



**ЦАГ УУР, ОРЧНЫ ШИНЖИЛГЭЭНИЙ
ГАЗРЫН ДАРГЫН
ТУШААЛ**

2023 оны 06 сарын 12 өдөр

Дугаар A/99

Улаанбаатар хот

Технологи, арга зүй батлах тухай

Монгол улсын “Засгийн газрын агентлагийн эрх зүйн байдлын тухай” хуулийн 8 дугаар зүйлийн 8.4, “Ус цаг уур, орчны хяналт шинжилгээний тухай” хуулийн 6 дугаар зүйлийн 6.1.1, 6.1.7 дахь заалт, тус газрын Арга зүйн зөвлөлийн 2023 оны 01 дүгээр хуралдааны тэмдэглэлийг тус тус үндэслэн ТУШААХ нь:

1. “Шороон шуурганы загварын үр дүн болон байран хиймэл дагуулын зургийг цаг агаарын зурагтай давхцуулах технологи”-ийг 2023 оны 07 дугаар сарын 01-ний өдрөөс эхлэн Ус, цаг уур, орчны хяналт шинжилгээний улсын сүлжээнд нэвтрүүлсүгэй.

2. “Шороон шуурганы загварын үр дүн болон байран хиймэл дагуулын зургийг цаг агаарын зурагтай давхцуулах технологи”-ийг ажиллуулах гарын авлагыг 1 дүгээр, “Агаар мандал дахь хүлэмжийн хий, шороо, тоосны мэдээнд нарийвчилсан боловсруулалт, анализ хийх арга зүй”-г 2 дугаар хавсралтаар тус тус баталсугай.

3. Дээрх технологийн хэрэгжилтэд хяналт тавьж ажиллахыг тус газрын Урьдчилан мэдээлэх хэлтэс /Л.Оюунжаргал/-т, арга зүйн хэрэгжилтэд хяналт тавьж ажиллахыг Ус цаг уур, орчны судалгаа, мэдээллийн хүрээлэн /Г.Сарантуяа/-д тус тус үүрэг болгосугай.

ДАРГА



С.ЭНХТҮВШИН

151230383

d:\2023\а тушаал\06.12-99.docx

Цаг уур, орчны шинжилгээний газрын даргын
2023 оны 06 дугаар сарын 12-ны өдрийн
А/99 дүгээр тушаалын 1 дүгээр хавсралт



**ЦАГ АГААРЫН ЗУРАГ БОЛОВСРУУЛАЛТЫН
ШУУРХАЙ АЖИЛЛАГААНЫ ТЕХНОЛОГИЙН ГАРЫН АВЛАГА**
(ШОРООН ШУУРГАНЫ ЗАГВАРЫН ҮР ДҮН БОЛОН БАЙРАН ХИЙМЭЛ ДАГУУЛЫН ЗУРГИЙГ ЦАГ
АГААРЫН ОРЧНЫ ЗУРАГТАЙ ДАВХЦУУЛАХ ТЕХНОЛОГИ)
/Албан хэрэгцээнд/

Цаг агаарын гаралтай аюултай үзэгдэл ажиглагдах нь ихэвчлэн циклон болон хүйтэн фронттой холбоотой байдаг учраас даралтын орны төвийн байрлал, хувьсал өөрчлөлт, шилжилтийн зүг, хурдыг зөв тодорхойлох нь цаг агаарын гаралтай аюултай үзэгдлийг үнэн зөв урьдчилан мэдээлэхэд нэн чухал ач холбогдолтой.

Төв орон нутагт цаг агаарын урьдчилсан мэдээ гаргахад ашиглах зураг материал боловсруулах программыг сайжруулах, хөгжүүлэх, гар ажиллагааг багасгаж автоматжуулах нь цаг агаарын мэдээ гаргах гол үйл ажиллагаанд чухал байдаг.

Монголын Цаг уур орчны шинжилгээний газар (ЦУОШГ), Бүгд Найрамдах Солонгос Улсын /БНСУ/ Цаг Уурын Газрын хамтын ажиллагааны хүрээнд шороон шуурганы ADAM-HAZE загварыг Цаг уурын албанд 2017 онд суурилуулсан. Энэхүү загвараар Төв Азийн бүс нутгаар 72 цагийн урьдчилалтай, 27 км-ийн нарийвчлалтай шороон шуурганы урьдчилсан мэдээг тоосны агууламжийн хамт гаргаж байна.

Ус цаг уурын албанд 2016 оноос Япон улсын HIMAWARI-8 цаг уурын байран хиймэл дагуулын мэдээг хүлээн авч ашиглаж байгаа бөгөөд энэхүү хиймэл дагуулын мэдээг төв болон зүүн Азийн бүс нутгаар 500м-2км хүртэл нарийвчлалтай 10 минут тутамд хүлээн авах боломжтой.

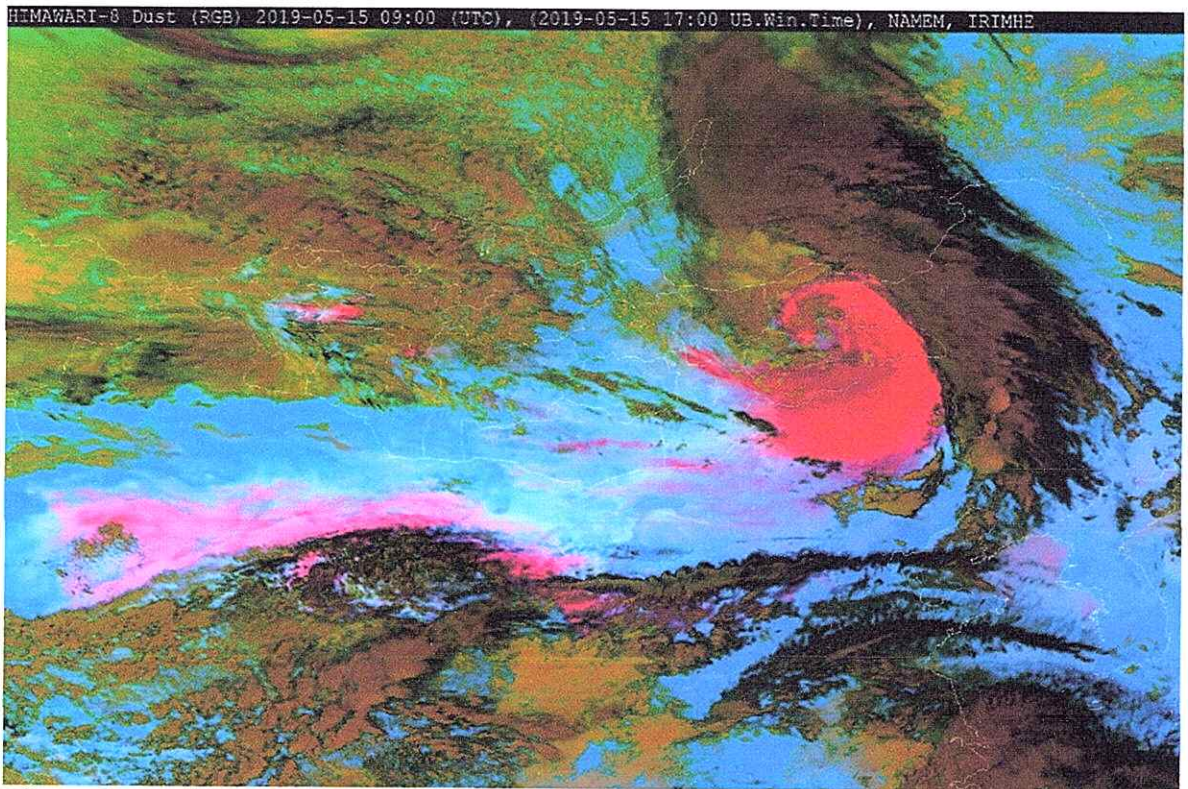
HIMAWARI-8 хиймэл дагуул нь үзэгдэх гэрлийн 3 (VIS), ойрын нил туяаны 3 (NIR), нил улаан туяаны 10 (IR) сувагтай. Нам өргөрөг, дулаан агаар мандалд доод мандлын үүл болон шороон шуурганы өнгө ойролцоо байгаа учир хөдөлгөөнт зургаар тэдгээрийг ялган харж болно. Шороон шуурганы цаг хугацаа, орон зайн тархалтыг өндөр нарийвчлалтай гаргаж байгаа нь урьдчилан мэдээлэх шуурхай үйлчилгээний ажилд болон судалгааны ажилд өргөн ашиглагддаг. Тухайлбал бид цаашид шорооны эх үүсвэрийг тодорхойлж түүнийг шороон шуурганы тоон загварт суурь мэдээ болгон оруулж өгснөөр загварын үр дүнг сайжруулах боломжтой.

Дээрх шороон шуурганы загварын үр дүн, хиймэл дагуулын шороон шуурганы зургийг цаг агаарыг урьдчилан мэдээлэх шуурхай үйл ажиллагааны гол технологи болох цаг агаарын зургийн программ хангамжтай холбох явдал чухал юм. Иймд бид цаг агаарын зургийн сайжруулсан боловсруулалтад өмнөх хугацааны цаг агаарын зураг ашиглах, мөн дараачийн хугацааны цаг агаарын төлөвийг тоон загварын үр дүнгээр дүрслэн харуулахаар зорьсон болно.

Энэхүү шинэ технологийн хүрээнд аг агаарын зургийн нэг удаагийн боловсруулалтад өнгөрсөн, одоо болон дараачийн 3 цагийн цаг агаарын төлөв байдлыг хамтад нь хадгалах боломжтой бөгөөд орон нутгийн хэрэглэгчид цаг агаарын ажиглалтын мэдээ, хиймэл дагуулын мэдээ, ADAM-HAZE загварын шороон шуурганы зургийг хамт давхцуулдаг болсон нь давуу тал юм.

1. Himawari-8 байран хиймэл дагуулын шороон шуурганы зураг

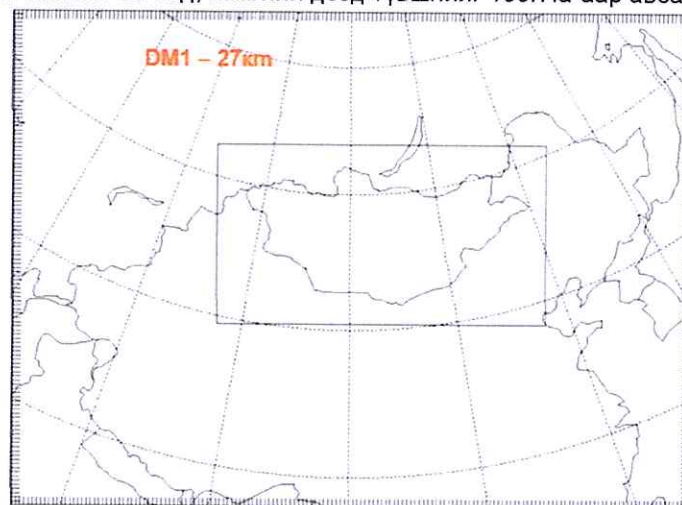
Хиймэл дагуулын сувгийн мэдээгээр улаан, ногоон болон цэнхэр (RGB) гэсэн гурван өнгө ашиглан өнгөний ялгарлаар үүлний төрлийг тодорхойлдог. HIMAWARI-8 хиймэл дагуулын шороон шуурганы зургийг дээрх аргачлалын дагуу зураглаж, цаг агаарын орчны зурагт давхцуулна. HIMAWARI-8 байран хиймэл дагуулын шороон шуурганы зургийг 30 минут тутам зурагладаг ба хугацааны хоцрогдол нь 15 минут байдаг. Жишээ нь 14 цагийн орчны зургийн боловсруулалтыг 14:30 минутад хийх ба 14 цагийн шороон шуурганы зураг нь 14:15 минутад үүссэн байх болно.



Зураг 1. HIMAWARI байран хиймэл дагуулын шороон шуурганы зураг /2019-05-15 17:00 УБ/

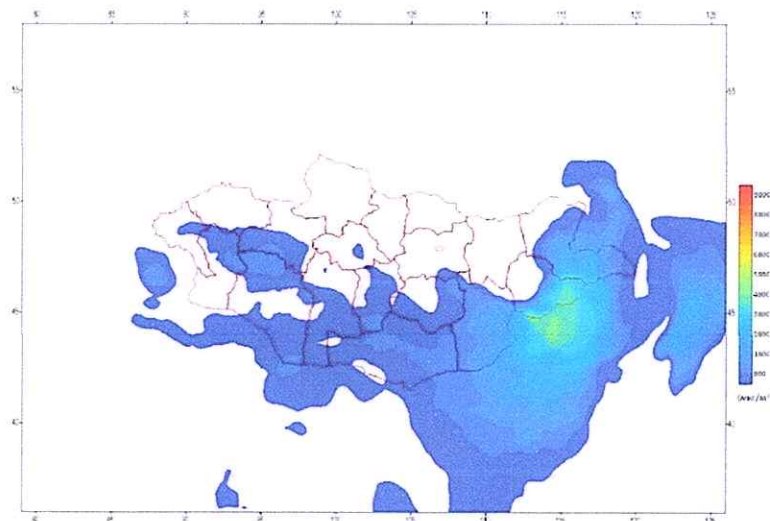
2. Шороон шуурганы ADAM-HAZE загвар

Шуурхай мэдээнд зориулж ADAM-HAZE загварын бүс нутгийн алхмыг 27км (DM1)-ээр сонгож тоон загварын бодолтыг явуулж байна (Зураг 2). Босоо чиглэлийн орон зайн хувьд газрын гадаргаас дээш 35 түвшинд тооцоог хийсэн бөгөөд, хамгийн дээд түвшнийг 100гПа-аар авсан.



Зураг 2. ADAM загварын бүс нутаг

Жишээлбэл, 2019 оны 05 дугаар сарын 14-16-нд өмнө болон зүүн зүгийн нутгаар онц хүчтэй шороон шуурга шуурч, говь талын нутгаар салхины хурд секундэд 18-20 метр, зарим үед түр зуур секундэд 24-28 метр хүрч ширүүссэн. Ялангуяа 15-ны өдөр Дорноговийн Сайншанд, Сүхбаатарын Эрдэнэцагаанд салхины хурд түр зуур секундэд 28-30 метр хүрсэн. Алсын бараа Сүхбаатар аймгийн Баяндэлгэр, Халзан, Онгон, Уулбаян сумуудад 50м, Дорноговь аймгийн Дэлгэрэх, Хөвсгөл сумуудад онц аюултай түвшинд хүрч 20 м хүртэл муудсан. Энэ үеийн газрын гадарга орчмын болон агаар мандал дахь тоосны агууламжийг дор харуулав. ADAM загварын үр дүнгээр тоосны агууламж нь газрын гадарга орчимд Сүхбаатар аймгийн зүүн өмнөд хэсгээр 4000-5000 мкг/м² (Зураг 2) хүрсэн.



Зураг 3. Онц хүчтэй шороон шуурганы үер газрын гадарга орчмын тоосны хэмжээ ($\mu\text{м}/\text{м}^3$). (2016 оны 5 сарын 15-ний өдөр)

3. Цаг агаарын зургийн боловсруулалтын программ хангамж

Энэхүү программ хангамж нь цаг агаарын төлөв байдлыг 3 цаг тутамд Монгол орныг бүрэн хамарсан хэмжээгээр, цаг агаарын элемент үзэгдлийг тусгай тэмдэгтээр буулгах, даралтын орныг дүрслэн цаг агаарын урьдчилан мэдээ гаргахад ашиглагдана.

Зураг мэдээг давхцуулах шинэ технологийн хүрээнд шороон шуурганы ADAM-HAZE загварын үр дүн, HIMAWARI-8 байран хиймэл дагуулын шороон шуурганы зураг, цаг агаарын аюултай үзэгдлийн зураглалыг цаг агаарын зургийн боловсруулалтад давхцуулснаар цаг агаарын фронтын анализ хийхэд ашиглана. Цаг агаарын цаашдын төлөвийг тодорхойлоход өнгөрсөн хугацааны цаг агаарын түүх чухал байдаг бөгөөд энэхүү цаг агаарын зургийн сайжруулсан боловсруулалтад өмнөх хугацааны цаг агаарын зураг ашиглах, мөн дараачийн хугацааны цаг агаарын төлөвийг тоон загварын үр дүнгээр дүрслэн харуулахаар зорьсон болно.

Цаг агаарын зургийн боловсруулалтад тоон загварын хамгийн ойрын хугацааны урьдчилалтай мэдээг ашиглаж байна. Үүний тулд тоон загварыг өдөрт 4 удаа, 36 цагийн урьдчилалтай, 27 км-ийн хэвтээ нарийвчлалтайгаар ажиллуулж байгаа болно. Тоон загварын бодолт нь анхны нөхцөлийн хугацаанаас 4 цагийн дараа ашиглах боломжтой болдог. Жишээ нь 00 цагийн тоон загварын бодолт 12:00 цагт дуусах ба 14:00 цагийн цаг агаарын зурагт 00 цагаар бодсон 06 цаг, 17:00 цагийн цаг агаарын зурагт 09 цагийн урьдчилалтай тоон загварын үр дүнг ашиглах боломжтой юм. Харин 06 цагийн тоон загварын үр дүн 18:00 цагт дуусах тул 20:00 цагийн цаг агаарын зурагт 06 цагаар бодсон 06 цагийн урьдчилалтай тоон загварын үр дүнг ашиглах боломжтой.

Загварын үр дүнгээс 12 төрлийн элементийг цаг агаарын зурагт ашиглахаар сонгож авсан болно.

Element_name(1) = "slvl"-Далайн түвшинд шилжүүлсэн даралт

Element_name(2) = "t2m"-2м түвшний агаарын температур

Element_name(3) = "th2"-газрын гадаргын 2м түвшнээс 1000гПа түвшинд шилжүүлсэн потенциал температур

Element_name(4) = "rh2"-2м түвшний агаарын харьцангуй чийгшил

Element_name(5) = "u10"-10м түвшний салхины хэвтээ байгуулагч

Element_name(6) = "v10"-10м түвшний салхины босоо байгуулагч

Element_name(7) = "rain"- 3 цагийн тунадасны нийлбэр

Element_name(8) = "th1000_500"-500 болон 1000гПа түвшний геопотенциал зузаан

Element_name(9) = "h850"-850гПа түвшний геопотенциал өндөр

Element_name(10) = "t850"-850гПа түвшний агаарын температур

Element_name(11) = "ADAM_TSP_DUST"-агаарт дэгдсэн PM_{10} тоосны нийт агууламж

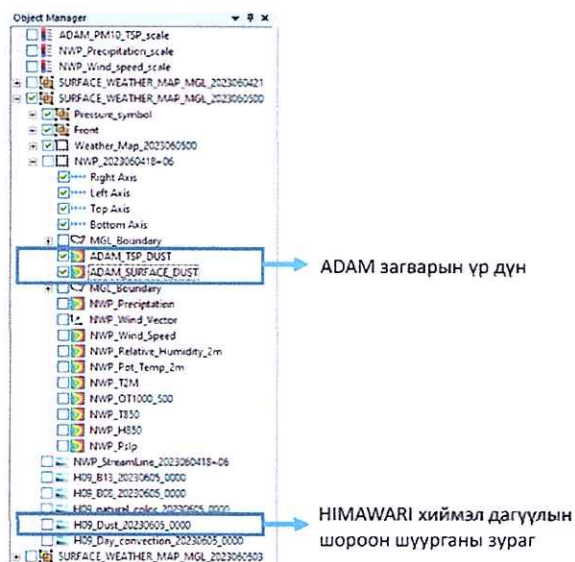
Element_name(12) = "ADAM_SURFACE_DUST"-газрын гадарга орчмын PM_{10} тоосны агууламж

Тоон загварын боловсруулалтыг цаг агаарын зураг боловсруулах бүрт хийнэ. Учир нь ажиглалтын хугацаа бүрт загварын үр дүн нь адил байсан ч урьдчиллын хугацаа өөр байдаг. Боловсруулалтын хугацаа нь 2-3 минут байх ба бодох явцад ажиллах хугацаа болон хувийг харуулах болно.

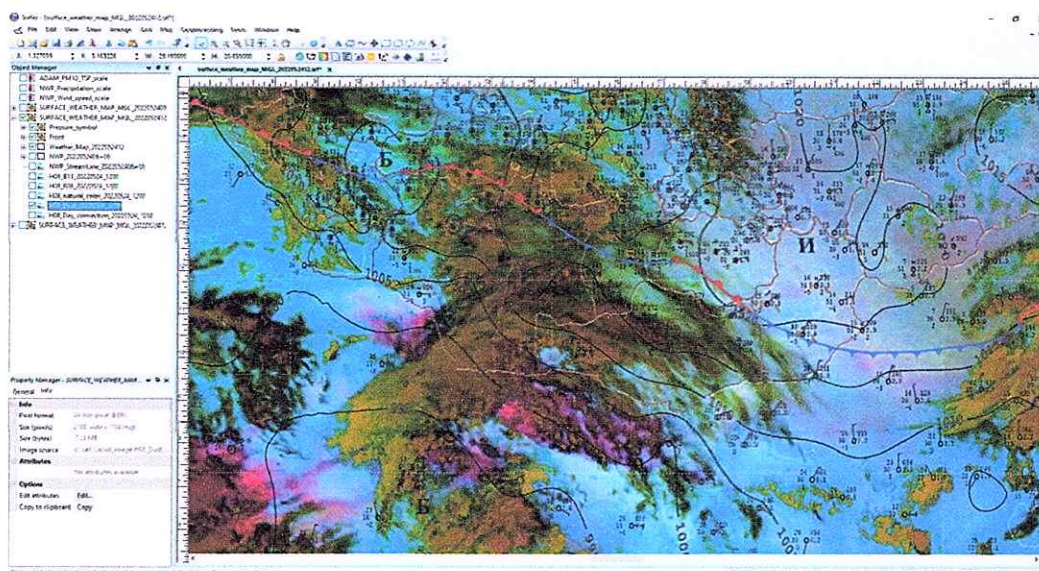
Одоогийн байдлаар 5 төрлийн үүлний 2 км нарийвчлалтай зургийг давхцуулсан. Үүнд:

- Нил улаан туяаны зураг
- Усны уурын сувгийн зураг
- Шороон шуурганы зураг
- Байгалийн өнгөөр дүрсэлсэн зураг
- Конвектив үүлний зураг

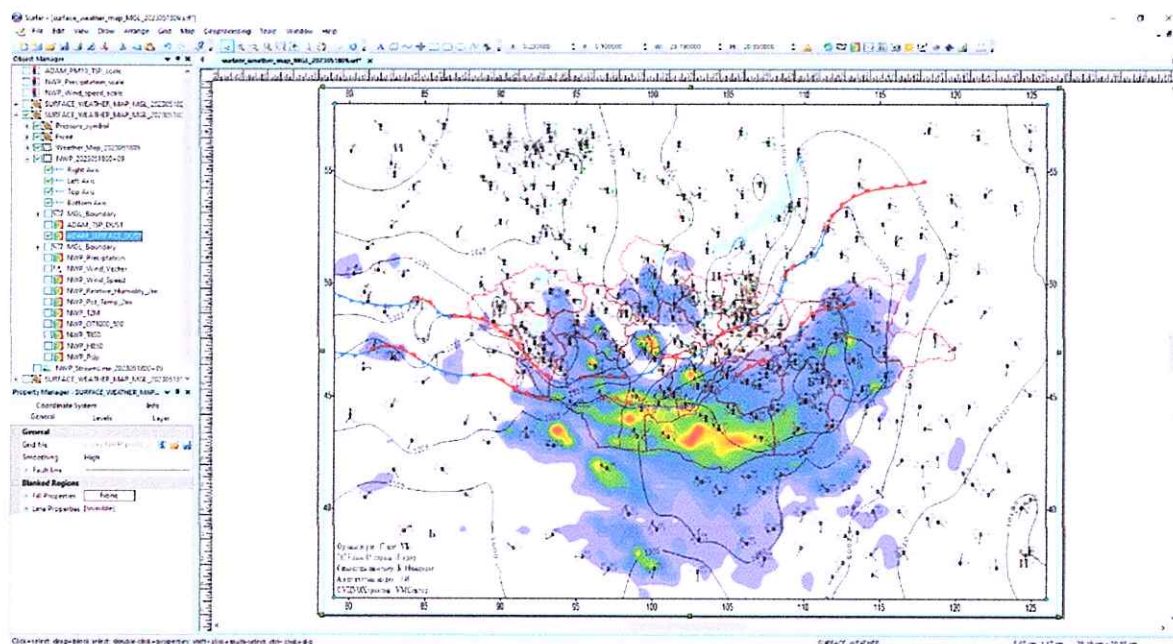
Ажиглалтын болон тоон загварын мэдээг боловсруулж бэлэн болсны дараа цаг агаарын зургийн буулгалт болон элементийн орны зураглалыг хийнэ. Энд өнгөрсөн хугацааны цаг агаарын зургийн түүх, одоогийн хугацааны зураг, дараачийн хугацааны төлөв гэсэн байдлаар зураглал хийгдэнэ. Буулгалт болон зураглалыг хийсний дараа программ нь түр зогсолт хийх бөгөөд энэ үед цаг агаарын фронтын анализ хийж дүрсэлнэ.



Зураг 4. Шуурхай ажиллагааны программд давхцуулсан бүтээгдэхүүний задаргаа



Зураг 5. Цаг агаарын орчны зурагт хиймэл дагуулын шороон шуурганы зураг давхцуулсан байдал



Зураг 6. Цаг агаарын орчны зурагт ADAM-HAZE тоон загварын PM10 тоосны агууламжийг давхцуулсан байдал

АНХААРАХ ЗҮЙЛС:

- Энэхүү технологийн программ хангамж нь Windows 10 болон Windows 7 үйлдлийн систем дээр ажиллах ба олон төрлийн давхцуулсан зураг дээр анализ хийх тул дэлгэцийн хувьд 23" инчээс доошгүй, ялгах чадвар нь 1920x1080 дээш байвал илүү тохиромжтой.
- Шороон шуурганы ADAM-HAZE загвар нь Суперкомпьютер дээр ажиллах бөгөөд үр дүнг хурдан шуурхай дамжуулахын тулд Grads программ ашиглахаар программчилсан.
- HIMAWARI-8 байран хиймэл дагуулын үүлийг зураг хэлбэрээр шууд давхцуулж, газарзүйн координатыг тааруулахын тулд групп хийсэн бөгөөд энэ группээс салгасан тохиолдолд газарзүйн координатын систем нь тохирохгүй болно.
- "ЦАГ АГААРЫН ЗУРАГ БОЛОВСРУУЛАЛТЫН ШУУРХАЙ АЖИЛЛАГААНЫ ТЕХНОЛОГИ"-ийн үйл ажиллагаанд ямар нэгэн гэмтэл саатал гарах бол программ зохиогч (А.Батболд) руу хандах хэрэгтэй. Учир нь энэ систем нь хоорондоо нарийн уялдаатай 3-4 технологийг нэгтгэсэн цогц систем юм.

Цаг уур, орчны шинжилгээний газрын даргын
2023 оны 06 дугаар сарын 12-ны өдрийн
А/99 дүгээр тушаалын 2 дугаар хавсралт



**АГААР МАНДАЛ ДАХЬ ХҮЛЭМЖИЙН ХИЙ, ШОРОО, ТООСНЫ МЭДЭЭНД
НАРИЙВЧИЛСАН БОЛОВСРУУЛАЛТ, АНАЛИЗ ХИЙХ АРГАЗҮЙ**

Нэг. Оршил

Монгол орны агаарын дундаж температур сүүлийн 80 гаруй жилд 2.4°C-ээр дулаараад байна. Энэхүү дулаарлыг уур амьсгалын өөрчлөлт, хүний үйл ажиллагаанаас үүдэлтэйгээр агаар мандлын хүлэмжийн хий ихсэж байгаатай холбож тайлбарлаж болно. Манай орны хувьд аж үйлдвэржилттэй холбоотой агаар мандалд ялгаруулж байгаа хүлэмжийн хий нь харьцангуй бага боловч сүүлийн 30 жилийн хэмжилтээр агаар мандлын зөөгдлөөр харьцангуй ихсэж байгаа юм. Дорноговь аймгийн Эрдэнэ сумын Улаан-Уул өртөөнд 1992 оноос хүлэмжийн хийн хэмжилтийг хийж байгаа бөгөөд 1992-2018 оны мэдээгээр нүүрсхүчлийн хий /CO₂/ 15.4%, метан /CH₄/ 7.2%-иар өссөн бол, 6 фторт хүрийн /SF₆/ агууламж 2.6 дахин өссөн байна.

Манай орны хаврын улиралд шороон шуурга ажиглагдах тохиолдлын тоо их байдаг ба сүүлийн 40 жилийн ажиглалтын мэдээгээр шороон шуурганы үзэгдэл 2-3 дахин өссөн. Ус, цаг уурын салбарт Азийн шар шорооны мониторингийн 10 орчим станц байгуулсан бөгөөд эдгээр станц нь газрын гадарга орчимд дэгдэж буй тоосны агууламжийг хэмждэг.

Хүчтэй шороон шуурга (алсын барааны харагдац <1000м) нь цаг агаарын гаралтай аюултай үзэгдэлд ордог бөгөөд хүн амын эрүүл мэнд, газар тариалан, мал ахуйн салбарт сөргөөр нөлөөлж, нийгэм-эдийн засагт их хэмжээний хохирол учруулдаг. Мөн сүүлийн жилүүдэд байгалийн бэлчээр доройтсонтой холбогдон салхи шуурганы үед шороо тоос их хэмжээгээр дэгдэн хүчтэй шороон шуурганы эрч хүч, давтагдал улам бүр өссөөр байна. Иймд хүчтэй шороон шуурганы эрч хүч, хамрах газар нутаг, тоосны зөөгдлийг тоон загвараар тооцоолох, хиймэл дагуулын болон газрын ажиглалтын мэдээтэй харьцуулан анализ хийх, үнэлэлт дүгнэлт гаргаж байх шаардлага гарч байгаа тул эх мэдээг нэгтгэн, нарийвчилсан боловсруулалт, анализ хийж байх аргазүйг боловсруулав

Хоёр. Зорилго

2.1 Монгол орны хүлэмжийн хийн хэмжилтийг тогтмол хийх нь уур амьсгалын өөрчлөлтийг тодорхойлох нэг хүчин зүйл боловч шороон шуурганы улмаас зөөгдөж байгаа маш их хэмжээний шороо, тоосыг тусгайлан судлах, үнэлэх шаардлагатай. Одоогийн байдлаар хүчтэй шороон шуургатай үеийн цаг агаарын нөхцөл, газрын ажиглалтын мэдээ, хиймэл дагуулын мэдээ, тоон загвараар тоосны зөөгдлийг тооцоолсон үр дүн, хүлэмжийн хийн зэрэг мэдээллүүд нь тус тусдаа, өөр өөр хэлбэрээр бүрдэж, боловсруулалт хийгдэхгүй байгаа тул тэдгээрт нарийвчилсан боловсруулалт, дүн шинжилгээ хийж, нэгдсэн катологи үүсгэхэд энэхүү аргазүйн зорилго оршино.

Гурав. Зорилтууд

3.1 Хүлэмжийн хийн хэмжилтийн мэдээг сар бүр цуглуулж авах;

3.2 Хүчтэй шороон шуурга ажиглагдсан үеийн цаг агаарын болон аюултай үзэгдлийн ажиглалтын мэдээг бүрдүүлэх;

3.3 Хүчтэй шороон шуурга ажиглагдсан үеийн цаг агаарын газрын болон орчны зургийг бүрдүүлэх;

3.4 Хүчтэй шороон шуурга ажиглагдсан үеийн цаг уурын хиймэл дагуулын зургийг бүрдүүлэх;

3.5 Хүчтэй шороон шуурга ажиглагдсан үеийн Азийн шар шорооны мониторингийн хэмжилтийн мэдээг бүрдүүлэх;

3.6 Хүчтэй шороон шуурга ажиглагдсан үеийн шороон шуурганы тоон загварын үр дүнг бүрдүүлэх;

Дөрөв. Хүлээгдэж байгаа үр дүн

4.1. Аргазүйн хүрээнд дараах ажлуудыг хийж гүйцэтгэнэ. Үүнд:

4.1.1 Дорноговь аймгийн Эрдэнэ сумын Улаан-Уул өртөөний хүлэмжийн хийн хэмжилтийн мэдээний үр дүнд боловсруулалт хийж, нүүрсхүчлийн хий /CO₂/, метан /CH₄/, 6 фторт хүхрийн /SF₆/ үзүүлэлтүүдийн сар болон жилийн хэмжээг тоон болон графикаар гаргах;

4.1.2 Хүчтэй шороон шуурга ажиглагдсан үед “Ус, цаг уурын ажиглалтын болон аюултай үзэгдлийн мэдээ дамжуулах систем”-ээс өртөө, харуулын “АЮУЛ АГААР” мэдээг түүвэрлэх зураглал хийх;

4.1.3 Хүчтэй шороон шуурга ажиглагдсан үед “Цаг агаарын зураг мэдээллийн боловсруулалтын систем”-ээс цаг агаарын зураг болон цаг уурын хиймэл дагуулын шороон шуурганы зургийг түүвэрлэн, цаг агаарын нөхцөл, эрч хүч, хамарсан бүс нутгийн талаар мэдээлэлд дүн шинжилгээ хийх;

4.1.4 Хүчтэй шороон шуурга ажиглагдсан үед Азийн шар шорооны мониторингийн станцын мэдээнээс газрын гадарга орчмын тоосны тоон хэмжээг түүвэрлэн авах;

4.1.5 Хүчтэй шороон шуурга ажиглагдсан үед шороон шуурганы загварын үр дүнгээр агаар мандалд дэгдэх болон газарт унах тоосны хэмжээг тооцоолох;

4.1.6 Хүчтэй шороон шуурганы тохилдол бүрт ажиглалтын мэдээ, тоон загварын үр дүн, хиймэл дагуулын зураг болон шар шорооны мониторингийн ажиглалтын мэдээг нэгтгэсэн катологи үүсгэх;

4.1.7 Хүчтэй шороон шуурга ажиглагдсан онцгой тохиолдлоор эрдэм шинжилгээний өгүүлэл бичиж, олон нийтийн хүртээл болгох;

4.1.8 Шороон шуурга, хүлэмжийн хийн мэдээг нэгтгэн боловсруулж, анализ хийсэн тайланг холбогдох хэлтэст хэлэлцүүлэх, улмаар Ус цаг уур, орчны судалгаа мэдээллийн хүрээлэнгийн Шинжлэх ухаан технологийн зөвлөлд жил бүр танилцуулах;

---oOo---