхүүнийг татаж архивлана (Download product).



S2A эсвэл S2B гэсэн нь Сэнтинел-2 -ын A, B гэсэн ихэр дагуулын тэмдэглэгээний товчлол

Спектрийн олон сувгийн төхөөрөмжийн агаар мандлын засал хийгдсэн 2-р түвшний бүтээгдэхүүн гэсэн утгын товчлол

Өгөгдөл цуглуулж эхэлсэн хугацаа

Боловсруулалтын дугаар

Торлолын байрлалын дугаар

Тойрог замын дугаар

S2A_MSIL2A_20230829T042711_N0509_R133_T47UNS_20230829T092002.SAFE

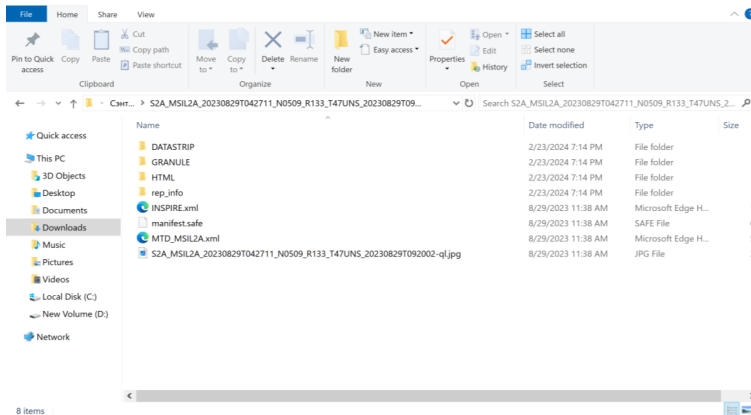
Mission: SENTINEL-2 Instrument: MSI Size: 1056MB

Sensing time: 2023-08-29T04:27:11.024Z

Visualize SENTINEL-2 MSI S2MSI2A

Зураг 17. Сэнтинел-2 дагуулын бүтээгдэхүүний (мэдээний) нэрний тайлбар.

Бүтээгдэхүүнийг (мэдээг) татаж дууссаны дараа багцалсан файл (zip) байх бөгөөд түүнийг задлах үед SAFE өргөтгөлтэй (Сэнтинел-2 дагуулын мэдээний багцалсан хэлбэр) фолдер (folder) үүснэ. Зураг 18 –д үзүүлсэн хэлбэрээр харагдана.



Зураг 18. Сэнтинел-2 дагуулын татсан бүтээгдэхүүний фолдерд хадгалагдсан хэлбэр.

Хоёр. Хиймэл дагуулын мэдээ боловсруулалтын SNAP программ хангамж

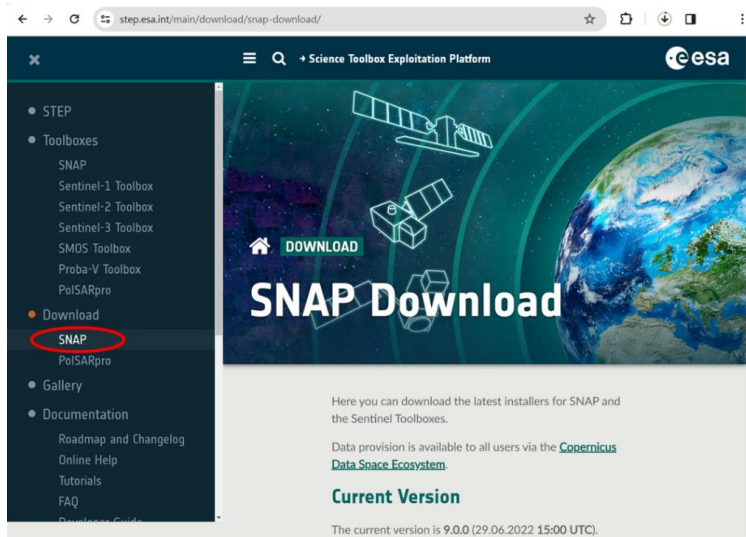
Европын сансар судлалын агентлагаас дэлхийн ажиглалтын системийг хөгжүүлэх, үйл ажиллагааны хүрээнд шинжлэх ухааны ололт амжилтыг ашиглах үнэ төлбөргүй нээлттэй эхийн программ хангамжийн платформыг боловсронгуй болгож хэрэглэгчдэд түгээж байна. Программ хангамж болон түүний баримт бичигт хандах, хөгжүүлэгчидтэй харилцах, шинжлэх ухааны

нийгэмлэгийн хүрээнд харилцан яриа өрнүүлэх, үр дүн, ололт амжилтыг сурталчлах, түүнчлэн хэрэглэгчдэд зориулсан заавар, материалаар хангах зорилгын үүднээс онлайн платформ (STEP) ажиллуулж байна.

Сэнтинел программ хангамжийн платформ (Sentinel Application Platform: SNAP) нь зайнаас тандан судлалын дүрс боловсруулалт, дүн шинжилгээ хийхэд тохиромжтой, өргөтгөх чадвар, модульчлагдсан платформ, мэдээллийг дүрслэх, санах ойн менежмент, график боловсруулах технологийн шинэчлэлүүд, хэрэглээний өргөн хамрах хүрээтэй, энгийнээс ахисан түвшний бүх боловсруулалтын шалгарсан аргачлал, алгоритмыг агуулдаг. Бүх командыг агуулсан нийтлэг архитектур, дүрс зургийг маш хурдан харуулах, гига-пикселийн зургийг ч удирдах боломжтой, график боловсруулах хүрээ, статистик болон төрөл бүрийн сонирхолтой бүсийг тодорхойлох боломжууд, дурын математик илэрхийллийг ашиглах, тооцоолох командууд, орто фото зураг засварлах, зургийн проекцыг нарийвчлалтай дахин тохируулах, газрын хяналтын цэгүүдийг ашиглан газарзүйн кодчиллол, засвар хийх, автоматаар өндрийн тоон загварыг (SRTM) татаж авах, каталогжуулах, бүтээгдэхүүний сан үүсгэх, WMS серверийн зураг эсвэл ESRI хэлбэрийн файл зэрэг шинэ давхаргыг нэмж, өөрчлөх зэрэг боломжийг олгодог.

2.1. SNAP программ хангамж татаж авах

SNAP программ хангамж татаж авч суулгахдаа <http://step.esa.int> веб хуудсанд нэвтэрч татах (Download) цэсийн SNAP-ийг сонгоно (Зураг 19).



Зураг 19. SNAP программ хангамжийн веб хуудсанд хандах заавар.

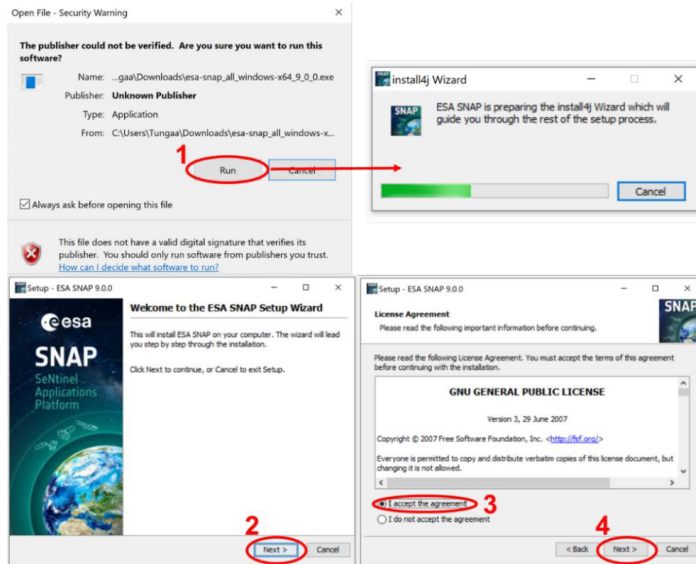
Компьютерын системийн төрөлд (Windows 64-Bit, Mac OS X, Unix 64-Bit) тохируулан All Toolboxes хэсгээс сонгон программ хангамжийг татаж авна. Үндсэн серверт (Mirror Download) хандаж татаж авахаас гадна хэрэглэгчид газарзүйн байрлалын хувьд өөрт ойрхон серверээс (Main Download) файлуудыг илүү хурдан татаж авах боломжтой (Зураг 20).

	Windows 64-Bit	Mac OS X	Unix 64-bit
Sentinel Toolboxes	These installers contain the Sentinel-1, Sentinel-2, Sentinel-3 Toolboxes, download size is close to 900MB.		
	Main Download Mirror Download	Main Download Mirror Download	Main Download Mirror Download
SMOS Toolbox	These installers contain only the SMOS Toolbox, download size is close to 500MB. Download also the Format Conversion Tool (Earth Explorer to NetCDF) and the user manual .		
	Main Download Mirror Download	Main Download Mirror Download	Main Download Mirror Download
All Toolboxes	These installers contain the Sentinel-1, Sentinel-2, Sentinel-3 Toolboxes, SMOS and PROBA-V Toolbox, download size is close to 1GB.		
	Main Download Mirror Download	Main Download Mirror Download	Main Download Mirror Download

Зураг 20. Компьютерын системдээ тохируулан программ хангамжийг сонгон татах заавар.

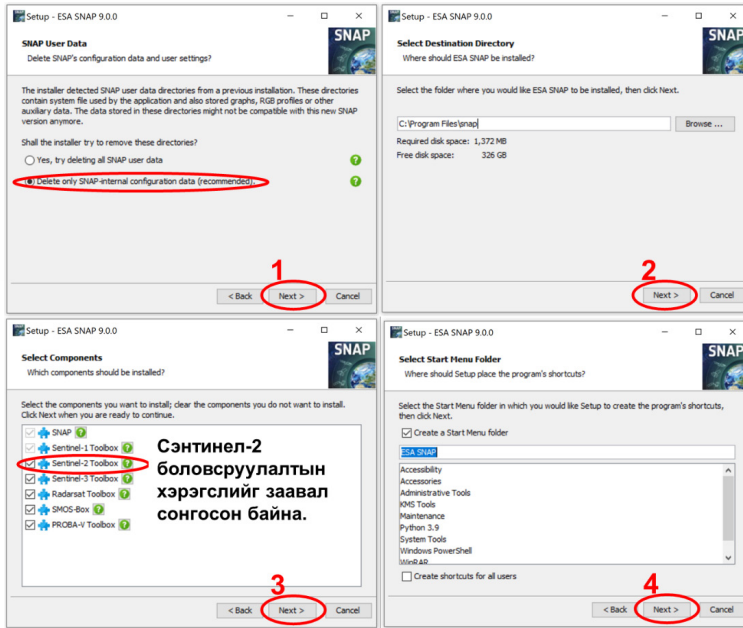
2.2. SNAP программ хангамжийг суулгах

Нээлттэй эхийн үнэ төлбөргүй программ хангамж тул шууд компьютертоо суулган ашиглана. Программ хангамжийг Run ->Next -> I accept the agreement ->Next гэж суулгах (Install) эхэлнэ (Зураг 21).

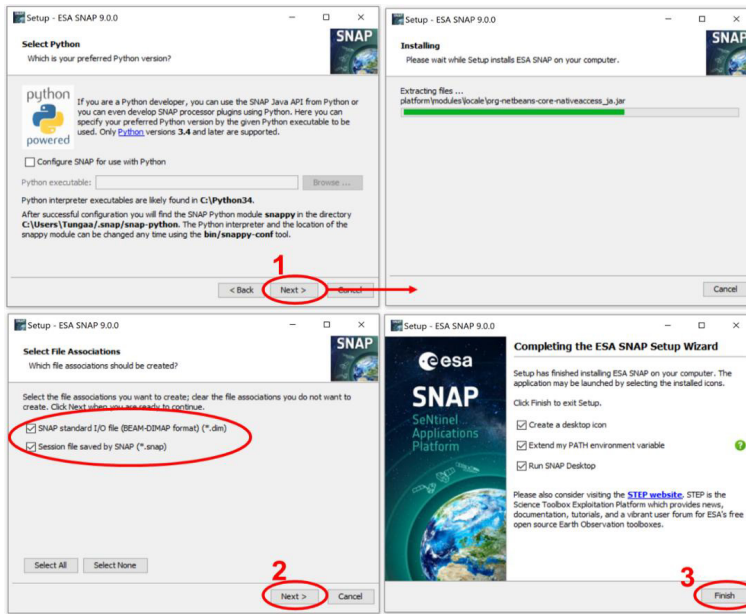


Зураг 21. Программ хангамж суулгах заавар.

Программ хангамж суулгах явцдаа Сэнтинел-2 боловсруулалтын хэрэгсэл, бусад нөхцөлүүдийг сонгож Next -> > Finish командаар суулгаж дуусгана (Зураг 22, 24)

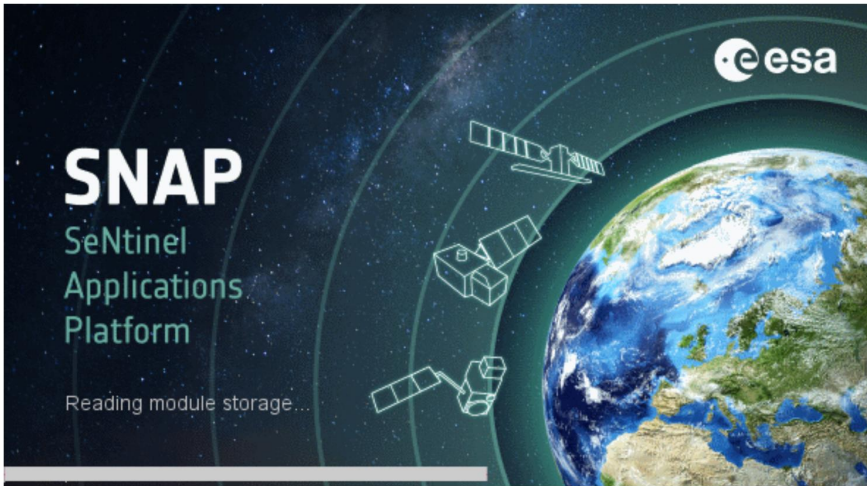


Зураг 22. Программ хангамж суулгах явцын заавар



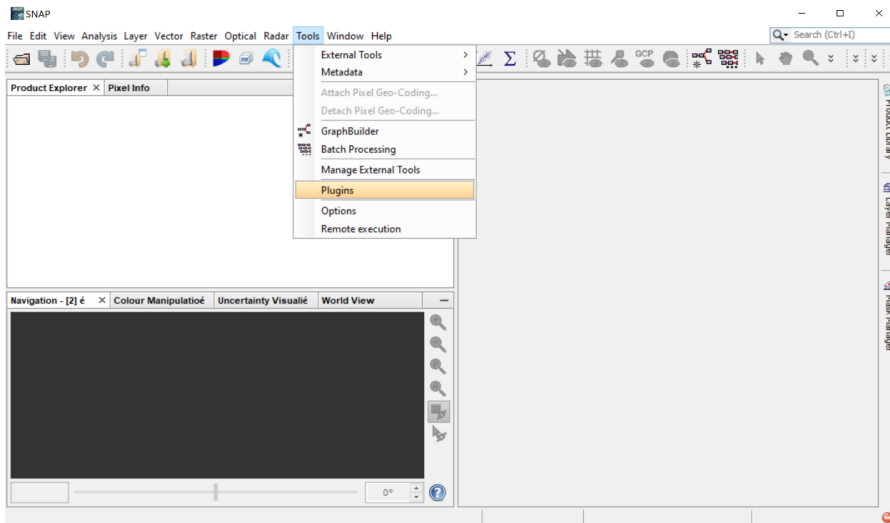
Зураг 23. Программ хангамж суулгаж дуусгах заавар

Компьютерын Програм эсвэл All App зэсээс SNAP Desktop -ийг нээж ажиллуулна (Зураг 24).



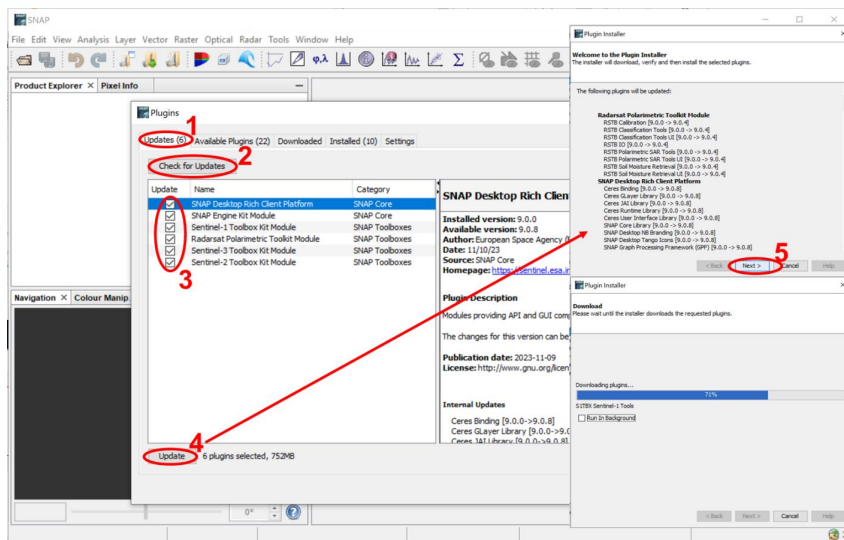
Зураг 24. SNAP программ хангамжийг нээж ажиллуулах үед харагдах хэлбэр.

SNAP программ хангамжийг суулгасны дараа шаардлагатай нэмэлт сайжруулалт, хөгжүүлэлтийг (plugin) тогтмол шинэчилж байх шаардлагатай бөгөөд Tools -> Plugins гэсэн цэс рүү орж эхлүүлнэ (Зураг 25).



Зураг 25. Программын шаардлагатай нэмэлт хөгжүүлэлтийг (plugin) тогтмол шинэчлэх заавар.

Зураг 26-д үзүүлсэн цонх нээгдэх бөгөөд цонхны дээд хэсэгт байрлах Updates -> Check for Updates –дээр дарж шинэчлэх шаардлагатай командуудыг гаргаж ирнэ. Цонхны доод хэсэгт байрлах Update дэрж шинэчилнэ. Энэхүү үйлдлийг программаа шинэчлэх, нэмэлт хөгжүүлэлтийг ашиглах зорилгоор тогтмол хийж байх шаардлагатай.



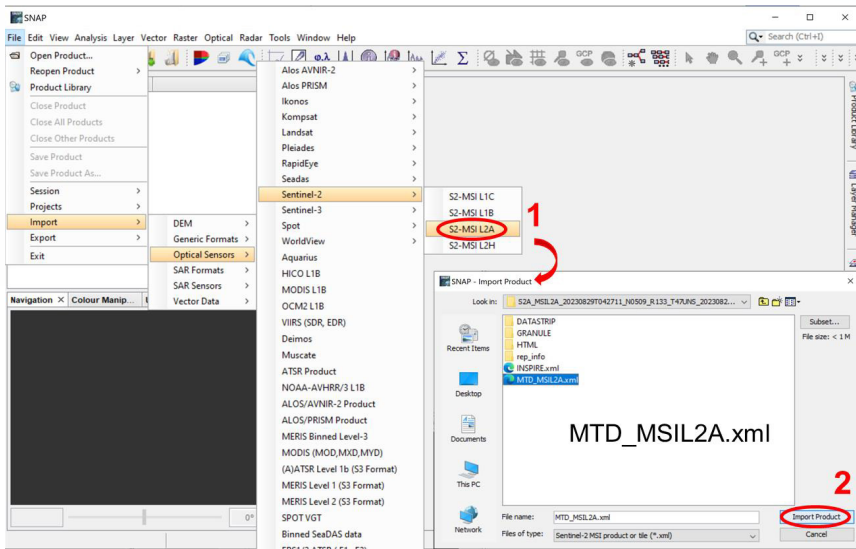
Зураг 26. Программын шаардлагатай нэмэлт хөгжүүлэлтийг (plugin) тогтмол шинэчлэх (update) заавар.

Гурав. SNAP программ хангамж ашиглан Сэнтинел-2 дагуулын мэдээг боловсруулах

SNAP программ хангамжийг ашиглан олон төрлийн хиймэл дагуулын мэдээг (бүтээгдэхүүн) боловсруулах боломжтой бөгөөд энэ гарын авлагаар өнгөний нийлэмж (color composite or RGB), спектрийн сүвгүүдын математик тооцоолол (Band Math) гэсэн аргуудыг ашиглан Сэнтинел-2 хиймэл дагуулын L2A (анхан шатны заслууд хийгдсэн тул шууд ашиглана) бүтээгдэхүүнээр дүрс боловсруулалтыг хийж үр дүн гаргаж авах боломжтой.

3.1. Сэнтинел-2 хиймэл дагуулын бүтээгдэхүүнийг SNAP программ дээр нээх

SNAP программыг ажиллуулж File->Import->Optical Sensors->Sentinel-2->S2-MSI L2A бүтээгдэхүүнийг дуудна. Шинэ цонх нээгдэх бөгөөд SAFE өргөтгөлтэй (өмнө нь Сэнтинел-2 веб хуудаснаас татаж авч архивлан ZIP файлыг задалсан байх) хиймэл дагуулын мэдээ рүү нэвтрэн орвол MTD_MSIL2A.xml файл байх ба үүнийг сонгон Import Product товчийг дарж нээнэ (Зураг 27).

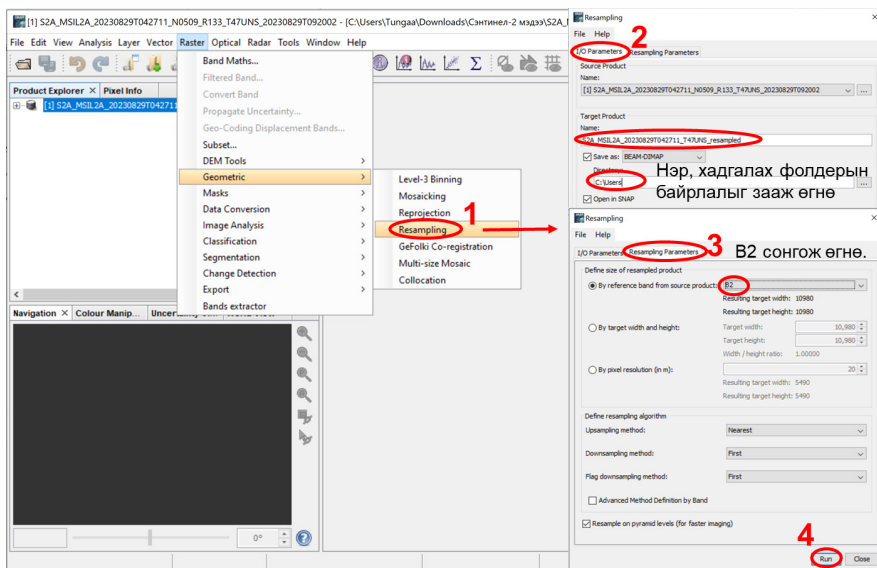


Зураг 27. Сэнтинел-2 дагуулын бүтээгдэхүүнийг SNAP программ дээр нээх заавар.

3.2. Сэнтинел-2 дагуулын спектрийн сувгуудын орон зайн шийдийг ижил болгох


Мэдээг оруулж ирсний дараагаар Resample (орон зайн шийдийг ижил болгох команд) хийнэ. Сэнтинел-2 дагуул нь 10м, 20м, 60м гэсэн өөр өөр орон зайн нарийвчлалтай байдаг ба эдгээр сувгуудын хооронд математик тооцоолол, өнгөний нийлэмж, ургамлын индекс тооцоолох шаардлага үүсдэг тул орон зайн шийдийг ижил хэмжээтэй болгох шаардлагатай. Бэлчээрийн судалгаанд 2-8, 8а, 11, 12-р сувгуудыг ашиглавал тохиромжтой.

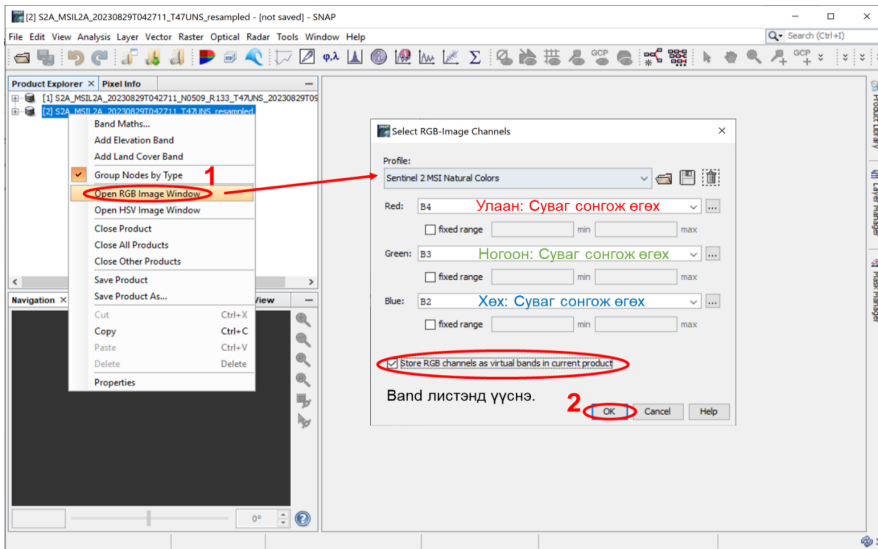
Үндсэн цэсний Raster->Geometric->Resampling цэсэнд хандана. Гарч ирэх цонхны Resampling Parameters хэсгээс By reference band from source product сонголтоос ижил нарийвчлалд оруулах 10м орон зайн нарийвчлалтай Band 2 (B2) сувгийг сонгож өгнө үүний дараагаар I/O Parameters хэсгээс Save as болон Open in SNAP сонголтын тэмдэглэгээг идэвхжүүлэн үүсэж буй файлын нэр, хадгалах фолдерыг зааж өгнөөд Run товчийг дарна (Зураг 28). Бүх сувгуудын хэмжээ 10м болох хэдий ч орон зайн нарийвчлал сайжирсан гэсэн үг биш 20м, 60м хэмжээг 10м хуваан түүнд харгалзах утгыг ижил оруулж өгсөн гэсэн үг юм.



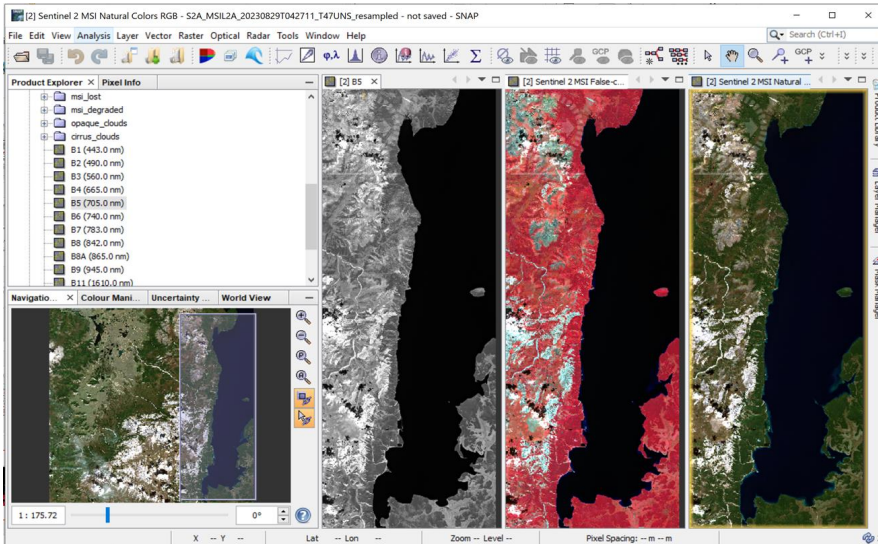
Зураг 28. Спектрийн сувгуудын орон зайн шийдийг ижил болгох заавар.

3.3. Өнгөний нийлэмж үүсгэх

Сэнтинел-2 хиймэл дагуулын мэдээ ашиглан бодит өнгөний нийлэмжийг 4, 3, 2-р сувгуудаар, хуурмаг өнгөний нийлэмжийг 8, 4, 3-р сувгуудаар тус тус улаан, ногоон, хөх өнгөнд өгч үүсгэнэ. SNAP программын өнгөнийн нийлэмж буюу RGB командыг ашиглаж үүсгэх ба 28-р зурагт үзүүлсний дагуу Resampling хийсэн үр дүн бүхий мэдээг сонгож гар Mouse -ийн баруун товчыг  даран Open RGB image Window сонгож, цонх гарч ирнэ. Энэ цонхноос Red дээр B4, Green дээр B3, Blue дээр B2 гэсэн спектрийн сувгуудыг сонгож өгнө. Ингэхдээ Store RGB channels as virtual bands in current products гэсэн идэвхжүүлээд (идэвхжүүлээгүй тохиолдолд зөвхөн дэлгэцэнд үзүүлэх ба файлыг хадгалах, өөр бусад програм руу хөрвүүлж гаргах тохиолдолд ашиглах) Ok товчыг дарж ажиллуулна (Зураг 29). Энэ үед бодит байгалийн өнгөний нийлэмж үүсэх (Зураг 30) ба Virtual red, Virtual green, Virtual blue гэсэн сувгууд тухайн мэдээний Bands дотор хадгалагдсан байна. Энэ хэлбэрээр бодит болон хуурмаг өнгөний нийлэмжүүдийг үүсгэж болох ба SentinelHub-ийн <https://custom-scripts.sentinel-hub.com/sentinel-2/composites/> веб хуудсанд хандан бусад төрлийн өнгөний нийлэмжийн сувгуудын сонголтыг харж үүсгэж болно.



Зураг 29. Өнгөний нийлэмж үүсгэх заавар.

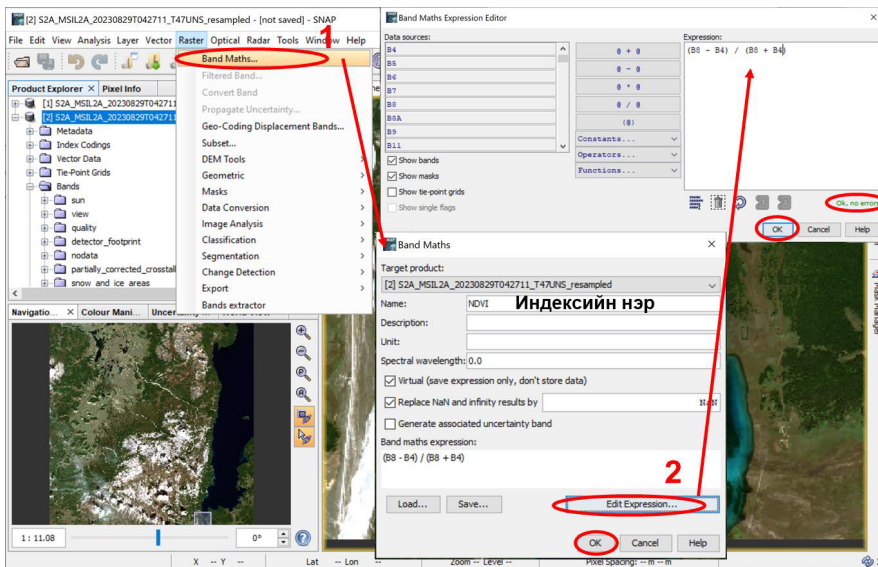


Зураг 30. Өнгөний нийлэмжийн үр дүн буюу 5-р суваг, ойрын нэл улаан туяаны спектр сүвгийн нийлэмж (ургамлаар бүрхсэн талбай улаанаар үзэгдэнэ), бодит байгалийн өнгөний нийлэмжийн үр дүн.

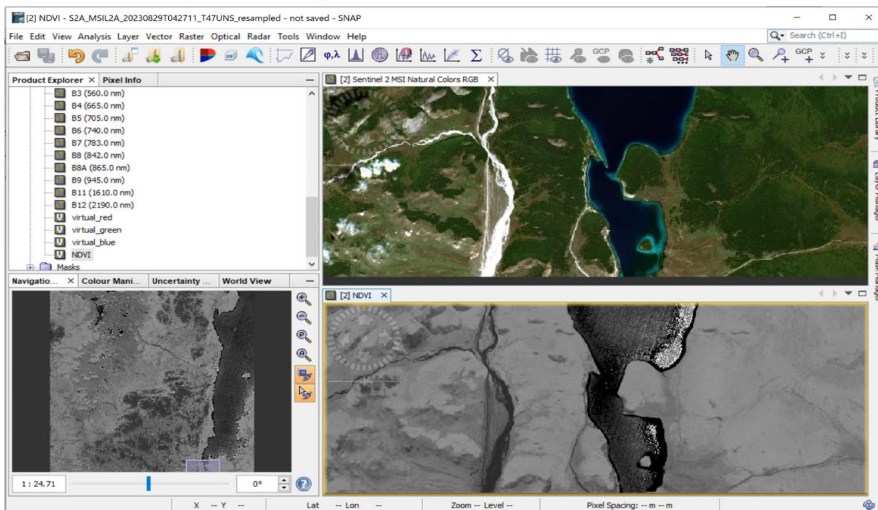
3.4. Спектрийн сүвгүүдийн математик тооцоолол (ургамлын индекс)

Ургамлын нормчлогдсон ялгаврын индекс буюу NDVI бодуулахдаа Raster -> Band maths цэс рүү хандана (Зураг 31). Band maths цонх гарч ирэх бөгөөд Name хэсэгт үр дүнгийн зургийн нэрээ оруулж өгнө. Edit expression хэсэг рүү хандан орно. Expression хэсэгт $(B8 - B4) / (B8 + B4)$ томъёог бичнэ. $NDVI = (NIR - RED) / (NIR + RED)$ буюу NDVI-ийн томъёо нь Сэنتينел-2 дагуулын 2A

бүтээгдэхүүний хувьд NIR нь 8-р суваг бол RED нь 4-р суваг юм. NDVI үр дүн зураг 31-д үзүүлсэн байдлаар харэг дана.

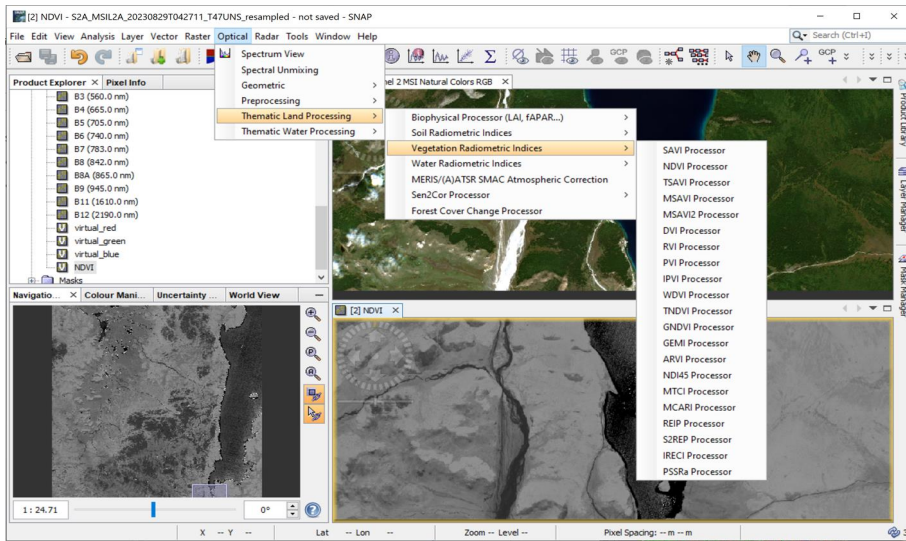


Зураг 31. Ургамлын нормчлогдсон ялгаврын индекс буюу NDVI бодуулах заавар.



Зураг 32. Ургамлын нормчлогдсон ялгаврын индекс буюу NDVI-ийн үр дүн.

Ургамлын нормчлогдсон ялгаврын индексийн командуудыг ашиглан тооцоолж үр дүн гарган авч болох байх дэлгэрэнгүй мэдээллийг SentinelHub-ийн <https://custom-scripts.sentinel-hub.com/custom-scripts/sentinel/sentinel-2/#remote-sensing-indices> веб хуудсанд хандан бусад төрлийн индексүүдийн томъёог ашиглаж болно. (Зураг 33)

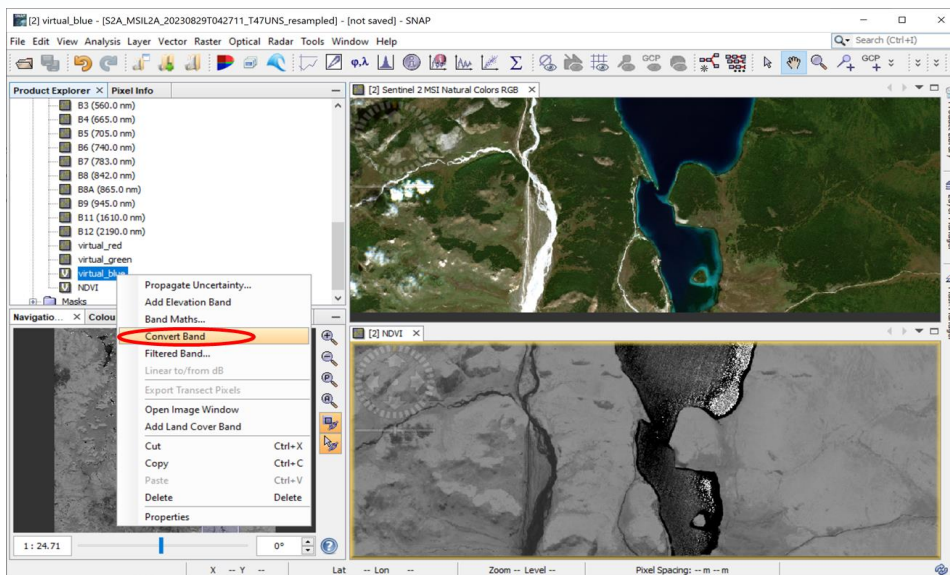


Зураг 33. Үргамлын нормчлогдсон ялгаврын индексүүдийг тооцоолох командууд.

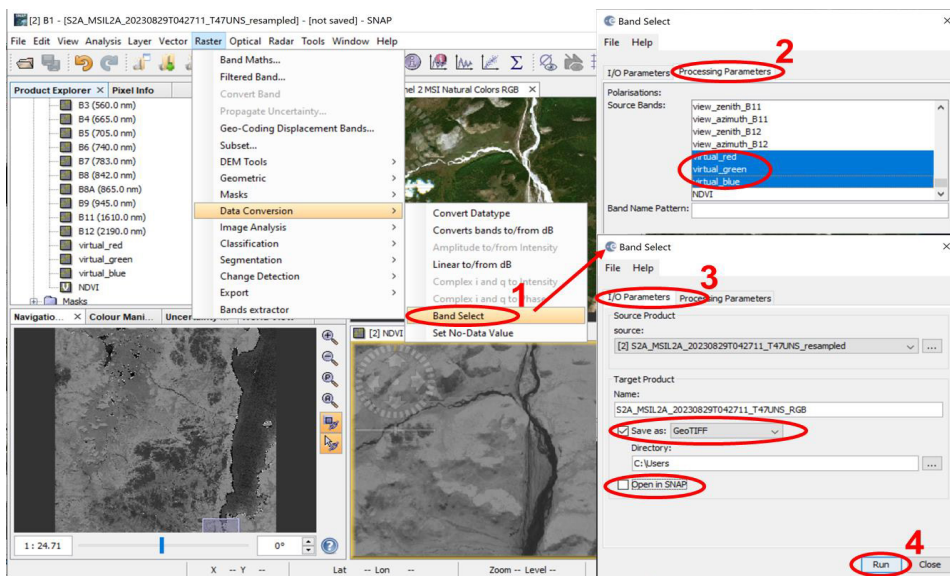
3.5. Боловсруулалтын үр дүнг бусад өргөтгөлөөр хөрвүүлж гаргах

Сэнтинел-2 дагуулын мэдээ ашиглан гаргах авсан өнгөний нийлэмж, Үргамлын нормчлогдсон ялгаврын индекс болон үр дүнгүүдийг бусад төрлийн тандан судлал, газарзүйн мэдээллийн системийн программ хангамж дээр нээх өргөтгөлөөр хөрвүүлэн гаргах болно (export).

Үүнийг хийхдээ мэдээний Bands жагсаалтад үүссэн Virtual red, Virtual green, Virtual blue, мөн NDVI гэсэн үр дүнгүүдийг сонгож гар Mouse –ийн баруун товчыг даран Convert Band сонгож виртуал сувгыг хувиргах (Зураг 34). Дараа нь үндсэн цэсний Raster->Data Conversion->Band Select цээнд хандана. Гарч ирэх цонхны Processing Parameters хэсгээс Source Bands сонголтоос өнгөний нийлэмж хөрвүүлэн гаргах бол Virtual red, Virtual green, Virtual blue сувгуудыг хамтад нь сонгох, Үргамлын нормчлогдсон ялгаврын индекс хөрвүүлэн гаргах бол NDVI тус тус сонгож өгнө, үүний дараагаар I/O Parameters хэсгээс Save as сонголтын тэмдэглэгээг идэвхжүүлэн үүсэж буй файлын төрөл, нэр, хадгалах фолдерыг зааж Run товчийг дарна (Зураг 35). Энэ хэлбэрээр бүх төрлийн боловсруулалтын үр дүнг хөрвүүлэн гаргах болно. Энэ аргачлал нь Сэнтинел-2 хиймэл дагуулын бүтээгдэхүүн ашиглан гаргах авсан боловсруулалтын үр дүнгийн шинж чанарыг алдагдуулахгүйгээр бусад төрлийн зайнаас тандан судлал, газарзүйн мэдээллийн системийн программ хангамж дээр нээж ашиглах хэлбэрээр олон төрлийн өргөтгөлөөр хөрвүүлэн гаргадаг.



Зураг 34. Виртуал сувгийг хувиргах заавар.



Зураг 35. Боловсруулалтын үр дүнг бусад өргөтгөлөөр хөрвүүлж гаргах.

Талархал

“Зайнаас тандан судлалын аргаар бэлчээрийн газрын мониторинг хийх аргачилсан заавар” -ыг боловсруулж, батлуулаад хамтран ажилласан ШУА-ийн Газарзүй, геоэкологийн хүрээлэнгийн эрдмийн зөвлөл, зөвлөх багт оролцсон Монгол Улсын Их Сургуулиас П.Мягмарцэрэн, Ц.Гантулга, Б.Сайнбуян, И.Базарханд, Хөдөө Аж Ахуйн Их Сургуулиас И.Мягмаржав, Э.Эрхэмбаяр, Л.Нацагдорж, П.Ариунсүрэн, Д.Даваадорж, Г.Энх-Амгалан болон хамтран ажилласан бусад байгууллага, хувь хүмүүст талархал илэрхийлье.