

Дәріс атауы: Оптикалық ғарыштық суреттер және олардың ерекшеліктері

Мақсаты:

Бұл дәрістің мақсаты – студенттерге оптикалық ғарыштық суреттердің құрылымы мен қасиеттерін, олардың түсірілім жүйелерін және тарихи дамуын түсіндіру. Сонымен қатар Landsat, SPOT, Sentinel сияқты жетекші спутниктік жүйелердің ерекшеліктерін, сенсор түрлерін және олардың экологиялық, табиғи ресурстық мониторингтегі рөлін талқылау.

Негізгі сұрақтар:

1. Оптикалық ғарыштық суреттердің негізгі ерекшеліктері қандай және олар басқа зондтау түрлерінен немен ерекшеленеді?
2. Landsat спутниктік жүйесінің тарихи маңызы неде?
3. RBV және MSS сенсорларының айырмашылығы неде және олардың әрқайсысы қандай диапазонда жұмыс істейді?
4. Thematic Mapper (TM) және Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+) жүйелерінің техникалық жетілдірулері қандай?
5. Sentinel-2 спутниктерінің Landsat және SPOT жүйелерімен үйлесімділігі қалай қамтамасыз етіледі?
6. Landsat 8 жүйесіндегі OLI және TIRS сенсорларының рөлі қандай және олардың артықшылықтары неде?
7. Ғарыштық аппараттардың құрылымдық жіктелуі қандай критерийлер бойынша жүзеге асырылады?
8. Оптикалық спутниктік жүйелердің экологиялық және табиғи ресурстарды басқарудағы маңызы неде?
9. SPOT спутниктері қандай мақсаттар үшін және қандай техникалық ерекшеліктермен жасалған?
10. Қазіргі кезде Landsat және Sentinel деректерін біріктіріп қолданудың қандай ғылыми артықшылықтары бар?

Қысқаша тезис:

1980 жылдардан бастап мұндай жүйелердің саны мен алуан түрлі сипаттамалары соншалықты тез өсті, сондықтан олардың сипаттамаларын сипаттауды былай қойғанда, оларды тізімдеу практикалық емес. Жерді қашықтан зондтау спутниктерінің жүйелерін түсіну оларды спутниктердің төрт тобының мүшелері ретінде қарастыру арқылы жеңілдетіледі.

Бірінші топ жүйелерден тұрады Landsat және ұқсас Landsat, орташа егжей-тегжейлі деңгейде жеткілікті кең географиялық қамтуды қамтамасыз етуге арналған. Осы жүйелерден алынған мәліметтер таңқаларлықтай кең ауқымды қосымшалар үшін пайдаланылды, оларды жалпы жер және су ресурстарын зерттеу мен бақылауға бағытталған деп сипаттауға болады. Пиксель өлшемі 30 метр у Landsat адамдардың Жер бетін қалай алып жатқанын көрсететін масштабтарға сәйкес үлгілерді зерттеуге мүмкіндік беретін кескіндерді жазу үшін пайдалы екенін дәлелдеді. (agricultural patterns, water resources, urban systems, coastal landforms, forest resources, etc.).

Екінші топ спутниктік бақылау жүйелерінен тұрады, олар өте кең ауқымды, ажыратымдылығы төмен кескіндерді шығаруға арналған, ішінара континенттік немесе

жаһандық қамтуды қамтамасыз ету үшін біріктірілуі мүмкін кескіндерді шығаруға арналған. Мұндай суреттер ғалымдарға қоршаған ортадағы ауқымды өзгерістерді бақылауға мүмкіндік береді. Біз бұл жүйелерді өлшемдері ондаған километрге жететін кейбіреулерін қоса алғанда, бірнеше километр пиксельдері бар кескіндерді қамтамасыз ететін ретінде қарастыра аламыз.

Спутниктік жүйелердің үшінші тобы шағын аймақтардың егжей-тегжейлі кескіндерін ұсынады, олар қала құрылысына, автомобиль жолдарының немесе құбырлардың бағыттарын жобалауға, сондай-ақ дәл ауыл шаруашылығына көмектесе алады. Бұл спутниктер әдетте егжей-тегжейлері шамамен 10 метр немесе одан да жақсырақ жоғары кеңістіктік ажыратымдылықты (шағын аумақты кескіндерді) қамтамасыз етеді, жетеді метрлік кейбір жағдайларда егжей-тегжейлер.

Спутниктердің төртінші санаты, SmallSats, спутниктік жүйелерден тұрады, олардың өте кішкентай өлшемдерімен және олардың төмен құнынан, шағын өлшемдерінен, жеңіл салмағынан және үнемді конструкциялары мен пайдалану шығындарынан туындайтын сипаттамаларымен анықталады.

Жерді қашықтан зондтаудың заманауи спутниктері бұрынғы жүйелерден дамыды. Landsat ("жер серігі"), 1960 жылдары жасалып, 1972 жылы ұшырылған, метеорологиялық спутниктер метеорология мен климатологияда қол жеткізген жетістіктерге қол жеткізе отырып, жер ресурстарын зерттеуде жер аумақтарын кең ауқымды бақылауға арналған алғашқы спутник болды. Бүгінгі жүйе Landsat өз бетінше маңызды - Жер ресурстарын зерттеуге айтарлықтай үлес қосқан инновациялық қашықтан зондтау жүйесі де, дүние жүзіндегі ұлттық үкіметтер мен жеке кәсіпорындар басқаратын ұқсас жерді бақылайтын спутниктердің үлгісі ретінде де.

Ландсат АҚШ үкіметінің ғалымдары мен әкімшілері ұсынған, олар қашықтан зондтаудың негізгі принциптерін қолдануды болжаған. жер учаскелерін кең ауқымды, қайталанатын зерттеу. Содан бері бұл жүйе Жер бетінің өзгеруіне қарай оның табиғи және техногендік аспектілерін зерттей отырып, Жердің жер бетіндегі бөліктерін ұзақ жылдар бойы спутниктік бақылауға қолдау көрсетті. Мұнда біз тарихқа қысқаша кіріспе ұсынамыз Landsat және оның кейбір қолданылуы. Оқырмандарға "Мұрамен" танысуға кеңес береміз Landsat» (Landsat Legacy Project Team, 2017), ойластырылған және жан-жақты шолумен Landsat және оның қосымшалары.

Алғашқы датчиктер Landsat энергияны көрінетін және инфрақызылға жақын жерде тіркеді спектрлерде қолдану. Спектрдің бұл аймақтары аэрофототүсірілім үшін бұрыннан қолданылғанымен, олардың Жер ресурстарын спутниктік биіктіктен бақылау үшін де тиімді болатынына мүлдем сенімді емес еді. Ғалымдар мен инженерлер сенсорлардың мақсатқа сай жұмыс істейтініне, олардың сенімді болатынына, бөлшектердің қанағаттанарлық болатынына немесе көріністердің жеткілікті бөлігі бұлтсыз болатынына толық сенімді емес еді. Осы мәселелердің көпшілігі шешілгенімен, көп ұзамай негізгі тұжырымдаманың орындылығы көрсетілді және Landsat қазір дүние жүзіндегі басқа ұйымдар басқаратын ұқсас жүйелердің үлгісіне айналды.

Жүйе Landsat ғарыш аппараттарына орнатылған сенсорлардан тұрады, олар Жерді бақылайды, содан кейін ақпаратты микротолқынды сигналдар арқылы жердегі станцияларға жібереді, олар деректерді пайдаланушылар қауымдастығына тарату үшін деректерді қабылдайды және өңдейді. Алғашқы жер серіктері Landsat екі сенсорлық жүйемен жабдықталған: (1) Return Beam Vidicon (RBV) және (2) Multispectral Scanner System (MSS).

Негізгі сенсор ретінде әзірленген RBV камерасы Landsat 1972 жылы 1, теледидарға ұқсас жоғары ажыратымдылықтағы Жер бетінің кескіндерін жасады. Оның біздің талқылауымыз үшін маңыздылығы оның сол кездегі қашықтан зондтау технологияларын орбиталық биіктіктен емес, орбиталық биіктіктен қолдану үшін жасалғандығында. Ол үш спектрлік арнаны қамтамасыз етті: жасыл, қызыл және инфрақызылға жақын, сол кезде ең тиімді аэрофототүсірілім ретінде бағаланған түрлі-түсті инфрақызыл пленкалар арқылы берілетін ақпаратты көбейту. RBV фотограмметриялық принциптерді пайдалана отырып талдауға болатын электронды кескінді шығару үшін ысырманы пайдалана отырып, камераға ұқсас перспективаны қамтамасыз етуге арналған, фотограмметрия ұшақтардың биіктіктерінде түсірілген аэрофотосуреттерді талдау үшін қалай пайдаланылғанына ұқсас.

RBV күтпеген жерден сенімсіз жұмысының нәтижесінде АЖ негізгі сенсорға айналды Landsat. Оның дизайны Вирджинияның жұмысынан шабыттанған Хьюз аэроғарыш корпорациясының NASA-ның қажетсіз ұсынысы ретінде пайда болды Норвуд, Hughes Aerospace инженері, ол бірінші миссия үшін жаңадан пайда болған цифрлық сканерлеу технологиясын пайдалануды ұсынды Landsat, дегенмен оның дизайны орбиталық сенсор ретінде пайдалану тұрғысынан әлі дәлелденбеген. RBV-ден айырмашылығы, АЖ Жердің спектрлік сипаттамалары туралы егжей-тегжейлі ақпаратты қамтамасыз ету үшін әзірленген, бірақ позициялық деректер дәлдігі азырақ. IFOV 68×83 м құрады, бұл АҚШ-тағы футбол алаңынан сәл кішірек алаң берді. Электромагниттік спектрдің жасыл, қызыл және инфрақызылға жақын бөліктерінде орналасқан төрт спектрлік арна бар (диапазон 1: 0,5–0,6 мкм; диапазон 2: 0,6–0,7 мкм; диапазон 3: 0,7–0,8 мкм; диапазон 4: 0,8–1,1 мкм).

Содан кейін АЖ жүйенің операциялық ядросына айналды Landsat және таныстырды қоғамдастық суреттерді талдаудың жаңа аналитикалық стратегияларын әзірлеу және бағалау үшін жылдам инновацияларды қажет ететін жаңа бейнелеу жүйесімен қашықтан зондтау. Кейінгі жылдары АЖ-ның цифрлық деректерінің тұрақты қолжетімділігі қашықтан зондтау қауымдастығына қолжетімді цифрлық бейнелеу мүмкіндіктерінің саны мен күрделілігінің күрт артуына негіз болды. Содан бері АЖ заманауи жүйелермен алмастырылғанымен, ол қашықтан зондтаудың негізі болып қала береді, өйткені ол кейінірек жетілдірілген бейнелеу жүйелері үшін қолданылған тұжырымдамалардың негізділігін енгізді және растады. Сонымен қатар, бұл маңызды тарихи маңызға ие, өйткені ғалымдар АЖ кескіндерін талдау үшін әзірлеген әдістер қазіргі заманғы спутниктік суреттерді зерттеу стратегияларының негізі болып табылатын цифрлық бейнелеуді өңдеу тәжірибесін бастады.

Кейінгі миссиялар тақырыптық деп аталатын жаңа құралдың көмегімен АЖ-ның негізгі дизайнын жақсартты Маппер. (ТМ). Landsats 4 және 5-тер жетілдірілген технологияларды пайдалана отырып, қосымша сенсорлық жүйелермен кескін геометриясын жақсарту үшін тұрақтылықтың жоғары деңгейін қамтамасыз ететін жетілдірілген платформада ТМ және АЖ-ны тасымалдады.

ТМ сенсорлық жүйе ретінде қолданыла берді Landsat 4 және 5. (1982-2013). ТМ сенімділік, жоғары сапалы кескіндер және үздіксіздік бойынша әсерлі рекорд жасады.

ТМ АЖ сияқты кейбір принциптерге сүйенді, бірақ кеңістіктік ажыратымдылықты, геометриялық дәлдікті жақсартуды, радиометриялық детальдарды және спектрлік ақпаратты дәлірек анықталған спектрлік аймақтарда егжей-тегжейлі қамтамасыз ету үшін жетілдірілген технологияларды қолданды. АЖ мен ТМ арасындағы тарихи байланысқа қарамастан, екі сенсор бір-бірінен ерекшеленеді. АЖ кеңінен анықталған төрт спектрлік аймақты

пайдаланғанымен, ТМ жеті спектрлік жолақты тіркеді. АЖ-дан айырмашылығы, ТМ спектрлік арналары АЖ үшін пайдаланылатын ерікті анықтамалар үшін емес, белгілі бір ғылыми зерттеулерге қызығушылық тудыратын сәулеленуді жазу үшін арнайы конфигурацияланған. ТМ сенсорлары 30 м кеңістіктік ажыратымдылықты (шамамен 0,09 га немесе 0,22 акр) пайдаланды, бұл АЖ-мен салыстырғанда әлдеқайда жұқа кеңістіктік мәліметтерді қамтамасыз етті. Сандық мәндер 8 бит (256 жарықтық деңгейі) болды, бұл АЖ-мен салыстырғанда жарықтық мәндерінің әлдеқайда кең ауқымын қамтамасыз етті. Бұл модификациялар кескіндердің практикалық құндылығын айтарлықтай арттырды Landsat, қолданбалардың әртүрлілігін арттыру және кескіндерге тәуелділіктің артуына әкеледі Landsat ландшафттарды кең ауқымды бақылау және бағалау үшін.

Landsat 7 Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+) ТМ дизайнына қарапайым жақсартуларды қосу арқылы алдыңғы ТМ мүмкіндіктерін кеңейтуге арналған. Көрінетін, жақын инфрақызыл және орта инфрақызыл диапазондарда оның спектрлік арналары ТМ арналарының көшірмесін жасайды. Жылу арнасының ажыратымдылығы 60 м, алдыңғы ТМ-дегі 120 м ажыратымдылықпен салыстырғанда жақсартылған. ETM+ сонымен қатар 15 метрлік панхроматикалық арнаға ие.

Жүйе калибрлеу дәлдігінің, деректерді берудің және басқа сипаттамалардың жақсаруымен сипатталады. ETM+ алдыңғы деректердің сабақтастығын жалғастырады Landsat, көріністердің дәйекті спектрлік анықтамаларын, ажыратымдылықтарын және сипаттамаларын сақтай отырып.

2013 жылы іске қосу Landsat 8 жедел жердегі басқаруды енгізді имиджер (OLI) ТМ және ETM құралдарын ауыстыру үшін. Бұл әрекет бұрынғы жүйелерде қолданылған электро-оптикалық технологияларды алмастырды Landsat ТМ және ETM, OLI үшін негіз ретінде зарядпен байланысқан сенсорларға (CCD). Алдыңғы жүйелермен салыстырғанда, Landsat 8 OLI (және алдағы Landsat 9) көрінетін тоғызы бар, таяу инфрақызыл және ортаинфрақызыл арналар. Оларға жағалаудағы аэрозольдер үшін қосымша көк жолақ (0,43–0,45 мкм) және цирус бұлттары үшін жолақ (1,36–1,38 мкм) кіреді. Әрбір арна үшін толқын ұзындығының диапазондары алдыңғы жүйелерге қарағанда тар және радиометриялық ажыратымдылығы жоғары (12 бит) және сигнал-шү қатынасы жақсырақ.

Landsat 8 сонымен қатар 10-тарауда сипатталған термиялық инфрақызыл сенсорда (TIRS) екі термиялық инфрақызыл арна бар. Сонымен қатар, сапаны бақылау жолағы басқа арналардағы пикселдердің дәлдігі мен пайдалылығына әсер етуі мүмкін әрбір пикселді талдау негізінде судың, қардың немесе бұлттың жағдайын бағалауды қолдайтын ақпаратты қамтамасыз етеді. Сияқты және Landsat 7, OLI-де көрінетін спектрдегі арналар үшін 15 м егжей-тегжейлерді қамтамасыз ететін панхроматикалық арна бар. Ондаған жылдар бойы өмір сүрген Landsat NASA инженерлері инженерлік бөлшектерге мұқият назар аударды, бұл кескіндердің бірнеше ұрпақтарына мүмкіндік берді Landsat тұрақты сапалы кескіндерді қамтамасыз ету. Мұндай құралдар кескіндерді бір жүйеден екіншісіне жинауға мүмкіндік берді. Осыған байланысты жүйелер Landsat. көптеген басқа спутниктік жүйелерден айырмашылығы, суреттердің үлкен, кең архивін дәйекті сапада жинады.

Француздық SPOT спутниктік жүйесі модельге негізделген Жерді бақылаудың озық жүйесі болып табылады Landsat, бірақ айқын технологиялық артықшылықтармен. SPOT, спутниктің аббревиатурасы Pour l'Observation de la Terre (Жерді бақылау спутнигі) алғаш рет 1986 жылы ұшырылған. SPOT жүйесі жерді пайдалануды зерттеу, жаңартылатын ресурстарды

АРАҚАШЫҚТЫҚТАН ЗЕРДЕЛЕУ НЕГІЗДЕРІ

4-дәріс

бағалау, геологиялық ресурстарды барлау және 1:50,000-ден 1: 100,000-ға дейінгі масштабтағы картографиялық жұмыстарға арналған мәліметтермен қамтамасыз етуге арналған. Жобалау талаптарына әлемнің толық қамтылуын қамтамасыз ету, деректерді жылдам тарату, деректерді өсімдіктерден шағылысуға жауап беретін спектрлік аймақтардағы мүмкіндіктер мен сезімталдық туралы.

Еуропалық ғарыш агенттігі (ESA) бірнеше қашықтан зондтау жүйелерінен тұратын спутниктік бақылаудың кешенді бағдарламасын жасады. Мұнда біз жүйелермен үйлесімділікті қамтамасыз ету үшін үлгіленген Sentinel-2-ні талқылаймыз Landsat және SPOT.

Sentinel-2A және -2B (сәйкесінше 2015 жылдың маусымында және 2017 жылдың наурызында ұшырылған) ішінара жер ресурстарын басқару, ауыл шаруашылығы, орман шаруашылығы, төтенше жағдайларды жою және қауіпсіздік бағдарламаларын қолдау үшін жүйелі көп спектрлі кескіндерді қамтамасыз етуге арналған. Sentinel-2 спутниктерінің әрқайсысы 12 биттік, ажыратымдылығы жоғары мультиспектрлік кескіндерді, соның ішінде жергілікті күн уақыты бойынша сағат 10:30-да алынған 10 м, 20 м және 60 м ажыратымдылықтағы 290 км диапазонды қамтитын 13 спектрлік жолақты қамтамасыз етеді. Екі спутникте де бірдей орбиталарда орналасқан, бірақ жиі қайта қамтуды қамтамасыз ету үшін 180°-қа бөлінген бірдей жабдық бар. Экваторда Sentinel жүйесі екеуінен де кескіндерді пайдаланған кезде бес күндік қамту циклін қамтамасыз етеді жерсеріктердің. Төрт ажыратымдылығы 10 м жолақтар синергияларды құруға мүмкіндік береді 20 метрлік жолақтар деректер үшін сипатталғанға ұқсас талдауға мүмкіндік береді Landsat, бірақ кеңістіктік ажыратымдылығы жоғары.

Бұл синергиялар деректер болатын уақыт қатарларын жасауға мүмкіндік берді Landsat және Sentinel-2 үйлесімді шағылыстырғыш өнімді әзірлеуді қоса алғанда, уақытша қамтуды жақсарту үшін біріктірілген Landsat және Sentinel-2. Sentinel-2-нің SPOT деректерімен синергиясы және Landsat ғылыми қауымдастықтың ұзақ мерзімді экологиялық процестер мен өзгерістерді талдау үшін деректердің үздіксіздігінің маңыздылығы туралы түсінігін көрсетеді.

Ғарыштық түсірілімдерді спектрдің әртүрлі аймақтарында қолдану міндеттерін алты негізгі бағытқа бөлуге болады:

1. Планетарлық зерттеулер.
2. Картография, фотограмметрия және т.б. мақсаттар үшін ғарыштық түсірілім материалдарын жоғары дәлдікпен өлшеу.
3. Жердің табиғи ресурстарын зерттеу және ұтымды пайдалану.
4. Дүниежүзілік мұхиттарды зерттеу.
5. Сирек құбылыстарды, атмосфера мен мұхиттың ластануын, қоршаған ортаны қорғауды зерттеу.
6. Ғарыштық фотосуретке түсіру және ақпаратты өңдеу әдістері мен құралдарын әзірлеу.

Ғарыштық ұшу аппараттары ғарыш кеңістігін зерттеумен және игерумен байланысты кең ауқымды міндеттерді шешуге арналған.

Ғарыштық аппараттар құрылымдық ерекшеліктеріне, мақсатына, басқару әдісіне, олардағы экипаждың болуына немесе болмауына, көлік құралдарының өлшемдері мен массасына, ұшу траекторияларына және т.б. бойынша жіктеледі. Барлық ғарыштық аппараттарды жақыннан экипажсыз жасанды Жер серіктері, экипажбен басқарылатын ғарыштық аппараттар және планетааралық автоматтандырылған станциялар мен спутниктер

деп бөлуге болады. Мақсатына сәйкес ғылыми-зерттеу аппараттары атмосфераның жоғарғы кабаттарын, Жерге жақын және планетааралық кеңістіктегі физикалық құбылыстарды, Жердің және басқа планеталардың табиғи ресурстарын, қолданбалы мақсаттағы аппараттарды зерттеуге арналған.

Экипаждың болуына қарай ғарыш аппараттары басқарылатын, пилотсыз және ауыспалы экипажы бар кемелер болып бөлінеді. Салмағы бойынша жеңіл (300 кг-ға дейін), орташа (2000 кг-ға дейін), ауыр (7000 кг-ға дейін) және аса ауыр (7000 кг-нан астам) құрылғылар бөлінеді. Жерге оралу мүмкіндігіне қарай АЖ қайтарылатын, қайтарылмайтын және ішінара қайтарылатын (капсулалар) болып бөлінеді. Қамтамасыз етудің жердегі құралдарымен байланыс түрі бойынша ҒҰА байланыссыз, бір жақты байланыспен болуы мүмкін: Жер – ҒҰА немесе ҒҰА – Жер, екі жақты байланыспен: Жер – ҒҰА – Жер. Бағдары бойынша АЖ бағдарлау және тұрақтандыру жүйесінің қатысуымен бағдарланбайтын және бағдарланбайтын болып бөлінеді.

Ғарыштық ұшу аппараттары (ҒҰА) Айға ұшуды орындайтын аппараттарға және Күн жүйесінің басқа планеталарына ұшуды орындайтын аппараттарға жіктеледі. Ғарыш аппаратының конструкциясы оның ғарыш кеңістігінің ерекше жағдайларының үздіксіз және ұзақ мерзімді әсері жағдайында жұмыс істеуін қамтамасыз етуі тиіс.

ҒҰА конструкциялары ықшам, орналастырылатын және үрлемелі болып бөлінеді. ҚҚ жұмыс күйіне келтірілген кезде ықшам конструкциялардың пішіні өзгермейді және жеке құрылымдық элементтердің қозғалысы орындалмайды. Бұл конструкциялар жұмыс кезінде сенімді, бірақ кішігірім өлшемдер қажетті заттарды орналастыруға мүмкіндік бермейді энергиямен жабдықтау көздерінің саны. ҒҰА орналастырылатын конструкцияларында оны орбитаға шығару сәтінде жылжымалы немесе жиналмалы элементтер жұмыс орнын алады. Бұл дизайнның артықшылығы жалпы шектеулерді шешудің қарапайымдылығында және құрылымдық орналасудың кең мүмкіндіктерінде.

ҒҰА конструкциялары ықшам, орналастырылатын және үрлемелі болып бөлінеді. ҚҚ жұмыс күйіне келтірілген кезде ықшам конструкциялардың пішіні өзгермейді және жеке құрылымдық элементтердің қозғалысы орындалмайды. Бұл конструкциялар пайдалануда сенімді, бірақ шағын өлшемдері энергиямен жабдықтау көздерінің қажетті санын орналастыруға мүмкіндік бермейді. ҒҰА орналастырылатын конструкцияларында оны орбитаға шығару сәтінде жылжымалы немесе жиналмалы элементтер жұмыс орнын алады. Бұл дизайнның артықшылығы жалпы шектеулерді шешудің қарапайымдылығында және құрылымдық орналасудың кең мүмкіндіктерінде.

Сондай-ақ, ғарышкер басқаратын Жердің жасанды серіктерін бөліп көрсету керек. Олар ғарышқа ұшатын аппараттар (ҒҰА), ғарыштық басқарылатын кемелер немесе орбиталық басқарылатын станциялар (ОБС) деп аталды. Ғарыштық аппараттың геоцентрлік орбита бойымен қозғалуы үшін оған бірінші ғарыштық жылдамдыққа тең немесе одан сәл үлкен жылдамдық туралы хабарлау керек. Айналым кезеңі ұшу биіктігімен анықталады және бір жарым сағаттан бірнеше тәулікке дейін созылуы мүмкін.

ҒҰА ұшуы кезінде масса центрінің қозғалысын басқару (маневр жасау) және масса центрінің айналасындағы қозғалысты басқару жүзеге асырылады.

АЖ басқару блогының схемасын тұйықталған жүйе ретінде ұсынуға болады, оған мыналар кіреді:

- басқару объектісі (ҚБ);

- параметрлер туралы хабарлайтын өлшеу құрылғылары
- қозғалыс;
- ҒҰА қозғалысын басқару заңын қалыптастыратын күшейткіш-түрлендіргіш құрылғылар;
- берілген орбита бойынша ұшуды қамтамасыз ететін басқару құрылғылары.

Бақылау сұрақтары:

1. Оптикалық ғарыштық суреттердің негізгі ерекшеліктері қандай және олар басқа зондтау түрлерінен немен ерекшеленеді?
2. Landsat спутниктік жүйесінің тарихи маңызы неде?
3. RBV және MSS сенсорларының айырмашылығы неде және олардың әрқайсысы қандай диапазонда жұмыс істейді?
4. Thematic Mapper (TM) және Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+) жүйелерінің техникалық жетілдірулері қандай?
5. Sentinel-2 спутниктерінің Landsat және SPOT жүйелерімен үйлесімділігі қалай қамтамасыз етіледі?
6. Landsat 8 жүйесіндегі OLI және TIRS сенсорларының рөлі қандай және олардың артықшылықтары неде?
7. Ғарыштық аппараттардың құрылымдық жіктелуі қандай критерийлер бойынша жүзеге асырылады?
8. Оптикалық спутниктік жүйелердің экологиялық және табиғи ресурстарды басқарудағы маңызы неде?
9. SPOT спутниктері қандай мақсаттар үшін және қандай техникалық ерекшеліктермен жасалған?
10. Қазіргі кезде Landsat және Sentinel деректерін біріктіріп қолданудың қандай ғылыми артықшылықтары бар?

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.