

5-дәріс. Радиолокациялық ғарыштық суреттер және олардың ерекшеліктері

Мақсаты:

Студенттерге радиолокациялық (микротолқынды) ғарыштық түсірілімдердің физикалық принциптерін, белсенді және пассивті сенсорлардың айырмашылықтарын, синтетикалық апертуралы радиолокацияның (SAR) жұмыс істеу қағидаларын және олардың қолдану салаларын үйрету. Сонымен қатар SAR, InSAR және PolSAR жүйелерінің ерекшеліктерін, олардың артықшылықтарын және экологиялық мониторингтегі рөлін түсіндіру.

Негізгі сұрақтар:

1. Радиолокациялық ғарыштық суреттердің оптикалық суреттерден басты айырмашылығы неде?
2. Белсенді және пассивті микротолқынды сенсорлар қалай жұмыс істейді?
3. SAR (Synthetic Aperture Radar) жүйесінің негізгі жұмыс қағидалары қандай?
4. Интерферометриялық SAR (InSAR) және Поляриметриялық SAR (PolSAR) жүйелерінің ерекшеліктері қандай?
5. Радиолокациялық жүйелердің атмосфералық әсер мен тәулік уақытына тәуелсіздігі неліктен маңызды?
6. Поляризация мен жиіліктің радиолокациялық кескін сапасына әсері қандай?
7. SAR технологиясының артықшылықтары мен шектеулері қандай?
8. SAR суреттері экологиялық және геодинамикалық процестерді зерттеуде қалай қолданылады?
9. Радиолокациялық жүйелердің даму кезеңдері қандай?
10. SAR жүйелерінің табиғи апаттар мониторингіндегі рөлі қандай?

Қысқаша тезис:

Бұл дәріс белсенді микротолқынды сенсорлық жүйелерді немесе радарларды енгізеді. Белсенді микротолқынды пеш сенсоры өз энергиясын пайдалана отырып, Жер бетін жарықтандыратын белсенді сенсордың мысалы болып табылады. Нақтырақ айтқанда, белсенді микротолқынды жүйе Жер бетінің бір бөлігін жарықтандыру үшін микротолқынды энергияның бағытталған ағынын шығарады, содан кейін қайтадан құрылғыға шашыраған бөлікті қабылдайды. Бұл энергия біз түсіндіретін бейнелердің негізін құрайды.

Пассивті сенсорлар (мысалы, фотосуреттер) шағылысқан күн радиациясы негізінде кескіндерді қалыптастыратындықтан, оларды пайдалану ауа райы жағдайлары мен тәулік уақытымен шектеледі. Керісінше, белсенді сенсорлар өз энергиясын өндіреді, сондықтан оларды пайдалану азырақ шектеулерге ұшырайды және оларды пайдалану жағдайларының кең ауқымында пайдалануға болады. Белсенді микротолқынды пештердің кейбір бірегей сипаттамаларына мыналар жатады:

- Тек экстремалды ауа райы оқиғаларымен шектелген кез келген ауа райы жағдайында жұмыс істеу мүмкіндігі
- Атмосфералық әсерлер мен тәулік уақытының әсерінсіз жұмыс істеу мүмкіндігі
- Қайтарылған сигналдың сипаттамаларымен салыстыруға болатын берілетін энергияның (толқын ұзындығы, фаза және поляризация сияқты) нақты мәліметтерін жазу мүмкіндігі
- Үлкен қашықтықта егжей-тегжейлі кескіндерді алу мүмкіндігі

Радар термині радиодетекция мен қашықтықты өлшеуге арналған аббревиатура ретінде пайда болды және терминологияда қолданылды Әскери, Екінші дүниежүзілік соғыста радиолокациялық технология маңызды рөл атқарған кезде. (Рейтинг радарлардың жіберілген

АРАҚАШЫҚТЫҚТАН ЗЕРДЕЛЕУ НЕГІЗДЕРІ

5-дәріс

сигналды таратушы антеннаға қайтару үшін қажетті уақытты өлшеу мүмкіндігін білдіреді — негізінен микротолқынды энергияны пайдаланып қашықтықты өлшеу әдісі.)

Алғаш рет 1960-шы жылдардың ортасында азаматтық қосымшалар үшін қол жетімді болған радиолокациялық бейнелеу қашықтан зондтау тарихында үлкен аймақтардың синоптикалық перспективасын қамтамасыз етуге қабілетті алғашқы кеңінен қолданылатын бейнелеу жүйесі ретінде маңызды орын алады. Ол кезде аэрофототүсірілім негізінен төмен биіктікте жүргізілді, өйткені жоғары ұшатын суретке түсіруге жарамды аэрофильмдер кең таралмаған; атмосфераның шашырауы биіктіктен суретке түсіруге кедергі келтірді, ал аэрофототүсірілімдегі біркелкі емес жарықтандыру пайдалануды шектеді аэромозаик. Осылайша, белсенді микротолқынды жүйелердің болуы қашықтан зондтау мүмкіндіктерін едәуір кеңейтті.

Белсенді микротолқынды жүйелер микротолқынды сигналдарды жібереді, содан кейін радиолокациялық антеннаға оралатын сигналдың бір бөлігін алады. Сондай-ақ Жер бетінен таралатын микротолқынды немесе жылу энергиясын алатын пассивті микротолқынды және жылу жүйелері бар.

Белсенді микротолқынды датчиктер — бұл микротолқынды сигналды тарататын, содан кейін Жер бетінің кескіндерін қалыптастыру үшін оның шағылысын қабылдайтын радиолокациялық құрылғылар. Суретке түсіруге арналған типтік радиолокациялық жүйе таратқышты, коммутациялық механизмді, антеннаны, қабылдағышты және деректерді тіркеушіні қамтиды. Екі негізгі құрамдас бөлікке қуатты, қайталанатын импульстарды (микротолқынды диапазондағы электромагниттік толқындар) тудыратын таратқыш және Жер бетінің кішкене аймағын жарықтандыру үшін микротолқынды сәуле шығаратын және қайтарылған сигналды қабылдайтын антенна кіреді.

Белсенді микротолқынды жүйелердің "қашықтықты өлшеуге" сигналдың елді мекенге жіберілген сәті мен оның жаңғырығы қабылданған сәт арасындағы уақыттың кешігуін өлшеу арқылы қол жеткізіледі. Қашықтықты өлшеу қабілетінің арқасында (тек белсенді датчиктермен ғана мүмкін) радиолокатор антеннадан жердегі объектілерге дейінгі қашықтықты дәл өлшей алады. Екінші бірегей қабілет, сонымен қатар радардың белсенді сенсор ретіндегі күйінің нәтижесі, оның жиілік, поляризация және фаза бойынша жіберілген және қабылданған сигналдар арасындағы айырмашылықтарды анықтау қабілеті болып табылады. Датчик белгілі сипаттамалары бар сигналды жіберетіндіктен, алынған сигналды берілген сигналмен салыстыруға болады. Осындай салыстырулардан радиолокациялық жүйелер басқа датчиктер үшін қол жетімді емес мүмкіндіктерді қамтамасыз ететін жиіліктердің өзгеруін анықтай алады.

Радар электромагниттік сәулеленуді тарату, содан кейін Жер бетінен шағылысқан/шашыраңқы сәулеленуді қабылдау арқылы жұмыс істейді. (Қайтарылған сәулеленуді бастапқыда берілген энергияның "жаңғырығы" ретінде елестете аламыз.) Ол деректерді әуе кемесінің немесе жерсеріктің жолынан бүйірге бағытталған антенналар арқылы алады, осылайша ол параллель және әдетте жердегі жолдан біршама қашықтықта жер жолағын бейнелейді. Бұл процестің кілті антеннада, уақытша электромагниттік импульстардың тар сәулесін жібере және қабылдай алатын металл конструкциясында жатыр. Бастапқыда радиолокациялық бейнелеу жүйелерінде ұшу жолының бүйіріндегі аумақты бүйірлік қарауға бағытталған сыртқы антенналар қолданылған (сондықтан бұл алғашқы жүйелердің атауы бүйірлік радиолокатор [SLAR]). Нақты апертурасы бар SLAR жүйелері (кейде дөрекі күш жүйелері деп аталады) радиолокациялық бейнелеу жүйелерінің ішіндегі ең көнесі, қарапайымы және ең арзаны болып табылады. Бұл жүйелер үшін жолдың осі бойымен ұсақ бөлшектерді алу мүмкіндігі олардың шағын аумақты жарықтандыру үшін радиожиілікті фокустау қабілетіне байланысты. Толқын ұзындығына қатысты ұзын антенна жүйеге энергияны жердің кішкене жолағына шоғырландыруға мүмкіндік береді, кескіннің бойлық бағытында жазылған бөлшектерді жақсартады.

1960 жылдарға қарай азаматтық қолданбаларға арналған кейбір озық әскери радар технологияларының шығарылуы күнделікті қолдануға болатын кескіндердің сапасын

АРАҚАШЫҚТЫҚТАН ЗЕРДЕЛЕУ НЕГІЗДЕРІ

5-дәріс

айтарлықтай жақсартты. Бұл жаңа жүйелер, синтетикалық диафрагмалық радарлар (SAR), бұрыннан бар нақты диафрагмалық радиолокациялық бейнелеу технологияларын ауыстырды. SAR жүйелері сенсордың қозғалысын пайдалана отырып, ұзағырақ антеннаның әсерін имитациялауға арналған, бұл кішірек антенналармен жоғары ажыратымдылықтағы деректерді алуға мүмкіндік береді.

SAR жүйелері нақты диафрагмалық жүйелерге қарағанда күрделірек және өндіру және пайдалану қымбатырақ болғанымен, олар нақты диафрагмалық жүйелерге тән кейбір шектеулерді еңсере алады, сондықтан Жердің орбиталық спутниктерінен бақылауды қоса алғанда, тапсырмалардың кең ауқымында қолданылады. Бүгінгі күні көптеген артықшылықтарының арқасында SAR жүйелері жедел радиолокациялық бейнелеудің стандарты болып табылады.

SAR бастап Shuttle Imaging Radar-C/ X-Band Synthetic Aperture Radar (SIR-C/X-SAR), антенна, көптеген SAR жүйелерінен едәуір үлкен, үш түрлі толқын ұзындығында кескіндер жинау арқылы мультиспектрлі радиолокациялық бейнелеу түрін жасауға арналған. Бір антенна L диапазонында (толқын ұзындығы 23,5 см), біреуі C диапазонында (толқын ұзындығы 5,8 см), үшіншісі X диапазонында жұмыс істейді. (3-cm wavelength). L- және C диапазонындағы антенналар арқылы берілетін энергия ландшафт ішіндегі әртүрлі аймақтарды көру үшін ұшақтан бағытталуы мүмкін.

Радар белсенді қашықтан зондтау жүйесі ретінде берілетін сигналдың жиілігін толық біле отырып жұмыс істейді. Нәтижесінде жиіліктің ығысу сипаты мен шамасын анықтау үшін берілген және шағылысқан сигналдардың жиіліктерін салыстыруға болады. Жиіліктің ауысуын білу жүйеге кескіндегі шағылыстарды дұрыс орналастыруға және ұзын антеннаның әсерін синтездеуге мүмкіндік береді.

ЖРВ-ның бірегей және ең пайдалы қасиеттерінің бірі оның түнде немесе қолайсыз ауа-райында жұмыс істеу қабілеті болып табылады. АТС-тің "барлық ауа-райы" мүмкіндігі бар деп жиі айтылады, яғни ол ауа-райының ең ауыр жағдайларынан басқа кез келген жағдайда кескіндерді қабылдай алады. SAR кескіндерін жасау үшін пайдаланылатын микротолқынды энергия бұлттардың кедергісін және жеңіл жаңбырды болдырмау үшін жеткілікті толқын ұзындығымен сипатталады.

SAR жүйелері күн сәулесінен тәуелсіз болғандықтан, SAR-ді қолданатын миссиялар түнде немесе таңертең немесе кешкі уақытта жоспарлануы мүмкін, бұл кезде күн сәулесі оптикалық бейнелеу үшін жеткіліксіз болуы мүмкін. Бұл мүмкіндік, әсіресе, осы тарауда кейінірек сипатталған, Жерді айналып өтетін спутниктерге орнатылған радиолокациялық жүйелер үшін өте маңызды, өйткені олар, мысалы, күн сәулесінен тыс ұзақ уақытқа созылатын полярлық аймақтардағы жағдайларды жүйелі түрде түсіре алады. SAR кескіндері әдетте жер бедері мен дренаж жүйесі туралы анық және анық көріністерді қамтамасыз етеді.

Сонымен қатар, ол микротолқынды спектрде кескіндерді алатындықтан, SAR көрінетін және жақын инфрақызыл спектрлерде жұмыс істейтін сенсорлар алатын деректерден айтарлықтай ерекшеленетін мәліметтер мен ақпаратты көрсете алады.

Негізінде, радиолокациялық сигналдар әдетте қатты заттар деп саналатын заттарға, соның ішінде өсімдік жамылғысы мен топырақ бетіне ене алады. Іс жүзінде белгілі бір кескіндерді интерпретациялау кезінде радиолокациялық енудің болуын немесе мөлшерін бағалау өте қиын. Ену ену тереңдігін, сигналдың күші оның беткі мәнінен $1/e$ -ге дейін немесе шамамен 37%-ға дейін төмендейтін тереңдікті көрсету арқылы бағаланады. Жеке ерекшеліктер әр түрлі ену деңгейлеріне ұшырайды; стандартты ұзындық өлшем бірліктерімен өлшенетін ену тереңдігін көрсете отырып, радиолокациялық сигналдардың әр түрлі заттарға ену қабілетінің өзгеруін көрсететін құрал ұсынады. Ылғал болмаған кезде ену тереңдігі толқын ұзындығына қарай артады. Осылайша, жоғары ену қабілетін бақылау үшін оңтайлы жағдайлар құрғақ аймақтарда, ұзын толқынды радиолокациялық жүйелерді қолдана отырып жасалады. Ену сонымен қатар беттің кедір-бұдырлығымен және түсу бұрышымен байланысты; тік бұрыштарда ену үлкенірек болады және түсу бұрышы ұлғайған сайын азаяды.

АРАҚАШЫҚТЫҚТАН ЗЕРДЕЛЕУ НЕГІЗДЕРІ

5-дәріс

Сондықтан кескіннің ең жақын шетіне максималды енуді және кескіннің ең алыс жеріне ең аз енуді күтуіміз керек.

Практикалық мағынада, SAR толқын ұзындығының өзгеруінің әсері әртүрлі орталар үшін әртүрлі сипаттамаларды оқшаулау болып табылады. Қысқа толқындар, әдетте, олар соқтығысқан бірінші бетінен шашырайды, ал ұзын толқындар кейбір беттерге еніп кетуі мүмкін. Мысалы, қалың орманды жерлерде қысқа толқын ұзындығында жиналған кескіндер панхроматикалық аэрофототүсірілімге ұқсауы мүмкін; X диапазонындағы микротолқынды сигнал бірінші соқтығысқан бетінен шашырайды. (the forest canopy). Ұзын толқын ұзындығы (мысалы, Р-диапазонындағы кескіндер) өсімдік жамылғысының астындағы, мүмкін кейбір жағдайларда топырақ бетінің астындағы ерекшеліктерді көрсету үшін шатыр арқылы еніп, көрінетін жерде жиналған кескіндерде көрінбейтін жер бедері мен жерді пайдалану ерекшеліктерін бейнелейді. спектр.

Поляризация. Радиолокациялық сигналдың поляризациясы антенна шығаратын және қабылдайтын электромагниттік энергия өрісінің бағытын білдіреді. Радиолокациялық жүйелерді көлденең немесе тігінен поляризацияланған энергияны беру үшін және орнатуға болады қабылдау жерден тараған кезде көлденең немесе тігінен поляризацияланған энергия. Егер басқаша көрсетілмесе, радиолокациялық жүйе әдетте көлденең поляризацияланған энергияны шығарады және бетінен көлденең поляризацияланған жаңғырықты қабылдайды. Дегенмен, кейбір радарлар көлденең поляризацияланған сигналдарды беруге арналған, бірақ ландшафттан көлденең және тігінен поляризацияланған шағылыстарды бөлек қабылдауға арналған. Мұндай жүйелер бір пейзаждың екі кескінін жасайды. Кескіндердің бірі көлденең поляризацияланған сигналды беру және көлденең поляризацияланған сигналды қабылдау кезінде жасалады. Бұл жиі деп аталады НН-кескінмен немесе ұқсас поляризацияланған режиммен. Екінші кескін көлденең поляризацияланған сигналды беру және тік поляризацияланған кері сигналды қабылдау кезінде қалыптасады; бұл НV-кескін немесе аяқас поляризация режимі.

Екі кескінді салыстыра отырып, аудармашы ландшафттағы сигналдың деполяризациясына бейім аймақтарды көрсететін ерекшеліктер мен аймақтарды аша алады. Мұндай аймақтар түсетін көлденең поляризацияланған сигналды антеннаға тігінен поляризацияланған энергия ретінде көрсетеді; яғни олар түсетін микротолқынды энергияның поляризациясын өзгертеді.

Мұндай аймақтарды НV кескініндегі жарық аймақтар және сәйкес НН кескініндегі күңгірт немесе қою сұр аймақтар ретінде анықтауға болады. Олардың НV кескінінде пайда болуы деполяризация әсеріне байланысты әлдеқайда жарқын; НН кескінінің жарықтығына ықпал ететін энергияның поляризациясы өзгертілді, сондықтан оның орнына НV кескінінде жарқын аймақ пайда болады. Сондықтан екі кескінді салыстыру жақсы деполяризаторлар болып табылатын аймақтарды анықтауға мүмкіндік береді. Дәл осы ақпарат басқаша баяндалуы мүмкін. Тиімсіз деполяризатор болып табылатын бет энергияны ол берілген поляризацияда таратуға бейім болады; мұндай аймақтар НН кескінінде ашық, ал НV кескінінде күңгірт болып көрінеді. Керісінше, "жақсы" деполяризатор болып табылатын бет түсетін сигналдың поляризациясынан басқа поляризацияда энергияны таратуға бейім болады. Мұндай аймақтар НН кескінінде күңгірт және НV кескінінде ашық болып көрінеді. Деполяризацияның себептері жер бетінің физикалық және электрлік қасиеттеріне байланысты. Сигналдың толқын ұзындығымен салыстырғанда кедір-бұдыр беті сигналды деполяризациялауы мүмкін.

Деполяризацияның тағы бір себебі - біртекті емес ортадан көлемдік шашырау. Мұндай шашырау радиолокациялық сигнал топырақ бетінің астына ене алатын жағдайда пайда болуы мүмкін (бұл өсімдік жамылғысы мен топырағы едәуір ену үшін жеткілікті құрғақ болатын кейбір шөлді аймақтарда мүмкін болуы мүмкін), ол жер қойнауындағы бұзылуларға тап болуы мүмкін, мысалы, көмілген жыныстар немесе тығыздалған көкжиектер.

Шу (Speckle). Деректер ЖРВ ұсақ құрылымды әсерлерге ұшырайды, олар егжей-тегжейлі қараған кезде түйіршікті "тұз бен бұрыш" әсерін тудыруы мүмкін. Дақ (ресми түрде

АРАҚАШЫҚТЫҚТАН ЗЕРДЕЛЕУ НЕГІЗДЕРІ

5-дәріс

кездейсоқ сөнетін шу деп аталады) жеке адамдарды жарықтандыру арқылы жасалады шашыранды жүйенің толқын ұзындығымен салыстырғанда тым кішкентай беттерді жеке шешу үшін. Радиолокациялық сигнал когерентті болғандықтан (толқын ұзындығының өте тар диапазонында, фазада беріледі), кішігірім объектілер тарататын энергияның максимумдары мен минимумдары бірін-бірі күшейтеді (конструктивті кедергі) немесе бірін-бірі басады. Толқын пішінінің жоғары амплитудалық шыңдары сәйкес келгенде, олар жарқын дақтарды жасайды. Сонымен қатар, жоғары амплитудалық шыңдар толқын пішіндерінің төмен амплитудалық мәндерімен сәйкес келгенде, олар бір-бірін өзара сөндіріп, қараңғы нүкте жасайды. Өйткені дақ шудың бір түрі болып табылады (ол пайдалы ақпаратты жібермейді), ол әдетте көп жағдайда өңделеді қоғамдық сәл өзгеше жиіліктер арқылы көріністі жарықтандыратын процестердің нәтижесінде тәуелсіз жауаптар пайда болады, содан кейін оларды азайту үшін орташалауға болады әсердің күйеженіктелген, немесе күйеженіктелген әсерін тегістейді жергілікті орташаландыру арқылы. Баламалы сүзу стратегиялары бейімделмейтін немесе бейімделгіш ретінде сипатталады. Бейімделмейтін сүзгілер азырақ есептеуді қажет етеді: олар бір сүзгіні бүкіл кескінге біркелкі қолданады, ал күрделірек бейімделгіш сүзгілер жердің жергілікті қасиеттеріне бейімделеді, осылайша табиғи жиектер мен шекараларды сақтайды. Барлық стратегиялар нақты кері шашырау ұпайларын шығаруға арналған болса да, көріністегі шынайы жоғары жиілікті ақпаратты жою қаупін тудырады, сондықтан олар әрқашан әрбір кескіндегі пайда мен шығынды теңестіруі керек.

ЖРВ қалай жұмыс істейді?

SAR радиолокаторы Жерге бағытталған радиотолқындардың қысқа импульстарын шығарады. Сигнал жер бетіне жеткенде, оның бір бөлігі шағылысқан сигналдың қарқындылығы мен кідірісі жазылатын радарға қайта шағылысады. Сигналдың қайтарылатын уақытын талдау арқылы объектіге дейінгі қашықтықты анықтауға болады, ал сигналдың қарқындылығын — оның құрылымы мен физикалық сипаттамаларын өлшеуге болады.

ӘҚҚ негізгі түсініктері

Синтетикалық апертура:

SAR—дағы "синтетикалық апертура" - бұл радиолокациялық қозғалыс нәтижесінде пайда болатын виртуалды антенна. SAR радиолокаторы қозғалғанда (спутникте, ұшақта немесе пилотсыз ұшақта) ол ұшу жолының әр түрлі нүктелерінен шағылысқан сигналдарды қабылдайды. Бұл деректер радардың өте үлкен антеннасы бар сияқты жоғары ажыратымдылықтағы кескінді жасау үшін біріктіріледі.

Радиотолқындарды пайдалану:

SAR бұлттардың, жаңбырдың, шаңның және қараңғылықтың енуіне мүмкіндік беретін микротолқынды жиіліктерді пайдаланады. Осының арқасында SAR тәулік бойы бақылауды қамтамасыз етеді, бұл оны әсіресе күрделі ауа райы жағдайларын бақылау үшін немесе қыста ұзақ қараңғылық қашықтан зондтаудың басқа әдістерін шектейтін жоғары ендік аймақтарында жұмыс істеу үшін пайдалы етеді.

ӘҚҚ жұмысының негізгі принциптері

SAR (Synthetic Aperture Radar, синтетикалық диафрагмалық радиолокация) тәулік уақытына және ауа райы жағдайларына қарамастан жер бетінің кескіндерін жасау үшін радиотолқындарды пайдаланады. ӘҚҚ жұмысының негізгі принциптеріне мыналар жатады:

Радиотолқындардың сәулеленуі: SAR радиотолқындарды Жер беті бағытында шығарады. Бұл микротолқынды диапазонды пайдаланады, себебі бұл толқындар бұлттар мен басқа кедергілер арқылы өте алады.

Сигналдарды шағылыстыру және қабылдау: Радиотолқындар Жер бетінен шағылысып, қабылдағышқа оралады. SAR қайтарылған сигналдың уақыты мен қарқындылығын жазып алады, бұл жер бедерінің кескінін жасауға мүмкіндік береді.

Синтетикалық апертура: Кезінде қозғалыстағы SAR (мысалы, спутникте немесе ұшақта) траекториясының әртүрлі нүктелерінен деректерді түсіреді. Бұл кескіннің

АРАҚАШЫҚТЫҚТАН ЗЕРДЕЛЕУ НЕГІЗДЕРІ

5-дәріс

ажыратымдылығын арттыра отырып, үлкен антеннаны имитациялайтын "синтетикалық апертураны" жасайды.

Интерферометрия: Екі немесе одан да көп кескіндерді жоғары дәлдіктегі 3D модельдерін немесе беттік қозғалыстардың өлшемдерін жасау үшін пайдалану. Бұл ландшафттағы немесе құрылымдардағы өзгерістерді анықтауға көмектеседі.

Поляриметрия: Жер бетіндегі объектілердің құрылымын талдау үшін поляризацияланған радиотолқындарды пайдалану. Бұл өсімдіктердің әртүрлі түрлерін, топырақ жағдайын және басқа заттарды ажыратуға мүмкіндік береді.

ӘҚҚ тарихы және дамуы

SAR (синтетикалық диафрагмалық радиолокация) тарихы мен дамуы бірнеше онжылдықтарды қамтиды және маңызды технологиялық жетістіктерді қамтиды:

Алғашқы прототиптер (1950-1960 жж.):

1950 жылдары алғашқы SAR прототиптері құрастырылды. Америка Құрама Штаттарының теңізді зерттеу зертханасының (NRL) ғалымдары әскери мақсатта радиолокациялық бейнелеуді жақсарту үшін жұмыс істеді.

1964 жылы NASA ұшақта алғашқы SAR радарын ұшырды. Бұл қашықтан зондтау үшін SAR мүмкіндіктерін көрсететін алғашқы сәтті эксперименттер болды.

SAR-дан спутниктерді ұшыру (1970-1980 жылдар):

1978 жылы NASA және JPL (реактивті қозғалыс зертханасы) іске қосылды Seasat, SAR-радиолокаторы бар алғашқы жерсерік. Бұл тарихтағы маңызды кезең болды, өйткені ол SAR мұхиттар мен құрлықты бақылау үшін орбитада тиімді жұмыс істей алатынын көрсетті.

1980 жылдары SIR-A (Shuttle) спутнигі ұшырылды Imaging Radar), бұл орбитадан Жердің одан да жақсы суреттерін алуға мүмкіндік берді.

Коммерциялық және азаматтық қосымшалардың кеңеюі (1990-2000 жж.):

1990 жылдардың аяғынан бастап ӘҚҚ азаматтық мақсаттарда кеңінен қолданыла бастады. Еуропалық ғарыш агенттігінің (ESA) ERS-1 және ERS-2 жер серіктері SAR-ны қоршаған ортаны бақылау және табиғи ресурстарды басқару үшін қол жетімді етті.

RADARSAT-1 (1995), SAR бар алғашқы канадалық спутник, климаттың өзгеруін картаға түсіру және бақылау үшін дәл суреттерді қамтамасыз ететін маңызды коммерциялық жобаға айналды.

Заманауи технологияларды дамыту және жетілдіру (2010 жылдар – қазіргі заман):

Соңғы онжылдықтарда SAR технологиясы айтарлықтай жақсарды. Sentinel-1 (ESA) сияқты жаңа спутниктер, TerraSAR-X (Германия), және COSMO-SkyMed (Италия), одан да жоғары ажыратымдылық пен түсіру жиілігін қамтамасыз етеді.

Радиолокациялық жүйелердің типтері және олардың ерекшеліктері

1. Синтетикалық диафрагмалық радиолокация (SAR) - Sentinel-1 (ESA), RADARSAT (Канада), TerraSAR-X (Германия).

SAR радиолокаторы виртуалды "синтетикалық апертураны" жасау үшін спутниктің немесе ұшақтың қозғалысын пайдаланады, бұл беттің жоғары ажыратымдылықтағы кескіндерін жасауға мүмкіндік береді. Ауа райы жағдайлары мен жарықтан тәуелсіздігі, суреттердің жоғары детализациясы. SAR картаға түсіру, табиғи ресурстарды бақылау, мұзды бақылау, жер сілкіністерін және басқа да табиғи құбылыстарды зерттеу үшін өте қолайлы.

2. Интерферометриялық SAR (InSAR) - Sentinel-1, TerraSAR-X, COSMO-SkyMed.

InSAR беттің биіктігінің өзгеруін жоғары дәлдікпен өлшеу үшін әр түрлі уақытта түсірілген екі немесе одан да көп SAR суреттерін қолданады. Жер бетінің деформациясын бақылау кезінде миллиметрлік дәлдікті қамтамасыз етеді. Жердің қозғалысын, жер сілкінісінен кейінгі деформацияларды, жанартаулық белсенділікті және басқа геодинамикалық процестерді бақылау үшін қолданылады.

3. Поляриметриялық SAR (PolSAR) - ALOS-2 және RADARSAT-2

Сипаттамасы: PolSAR беттің физикалық және құрылымдық сипаттамалары туралы егжей-тегжейлі ақпарат алу үшін радиотолқындардың әртүрлі поляризацияларын (көлденең және тік) пайдаланады. Өсімдіктердің әртүрлі түрлерін ажыратуға, топырақ құрылымын

АРАҚАШЫҚТЫҚТАН ЗЕРДЕЛЕУ НЕГІЗДЕРІ

5-дәріс

анықтауға, су қоймаларының жағдайын зерттеуге мүмкіндік береді. Экологияда, ауыл шаруашылығында, орман мониторингінде кеңінен қолданылады.

Пайдаланудың артықшылықтары SAR

1. Жарықтандырудан тәуелсіздік

SAR тәуліктің кез келген уақытында жұмыс істей алады, өйткені ол оптикалық сенсорлар сияқты күн сәулесінен тәуелсіз. Бұл тәулік уақытына қарамастан Жер бетін үздіксіз бақылауға мүмкіндік береді.

2. Ауа райы жағдайларынан тәуелсіздігі

ӨҚҚ-да қолданылатын радиотолқындар бұлт, тұман, түтін және жауын-шашын арқылы өте алады. Бұл оптикалық жүйелер жиі дәрменсіз болатын күрделі ауа райы жағдайында SAR-ды бақылау үшін таптырмас етеді.

3. Жоғары кеңістіктік ажыратымдылық

SAR жоғары деңгейлі оптикалық сенсорлармен салыстыруға болатын өте жоғары ажыратымдылыққа қол жеткізе алады. Бұл егжей-тегжейлі кескіндерді алуға мүмкіндік береді, бұл инфрақұрылымды, жерді және қалалық аумақтарды бақылау сияқты дәл картаға түсіруді және талдауды қажет ететін тапсырмалар үшін маңызды.

4. Беттің 3D-модельдерін жасау мүмкіндігі

Интерферометриялық әдістерді қолдану (InSAR), SAR рельефтің үш өлшемді модельдерін жасай алады және беттің деформациясын миллиметр дәлдігіне дейін өлшей алады. Бұл жердің қозғалысын, жер сілкіністерін, сейсмикалық белсенділікті, тіпті ғимараттар мен инфрақұрылымның баяу деформациясын бақылауға мүмкіндіктер ашады.

5. Поляриметрия беттік талдау үшін

Поляриметриялық SAR (PolSAR) сигналдың бірнеше поляризациясы қолданылады, бұл жер бетінің физикалық қасиеттерін, мысалы, өсімдік жамылғысының құрылымын, топырақтың және су объектілерінің күйін талдауға мүмкіндік береді. Бұл әсіресе ауыл шаруашылығында, экологияда және орман шаруашылығында пайдалы.

ЖРВ қолдану

Картография және топография: SAR ландшафтты зерттеуге, қала құрылысына және инфрақұрылымды құруға көмектесетін 3D үлгілерін қоса алғанда, жоғары дәлдіктегі рельеф карталарын жасау үшін кеңінен қолданылады.

Жер сілкінісі мен деформацияны бақылау: интерферометрияның көмегімен (InSAR), SAR жер қыртысының ең кішкентай қозғалысын анықтай алады. Бұл жер сілкіністерінен, жанартау атқылауларынан немесе көшкіндерден кейінгі сияқты жер бетінің жылжуын бақылауға мүмкіндік береді.

Мұздықтар мен климаттың өзгеруін бақылау: SAR мұз қабаттары мен мұздықтардың өзгеруін, сондай-ақ олардың еруін бақылауға көмектеседі. Бұл климаттың өзгеруін зерттеуде маңызды рөл атқарады.

Табиғи апаттарды бақылау: SAR су тасқыны, жер сілкінісі, өрттер, дауылдар сияқты табиғи апаттар аймақтарын жылдам және дәл бақылау үшін қолданылады. Осының арқасында құтқару қызметтері келтірілген залалдың көлемін тезірек бағалай алады және әрекет етуді жоспарлай алады.

Ауыл шаруашылығы және орман шаруашылығы: SAR ауыл шаруашылығы мен орман ресурстарын басқаруға пайдалы өсімдіктердің денсаулығын, топырақтың ылғалдылығын және басқа параметрлерді бақылауға мүмкіндік береді.

Бақылау сұрақтары:

1. Радиолокациялық ғарыштық суреттердің оптикалық суреттерден басты айырмашылығы неде?

2. Белсенді және пассивті микротолқынды сенсорлардың жұмыс істеу принциптерін түсіндіріңіз.

3. SAR (Synthetic Aperture Radar) жүйесінің негізгі жұмыс қағидалары қандай?

4. SAR жүйелерінің InSAR және PolSAR түрлерінің ерекшеліктері неде?

АРАҚАШЫҚТЫҚТАН ЗЕРДЕЛЕУ НЕГІЗДЕРІ

5-дәріс

5. Радиолокациялық суреттердің артықшылықтары мен шектеулерін атаңыз.
6. Радиолокациялық жүйелердің атмосфералық жағдайлар мен тәулік уақытына тәуелсіз болуы неліктен маңызды?
7. Радиолокациялық жүйелерде жиілік пен поляризация ұғымдарының рөлі қандай?
8. Интерферометриялық SAR (InSAR) әдісі қандай мақсаттарда қолданылады?
9. Радиолокациялық суреттердің экологиялық және геодинамикалық процестерді зерттеудегі маңызы қандай?
10. Радиолокациялық жүйелердің дамуының негізгі кезеңдерін атаңыз.
11. Поляриметриялық SAR (PolSAR) технологиясының ауыл шаруашылығында және экологияда қолданылу мысалдарын келтіріңіз.
12. SAR жүйелері табиғи апаттарды (жер сілкінісі, су тасқыны, мұздық еруі және т.б.) мониторингтеуде қандай рөл атқарады?

Ұсынылатын әдебиеттер тізімі:

1. Lillesand, T.M., Kiefer, R.W., Chipman, J.W. Remote Sensing and Image Interpretation. – Wiley, 2015.
2. Jensen, J.R. Introductory Digital Image Processing: A Remote Sensing Perspective. – Pearson, 2016.
3. Richards, J.A., Jia, X. Remote Sensing Digital Image Analysis: An Introduction. – Springer, 2006.
4. Campbell, J.B., Wynne, R.H. Introduction to Remote Sensing. – Guilford Press, 2011.
5. Sabins, F.F. Remote Sensing: Principles and Interpretation. – Waveland Press, 2007.
6. ESA. Sentinel-2 User Handbook. – European Space Agency, 2022.
7. NASA Landsat Science Team. Landsat Legacy Project: History and Applications. – NASA, 2017.
8. SPOT Image. SPOT Satellite Technical Documentation. – Toulouse, France, 2018.