

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы
Қазақ ұлттық техникалық университеті

Қ. Б. Рысбеков,
Ш. Қ. Айтқазина

АЭРОҒАРЫШТЫҚ ТҮСІРІС ӘДІСТЕРІ

Университеттің Ғылыми-әдістемелік кеңесі
оқу құралы ретінде ұсынған

Алматы 2014

ЖОК 528 (075.8)

ББК 26.12 я 73

Р 94

- Р 94** Рысбеков Қ.Б., Айтқазина Ш.Қ. Аэроғарыштық түсіріс әдістері. Оқу құралы. – Алматы: ҚазҰТУ, 2014. – 154 бет.
Сурет 26. Кесте 7. Библиографиялық тізім – 14 атау.
ISBN 978-601-228-617-5

Оқу құралында ғарыштан Жерді қашықтықтан зондтаудың әртүрлі әдістерінің физикалық негіздері мазмұндалған. Ғарыштық түсірулерді жүргізудің теориялық негіздері, түсіру аппаратурасының техникалық параметрлері және қашықтықтан зондтаудың мәліметтері қаралады. Жерді қашықтықтан зондтаудың қазіргі және болашақ бағдарламаларының сипаттамалары келтірілді.

Оқу құралы «Аэроғарыштық түсіріс әдістері» пәні бойынша 5В071100 – Геодезия және картография мамандығына зертханалық жұмыстарды орындауға, сонымен қатар осы саламен айналысатын мамандарға арналған.

ЖОК 528 (075.8)

ББК 26.12 я 73

Пікір жазғандар:

Т. П. Пентаев, техн. ғыл. докт., профессор.

К-Х. М. Касымханова, техн. ғыл. докт., профессор.

А. А. Асылбекова, геогр. ғыл. PhD докт., профессор

Қазақстан Республикасының Білім және ғылым министрлігінің
2014 жылғы жоспары бойынша басылады.

ISBN 978-601-228-617-5

© Рысбеков Қ.Б.,
Айтқазина Ш.Қ.
© ҚазҰТУ, 2014

КІРІСПЕ

Аэроғарыштық түсіріс әдістері адам мен әртүрлі ғаламшарлардағы тіршілік ортасын зерттеу үшін қолданылады. Кеңістіктік ақпараттың сан алуан түрлерін алудың аса кең таралған және осы заманғы атауы – қашықтықтан зондтау (remote sensing), бұл жерде зерттелетін объектіні аппаратураның қабылдайтын сезімтал элементтерімен тікелей қарым-қатынассыз қашықтықта объектілерді зерттеу түсініледі.

Зондтау бағыты әлі де зерттеуді қажет етеді. Өйткені Жерді қашықтықтан зондтаудың (ЖҚЗ) мәліметтерін пайдалану аясы үздіксіз кеңейуде, сондықтан ЖҚЗ атауымен оқу пәнінің шегінде түсіріс материалдарын қолданудың барлық ықтимал бағыттарын қамту мүмкін емес. Осы себеп бойынша картография-геодезиялық бағыттағы мамандар үшін курс «Аэроғарыштық түсірістер әдістері» атауын алды, мұнда ЖҚЗ материалдарын қолдану бағыттарына баса назар аударусыз, ЖҚЗ-ның ең жалпы ғылыми-әдістемелік мәселелерін зерттеу қарастырылып отыр. Сонымен қатар, әуелік және ғарыштық негіздегі ЖҚЗ түсіріс жүйесі дамуының қазіргі кезеңінде бір-бірінен ерекшелігі болмашы ғана. Оқу құралының мәтіні бойынша алдағы уақытта осы ескертпелерді ескере отыра, ЖҚЗ, сондай-ақ «Аэроғарыштық түсірістер» сияқты анықтамалардың пайдаланылуы мүмкін.

Жерді қашықтықтан зондтаудың дәстүрлі классикалық әдісі аэрофототүсіріс болса – адамзат дамуының қазіргі кезеңіндегі ғарыштан алынған ЖҚЗ-ның әртүрлі әдістері аэротүсірістерді ығыстыра бастады. Бұған төмендегі негізгі факторлар ықпал етті:

– екі әлемдік қоғамдық-саяси жүйенің қарсы тұруының аяқталуы, бұл ғарыштан қашықтықтан зондтаудың жоғары және өте жоғары түсіріс мүмкіндігі бар деректеріне еркін

коммерциялық қол жеткізуге;

– аэрофототүсірістің кеңістіктік қамту ауқымы бойынша салыстырылатын жоғары және аса жоғары түсіру мүмкіндігі оптика-электрондық камераларын жасауға;

– компьютерлік технологиясымен өңдеу және ЖҚЗ-ны ұсынудың күрт өсуі;

– ғаламдық жерсеріктік жүйесін жасау мен пайдалануға беру (ГЛОНАСС, NAVSTAR және басқалары);

– Жердің табиғи ресурстарын зерттеу және адамды қоршаған ортаның мониторингі бойынша әртүрлі міндеттерді шешу үшін ЖҚЗ-ға сұраныстың өсуі;

– ЖҚЗ-ның кейбір әдістерінің артықшылығы кез-келген ауа-райы мен жарыққа тәуелсіз ЖҚЗ деректерін жедел алуға, оларды цифрлық түрде ұсынуы.

Кеңістіктік қамту деңгейінің метрлік бірліктен бірнеше километрге дейінгі мүмкіндігі бойынша ЖҚЗ спектрінің кеңеюі орындалатын көптеген тапсырмалардың санын күрт арттыруға мүмкіндік береді. Ауа, су, топырақ, өсімдік және хайуанаттар әлемі, әртүрлі пайдалы қазбалар жататын Жердің табиғи ресурстарын зерттеумен қатар, топографиялық картографиялау мен әртүрлі көлемдегі топографиялық карталарды жаңарту ықтимал болды. Бұған ғаламдық жерсеріктік жүйесін (GPS) құру да ықпал етті. ЖҚЗ-ның сан алуан түрлері Жерде болып жатқан жаһандық өзгерістерді анықтау бойынша ғылыми міндеттерді шешу кезінде кеңінен қолданыла бастады. Компьютерлік технологиясының дамуы және ЖҚЗ-ы деректерін жинау, өңдеу мен ұсыну ғарыштық түсірістерді пайдалану нарығының кеңеюіне ықпал етті.

ЖҚЗ сан алуан география-ақпараттық жүйелерде (ГАЗ) белсенді қолданыла бастады. *ГАЗ қандай-да бір аумаққа бекітілген цифрлық түрдегі мәліметтер базасының жиынтығын жинау, сақтау мен пайдалануға арналған технология мен құрал болып табылады.* Оңайлатылған түрде ГАЗ-ды цифрлық карта түрінде ұсынылатын қандай-да бір аумақ туралы ақпарат жүйесі ретінде елестетуге болады, оған мысалы су, өсімдік, биологиялық және т.б. ресурстар туралы мәліметтердің әртүрлі база деректерінің қабаттары енгізілуі

мүмкін. Тиісті бағдарламалық қамтамасыз ету осындай ГАЗ арқылы жағдайлардың сан алуан түрлерін модельдеу мен болжауға мүмкіндік береді, яғни аумақтық табиғи ресурстарын басқару бойынша автоматтандырылған жүйені құру мүмкіндігі болады. Бұл жағдайда мәліметтер мен сақталатын ақпарат көлемін, мәліметтерді беру сапасын өңдеу жылдамдығын арттыру бөлігінде компьютерлік техниканы үздіксіз жетілдіру ГАЗ мүмкіндігін арттырады.

Ғарыштан ЖҚЗ-ны қолданудың келесі маңызды саласы адамның қоршаған ортасына мониторинг жүргізу мүмкіндігі болып табылады, мониторинг ретінде уақыт аралығында зерттелетін объекті жай-күйінің динамикасын (үздіксіз немесе берілген мерзімдік) бақылау түсініледі. Экологиялық проблемаларды шешу, зілзалалармен және техногендік апаттармен байланысты төтенше жағдайлар болған кезде, мониторингтің айрықша маңызы бар. Осы міндеттерді тиімді шешуге нақты уақыт режиміндегі ЖҚЗ-ның жоғарғы жеделдігі ықпал етеді.

Сөйтіп, ғарыштан алынған ЖҚЗ адамды қоршаған әлемді зерттейтін осы заманғы ғылымның ажырамас бөлігіне айналды.

ЖҚЗ-ның әртүрлі әдістерін қолданбалы пайдалану ғарыштық ұшу аппараттарын іс жүзінде алғашқы ұшырулардан басталды және үздіксіз дамып жетілдірілуде.

Осы оқу құралын жазу барысында кеңес беріп жөн сілтеген, аэроғарыш, аэрофототүсіріс саласының кәсіби маманы техника ғылымдарының кандидаты, профессор Хан В.А. алғыс білдіреміз.

1. ҒАРЫШТЫҚ ҰШУ АППАРАТТАРЫН ҰШЫРУ ПАРАМЕТРЛЕРІ

1.1. Ғарыштан ЖҚЗ кешені

Ғарыштан ЖҚЗ-ны жүзеге асыру үшін техникалық құралдар кешені қажет, оларға мыналар жатады:

1. Ғарыштық ұшу аппараттары (ҒҰА) және оларды орбитаға шығару құралдары (ғарыш айлақтары, зымыран тасығыштар);
2. Қашықтықтан зондтау аппаратурасы;
3. Радио арнасы бойынша Жерге мәліметтер берудің борттық құралдары;
4. Ұшуды басқару мен ақпаратты қабылдаудың, оны өңдеу мен тұтынушыға тапсырудың жер бетіндегі кешендері;
5. Жер серіктеріне тәжірибелер жүргізуге арналған Жер бетіндегі полигондар торабы.

Ғарыш айлағы – жасанды жер серігін (ЖЖС) жеткізгіш зымыран арқылы берілген орбиталарға шығарылуын қамтамасыз етеді. Заманауи ЖЖС-нің ресурсы шамамен 10 жылды құрайды және ол қозғалтқышқа арналған отын қорының мөлшеріне тәуелді, осы арқылы орбитаға кезеңдік түзетулер енгізіліп отырылады. ЖЖС-нің өзінің орбитасынан ауытқуы атмосфера кедергісі, Жердің гравитациялық өрісі, планеталар және де басқа қалыпсыз факторлар әсерінен болады.

Ғарыштан ЖҚЗ-ны жүзеге асыруға арналған толық техникалық кешені АҚШ (төрт ғарыш айлағы, екеуі Калифорния штатында және бір-бірден Аляска мен Флорида штатында), Ресей (Плесецк ғарыш айлағы мен Қазақстаннан жалға алған Байқоңыр ғарыш айлағы), Франция (Француз Гвианасындағы ғарыш айлағы) сияқты жетекші әлемдік алып мемлекеттерде бар. Сонымен қатар, ҒҰА дербес ұшыруды Қытай, Үндістан, Жапония жүзеге асырады. Көптеген экономикалық дамыған елдер әртүрлі мақсаттағы жеке ҒҰА даярлауды, артынша коммерциялық негізде АҚШ, Ресей, Франция зымыран-тасығыштары арқылы оларды берілген орбитаға ұшыруды жолға қойған. Бұл жерде Ресей Жерге мәліметтер беретін борттық құралдары мен оларды қабылдаудың жерүсті кешендерін талап етпейтін ЖҚЗ фотографиялық әдісі саласында әлемде жетекші орын алады. Оптикалық-электрондық әдіс ЖҚЗ саласындағы

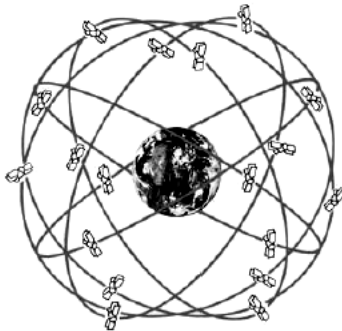
жетекші рөл АҚШ пен Францияға тиесілі.

Жоғары және аса жоғары түсіріс мүмкіндігіндегі оптикалық-электрондық сканерлерін жасау мен игеру, борттық құралдар мен қашықтықтан зондтау мәліметтерін беру жылдамдықтары және осы мәліметтерді жер бетіндегі станциямен қабылдау мүмкіндіктеріне талапты күрт өсірді, олардың торабы барлық құрлықтарды қамтиды.

Кез-келген кеңістіктік қамту ауқымындағы ЖҚЗ-ы материалдарына еркін мүмкіндіктің ашылуымен қатар, соңғы фактор коммерциялық негізде жеке ғарыштық жүйелері жоқ елдер арасында ЖҚЗ өткізу нарығын кеңейтуге ықпал етті.

Ғарыштық сектор белгілі мөлшердегі ЖЖС-ден тұрады. ЖЖС жиынтығын – *шоқ жұлдыз* деп атайды. ЖЖС-нің жұмыс істеу идеологиясына сәйкес, жердің навигациялық жер серігінің (ЖНЖС) координаталары белгілі тірек нүктесі қызметін атқарып, кеңістіктік қиылыстыру бойынша Жер бетіндегі пункттер координаталарын анықтау жүзеге асырылады (1-сурет).

Орбита биіктігі ЖЖС-нің айналу кезеңі, жұлдызды тәуліктің жартысына тең болатындай етіп іріктеліп алынған. Осының әсерінен, жұлдызды тәулікте бір рет әрбір ЖНЖС жер бетінің бірдей нүктесінен өтеді. Әрбір орбитадағы жер серіктері 1,5 сағат аралығында жүреді және экваторды $22,5^{\circ}\text{C}$ бойлық бойынша жылжып, қиып өтеді. ЖНЖС-нің мұндай қозғалу құрылымы әрбір жер серігін тәулігіне 1 рет жүйенің бақылау-өлшеу пунктінен, оның жұмысын бақылау мақсатында қадағалауға мүмкіндік береді.



1-сурет. Жердің жасанды жер серіктерінің ғарыштық секторы

Ғарыштан әртүрлі әдістермен алынған ЖҚЗ пайдалану технологиясын жасаудың алғашқы кезеңінде ЖҚЗ кешендерінің қажетті элементтері жер бетіндегі полигондар болды. Олардың торабы әуе кемелерінен сол түсіріс жүйелерімен осы полигондардан бір уақыттағы түсіріс жүргізетін оларға жерсеріктік тәжірибелер жүргізу мақсатында географиялық ландшафтардың барлық сан алуандығын қамтуға тиіс. Сөйтіп, ландшафтық объектілердің спектрлік сипаттамалары анықталды, ғарыштық түсірістердің тақырыптық шифрларды айырып оқу технологиясы пысықталды.

1.2. Ғарыштық ұшу аппараты

Құрылған ҒҰА сан алуандығы олар арқылы шешілетін ғылыми-зерттеу және практикалық міндеттердің үлкен шеңберімен байланысты. Олар жіктелетін белгілер техникалық талаптарды, сипаттамалар мен оларды алуды бірегейлестіруге мүмкіндік береді.

ҒҰА мынадай негізгі түрлерге бөлінеді:

- Жердің жасанды жер серіктері (ЖЖС);
- экипажы бар ғарыштық ұшырылатын кемелер (бір рет және көп рет пайдаланылатын);
- орбиталық станциялар;
- автоматты ғаламшар аралық станциялар мен жер серіктері.

ҒҰА былайша жіктеледі:

1. Мақсаты бойынша:

- атмосфераның жоғарғы қабаттарын, жер төңірегіндегі және ғаламшар аралық кеңістіктегі физикалық құбылыстарды зерттеу міндеттерін шешетін ғылыми зерттеу және т.б.;
- Жердің және басқа ғаламшарлардың табиғи ресурстарын зерттеу міндеттерін шешетін табиғаттанушылық;
- картографиялық карталау міндеттерін шешуге арналған картографиялық;
- метеорологиялық байланыстар, қозғалыстар (навигация) және т.б. қолданбалық мақсаттағы.

2. Экипаждың бар-жоғы бойынша:

- ұшырылатын;
- ұшқыштарсыз;

– экипаж ауысымы бойынша.

3. *Массасы бойынша:*

- жеңіл (массасы 300 кг дейін);
- орта (массасы 2000 кг дейін);
- ауыр (массасы 7000 кг дейін);
- өте ауыр (массасы 7000 кг жоғары).

4. Жерге оралу мүмкіндігі бойынша:

- оралатын;
- оралмайтын;
- ішінара оралатын.

5. *Жер бетіндегі құралдарымен байланысы бойынша:*

- байланыссыз;
- бір жақты байланыспен;
- екі жақты байланыспен.

6. *Бағдары бойынша:*

- бағдарланбайтын;
- бағдарлау және тұрақтандыру жүйелерімен бағдарланатын.

ҒҰА конструкциясы ғарыштың ерекше жағдайларының үздіксіз және ұзақ әсері жағдайларында оның жұмыс істеуін қамтамасыз етуге тиіс. ҒҰА конструкцияларының элементтері өзара жинақталып қосылған мықты фермдерді, окшауланған қабықша-бөліктерді (оболочек-отсеков), ішкі және сыртқы бөліктері борттық қондырғылармен қамтылған жүйелерді құрайды.

Құрастырудан кейінгі ҒҰА пішіні ұшыру жағдайлары үшін оңтайлы, ал массасы жеңіл болуы тиіс. Басқару жүйесі аппаратураларын, агрегаттарды бөлу, оларға мүмкіндікті қамтамасыз етуге және бағдарлау мен тұрақтандыру жүйесіне ықпал етпеуі қажет. Тербеліс минимальды болуы тиіс.

ҒҰА конструкциясы *жинақы, жазылмалы және үрлемелі* болып бөлінеді. Жинақты конструкциялардың пішіні өзгермейді және конструкциялардың жекелеген элементтерінің жылжытылуы жүргізілмейді. Жазылатын конструкцияларда орбитаға шығару сәтінде жылжымалы немесе жиналмалы элементтер жұмыс жағдайына көшеді. Үрлемелі конструкциялардың көп қабатты қабықшалары бар, олар үрлегеннен кейін бір пішінге айналып және орбитаға шығарғаннан кейін қатаяды.

ҒҰА ұшу жолының бойында оның координаттарын

анықтау және параметрлерін нақтылау үшін өлшеу пункттері (ӨП) болады.

ҒҰА-ны есептелген ұшу траекториясына шығару үшін көп сатылы зымыран-тасығыштың көмегімен жүзеге асырылады.

Орбитаның берілген нүктесінде ғарыштық түсірісті орындау үшін басқару және бағдарлау жүйесінің көмегімен ҒҰА-ға бағдарлау жүргізіледі. Бағдарлау ретінде реактивтік қозғалтқыштар, қозғалтқыш-маховиктер және басқа да қондырғылар пайдаланылады.

ҒҰА ұшу уақытында масса орталығындағы реттеу (маневрлеу), қозғалысты басқару және масса орталығы төңірегіндегі қозғалысты басқару жүзеге асырылады.

1.3. ҒҰА орбита элементтері

Көзделген мақсатта аппаратура жұмысының бағдарламасын жасау үшін ҒҰА-ны ұшыруға оның қозғалысының заңдылығын білу қажет. ЖҚЗ-ның таңдалған әдісі, техникалық талаптары (түсіріс ауқымы, жеделдік, қармау алаңы және т.б.) орбита параметрлерін, ҒҰА-ның жұмыс істеу уақытын, оның орбитадағы қозғалу мүмкіндігін анықтайтын негізгі факторлар болып табылады.

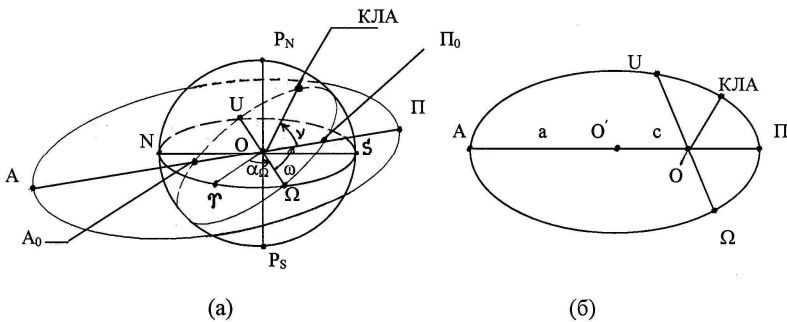
ҒҰА ұшуының траекториясы үш құрамдас бөлікке бөлінеді. Орбитаға шығару учаскесі кеңістіктің берілген нүктесіне ҒҰА шығаруға арналған. ҒҰА шығару учаскесінде зымыран-тасығыштың көмегімен белгілі бір жылдамдықты алған соң, оның орбитадағы көлбеу бұрышы беріледі.

ҒҰА қозғалысы траекториясының екінші бөлігі жұмыс жүргізілетін, атап айтқанда ЖҚЗ бойынша орбиталық ұшу учаскесі. Осы учаскеде ҒҰА қозғалысына аспан денелерінің тарту күші, атмосфера қарсылығы, магнит өрісі және уақыт өте орбита параметрлерін өзгертетін басқа да ауытқымалы факторлар әсер етеді. ҒҰА орбитасын түзету үшін, әдетте, ЖҚЗ-да отын қоры бар қозғалтқыш қарастырылады, бұл ғарыш жүйесі қызметінің мерзімін ұлғайтуға мүмкіндік береді.

ҒҰА қозғалыс траекториясының үшінші учаскесі – бұл атмосфераның тығыз қабатына кіру, төмендеу және қону

учаскесі. ҒҰА қонуы қарастырылмаған жағдайда, ол атмосфераның қалың қабаттарында жанады немесе әлемдік мұхиттың белгіленген аймақтарында батырылады. Атмосфераның қалың қабатына кіру қосалқы қозғалтқыштар мен тежеу немесе ҒҰА қозғалысының траекториясын өзгерту арқылы жүргізіледі.

ҒҰА орбиталық ұшуының траекториясы орбита элеменеттерімен сипатталады. *Кеңістікте ҒҰА жағдайын түпкілікті анықтайтын параметрлер орбита элементтері деп аталады.* Оларға кеңістіктегі орбита жазықтығының жағдайын, оның пішінін, көлемін сипаттайтын элементтер және орбитадағы ҒҰА жағдайын анықтайтын элементтер жатады.



1.1-сурет. ҒҰА эллиптикалық орбитасының элементтері

ҒҰА орбитасы элементтері 1.1.а-суретте берілген. (P_N) және (P_S) нүктелері – әлемнің солтүстік және оңтүстік полюстері. Үлкен шеңбер (NS) – бұл аспан экваторы. (γ) нүктесі – бұл аспан сферасындағы көктемгі теңелу нүктесінің кескіні, (O) нүктесі – бұл жағдайда орбита фокустарының бірімен түйісетін аспан сферасының орталығы. Аспан экваторымен орбитаның қиылысу нүктелері оңтүстіктен солтүстікке қарай бағыт алуы (Ω) (солтүстіктік) және оңтүстікке бағыт алған (U) (оңтүстіктік) деп аталады. (ΩOU) – қиылысу сызығы деп аталады. Аспан сферасындағы (A) апоцентр мен (Π) перицентр кескіндері – апогей (A_o) және перигей (Π_o) нүктелері.

Перицентрмен апоцентрді қосатын (AOP) сызық апсид сызығы деп аталады. $(\gamma O \Omega)$ бұрышы солтүстік бағыттағы

бойлығы (α_Ω) . Кеңістіктегі орбита жазықтығының бағыты – (α_Ω) бұрышымен және аспан экваторы жазықтығына орбита жазықтығының (i) көлбеу бұрышымен анықталады. 1.1.6-суретте жазықтықтағы орбита кескіні берілген., мұнда $(АОП)$ – апсид сызығы, (ΩOU) – қиылысу сызығы, (O) – орбита (эллипс) фокустарының бірі. Өйткені орбитаның өзі эллипс болып келеді, онда оның пішінін анықтайтын элементтер (a) үлкен жартылай ось болады, эксцентриситет

$$e = \frac{c}{a} = \frac{\sqrt{(a^2 - c^2)}}{a};$$

мұндағы c – орбита (O') орталығы мен (O) фокусы арасындағы қашықтық. Кейде (a) және (e) элементтерінің орнына перицентрдің және апоцентрдің радиустары $r_n = a(1 - e)$, $r_a = a(1 + e)$, сондай-ақ орбитаның фокальдық параметрі (P) қолданылады. (a) , (e) және (P) параметрлері арасында мынадай тәуелділік бар:

$$a = \frac{R + (H_n + H_a)}{2} = \frac{r_n + r_a}{2} = \frac{P}{1 - e^2} = \frac{r_n}{1 - e} = \frac{r_a}{1 + e};$$

$$e = \frac{H_a - H_n}{2a} = \frac{r_a - r_n}{2a} = \frac{r_a - r_n}{r_a + r_n} = \frac{H_a - H_n}{2R + H_a + H_n};$$

$$P = a \cdot (1 - e^2) = \frac{r_a + r_n}{2} \cdot (1 - e^2) = r_a \cdot (1 - e) = r_n(1 + e),$$

мұндағы R – Жердің радиусы; H_n және H_a Жер бетінен бастап ҒҰА-ға дейінгі ең аз және ең үлкен қашықтық.

Орбитадағы ҒҰА жағдайы орбитаның (Ω) жоғары көтерілуші торабынан бастап $(П)$ перигей нүктесіне дейінгі перицентр бойлығымен (перицентр аргументі) ω – бұрыштық қашықтықпен және перигейден бастап шынайы ауытқумен (аномалиямен) (ν) – ҒҰА бұрыштық қашықтығымен анықталады. Шынайы ауытқудың орнына перилей арқылы ҒҰА өткен сәттен бастап осы сәтке дейінгі өткен уақыт (τ) қолданылуы мүмкін. Уақыт (τ) Кеплер теңдеуімен анықталады:

$$E - e \sin E = \tau \cdot \sqrt{\frac{\mu}{a^3}},$$

мұндағы E – эксцентрлік ауытқуы, (v) нақты ауытқу теңдеуімен байланысты:

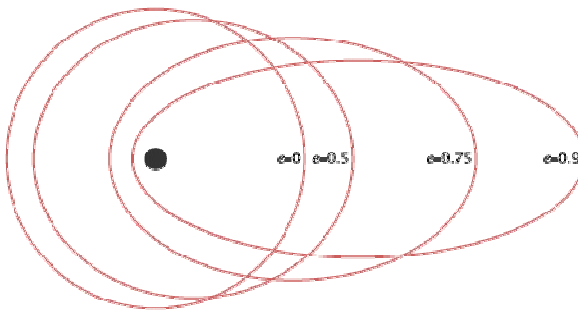
$$\sin E = \frac{\sin v}{1 + e \cos v} \cdot \sqrt{1 - e^2}.$$

Сөйтіп, кеңістіктегі ҒҰА жағдайы алты элементпен анықталады: $\alpha_0, i, a, e, \omega, v(\tau)$, олар уақыттың элементтер (эпохасы) дәуірі деп аталатын кейбір сәттеріне сәйкес келеді.

1.4. Орбитаның типтері

Негізгі белгілері бойынша орбита былай жіктеледі: орбитаның пішіні, жазықтың көлбеу бұрышының мәні, орбита бойынша ҒҰА қозғалысының бағыты, ҒҰА ұшу биіктігі.

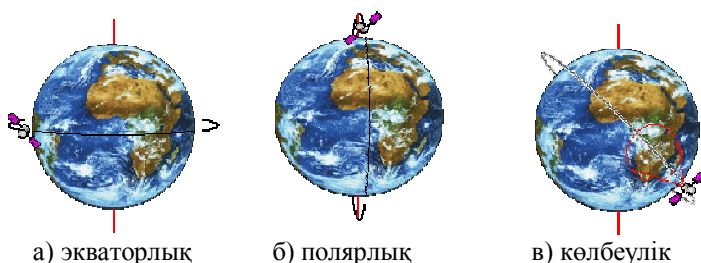
Орбита пішіні бойынша *дөңгелек*, *эллипстік*, *параболалық* және *гиперболалық* болып бөлінеді. Жалпы орбита пішіні эксцентритет мәнімен анықталады: яғни, $e=0$ болғанда орбитаның пішіні дөңгелек, $0 < e < 1$ эллипс, $e=1$ парабола, $e > 1$ гипербола болады (1.2 сурет).



1.2-сурет. Эксцентритеттің "e" түрлі мәндеріндегі орбитаның өзгеруі

Тұйықталмаған параболалық және гиперболалық орбиталар басқа ғаламшарларға ҒҰА шығару үшін қолданылады. Тұрақты ұшу биіктігін қамтамасыз ету мақсатында ЖҚЗ процестері жүзеге асырылатын ҒҰА үшін, дөңгелек орбита қолайлы болып келеді.

Көлбеу бұрышының мәні бойынша орбиталар *экваторлық*, *полярлық* (*полюстік*), *көлбеулік* болып бөлінеді (1.3,1.4-сурет).



1.3-сурет. ҒҰА орбиталарының түрлері

Экваторлық орбитаның көлбеу бұрышы $i=0^\circ$ немесе $i=180^\circ$ -қа тең болады. Көлбеу бұрыш $i=0^\circ$ болған кезде, шамамен 36 000 км биіктікте ҒҰА қозғалысының бағыты Жердің айналу бағытымен теңесіп, былай айтқанда, ҒҰА Жер бетінің үстінде қалқып кідіреді. Мұндай орбиталар *геостационарлық* деп аталады (1.5-сурет). Осы себептен мұндай орбиталарға қолданбалы мақсаттағы ЖСС шығарылады (байланыс, метео және т.б.).

1.5. Орбита бойынша ҒҰА қозғалыс жылдамдығы

Орбита бойынша ҒҰА қозғалысы аспан механикасының заңына бағынады. Осы қозғалысты сипаттау үшін, алты өлшемді координаттарды және координат жүйесінің остері бойынша жылдамдықты құрайтындарды да білу қажет. Оларды ҒҰА-ның қозғалысын сипаттайтын дифференциалдық теңдеулерді біріктіру арқылы немесе орбита элементтері құрайтын $(i, \alpha, a, e, \omega, \nu)$ теңдеулердің көмегімен алады.

Алғашқыда ҒҰА-ның қозғалысы жылдамдығын анықтау үшін қалыпты жағдайдағы қозғалыс теориясы пайдаланылады, онда: «Қалыпты жағдайдағы немесе Кеплерлік қозғалысы деп – гравитациялық тартылыстың тек бір ғана орталық күшінің әсерімен өтетін материалдық нүктенің қозғалысын айтамыз». Қалыпты жағдайдағы қозғалыс Кеплер заңдарымен

сипатталады, олар былайша тұжырымдалады.

Бірінші заң: «ЖЖС орбитасы эллипс десек, яғни эллипс фокустарының бірінде денені тартатын масса центрі орналасқан». Орбиталық эллипстің теңдеуі келесідей:

$$r = \frac{P}{1 + e \cos v} .$$

Екінші заң: «ЖЖС векторының радиусы уақыттың тең аралықтары ішінде тең аудандарды сипаттайды, яғни жер серігінің секторлық жылдамдығы тұрақты шама». Екінші заң формуласы мынадай:

$$G = \frac{ds}{dt} = \frac{1}{2} \cdot r^2 \frac{dv}{dt} .$$

Үшінші заң: «Екі жер серігі ұшу мерзімдерінің квадраттары олардың орбиталарының үлкен жарты остерінің кубы сияқты дене массасының орталықтарына салыстырмалы». Үшінші заң формуласының мынадай түрі бар:

$$\frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{a_1^3}{a_2^3} .$$

Жер төңірегіндегі ЖЖС ұшу мерзімі мынаған тең:

$$T = 2\pi \sqrt{a^3 / \mu} .$$

Ньютон заңына сәйкес, тартылу күші Жер және ҒҰА массасының туындысына тура пропорционалды және олардың арасындағы қашықтық квадратына кері пропорционал.

ҒҰА айналу орбитасында масса центрінің төңірегінде болу үшін (g) тартылу күші (a_u) ортадан тепкіштік жылдамдықпен, яғни $g = \mu / r^2$ ескере отыра, $a_u = V_0^2 / r$ ҒҰА массасын елемей $g = a_u$ теңесуі қажет, мұнда r – Жер мен ҒҰА массаларының арасындағы қашықтық, V_0 – Жер массасының орталығына қатысты ҒҰА сызықтық жылдамдығы, $V_0 = \sqrt{\mu / r}$ аламыз. r радиусының кез-келген нүктесі үшін ω бұрыштық

жылдамдығының тұрақты екендігін ескере отыра, яғни $\frac{V}{R} = \frac{V_0}{r} = \omega = const$, одан $V = \frac{R}{r} \cdot \sqrt{\frac{\mu}{r}}$ табамыз, ҒҰА сызықтық жылдамдығы дөңгелек орбитадағы жердің үстіңгі бетіне салыстырмалы.

Эллипстік орбитадағы Жер бетіне қатысты ҒҰА сызықтық жылдамдығы мына формуламен анықталады:

$$V = \frac{R}{r} \cdot \sqrt{\frac{\mu}{P} \cdot (1 + e \cos v)}.$$

осы формулаларды және 1.1-кестеде келтірілген іргелі тұрақты жерлерді пайдалана отыра, бірінші және екінші ғарыштық жылдамдық есептеледі.

Бірінші жағдайда айталық, денеге қажетті жылдамдықты бере отырып, оны Жердің жасанды серігіне теңесек, онда ол алғашқы *ғарыштық жылдамдық* деп аталады, Жер бетінде ол мынаған тең:

$$V_1 = \sqrt{\mu / r} = 7.9 \text{ км / сек.}$$

Екінші жағдайда денеге берілетін (ЖСС н/е ҒҰА) жылдамдық жер тартылысын жеңуін (енсеруі) екінші *ғарыштық жылдамдық* ($a \rightarrow \infty$) деп аталады.

$$V_{II} = \sqrt{2\mu / r} = 11.2 \text{ км/сек.}$$

1.1-кесте

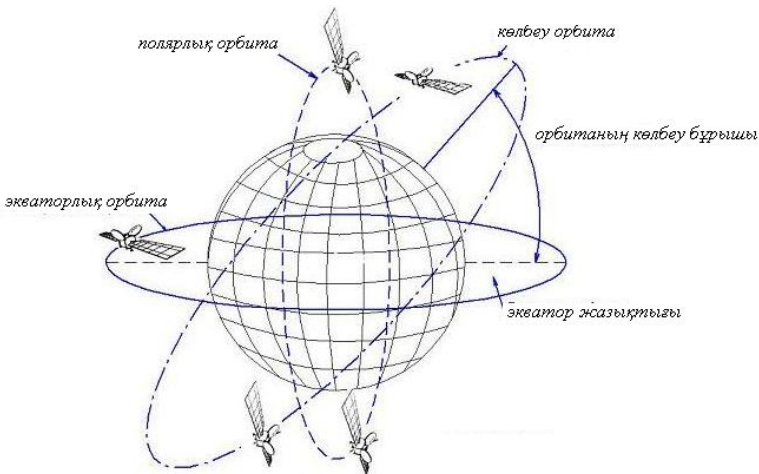
Жердің фундаментальды тұрақтылары

Гравитациялық тұрақты: γ	$6,672 \cdot 10^{-11} \text{ Н} \cdot \text{м}^2 / \text{кг}^2$
Масса: М	$5,976 \cdot 10^{24} \text{ кг}$
Геоцентрлік гравитациялық тұрақты (гравитациялық параметр): $\mu = \gamma \cdot M$	$3,987 \cdot 10^{14} \text{ м}^3 / \text{с}^2$
Орташа радиус: R	6371 км
Еркін түсу жылдамдығы: g	$9,807 \text{ м/с}^2$

Іс жүзінде ҒҰА қозғалысына Жердің гравитациялық өрісінің әртектілігі, атмосфераның кедергілері, басқа аспан денелерінің тартылысы сияқты ауытқушы факторлар және т.б. әсер етеді.

Жерді қашықтықтан зондтаудың шешетін тапсырмаларына қатысты келетін болсақ, ол оскулирлеу элементтер әдісін қарастырумен шектеледі: Уақыттың әрбір сәтінде қалыпсыз күштердің әсері болмаған жағдайда ҒҰА кепілерлік орбитада орналасып жаңа орбита құрайды. Яғни ол *нақты орбита*, ал *қалыпсыз күштердің әсерімен ҒҰА-ның орналасқан нақты орбитасы оскулир*, ал оның элементтері *оскулирлеуші деп аталады*.

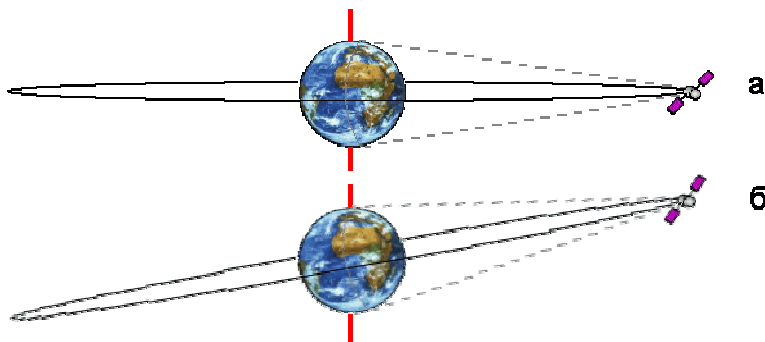
Аспан механикасындағы қалыпсыздық *ғасырлық*, *ұзақ және қысқа мерзімді* болып бөлінеді. ЖҚЗ тапсырмаларын шешу кезінде, әдеттегідей, ғасырлық қалыпсыздық және кейде мерзімдік қалыпсыздық ескеріледі.



1.4-сурет. Көлбеу бұрышының мәні бойынша орбиталардың жіктелуі

Полярлық орбитаның көлбеу бұрышы $i=90^\circ$ -қа тең. Бұл жағдайда, барлық айналымдар полюстер үстінде түйіседі және Жердің айналуы салдарынан ҒҰА ұшу траекториясының проекциясы батысқа жылжиды, яғни ЖҚЗ жағдайында Жердің

бүкіл үстіңгі бетінде түсіру мүмкіндігі болады. Осы себептен табиғи ресурстық және картографиялық ЖЖС полярлық орбитаға шығарылады.



1.5-сурет. Геостационарлы (а) и геосинхронды (б) ЖЖС

Орбиталардың көлбеу бұрышы $0^\circ < i < 90^\circ$ аралығында болғанда ҒҰА ұшу траекториясы $-i \leq \varphi \leq i$ ендігінің шегінде Жер бетіне проекцияланады. Нақты жағдайларда, Жердің гравитациялық өрісі ерекшеліктерінің ықпалы салдарынан полярлық және экваторлық, сондай-ақ дөңгелек орбиталар болмайды. Сондықтан *полярлық тәңірек*, *экваторлық тәңірек* терминдері қолданылады. Орбита көлбеулігінің берілген бұрышын қамтамасыз ету кезінде оның минимальды мәнінің ҒҰА ұшу орны географиялық ендігінің мәніне тең екендігін ескеру қажет. Осыдан *экватор тәңірегіндегі* орбитаның экваторлық ендіктен ҒҰА ұшыру кезінде ғана, ал *полярлық тәңіректегі* орбитаның Жер бетінің кез-келген нүктесінен алынатындығын көруге болады.

ҒҰА қозғалысының бағыты бойынша орбита *тура* және *кері* болып бөлінеді. Тура бағыт, орбитаға ҒҰА-ның қозғалысы батыстан шығысқа өтетін, яғни Жердің айналу бағытымен сәйкес келетін орбиталар жатады. Тура орбиталардың көлбеу бұрышы $0^\circ \leq i \leq 90^\circ$ шегінде жатады. ҒҰА тура орбитаға шығару кезінде жуық шамамен анықталатын Жердің айнылуының сызықтық жылдамдығы ескеріледі:

$$\Delta V = W_3(R + H_o) \cos \varphi_c,$$

мұндағы W_3 – Жер айналымының бұрыштық жылдамдығы; R – Жердің радиусы, H_o – ҒҰА-ны шығару биіктігі, φ_c – ұшу нүктесінің ендігі. Олардың көлбеу бұрышы $90^\circ < i < 180^\circ$ -қа тең. ҒҰА кері орбитаға ұшырған кезде Жердің айналуының сызықтық жылдамдығы шегеріледі.

Жылдамдықтың максималды өсуі тура экваторлық орбитаға шыққан кезде өтеді, ал, полярлық орбитаға шығарған кезде өсімше нөлге тең болады.

Орбита биіктіктерінің диапазонын шартты түрде төрт қосалқы диапазонға бөлуге болады. 500 км-ге дейінгі биіктікте ҒҰА, орбиталық станциялар, фотобақылаудың табиғи ресурстық жерсеріктері ұшырылады. 500 км бастап 2000 км дейінгі биіктікке табиғи ресурстық, жедел бақылау, метеорологиялық, астрономиялық ЖЖС ұшырылады. 20 000 км шамасындағы биіктікте ғаламдық жер серіктері жүйесі (навигация) орналасады. Ал 36 000 – 40 000 км биіктікте байланыс жер серіктері, кейбір метеорологиялық ЖЖС орналасады.

1.6. Қашықтықтан зондтаудағы ҒҰА ұшуының баллистикалық шарт ерекшеліктері

Жер бетіне қатысты орбитадағы ҒҰА қозғалысы орбита бағытының бұрышы және жылдамдығымен сипатталады.

Ғарыштан ЖҚЗ жоспарлау бағытын есептеу жолымен жүргізіледі. *ҒҰА бағыты* деп – айналған Жер бетіндегі оның орбитасының проекциясын айтады. Жер бетіндегі жол проекциясының жағдайы орбита элементтерімен байланысты ендік және бойлықпен, яғни мына формулалар бойынша анықталады:

$$\operatorname{tg} \varphi_i = \operatorname{tgi} \sin(W_3 t + \Delta \lambda);$$

$$\operatorname{tg} \lambda_i = \operatorname{tgu} \cos i;$$

$$\sin \varphi_i = \sin u \sin i,$$

мұндағы $u = \omega + \nu$ – солтүстік бағыттан бастап қозғалған

нүктенің (ҒҰА) радиус – векторына дейінгі орбита жазықтығындағы есептелетін ендік аргументі мен орталық бұрыш, i – орбита жазықтығындағы көлбеу бұрыш; W_3 – Жердің айналуы мен орбита прецессиясының суммарлық бұрыштық жылдамдығы; $\Delta\lambda$ – орбитаның берілген нүктесімен солтүстік бағыттан басталатын нүктенің бойлықтарының нүктесі бойлықтарының айырмашылығы; t – солтүстік бағыттан белгіленген нүктеге дейінгі ҒҰА ұшу уақыты.

Жер беті траекториясының проекциясы $90^\circ \leq i \leq 90^\circ$ шегінде болады. Осы кезде, проекция нүктелерінің бойлығы максимальды және минимальды ендіктермен тиісінше мына формулалармен анықталады:

$$\begin{aligned}\lambda_{max} &= \lambda_B + 90 - w_3 t ; \\ \lambda_{min} &= \lambda_B + 270 - w_3 t ,\end{aligned}$$

мұндағы λ_B – солтүстікке бағытталған нүктенің бойлығы; t – (T) айналым мерзімінің жартысына тең жоғары көтерілу торабынан бастап орбитаның жоғарғы және төменгі нүктелеріне дейін ҒҰА ұшу уақыты. Орбита көлбеу бұрышы азайған кезде, түсіріліммен қамтудың сфералық белдеуінің азаятындығы айқын.

ҒҰА (Ψ) бағыттық бұрышы оның қозғалыс траекториясының кез-келген нүктесінде осы нүктенің ендігіне тәуелді және мына формуламен анықталады:

$$\Psi_i = \arccos(\cos i \sec \varphi_i),$$

мұндағы φ_i – жанама бұрышты өлшеу сәтінде ҒҰА болу нүктесінің геоцентрлік ендігі. Орбитаның солтүстікке бағытталған нүктесіндегі жанама бұрыш $\Psi = 90^\circ - i$, ал оңтүстікке түсуші тораптың нүктесінде $\Psi = 90^\circ + i$. ҒҰА ең көп және ең аз ендіктері бар нүктелерде болған кезде, орбитаның кез-келген көлбеуі жағдайында бағытталған бұрыш 90° тең.

Жер беті орбитасындағы ҒҰА жылдамдығының кескіні бағыттық айырмашылық ретінде анықталады

$$\bar{V} = \bar{V}_{ОРБ} - \bar{V}_3,$$

мұндағы $\bar{V}_{ОРБ}$ – Жер бетіндегі орбиталық жылдамдық бағытының кескіні, \bar{V}_3 –батыстан шығысқа параллельдер бойымен бағытталған Жер нүктесінің тәуліктік айналуының сызықтық жылдамдығының векторы.

ЖҚЗ жоспарлау кезінде ұшу бағытының жоғарыда аталған параметрлерінен басқа ҒҰА ұшуының баллистикалық шарттарының бірқатар ерекшеліктері ескеріледі. Осы ерекшеліктер ғарыштағы ЖҚЗ мақсаттарынан, әдістері мен техникалық құралдарынан туындайтын бірқатар факторлардан пайда болады.

ЖҚЗ ҒҰА ұшуларының баллистикалық шарттарына мыналар жатады: түсіріс апаратурасымен қармау жолағы, қармау жолағын көлденең жабу, шолудың сфералық белдеуі ендігінің мәні, түсіру масштабы мен оның тербелістері, берілген түсіру қабілеті, зерттелетін аудандардың талап етілетін жарықтығы, жер серігінің белсенді пайдаланылу мерзімі, орта статистикалық метеожағдайы.

Осы факторлардың негізінде орбита параметрлеріне таңдау жүргізіледі. Орбитаның биіктігі қамту ауқымының қабілетіне, қармау жолағының шамасына, түсіру масштабына, ЖҚЗ пайдалану мерзіміне ықпал етеді. Орбитаның көлбеу бұрышы Жер бетінің түсіру ендігінің мәнімен анықталады. Жер төңірегіндегі ЖЖС ұшу мерзімін, ұшу уақыты қармау жолағының көлденең қабысу (жабылуы) және Жер бетінің жарықталу жағдайы анықтайды.

Тәулік ішіндегі Жердің қоршалған бағытының N саны:

$$N = \frac{24}{T} \text{ тең, мұндағы } T - \text{ айналу кезеңі. Жердің айналу}$$

салдарынан айналымаралық қашықтықты $n^\circ = \frac{360^\circ}{N}$ немесе

$$n^\circ = W_3 \times T \text{ ретінде анықтауға болады.}$$

Көбінесе ресурстық ЖЖС-ның жылдамдығы 11 км/с болған кезінде $T=1,5$ сағат болып, Жер төңірегінде тәулігіне 16 айналым жасайды. Айналымаралық қашықтық бұл жағдайда $22,5^\circ$ құрайды, бұл экваторда 2500 км-ге сәйкес келеді. Түсіру тәулігіне көрші айналымдардан алшақтықсыз мүмкін емес. Егер

бағыт тәулік сайын қайталанса, онда алшақтық сақталады. Осындай орбиталар *тәуліктік мерзімдік* деп аталады, олар 24 сағаттағы Т еселік кезінде болады.

Жолдың орналасуы мен түсіру камерасының қармау жолағы уақыттың берілген мерзімінде зерттелетін үстіңгі беттің жаппай түсірісін қамтамасыз етуі тиіс. Егер ҒҰА бортында ℓ қармау жиегінің ендігі бар түсіріс камерасы орнатылса, онда орбитадағы берілген жұмыс істеу мерзімі арқылы барлық айналым аралық кеңістік берілген көлденең жағы бар қармау жолағымен қабысу үшін алдыңғы айналымаралық қашықтықтар осылайша орналасуға тиіс. Осы шарттар квазисинхрондық принцип, ал осы принциптің сақталуын қамтамасыз ететін мерзімі бар орбиталар *квазисинхрондық* (квазимерзімдік) деп аталады.

Квазисинхрондық принципті қамтамасыз ету үшін мына формуламен анықталатын жолдың тәуліктік жылжуы (ΔL) өтуге тиіс:

$$\Delta L = 2\pi m - W_3 T N_m + \Delta\Omega,$$

мұндағы m – тәулік саны; N_m – m тәулік ішіндегі айналымдар саны; $\Delta\Omega$ – Жердің сфералық еместігінен туындаған орбитаның солтүстікке бағытталған ендігінің эволюциясы (прецессия). (ΔL) жолдың жылжуының бұрыштық шамасын бере отыра, (e) және (i) берілген мәндерінің кезінде, квазисинхрондық принципін қанағаттандыратын (a) үлкен жартылай осінің шамасын анықтайды, бұл жерде (ΔL) минус белгісі батыстағы жолдың және плюс белгісі шығысқа жылжуын білдіреді. $m=1$ еселік кезінде 250 км биіктікпен, $81^\circ - 82^\circ$ көлбеумен, 16-реттегі “ Ресурс-Ф “ ЖШС жүйесінің орбитасы осылайша таңдалды. Тәулік ішіндегі осындай параметрлер кезінде жол батысқа $\Delta L \approx 1,5^\circ$ жылжыды, бұл қармау жолағының көлденең жабылуын қамтамасыз етті.

ЖҚЗ үшін бағыттың жарықталуы маңызды фактор болып табылады. Ол Күнге қатысты орбита жазықтығы бағдарының өзгеріс нәтижесінде ауысады және екі фактордың ықпалымен өтеді.

Олардың біріншісі бұл – солтүстікке бағытталған

прецессиясы, ол $i < 90^\circ$ кезінде батысқа қарай және $i > 90^\circ$ кезінде керісінше өтеді.

Екінші фактор – бұл, егер Солтүстік полюстен бақыласа, сағат тіліне қарсы бағыттағы Күн төңірегінде Жердің айналуының орташа жылдамдығымен (тәулігіне) эклиптика жазықтығына перпендикуляр Жер орталығы арқылы өтетін оске қатысты терминатор жазықтығының айналу қозғалысы (ғаламшардың жарық және қараңғы жақтарының арасындағы сызық).

$i < 90^\circ$ кезінде орбитаның жазықтығы мен терминатор жазықтығы қарама-қарсы бағыттарда қозғалады, нәтижесінде бағыттың жоғары көтерілуші тармағы мезгілсіз Күн биіктігінің шекті мәндерінің аймағынан шығады.

ҒҰА жұмыс істеу мерзіміне байланысты осындай орбиталардан түсірістерді жоспарлау кезінде осы фактор орбитаның солтүстікке бағытталған қараңғы жаққа өтуі мен түсірудің мүмкін еместігін есепке алатын ұшу уақытымен ескеріледі.

$i > 90^\circ$ кезінде орбита жазықтығы мен терминатор жазықтығы бір жаққа айналады. Екі жазықтықтың айналуының тең жылдамдығы кезінде Жер бетіндегі орбитаның жоғары көтерілуші торабының проекциялық жергілікті уақыттың бір ғана мәні мен белдеу төңірегінде орналасады. Осы арқылы ҒҰА бағыты бойынша түсірілудің жарықталуы мен уақытының тұрақты жағдайына қол жеткізіледі. Осындай орбиталар *гелиосинхрондық* (күнсинхрондық) деп аталады. Ғаламшардың күндізгі жағындағы бағыттың жоғары көтерілуші тармағының тұрақты болуын қамтамасыз ететін ұшу уақытын таңдау мен ұзақ мерзімді ҒҰА түсірісі үшін пайдалану тиімділігін айтарлықтай көтеруге қол жеткізіледі. Гелиосинхрондық орбиталарды есептеу орбита биіктігі мен көлбеуін таңдау арқылы жүргізіледі.

Түсіріс масштабының тұрақтылығы дөңгелек төңірегіндегі орбиталарды ($e=0$) таңдаумен қамтамасыз етіледі, бұл ұшу биіктігінің болмашы ауытқуын қамтамасыз етеді. Ұшу уақытының әрбір сәтінде биіктікті мына формуламен есептеуге болады:

$$H = \frac{P}{1 + e \cos \nu} - R,$$

мұндағы ν – нақты ауытқу; P – орбита параметрі; R – жердің радиусы. Перигейдегі ең төменгі биіктік, апогейдегі ең жоғарғы биіктік.

Орбитадағы ҒҰА болу мерзімі орбитаға шығару сәтінен бастап атмосфераның тығыз қабатына кіргенге дейінгі уақытпен (150-160 км-ден төмен) және ол жасай алатын айналым санымен анықталады. Осы параметрлер жуықтау формулалары бойынша анықталады:

$$t_c = \frac{0,75 \times e T_o}{(\Delta T_o)_c}; \quad N = \frac{0,75 \times e T_o}{\Delta T_o},$$

мұндағы e , T_o – орбита эксцентриситеті мен ҒҰА айналымының мерзімі; ΔT_o (ΔT_o)_c – t_0 уақыты сәтінде бір айналым мен бір тәулік ішіндегі айналым мерзімінің өзгерісі.

Метеожағдайлар бойынша статистикалық мәліметтерді таңдау ҒҰА-ның жұмыс істеу уақытын тиімді пайдалану мақсатында жүргізіледі. ЖҚЗ фототүсіріс әдістері кезінде түсіру ауданында метеожағдайларды дұрыс болжаудың айрықша маңызы бар, өйткені бұл жағдайда фотобақылау жер серіктерінің оларды биік емес биіктіктерге шығаруына байланысты жұмыс істеуінің қысқа мерзімі болады (1айға дейін).

ЖҚЗ баллистикалық қамтамасыз ету ерекшеліктерін жинақтай отыра, орбиталарға негізгі талаптарды бөліп көрсетуге болады. Осы орбиталар дөңгелек, поляр төңірегі, квазимерзімдік, күнмерзімдік болуға тиіс.

Бақылау сұрақтар:

1. Жерді қашықтықтан зондтау анықтамасы.
2. ЖҚЗ дамуына әсер ететін факторлар?
3. Мониторинг дегеніміз не?
4. Табиғи ресурстар дегеніміз не?
5. ЖҚЗ адамзат өмірінің қай саласында пайдаланылады?
6. ЖҚЗ техникалық құрылғылар кешенін атаңыз?

7. Жер бетіндегі полигондар жүйесінің мақсаты
8. ҒҰА түрлері, құрлысының элементтері және жіктеу.
9. Аспан әлемінің элементтерін атаңыз?
10. Орбитадағы ҒҰА орнын қандай элементтер арқылы анықтауға болады?
11. Орбитаның қандай элементтері ҒҰА пішінін сипаттайды?
12. ҒҰА орбитадағы орналасуын қандай элементтер арқылы сипаттауға болады?
13. Пішіні бойынша ҒҰА қалай жіктеледі?
14. Көлбеу бұрыштары бойынша ҒҰА қалай жіктеледі?
15. ҒҰА қозғалыс бағыттары бойынша орбиталардың жіктелуі?
16. ҒҰА орбиталарының орналасу биіктіктері бойынша жіктелуі?
17. Кеплер заңы.
18. Бірінші және екінші ғарыштық жылдамдықтардың қолданылуы?
19. ҒҰА дегеніміз не?
20. ЖҚЗ ҒҰА баллистикалық шарттарын атаңыз?.

2. ҚАШЫҚТЫҚТАН ЗОНДТАУДЫҢ ФИЗИКАЛЫҚ НЕГІЗДЕРІ

2.1. Электромагниттік сәулелену

Қашықтықтан зондтаудың әдістері электромагниттік сәулелену қасиеттерін пайдалануға негізделген. Барлық табиғи объектілер түрлі ретпен белгілі бір спектралдық құрам мен қарқындылықты электромагниттік толқындармен көрсетеді, жұтады немесе сәулелейді. Қашықтықта қабылдау қондырғыларының көмегімен оларды тіркеу қашықтықтан зондтаудың міндеті болып табылады. Тіркелген ақпарат, кейіннен зерттелетін объектілер мен олардың қасиеттерін анықтау мақсатында өңделеді.

Толқындар немесе жарық бөлшектерінің (фотондарының) тура сызықты ағыны түрінде кеңістікте энергияның таралуын *электромагниттік сәулелену* деп атайды. Ол толқындық параметрлермен – таралу жылдамдығы, толқынның ұзындығы және ($\lambda=c/v$) жиілігі немесе жарық кванттарының немесе фотондарының ағыны сияқты корпускулярлық теория түсініктерінде сипатталуы мүмкін (жарық ағыны болған кезде:

$\varepsilon=h\nu$ фотон энергиясының шамасы және $P_{\phi} = \frac{h}{\lambda}$ фотон импульсы).

Электромагниттік сәулелену табиғатының екі жақтылығы күн жарығының мысалында жақсы көрінеді. Оның толқындық табиғатының дәлелі ретінде интерференция құбылысы қызмет етеді, жарықтың корпускулярлық табиғаты фотоэлектрондық эмиссияда пайда болады, мысалы, фотоэлементке жарық тиген кезде, онда оған түскен жарық кванттарына пропорционалды электрлік импульс пайда болады.

Электромагниттік сәулелену кеңістікте жарық жылдамдығымен таралады және бір-бірімен энергияның таралу бағытына ортогональды орналасқан электрлік және магниттік өрістерден тұратын жазықтық гармониялық толқынның моделімен сипатталуы мүмкін.

Электромагнит толқыны біртұтас электромагниттік өрістен

тұратын электрлік (E) кернеуінің бағытымен және магниттік өрістің (B) индукциясының бағытымен сипатталады. Электромагниттік толқындар тарала отырып, энергияның ауысуын жүзеге асырады.

Сәулелену энергиясы мен оның сипаттамасынан болған туынды сәулелену спектрдің барлық оптикалық диапазонында қолданылады (ультракүлгін – инфрақызыл диапазон). Энергетикалық шамалар сәулелену қасиеттерін жалпы бағалау үшін өте ыңғайлы.

Оптикалық сәулеленудің энергетикалық сипаттамалары мен олардың арасындағы байланыс формулалары 2.1-кестеде келтірілген.

Төменде энергетикалық сипаттамалардың анықтамалары берілген:

- сәулелену ағыны (сәулелену қарқындылығы) уақыт бойындағы сәулеленудің бөлінуін анықтайды;
- сәулеленудің энергетикалық күші қандай-да бір бағыттағы сәулелену ағынының бөлінуін көрсетеді;
- энергетикалық жарық бұл белгілі бір бағытта беткеймен жіберілетін сәулелену ағынының қарқындылығы;
- энергетикалық жарықтану (сәулелену қабілеті) бұл – барлық бағыттардың беткей алаңдарының бірлігінен жіберілетін ағындар мәні;
- энергетикалық жарықтылық бұл – құлайтын ағынның беттік тығыздығы.

2.1-кесте

Сәулеленудің энергетикалық сипаттамалары
арасындағы байланыстар формуласы

Негізгі сипаттамасы	Сипаттамалар арасындағы байланыс		Белгілері
Сәулелену ағыны	$\Phi = \frac{dw}{dt}$	$\Phi = \pi BA$	W-энергия
Жарықтың энергетикалық күші	$J = \frac{d\Phi}{d\omega}$ $J = \frac{\Phi}{\omega}$	$dJ_{\beta} = BdA \cos \beta$ $J_{\beta} = BA \cos \beta$	ω -дене бұрышы

Энергетикалық жарық	$B_{\beta} = \frac{dJ_{\beta}}{dA \cos \beta}$ $B_{\beta} = \frac{J_{\beta}}{A \cos \beta}$	$B = \frac{R}{\pi}$	А – сәулеленуші беттің алаңы. β – сәулеленетін беттікпен мен бағытқа нормаль арасындағы бұрыш
Энергетикалық жарықтану (сәулелену тығыздығы)	$R = \frac{d\Phi}{dA}$ $R = \Phi / A$	$R = \pi B$	А – жарықтанатын беттің алаңы. L – нысаннан беттікке дейінгі қашықтық.
Энергетикалық жарықтану	$E = \frac{d\Phi}{dA}$ $E = \frac{\Phi}{A}$	$E = \frac{J}{L^2} \cos \beta$	
Ағынның спектральдық тығыздығы	$\Phi_{\lambda} = \frac{\Delta\Phi(\lambda)}{\Delta\lambda}$	$\Phi = \int_0^{\infty} \Phi_{\lambda} d\lambda$	Δλ – сәулелену шоғырланған спектрдің ені
Салыстырмалы спектральдық тығыздық	$\Phi(\lambda) = \frac{\Phi_{\lambda}}{\Phi_{\lambda_{max}}}$		

Электромагниттік тербелістерден көрінетін диапазон үшін, жарықтық техникалық сипаттамалар пайдаланылуы мүмкін. Олардың энергетикалық сипаттамалармен және өлшемдер бірліктерімен байланысы 2.2-кестеде келтірілген.

2.2-кесте

Сәулелену өлшемдерінің энергетикалық және жарықтану бірліктері

Энергия	Шамалардың атауы	Энергетикалық		Жарық техникалық	
		Ағын	Өлшем бірлігі	Ағын	Өлшем бірлігі
1	2	3	4	5	6
СӨ	Жалпы энергия	Сәуле энергиясы	Вт·с	Жарық энергиясы	ЛМ·с

	Уақыт бірлігінің энергиясы	Сәулелену ағыны	Вт	Жарық ағыны	ЛМ
	Дене бұрышы бірлігіне уақыт бірлігіндегі энергия	Сәулелену күші	Вт/ср	Жарықтың күші	КД
	Беттік бірлігінен уақыт бірлігіне энергия	Сәулелену тығыздығы	Вт/см ²	Жарықтанушылық	ЛМ/м ²
	Беттік бірлігінен дене бұрышы бірлігіне уақыт бірлігіндегі энергия	Энергетикалық жарық	Вт /м ² ср	Жарық	КД
	Берілген қуат бірлігіне энергия	Сәулеленудің шығуы	-	Жарықтың берілуі	ЛМ/Вт
ҚҰЛАЙТЫН	Уақыт бірлігіндегі алаң бірлігіне энергия	Энергетикалық жарықтану	Вт/м ²	Жарықтану	ЛК
	Алаң бірлігіне энергия -	Энергетикалық жарықтану саны	Вт·с/м ²	Жарықтану саны	

Негізгі энергетикалық сипаттамалар есептемесі сәулеленудің келесі заңдарының негізінде жүргізіледі:

1. *Стефан-Больцман Заңы*. Абсолютті кара дененің (АҚД) оның жеке температурасымен бірге интегралдық сәулелену қабілетінің (сәулеленудің толық энергиясының) байланысын

белгілейді:

$$W = \sigma \cdot T^4,$$

мұнда $\sigma = 5,67 \times 10^{-12} \text{ Вт/см}^2 \cdot \text{К}^4$ - 1°К температура кезінде секундына АҚД бетінің 1см² бастап тұрақты, толық энергиясын көрсетеді.

2. *Планк Заңы.* АҚД (Күн) энергетикалық жарықтануының спектральдық тығыздық толқынның ұзындығы мен температураға тәуелділігін құрайды (оптикалық диапазондағы күннің сәулелену энергиясының үлестірілуі):

$$r(\lambda, T) = \frac{2\pi h c^2}{\lambda^5} \times \frac{1}{\exp[h \cdot c / (\lambda K_B T)]},$$

мұндағы: $h = 6,625 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$ – тұрақты Планк; c – вакуумдағы жарық жылдамдығы; $K_B = 1,3805 \cdot 10^{-23} \text{ Дж} / \text{К}^0$ – тұрақты Больцман;

3. *Вин Заңы.* АҚД сәуле шығару қабілетінің ең жоғарғы мәні мен оның температурасына сәйкес келетін толқын ұзындығы арасындағы байланысты құрайды. Температура көтерілген жағдайда, ең жоғарғы сәулелену толқындардың қысқа ұзындығы жағына қарай ауысады:

$$\lambda_{max} = \nu / T,$$

мұндағы ν – тұрақты Вин, 2898 мкм · К° тең.

4. *Кирхгоф Заңы.* Кез-келген дененің шығару және жұту қабілеттерінің ара-қатынасы сол температура кезінде АҚД шығару қабілетіне тең. Денелердің сәулелендіру және жұту қабілеттерінің арасындағы байланысты орнатады. (Т) температурасы кезінде $R'(T)$ энергетикалық жарықтануының оның $\alpha'(T)$ жұту қабілетіне ара-қатынасы шамалары тұрақты сол температура кезінде АҚД $R(T)$ энергетикалық жарықтануына тең болып табылады және тек температураға ғана тәуелді:

$$\frac{R'(T)}{\alpha'(T)} = \frac{R(T)}{\alpha(T)} = \text{const} = R(T).$$

5. Ламберт Заңы. Көздің энергетикалық жарығының сәулелену бағытына тәуелділігін белгілейді және былайша тұжырымдалады: «Беттіктің (J_β) сәулелену күші нормальмен қарастырылатын бағыт арасындағы (β) сәулелену бұрышының косинусына пропорционалды»

$$J_\beta = J_0 \times \cos \beta .$$

Табиғатта кездесетін электромагниттік сәулеленудің жалпы спектрінің ұзындығы феттометрлерден бастап (10^{-15} м) ондаған километрге дейінгі толқындарды қамтиды. Ол үздіксіз және бірнеше аймақтарға бөлініп диапазондар немесе жолақтар деп аталады. ЖҚЗ үшін толқындардың мынадай диапазондары қолданылады: ультракүлгін (0.27-0.40 мкм), көрінетін (0.4-0.78), жақын (айқын) инфрақызыл (0,7-3,0 мкм), жылулық инфрақызыл (3.0-5.0; 8.0-14.0 мкм), микротолқындық немесе радиотолқындық (30-3000 мм).

Табиғатта электромагниттік сәулеленудің басты көзі Күн болып табылады. Оның бетіндегі температура 6000°K жуық. Күннің энергетикалық жарықтануы $6,2 \times 10^3 \text{ Вт} / \text{см}^2$, сәулелену ағынының жалпы мәні $3,8 \times 10^{26} \text{ Вт}$ құрайды. Атмосферадан тысқары сәулеленудің таралу бағытына перпендикуляр алаңындағы энергетикалық жарықтану $E = 1350 \text{ Вт} / \text{м}^2$ құрайды. Бұл мән күн тұрақтысы деп аталады. Атмосферадан тысқары Күннің жарықтануы 135000 лк мәнін, орташа ендіктерде бетіндегі 100 000 лк жуық құрайды.

Күн сәулесін таратушы ретінде қабылдап есептеулер жүргізгенде АҚД-ны қабылдауға болады, онда сәулелену ағыны спектрлік тығыздығының функциясы $T=6000^\circ\text{K}$ температурасымен анықталады. Күн ультракүлгін диапазонынан бастап инфрақызыл диапазонға дейінгі аралықта энергияны үздіксіз шығарады. Осы кезде толқын ұзындығы максимум $\lambda=0.47 \text{ мкм}$ келеді. Күн радиациясы атмосфера арқылы Жер бетіне еніп, жартылай шағылысып, ғаламшарлар мен объектілердің бетінде жұтылады. ЖҚЗ үшін ғаламшар бетінде түсіру сәтіндегі олардың жай-күйіне тәуелді әртүрлі материалдардың шағылысу және жұтылу қасиеттерінің үлкен маңызы бар.

2.2. Электромагниттік сәулеленудің атмосферамен әрекеттесуі

2.2.1. Электромагниттік толқындардың атмосфера арқылы өтімділігі

Атмосфера заттардың қатты және сұйық бөлшектерін құрайтын газдар қоспасы болып келеді. Атмосфера арқылы электромагниттік толқындар өткен кезде, шашырау және жұтылу процестерінің нәтижесінде күн радиациясы қарқындылығының азаюы және оның диапазонының өзгерісі болады.

Толқын ұзындығы 0,27 мкм кем болғанда, озонмен жұтылып, ЖҚЗ үшін пайдалануға болмайды. Оптикалық диапазондағы 0,27-3,0 мкм сәулелену (ультракүлгін, көрінетін, инфрақызыл диапазондар) атмосфера арқылы өтеді, Жер бетінде шағылысады және ЖҚЗ үшін әуе кемесінен немесе Жер серігінен пайдаланылуы мүмкін. 3,0-5,0 және 8-14 мкм екі зонадағы жылу инфрақызыл сәулелену үшін атмосфера таза (тұнық). Жердегі қалған жылу сәулесі, су буы, озон, көмірқышқыл газы, метанмен жұтылып, ЖҚЗ үшін пайдаланылмайды. Сәулелену толқын ұзындығы ұлғайған сайын, атмосфера әсері азаяды және ол микротолқынды диапазон үшін толықтай таза тұнық болады. Бұл сантиметрлік және дециметрлік ұзындықтағы толқындармен жұмыс істейтін радиолокациялық зондтау әдісінің бірден-бір тиімді диапазоны.

2.2.2. Селективтік шашыраудың ЖҚЗ-ға әсері

Атмосферадағы электромагниттік толқындардың шашырауы толқынның ұзындығына байланысты. Шашыраудың түрі мен қарқындылығы сәулелену толқынының ұзындығымен шағылысушы бөлік мөлшері арасындағы арақатынасқа тәуелді. Осылайша, газдар молекулалары мен сәулеленуінің қысқа толқынды бөлігі (*Релейдің шашырауы*), ал аэрозольдар мен оптикалық сәулеленудің ұзын толқынды бөлігі шашырайды («*МИ шашырауы*»). Қысқа толқынды диапазондағы шашырау ұзын толқынды диапазонға қарағанда күштірек. Ол әсіресе спектрдің көк және ультракүлгін бөліктерінде өте күшті,

сондықтан аспанның түсі көк. Жарықтың атмосфералық шашырауы тікелей күн радиациясын азайтады және атмосфераның шашыраған, диффузиялық сәулеленуін арттырады.

Жер бетінің жарықтануы тікелей Күн радиациясы мен атмосфераның диффузиялық сәулеленуінің жиынтығымен анықталады. Соңғысының қараңғыланған учаскелерін жарықтандыруда маңызы бар, олар түрлі-түсті пленкаларда және табиғатта көгілдір түс болып келеді. Өнеркәсіп аудандарында аэрозольдық шашыраудың сұрғылт түтіні орын алады.

2.2.3. Күн сәулесінің шашырау қарқындылығы мен жұтылуы атмосферадағы сәуле бағытының аралығына тәуелділігі

Күн радиациясының шашырауы мен жұтылу қарқындылығы атмосферадағы сәуле бағыты аралығының артуымен өсе түседі. Осы арқылы көкжиек үстіндегі Күннің биіктігіне байланысты Жер бетінің жарықтануы анықталады. ЖҚЗ процестерін жүргізуге Күннің жоғарғы биіктігі, яғни көкжиектен 60°-80°-та болуы тиімді болып келеді. Осы кезде жарықтың бір қалыптылығы, жер бедері мен түсіріс объектілерінің көлеңкелері болмауы себеп болады. Арнайы тақырыптық түсірістердің кейбір жағдайларында жазық және шөлейтті аймақтарды, күннің төмен тұруында түсіру қолайлы. Сондықтан ЖҚЗ тиімді шарттарын таңдау ауданның нақты топографиялық жағдайларына, түсірістер мақсатына, оның әдістеріне шешілетін міндеттерге байланысты.

2.2.4. ЖҚЗ-ға аэрозольдық шашыраудың ықпалы

Егер аэрозоль бөліктерінің мөлшері толқын ұзындығынан біршама ұзын болса, онда кез-келген ұзындықтағы электромагниттік толқындар үшін белгілі бір ұзындықтағы толқындардың молекулалық шашырауына қарағанда аэрозольдық шашырау процесі жүреді. Үлгі ретінде жарықтың түгінде, тұманда, бұлттарда ыдырауы қызмет етеді. Осы себеп бойынша су

тамшысының түсі болмаса да, бұлт ақ сияқты көрінеді, өйткені ұзындықтары жиынтыққа ақ түс спектрін құрайтын толқындардың шашырауы өтеді. Тұман мен бұлт толқын ұзындығы 0.75-1.1 мкм сәулеленудің жақын инфрақызыл диапазонын күшті ыдыратады.

Молекулалық және аэрозольдық шашырау атмосфераның диффузиялық жарқырауына алып келеді, олар пайдалы ақпарат пен ЖҚЗ кезінде тіркеледі. Пайдалы сигналдарды аппаратурамен қабылдауда кедергілер пайда болады, түсірілетін жердің қарама қарсылығы (контрасы), жарығы, бейнелеуінің кеңістіктік түсіру мүмкіндігі төмендейді. Диффузиялық жарқырау жарық сүзгілерінің көмегімен сүзгілейді. Спектрдің ультракүлгін және көгілдір бөліктеріндегі толқынның ыдырауы сары және қызғылт жарық сүзгісімен азайтады, олар күлгін және көгілдір сәулелерді жұтады.

Атмосфералық кедергінің кері әсері толқын ұзындығы 0.8 мкм-ден кем және жақын ИҚ диапазоны төмен болғанда орасан зор болады.

Жоғарыда көрсетілген себептер салдарынан бұлттармен тұрақты жабылған аудандарды түсіру үшін тек микротолқынды сәулеленуге негізделген ЖҚЗ-ның белсенді әдістері ғана қолданылады. Екі сантиметрден артық толқын ұзындығының таралуына бұлт, тұман, жаңбыр әсер етпейді.

Сөйтіп, ЖҚЗ материалдарының сапасына ықпал ететін мынадай факторларды бөліп көрсетуге болады:

- атмосфераның жай-күйі;
- Күннің биіктігі және ұшу кезіндегі азимут;
- аппаратураның техникалық параметрлері (спектрлік, радиометрлік, жиіліктік, кеңістіктік қамту ауқымы).

Аппаратура параметрлерін түзету үшін су буы, шаң мен аэрозольдің шоғырлану көлемін, бөлшектер көлемін анықтайды, температуралық бейінді өлшейді, ауа-райының өзгерісі туралы мәліметтерді ескереді (жел, жауын-шашын).

2.3. Электромагнитті сәулеленудің жер бетіндегі әртүрлі заттар және ортамен әрекеттесуі

2.3.1. Әрекеттесу түрлері

Күннен немесе жасанды көзден тарайтын сәуле Жердің бетіндегі заттармен немесе ортамен әрекеттеседі. Энергияның осы түсетін ағын бөлігі заттың немесе орта бетіндегі ерекшеліктерге сәйкес бағыттталып шағылысады немесе шашырайды, бір бөлігі қоршаған ортаға түседі. Энергияның ішіне енген зат атомдары және молекулалармен әрекеттесіп олармен жұтылады (*абсорбция*). Осы жағдайлар пайда болған заттардың қызуы олардағы қайталама жылулық сәулелену ағынының шығуын – *эмиссияны* туғызады. Белгілі бір ұзындықтағы толқындар заттардың ішіне тереңдеп енуі, оның жарқырауын туғызуы *трансмиссия* деп аталады.

Шағылысу – бұл монохроматикалық толқындар бөлшектерінің өзгерісінсіз орта бетінен қайта оралуы. Олар бағытталған (айналық) шағылысу және диффузиялық (шашырау) шағылысу болып бөлінеді. Табиғатта әдетте шағылысудың екі түрі бір уақытта өтеді және ол аралас (құрама) деп аталады. Шағылысу коэффициенті шағылысқан ағын мөлшеріне түсетін ағынға ара-қатынасымен анықталады

$$\rho = \frac{\Phi_o}{\Phi_{\Pi}}$$

Әртарапты шағылысу кезінде жиынтық ағын шағылысқан энергияның айналық және диффузиялық ағындарының жиыны ретінде анықталады

$$\rho = \rho_3 + \rho_d.$$

Метеорологияда шағылысу коэффициентін “АЛЬБЕДО” деп атайды (табиғи күн сәулесімен жарықтандыру туралы).

Шашырау, бұл сәуле бағытының ағыны, оның бағытының ауытқу салдарынан құлаған сәулелену энергиясының жұтылуынсыз әлсіреуі немесе оның басқа пішінге айналуы.

Жұтылу коэффициенті (абсорбция) бұл энергияның жұтылатын ағыны мәні түсетін ағынның мәніне арақатынасы

$$\alpha = \frac{\varphi_{\alpha}}{\varphi_{\Pi}}.$$

Өткізу коэффициенті орта арқылы өткен (яғни, одан шыққан) және оның бетіне құлайтын сәуле ағындары арасындағы арақатынаспен анықталады

$$\tau = \frac{\varphi_{\Pi\Pi}}{\varphi_{\Pi}}.$$

Орта арқылы энергия ағыны өткен кезде, бағытталған, шашыраған (диффузиялық) және аралас өткізілген (трансмиссиялық) болып ажыратылады.

Эмиссия коэффициенті (қараю коэффициенті, сәулелену коэффициенті) бұл (M_{ε}) дененің энергетикалық спектрінің ($M_{\varepsilon=1}$) абсолютті қара дененің сәулеленуіне ара-қатынасы.

2.3.2. Электромагнитті сәулеленетін заттар мен ортаның әрекеттесу сипатын анықтайтын белгілер

Қашықтықтан зондтау кезінде электромагниттік сәулеленудің таңдалған диапазонының мүмкіндігін дұрыс пайдалану үшін күн радиациясы ағыны мен ол түсетін орта арасындағы әрекеттесудің түрі мен қарқындылығын, сәулелену толқынының ұзындығы мен ортадағы заттарға тәуелділігін ескеру қажет. Заттардың сәулелену спектрі мен атомдық және молекулалық құрамы диапазондарды анықтайды, оларда электромагниттік толқындар шағылысады, немесе Жер бетіндегі заттар, сондай-ақ дененің қайталама жылуды сәулелендіру қабілеті жұтылады.

Қашықтықтан зерттеуге қызығушылық тудыратын объектілердің көрінетін инфрақызыл және микротолқынды сәулелену алаңында өзінің ерекше шағылысқан, жұтылған және қайталама жылумен сәулеленген спектрі бар, олар бірқатар белгілерге тәуелді:

– альбе́до, электромагнитті сәулеленудің құлайтын ағыны қарқындылығының шағылысқанға ара-қатынасы ретінде;

– жылу өткізу коэффициенті, белгілі бір температура кезінде уақыт бірлігі үшін дененің кеңістікке бөле алатын жылу мөлшерінің өлшемі ретінде;

– жылу сыйымдылығы, белгілі бір көлемдегі осы жылуды жинақтау шарасы ретінде;

– жылу өткізу мен жылу инерциясының коэффициенті, температура өзгерісіне объекті әрекет ететін уақыт өлшемі ретінде.

Осы белгілермен қатар, объектілердің спектрлік сипаттамаларына ЖҚЗ-ның тәуелсіз параметрлері әсер етеді:

– жергілікті жердің топографиясы;

– тікелей күн сәулеленуіне қатысы бойынша беткейден шағылысатын бағдары;

– түсірістердің уақыты мен маусымы;

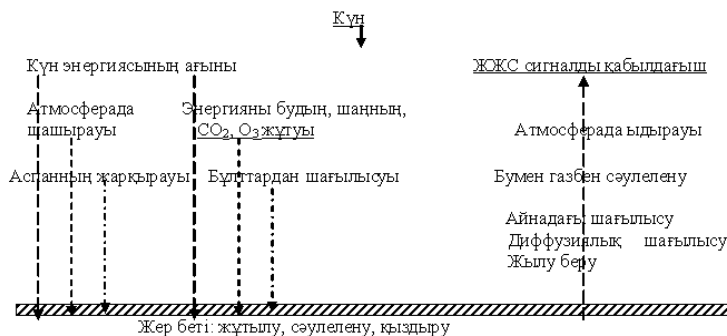
– өсімдіктер немесе олардың жоқтығы;

– топырақ-өсімдік жамылғысының тығыздығы, қуаты мен ылғалдануы;

– метеожағдай.

Жер бетіндегі және атмосфера арқылы өткен кездегі күн энергиясының шағылысуы мен жұтылуының негізгі процестерінің сұлбасы 2.1-суретте берілген.

Объектілердің спектральді сипаттамалары оларда тікелей сәулеленуді алады. Содан кейін олар ЖҚЗ айырып жазылған кезде, қорытындыланады және пайдаланылады. Объектілердің спектрлік сипаттамалары олардың ажырату белгілері болып табылады. Сондықтан тақырыптық түсірістер кезінде олардан келетін энергия ағынының тек ол зерттелетін объектіні барынша күрт оқшаулайтын диапазонда ғана тіркеу тиімді.



2. 1-сурет. Атмосфера мен Жер бетіндегі күн энергиясының шағылысу, шашырау және жұтылу процестерінің сұлбасы

Объектілердің шағылысу қабілетін бағалау үшін көбінесе жарық коэффициенті қолданылады. Жарықтың интегралдық коэффициенті (жарық коэффициенті) бұл берілген бағыттағы осы беткейдегі жарықтың тең бірлікте шағылысу коэффициентімен үстіңгі бетте мінсіз шашырайтын және беттік сияқты жарықтандырылған жарыққа арақатынасы:

$$r = \frac{B}{B_o}.$$

Сонымен қатар, (r_λ) жарықтың спектрлік коэффициенті болып бөлінеді, ол спектрдің тар зонасының монохроматикалық сәулеленуі үшін объектінің шағылысу қабілетін сипаттайды. Әртүрлі табиғи құралымдар мен жасанды объектілер жарығының коэффициенттері әртүрлі әдістермен анықталған және көптеген ғылыми жұмыстарда келтіріледі. 2.3-кестеде олардың бірінің нәтижесі келтірілген.

Жарықтандырудың осы коэффициенттерін пайдалана отыра, қоршаған фонға қатысы бойынша объектінің айқындалу деңгейімен анықталуы мүмкін. Бұл үшін жарықтың қарама-қарсылығы түсінігі қолданылады, қарама-қарсылық ретінде объекті (B_o) мен фон (B_ϕ) жарықтылығы арасындағы айырмашылықтың фон жарықтылығына арақатынасы түсініледі:

$$K = (B_o - B_\phi) / B_\phi.$$

Кестелік нысанмен қатар, әртүрлі объекті жарықтарының коэффициенттері туралы мәліметтер кесте түрінде берілуі мүмкін.

Тәжірибелік жолмен белгілі болғандай, әртүрлі геометриялық жағдайларда өлшеу кезінде жарықтану коэффициенттері өзгерісін өзгертуді қажет етпейді. Сондықтан өлшеу практикасында Күнге қатысты азимуты 90° -тең надирге стандартты бағыттау үшін өлшеу жүргізеді, бұл жағдайда айнамен шағылысудың ықпалы өте төмен.

2.3- кесте

Шашыраған күндізгі жарықтану кезіндегі объектілер
жарығының интегралдық коэффициенттері

Объект	Коэф- фициент	Объект	Коэффициент
1	2	1	2
Жасыл, шабылған жайылым	0,065	Қаратопырақты ылғалды жер	0,02
Жасыл, құрғақ жайылым	0,070	Сабан	0,15
Жасыл, құнарлы жайылым	0,064	Қызыл кірпіш	0,20
Өртелген жайылым	0,14	Ақ әк	0,40
Сары, құрғаған дала	0,10	Жаңадан әктеу	0,90
Жасыл өскіндер	0,055	Бұрынғы әктеу	0,70
Егіс	0,15	Гранитті қиыршықтас	0,17
Аңыз	0,10	Темір төбе (қызыл)	0,13
Мүкті батпақ	0,15	Ағаш төбе (дранка)	0,15
Жапырақты орман, жазда	0,05	Жаңа жауған қар	1,00
Жапырақты орман, күзде	0,15	Бұрынырақта жауған қар	0,90
Жапырақты орман, қыста	0,07	Еритін қар	0,80
Ақ құрғақ құм	0,20	Өзен мұзы	0,35
Ақ ылғалды құм	0,10	Құмды құрғақ жол	0,20
Сары құрғақ құм	0,15	Құмды ылғалды жол	0,07
Қызыл құм	0,10	Сазды-құмды құрғақ жол	0,21
Сазды-құмды құрғақ топырақ	0,15	Құрғақ тасжол	0,32
Сазды-құмды құрғақ топырақ	0,06	Ылғалды тасжол	0,11
Қаратопырақты ылғалды жер	0,03	Мұхит (Атлант)	0,035
Сабан		Теңіз	0,068

Жарық коэффициенттерін өлшеу зертханалық жер беті жағдайларында және әуе кемелерінен әртүрлі әдістермен жүргізіледі. Оларды шартты түрде *фотометрлік*, *спектрометрлік* және *фотоэлектрлік әдіс* деп бөлуге болады.

Фотометрлік әдіске зерттелетін және эталондық объектілердегі жағымсыз фотобейнелеудің оптикалық тығыздықтарының өлшемі бойынша жарықты анықтау әдісі жатады. Әдістің қателігі 7-10% құрайды.

Спектрометрлік әдістің мәні – спектограмманы спектрометрдің арнайы аспаптарымен, спектрометрлермен, телефотометрлермен, спектрографтармен алуда. Әдістің дәлдігі 10% шамасында.

Фотоэлектрлік әдіс жиірек қолданылады, спектрометрдің тез іс-әрекет ететін фотоэлектрлік спектрлік аспабы пайдаланылады. Осындай аспаптың дәлдігі 1-5% құрайды. Мәліметтер цифрлық түрде немесе кесте түрінде тапсырылады.

Бақылау сұрақтары:

1. Электромагниттік шағылудың анықтамасы.
2. Шағылудың энергетикалық сипаттамалары қандай заңдар бойынша жүргізіледі?
3. ЖҚЗ шағылу толқындарының қандай ұзындық диапазоны пайдаланылады?
4. Атмосферадағы электромагниттік толқындардың таралуы ЖҚЗ қалай әсер етеді?
5. Күннің биіктігінің ЖҚЗ-ға әсері?
6. Электромагниттік шағылудың жер бетіндегі заттектермен және жер беті ортасымен әсерінің түрлерін атаңыз?
7. Электромагниттік шағылудың жер бетіндегі заттектермен және жер беті ортасымен байланысын сипаттаушы белгілер?
8. ЖҚЗ кезінде объектілерді жарықтандыру коэффициенті қалай пайдаланылады?
9. Жарықтандыру коэффициенті қалай анықталады?
10. Жерді қашықтықтан зондтау (ЖҚЗ) мәліметтерінің негізгі параметрлерін атаңыз?
11. Кеңістік мүмкіндік-анықтамасы.

12. Геометриялық мүмкіндік-анықтамасы.
13. Келтірілген масштаб-анықтамасы.
14. Көріністің толықтығы-анықтамасы.
15. ЖҚЗ алудың қажеттігінің туындау жағдайлары
16. Қандай есептерді шешу ЖҚЗ шолулығы мен кезеңдеріне тәуелді.
17. Ғарыштық түсіріс дегеніміз не?
18. Түсірістің спектрлік диапазонына қарай ғарыштық түсірістерді жіктеу.
19. Алу технологиясына қарай ғарыштық түсірістерді жіктеу.
20. Масштаб бойынша ғарыштық түсірістерді жіктеу.
21. Кеңістік мүмкіндіктеріне қарай ғарыштық түсірістерді жіктеу.
22. Шолулықтарына байланысты ғарыштық түсірістерді жіктеу.
23. Кезеңдеріне байланысты ғарыштық түсірістерді жіктеу.

3. ҚАШЫҚТЫҚТАН ЗОНДТАУ МӘЛІМЕТТЕРІНІҢ ПАРАМЕТРЛЕРІ

3.1. Табиғи ресурстық міндеттерді шешу кезінде, қашықтықтан зондтау мәліметтерінің параметрлеріне қойылатын талаптар

ЖҚЗ-ға қойылатын талаптар қажетті техникалық құралдар мен олар шығарылатын орбитаның параметрлерін құру стратегиясын анықтайды. Бұл талаптар тұтынушылар сұраныстарына тікелей байланысты және де ЖҚЗ кешенін құрайтын техникалық құралдар және өңдеу әдістерінің қазіргі жағдайы мен келешегі, елдің экономикалық мүмкіндіктерімен сай болуы тиіс.

ЖҚЗ параметрлеріне қойылған талаптарға байланысты мынадай тапсырмалар шешіледі:

- ЖҚЗ-ны зондтау мен өңдеу әдістерін таңдау;
- Зымыран-ғарыштық техникалық құралдардың және жерде өңдейтін кешендердің типтерін анықтау;
- борттық ақпараттық жүйелердің құрамы мен параметрлерін анықтау.

ЖҚЗ-ның негізгі параметрлері мыналар:

- жер бетінің нақты объектілеріне жатқызылатын ақпаратқа кеңістіктік түсіру ауқымы;
- радиометрлік түсіру ауқымы;
- ақпарат алудың жеделдігі (зондтау сәті мен тұтынушының ақпарат алу сәтінің арасындағы уақыт аралығы);
- спектрлік диапазондарға қамту ауқымы қабілетінің масштабы бойынша ақпараттың кешенділігі;
- ЖҚЗ материалдарының шолушылығы;
- ЖҚЗ кезеңділігі.

Табиғи ресурстық және картографиялық мақсаттар үшін ЖҚЗ-ның аса маңызды параметрлері кеңістіктік және радиометрлік түсіру мүмкіндігі болып табылады.

Кеңістіктік түсіру ауқымы (R) ретінде ЖҚЗ әртүрлі жүйелерінен алынған суреттерде бейнеленген объектілер орналасқан жердегі ең төменгі сызықтық көлемдер түсініледі.

Кеңістіктік түсіру ауқымын бағалау әртүрлі әдістермен жүргізіледі. «Объектив – жарық сезгіш қабат» жүйесінің түсіру мүмкіндігі абсолютті контрастық мирасын пайдалана отыра, зертханалық әдіспен анықталады. Алайда осындай әдіспен алынған көрсеткіштер нақты жағдайда алынған шынайы бейнені сипаттай алмайды, бірақта объектің контрасты абсолюттіктен оныншы және жүзінші үлесін құрауы мүмкін. Осыған байланысты қолданбалы мақсатта табиғи жағдайда анықталған түсіру мүмкіндігі қолданылады, осы кездегі орта есеппен объектінің минимальды ажырата алынатын ені, оның ұзындығының еніне қатынасы 10-нан кем емес болуы қажет.

Басқа әдіс камераның геометриялық түсіру аумағының қабілеті және (H) түсірілетін беткейдің қондырғының биіктігі бойынша сканерлік бейнелеуді бағалау болып табылады. *Геометриялық қамту ауқымының* қабілеті бұрыштық түсіру рұқсатығы ретінде (миллирадиандағы $(1\text{рад}=0,057^\circ)$ (ω_{MG}) сезімтал элемент энергиясын қармайтын денелік қасқағым сәттік бұрыш) немесе метрдегі түсірілім биіктігіне байланысты беріледі.

1 мrad. бұрыштық рұқсатығы 1000 м ұшу биіктігінен камера сезімтал элементінің 1x1 м өлшемімен надир нүктесіне бағытталған түсірілетін беттік учаскесін (қамту аумағы элементі) қамтиды. Белгілі бұрыштық түсіріс ауқымы кезінде кеңістіктік қамту аумағын анықтайтын стандарттық формуланың мынадай түрі бар:

$$R = H \operatorname{tg} \omega_{MG}.$$

Түсірістің белгілі параметрлері кезінде: камера объективінің диаметрінде немесе ЖКЗ (D) радиолокациялық әдісі кезінде антенна ұзындығындағы, электромагниттік сәулелену толқынының (λ) ұзындығында, түсіріс биіктігінде (H) жуықтау формуласы қолданылады:

$$R \approx \frac{\lambda}{D} \cdot H.$$

Міндеттердің айтарлықтай бөлігін шешу үшін 5м дейінгі түсіру рұқсатығы мүмкіндігі талап етіледі, ал абсолютті

көпшілігі 15м дейінгі түсіруі мүмкіндігін талап етеді. ЖКЗ материалдарының түсіру ауқымының қабілеті жоғары болған сайын, оларды қолданудың экономикалық тиімділігі де соншалықты жоғары. Екінші жағынан, түсіру мүмкіндігінің қабілетін көтеруде қолданылатын қондырғының капитал сыйымдылығын арттыруды талап етеді.

Сканерлік түсірістің *нақты кеңістіктік қамту ауқымы* пиксельді белгілеу элементінің (e) өлшеміне байланысты және $R = e \cdot \sqrt{2}$ формуласымен анықталады. Осы көрсеткіш жергілікті жерге қатысы бойынша түсірістерге бейненің толықтығын сипаттайды.

Бейнелеудің өзі, оның бөлшектермен қанықтылығы әртүрлі және формула бойынша *бейнелеу көлеміндегі кеңістіктік қамту ауқымымен* оны бағалауға ыңғайлырақ:

$$R' = R \cdot \frac{1}{M}.$$

Осылайша, КАТЭ-200 камерасымен алынған ғарыштық фототүсірістер түсіру рұқсатығы 1:1 000 000 масштабы кезінде 15 м, ал "SPOT" жүйесінің сканерлік ЗБҚ-түсірістері 1:100 000 масштабы кезінде 10 құрайды. Тиісінше бейнелеу көлеміндегі қамту ауқымы 0,015 және 0,10 мм құрайды. Бұл демек, ғарыштық фототүсірістер толықтығы ЗБҚ-түсірістерге қарағанда, 6,7 есе жоғары.

Бейнелеу толықтығының басқа көрсеткіші ретінде *келтірілген көлем, яғни оңтайлы көлем* қызмет етеді, онда түсіріс материалдары мәліметтерімен жұмыс істеу қажет. Ол 5 мм^{-1} (1 мм сызыққа 5 жұп) құрайтын адам көзінің (R_r) түсіру рұқсатығына сәйкес келеді. Формула бойынша келтірілген масштаб былай есептеледі:

$$M_{\text{пр}} = 2R_r \cdot R.$$

Егер КАТЭ-200 фототүсірісінің айрықша масштабы 1: 1 000 000, мүмкіндігі $R=15\text{м}$ құраса, онда келтірілген масштаб $M_{\text{пр}} = 2 \cdot 5 \text{ мм}^{-1} \cdot 15\text{м} = 150000$.

Айрықша масштабтың келтірілгенге байланысты ара-

қатынасы ұлғайтудың тиімді коэффициенті бойынша былай анықталады:

$$V = M / M_{\text{пр}},$$

бұл жағдайда, көріністің толықтығы бейнені көз мөлшерімен байқау мүмкіндігіне сай келеді.

Бейнелеудің қанықтығын сипаттайтын тағы бір көрсеткіш түсіріс алаңы бірлігіндегі бейнелеу элементтерінің (E) саны болып табылады. Ол түсіріс алаңының бірлігіндегі бейнелеу элементтерінің саны бойынша (пиксельдер) сканерлік түсіріске арналған фотожүйенің түсіру мүмкіндігінің қабілетін ескере отыра, фототүсірістер үшін есептеледі.

Радиометрлік (жарықтық, температуралық) түсіру мүмкіндігі (ΔJ) сәулеленуді қабылдаудың динамикалық диапазонының енімен, яғни абсолютті қара жарығынан абсолютті ақ денеге ауысуына сәйкес келетін *дискретизация* деңгейінің санымен анықталады.

ЖҚЗ кезінде ($j_{\text{об}}$) жарығы, (S) алаңы бар объектінің түсіріс камерасының кеңістіктік және радиометрлік (ΔJ) қамту ауқымы жағдайының белгілі болуы кезінде суретке бейнеленуінде мына шарт орындалуы тиіс:

$$J_{\text{об}} \cdot \frac{S}{R^2} \gg \Delta J.$$

Дискретизация деңгейінің саны биттерде (бит) өлшенуі мүмкін. Осылайша, дискретизациялаудың 256 деңгейі 8 битке сәйкес келеді.

Ақпарат алудың жеделдігі ЖҚЗ-ны пайдалану тиімділігінің маңызды шарты болып табылады. Тұтынушыға ақпарат тапсыру мерзімі оларды одан әрі пайдалану мақсаттарына байланысты. Мысалы, жер қойнауын зерттеу мақсаты үшін түсіріс сәті мен оның материалдарын тұтынушыға беру уақыты арасындағы аралықтың айтарлықтай мәні жоқ. Зілзалалар кезінде метеорологиялық ахуалды болжау мақсаттары үшін ЖҚЗ пайдалану кезінде материалдар тұтынушыға қысқа мерзімде түсуі тиіс. Мәліметтерді алу жеделдігіне талаптар зондтау әдісін, ҒҰА типін, өңдеудің жердегі құралдарының құрамын

таңдауды анықтайды.

ЖҚЗ-ны пайдаланудың кең спектрі радиоарналар бойынша тіркеудің жердегі жүйелеріне ақпарат беретін ЖҚЗ жедел ғарыштық жүйесін, сондай-ақ аппараттардағы түсірілген фотоматериалдарды жерге жеткізуге есептелген фотобақылау жүйесін пайдалану қажеттігін туғызады. Өте жоғары дәлдік түсірудегі бейнелеуді беретін оптика-электрондық камералармен жабдықталған ғарыштық жүйенің пайда болуымен фотобақылау жүйесінің ғарыштық қажеттігі төмендейді. Бұған ЖҚЗ қабылдау мен өңдеу станцияларының дамыған кең торабы да ықпал етеді, олар ақпаратты әртүрлі мемлекеттердің ғарыштық түсіріс жүйелерінен қабылдай алады, бұл жедел ЖҚЗ құнын төмендетуге мүмкіндік береді.

Әртүрлі спектрлік диапазондарда, масштабта, түрлі түсіру мүмкіндігінде алынған ЖҚЗ-ны кешенді пайдалану дешифрлеу тиімділігі мен сенімділігін жоғарылатады.

ЖҚЗ-ның басым көпшілігін көп зоналық режимде жұмыс істейтін камералар арқылы электромагнитті сәулеленудің көрінетін және инфрақызыл диапазондарында алады.

ЖҚЗ материалдарының қамту мүмкіндігіне талаптар (бір түсіріс аумағын қармау алаңы бойынша) көптеген жағдайларда 100–200 ш.км кұрайды. Ғарыштағы ЖҚЗ-ның қамту мүмкіншілігінің артықшылығы өңірлік және зоналық заңдылықтарды зерттеу қажеттігі кезінде, ғаламшарлық ауқымда ғаламдық құбылыстарды зерттеу кезінде жақсы байқалады. Бұл параметр ұшу биіктігімен тікелей байланыста болып, яғни кеңістіктік мүмкіндігіне қарай, әсіресе картография мақсатындағы ЖҚЗ кезінде екінші планға көшеді.

Зондтау мерзімділігі бойынша тұтынушылар мүдделері бірнеше жылдарға ауытқиды, мысалы, картографиялау кезінде маусымдағы бір реттен үздіксіз бақылауға дейін, мысалы, зілзалалар кезінде ауытқиды. Міндеттердің ең үлкен саны жазғы маусымда жылына бір рет түсірісті орындау кезінде шешіледі.

3.2. Қашықтықтан зондтау деректерінің классификациясы

ЖҚЗ-ны ұсынудың аса таралған түрі жеке немесе шағылысқан сәулеленудің техникалық құралдарымен қашықтық тіркеуден алынған және өлшемдермен картографиялауды дешифирлеу жолымен объектілерді, құбылыстар мен үдерістерді анықтауға, сапалы және сандық зерттеуге арналған екі өлшемдік бейнелеу болып келеді.

Ғарыштық түсірістерді жіктеу параметрлер кешені бойынша жүргізіледі.

Олардың алғашқысы түсірістің спектрлік диапазоны болып табылады. Осы параметр бойынша жіктеу атмосфера тазалығы және сәулелену қабылдағыштарының сезімталдығынан туындайды. Осы белгі бойынша түсірістер үш негізгі топқа бөлінеді:

а) көрінетін және жақын инфрақызыл (жарық) диапазондағы түсірістер;

б) жылулық инфрақызыл диапазонындағы түсірістер;

в) радиодиапазондағы түсірістер.

Бейнелеуді алу технологиясы бойынша түсірістер былайша бөлінеді:

а) фотографиялық;

б) телевизиялық;

в) фототелевизиялық;

г) сканерлік;

д) сканерлік (Зарядтық байланыс кондырғысы) ЗБК;

е) радиолокациялық.

Одан әрі жіктеу түсірістердің дешифирлеу қасиеттерін анықтайтын параметрлер негізінде жүргізіледі (кеңістіктік көрсеткіштер).

Түсірістер масштабы бойынша былайша бөлінеді:

а) ұсақ масштабты (1: 10 000 000 - 1: 100 000 000), геостационарлық орбиталар мен метеорологиялық жер серіктерінен алынған;

б) орта масштабты (1:1 000 000 - 1:10 000 000), орбиталық станциялардан алынған;

в) ірі масштабты (ірі 1:1 000 000), ресурстық және

картографиялық жер серіктерінен алынған;

Кеңістіктік қамту ауқымы бойынша ғарыштық түсірістер былайша бөлінеді:

а) өте төмен қамту ауқымы $R = N \cdot 10000 м$;

б) төмен қамту ауқымы $R = N \cdot 1000 м$;

в) орташа қамту ауқымы $R = N \cdot 100 м$;

г) жоғарғы қамту ауқымы $R = N \cdot 10 м$;

д) өте жоғары қамту ауқымы $R = N \cdot 1 м$;

Қамту рұқсатығы бойынша түсірістер мыналарға бөлінеді:

а) ғаламдық, бүкіл ғаламшарды қамтиды, қармау алаңы шамамен $10 \cdot 10$ мың.км² құрайды;

б) өңірлік, құрлықтарды, қармау ендігі 500-3000 км бірнеше өңірді қамтиды;

в) жергілікті, қармау ендігі 350 км дейін.

Кеңістіктік көрсеткіштер бойынша кешендік жіктеу кезінде ғарыштық түсірістер алты негізгі топқа бөлінеді:

1) өте төмен рұқсаттағы ұсақ масштабты ғаламдық түсірістер;

2) төмен қамту ауқымындағы ұсақ масштабты ғаламдық түсірістер;

3) төмен қамту ауқымындағы орташа масштабты өңірлік түсірістер;

4) орта қамту ауқымындағы орташа масштабты өңірлік түсірістер;

5) жоғары қамту ауқымындағы орташа масштабты жергілікті түсірістер;

6) өте жоғары қамту ауқымындағы орта масштабты жергілікті түсірістер;

Түсірістердің мерзімділігі бойынша ғарыштық түсірістер үш топқа бөлінеді:

а) мерзімдік қайталанатын, қызметінің бүкіл мерзімінде осы жер серігі үшін есептелген;

б) мерзімдік, шектеулі реттелетін түсірістер, аумақты шағын қармаумен және сирек қайталаумен, алайда ЖЖС бағытынан түсірілім жолағының ауытқу мүмкіндігімен сипатталады, бұл қажет жағдайда түсірістердің өте жиі қайталануын қамтамасыз етеді;

в) реттелетін түсірістер, нақты міндеттерді шешу үшін қызметінің қысқа мерзімінде ғарыштық аппараттардан орындалады.

Бейнелеу элементтерінің көлемімен және алаң бірлігіне олардың санымен анықталатын толықтығы бойынша түсірістер төрт топқа бөлінеді:

а) шағын толықтықтағы түсірілістер, қарапайым көзбен толық қабылданатын 1мм^2 бейнелеуде ақпараттың болмашы көлемін береді. Осы жағдайда толықтықтың сандық көрсеткіштерін мыналар құрайды:

– орташа контрастағы объектілері үшін 1 мм бейнелеудегі сызықтар саны $R < 5\text{мм}^{-1}$;

– түсіріс көлемінде жергілікті жердегі қамту ауқымындағы мәні $R' < 0,1\text{ мм}$;

– 1мм^2 бейнелеу элементтерінің саны $E < 100$;

– оңтайлы ұлғайту коэффициенті $V=1$;

б) орташа толықтықтағы түсірістер ($R = 5-10\text{ мм}^{-1}$, $R' = 0,05-0,1\text{ мм}$, $E = 100-400$, $V = 2$), айтарлықтай, атап айтқанда алаң бірлігіндегі қарапайым көзбен қабылдамайтын ақпаратты алып жүреді (ЛЭНДСАТ ғарыштық жүйесінен, MSS түсіріс камерасынан алынған түсірістер);

в) үлкен толықтықтағы түсірістер ($R = 10-25\text{ мм}^{-1}$, $R' = 0,02-0,05\text{ мм}$, $E = 400-2500$, $V= 2-5$), айтарлықтай ұлғайтылған ақпаратты толық пайдалануды талап етеді (ұшырылатын ғарыштық кемелер мен орбиталық станциялардан алынған фотографиялық түсірістер);

г) өте үлкен толықтықтағы түсірістер ($R = 25-50\text{ мм}^{-1}$, $R' = 0,01-0,02\text{ мм}$, $E = 2500-10000$, $V=5-10$), өте көп ақпаратты алып жүреді және үлкен ұлғайтуды талап етеді ("Ресурс-Ф, Комета" топтамасындағы ЖЖС-дан алынған жоғарғы рұқсаттағы фототүсірістер).

Бақылау сұрақтары:

1. Электромагниттік шағылудың жер бетіндегі заттектермен және жер беті ортасымен әсерінің түрлерін атаңыз?

2. Электромагниттік шағылудың жер бетіндегі заттектермен және жер беті ортасымен байланысын сипаттаушы белгілер?

3. ЖҚЗ кезінде объектілерді жарықтандыру коэффициенті қалай пайдаланылады?
4. Жарықтандыру коэффициенті қалай анықталады?
5. Жерді қашықтықтан зондтау (ЖҚЗ) мәліметтерінің негізгі параметрлерін атаңыз?
6. Кеңістік мүмкіндік-анықтамасы.
7. Геометриялық мүмкіндік-анықтамасы.
8. Келтірілген масштаб-анықтамасы.
9. Көріністің толықтығы-анықтамасы.
10. ЖҚЗ алудың қажеттігінің туындау жағдайлары
11. Қандай есептерді шешу ЖҚЗ шолулығы мен кезеңдеріне тәуелді.
12. Ғарыштық түсіріс дегеніміз не?
13. Түсірістің спектрлік диапазонына қарай ғарыштық түсірістерді жіктеу.
14. Алу технологиясына қарай ғарыштық түсірістерді жіктеу.
15. Масштаб бойынша ғарыштық түсірістерді жіктеу.
16. Кеңістік мүмкіндіктеріне қарай ғарыштық түсірістерді жіктеу.
17. Шолулықтарына байланысты ғарыштық түсірістерді жіктеу.
18. Кезеңдеріне байланысты ғарыштық түсірістерді жіктеу.

4. ЖЕРДІ ҚАШЫҚТЫҚТАН ЗОНДАУ ӘДІСТЕРІ

4.1. Ғарыштан алынған ЖҚЗ фотографиялық әдісі

4.1.1. Әдістің жалпы принциптері

Ғарыштан алынған ЖҚЗ фотографиялық әдісі ҒҰА алғашқы ұшыруларында қолданылады.

Ғарыштық фототүсірістердің сан алуан түрлері мыналарға байланысты жіктеледі:

- камераның оптикалық осінің жағдайы (жоспарлық, келешектік, конвергенттік);
- қолданылатын фотоленкаларының типтері (ақ-қара, түрлі-түсі, спектрзоналдық);
- ғарыштық түсіріс камераларының типтері мен сипаттамалары (топографиялық, топографиялық емес, көп аймақтық, кадр пішіні бойынша, фотокамералардың фокустық арақашықтығының ұзындығы бойынша және т.б.).

Мақсаттарына байланысты фототүсірістер ЖҚЗ фотографиялық әдісінің түрін таңдауды жүргізеді.

Фототүсіріс процесс сұлбасы бойынша электромагнитті сәулелену спектрінің көрінетін диапазонында жүргізіледі:

1. түсірілетін беттік күн сәулесімен жарықтандырылған;
2. шағылысқан сәуленің атмосфера арқылы өтуі;
3. бейнелеуді оптикалық жүйелермен қалыптастыру;
4. жарықты сезетін материалды жасырын бейнелеуді белгілеу;
5. ҒҰА бортында немесе жерүсті жағдайларында жасырын бейнелеуді көрнекілеу.

Фототүсіріс процесінің тізбеленген кезеңдерінің әрқайсысы зондтаудың мақсаты мен міндетін байланысты түсірістердің әдістері мен параметрлерін таңдауға ықпал етеді.

ЖҚЗ фотографиялық әдісін қолдану саласын кеңейту, ең алдымен, қамту қабілетін арттыру арқылы қол жеткізілген фотобейнелеуден алынған ақпараттылықты көтеруге, шолу аймағын кеңейтуге, берілген спектрлік таңдамалық әдіспен алуға, түсірістердің жоғары фотографиялық, фотометрлік және

фотограмметрлік параметрлеріне тәуелді. Ақпараттылықты көтерудің тізбеленген әдістері бір уақытта шешілмейді, өйткені бір параметрді жақсарту әдістері басқасын нашарлатуға алып келеді. Мысалы, түсіріс биіктігін төмендету арқылы камту ауқымын көтеру шолу аймағын азайтуға алып келеді, фокустық қашықтықты ұлғайту есебінен көлемді ірілендіру арқылы бір кадрмен қармау алаңын қысқартуға және түсіріс аппараттарының габариттері мен салмағының артуына алып келеді, бұл өз кезегінде зымыран-тасығышқа, жер серігінің қызметтік жүйесіне, отын қорына талаптарды қатаңдандыруға алып келеді.

Ғарыштық фототүсірістер арқылы шешілетін міндеттердің айтарлықтай саны, олардың қарама-қайшылықты сипаты фотоаппараттардың әртүрлі түрлерін жасау мен пайдалануға алып келді.

4.1.2. Көп аймақтық фототүсірістер принциптері

Берілген спектрлік аймақтағы фотобейнелеуді алуға тұтынушылардың ұмтылысы көп аймақтық аппараттарды жасауға алып келді.

Түсірілістің спектрлік қашықтығы негізінен жарық сүзгісімен және фотопенкалардың спектрлік сезімталдығымен анықталады, кейде арнайы объектив қолданылады. Әрбір спектрлік аймақ үшін көп жағдайларда бір камера арналады. Түсіріс бір фотоаппараттан бірнеше камералармен синхронды жүргізіледі. Бұл кейіннен аймақтық фотобейнелер синтезі арқылы шартты-түрлі-түсті бейнелеуді алуға мүмкіндік береді.

Көп зоналық фотометрлік фотографиялау принципі объектілердің сәулеленудің эталондық көздерін бір уақытта фотографиялауды жүргізуі абсолюттік немесе салыстырмалы бірліктерде объектілердің спектрлік жарығының шынайы мәнін алуға мүмкіндік береді. Үлгі (эталон) ретінде фотометрлік (оптикалық) сына пайдаланылады, оны бейнелеуде сүзгі арқылы әрбір кадр алаңында басылады.

Әрбір алаңда сынаның қараюы энергетикалық бірліктерде көрсетілген экспозицияның белгілі бір мәніне сәйкес келеді.

Энергетикалық жарықтың салыстырмалы бірлігі спектрлік жарық коэффициенті болып табылады (объекті жарығының тиісті спектрлік құрамындағы сәулеленуді ең тиімді көрсететін беттік жарығына ара-қатынасы).

Көп зоналық фотографиялау кезінде жекелеген камералардың 3-6 оңтайлы санын құрайды. Жекелеген камералар санын ұлғайтуда (түсіріс спектрларының аймағы) бейнелеулердің біразы өңдеудің еңбек сыйымдылығын арттыруға алып келеді.

Көп зоналық фотожүйелерді қалыптастыру және олардың түсірілім материалдарын пайдалану стратегиясы зерттеулер мен нақты физикалық-географиялық шарттар үшін ақпараттар беретін бір профильді арнаның таңдалатындығынан құралады. Басқа арналар жетіспейтін ақпаратты алу және дешифрлеу сенімділігін көтеру үшін қызмет етеді. Фотографиялаудың спектрлік диапазонын таңдау кезінде айқындаушы сәттер болып табылатындар: объектінің, атмосфера айналасы мен спектрлік өткізуінің спектрлік шағылысу сипаттамасы.

Көп аймақтық түсіріс материалдарын айырып жазу тиімділігі зоналық түсірістер синтезін қолдану және олар бойынша шартты түстерде жергілікті жер бейнелерін қалыптастыру кезінде арта түседі. Осы процесс әртүрлі түрлі-түсті сүзгілер үшін түсірістердің оптикалық немесе оптика-электрондық үйлесуі жолымен жүзеге асырылады. Шартты түрлі-түсті бейнелеулер саны арналар және қолданылатын сүзгілер санымен анықталады. Позитивті, сондай-ақ негативті бейнелеуді синтездеуге, әрбір арнаның дәлдігін орнықтыруға, түстерді алу мен шығаруды қолдануға болады. Көп зоналық түсіріс объектілерінен келетін жарық қабылдағышқа барлық электромагниттік толқындардан жеткізілетін энергияны шығарады немесе әлсіретеді. Сондықтан жеке алынған немесе синтезделген зоналық бейнелеулер ақ-қара немесе түрлі-түсті түсірістер бойынша дешифрлеу кезінде жоғарғы тиімділіктер береді.

Мысалы, жақын ИҚ-диапазонындағы түсіріс кезінде (0,7-0,9 мкм) негізінен тек жер беті белгіленеді, өсімдік жамылғысын, орманды қоса алғандағы бейне қатты әлсіз болып келеді. Су айдындарының жағалаулық сызықтары айқын көрінеді. 0,45-0,6 мкм диапазонында түсіріс кезінде сумен жасырынған бейнелерді белгілеу (фиксация) жүргізіледі.

4.1.3. Ғарыштық фототүсірістер ерекшеліктері

Ғарыштық фототүсіріске бірқатар ерекшеліктер тән, оларға мыналар жатады: ұшудың жоғарғы биіктігі мен жылдамдығы; орбита жазықтығына қатысты Жердің айналуы; атмосфераның бүкіл қабаты арқылы түсірістер жүргізу; жарықтану шарттарының жылдам өзгерісі; фотоаппаратураның бүкіл жиыны жұмысын автоматтандыру қажеттігі.

Түсірістің жоғарғы биіктігі түсіріс масштабын азайтуға алып келеді, бұл өз кезегінде қармау алаңын ұлғайтудың жағымды факторымен қатар, түсірістің басты параметрлерінің бірін, кеңістіктік қамту ауқымын нашарлатуға алып келеді. Сондықтан ғарыштық фотожүйелер үшін камералар жиынында ұзын фокусты объективтің болуы тән (3000 мм дейін).

Атмосфераның бүкіл қабаты арқылы түсірістерді жүргізу объектілердің контрастын айтарлықтай нашарлатады, сондықтан фотокамералар объективтерін жасау сапасына, рұқсат деңгейіне, дисторсия мәнін төмендету деңгейі бойынша жоғары талаптар қойылады. Сонымен қатар, бейнелеу қарама-қарсылығын ұлғайтуға спектрдің жақын инфрақызыл зонасындағы түсірістерге спектрлік-зоналық түсірістерді қолданумен жетуге болады.

Тасығыштың жоғарғы жылдамдығын бейнелеуінің жылжуын туғызады, бұл түсіріс сапасын айтарлықтай нашарлатады. Тиісінше, ғарыштық фотокамералар бейнелердің жылжуын өтеу механизмімен жабдықталуға тиіс. Сонымен қатар, бейнелеуінің бұрыштық ауысуын ескеру қажет, Жердің айналу салдарынан бұл өз кезегінде фотокамера конструкциясын күрделендіреді.

ҒҰА ұшу бағыты бойынша жарықтандырудың жылдам өзгеруі түсіру жүйесінің құрамында экспозицияны реттейтін автоматының болуын қажет етеді.

ЖҚЗ-ның басқа түрлермен салыстыру бойынша, ғарыштық фототүсіріс ірі пішіндегі кадрда жүргізіледі. Ең кең таралған пішін 30 × 30 см. Сондықтан пленканы орау мен тегістеу механизміне жоғарғы талаптар қойылады.

Фототүсіріс көптеген жағдайларда ұшқышсыз ҒҰА-да жүргізілетіндіктен, жерден команда беру немесе берілген программа бойынша автоматтық режимдегі аппаратура

жұмысын қамтамасыз ету үшін қажет. Түсіріс программасын құру кезінде фотокамералар таспаларын қайта ауыстыру мүмкіндігінің жоқтығына байланысты фотопенкалардың шектеулі қорын ескеру қажет (400-600 м).

Ғарыштық түсіріс үшін фотоүлдірді таңдау кезінде, сондай-ақ оның сенситометрлік параметрлеріне радиацияның ықпалын ескеру қажет. Пленканы таңдау түсірілетін ландшафтардың шағылысу қабілеттері туралы атмосфераның тазалығын, жоспарланған түсіріс кезіндегі метеожағдай туралы статистикалық мәліметтерді таңдау негізінде жүргізіледі. Сенситометрлік және резольвометрлік сынақ жүргізіледі. Пленкалардың тұрақтылық сипаттамасы және радиациялық ықпалдарға тұрақтылығы қамтамасыз етіледі. Фотохимиялық өндеудің дұрыс режимін таңдау үшін әрбір фильмнің басы мен аяғында бақылау сенситограммасы басылады. Сонымен қатар, ҒҰА бортында фотопенканың бақылау үлгілері орналасады, олар түсіріс аяқталысымен, үлдірлер сипаттамасының өзгерісі деңгейін анықтау үшін және қажет жағдайда, өндеу режиміне түзетулер енгізу қажеттігі кезінде өңделеді. Фильмдерді және аэрофильмдерді өндеу үшін қолданылатын арнайы аспаптар мен машиналарда автоматты немесе жартылай автоматты жүргізіледі. Өнімдердің басқа түрлерін даярлаудың қандай-да бір ерекшелігі жоқ. Даярланған өнімнің ерекшелігін ескеретін әртүрлі жобалық және қарым-қатынас аспаптары пайдаланылады. Осы тектес ресейлік аспаптардың техникалық сипаттамалары 5.4.3 тарауда келтірілген.

Фототүсістердің жоғары фотограмметрлік сапасы түсірілім аппаратурасы орнатылған платформаның тұрақтандыру және бағдарлау жүйесімен қамтамасыз етіледі. Сөйтіп, түсіріс аппаратурасының белгілеу осі бағытының тұрақтылығы мен дәлдігіне қол жеткізіледі.

Сондай-ақ түсіріс жүйесі салмағының, габариттері мен құнының ең аз болу тиістілігі де айқын.

Жоғарыда мазмұндалған ерекшеліктерді ескере отыра, фотобақылау жер серіктері шығарылатын орбита параметрлеріне таңдау жүргізіледі.

Ғарыштан алынған ЖҚЗ фотографиялық әдісінің негізгі

артықшылықтары мыналар:

- 1) түсірістердің жоғары кеңістіктік қамту ауқымы;
- 2) жоғары геометриялық және фотометрлік дәлдік;
- 3) түсірістерді даярлаудың қарапайымдылығы мен арзандылығы;
- 4) стереобейнелерді құру мүмкіндігі;
- 5) орталық проекцияны бейнелеу құрылысы, жақсы зерттелген және сыналған өңдеу мен түсіндіру әдістері.

Барлық осы факторлар ғарыштық фототүсірістерді Жердің табиғи ресурстарын зерттеу кезінде оларды кеңінен қолданумен қатар, картографиялық тапсырмаларды шешу кезінде негізгі етті. Әлемде ЖҚЗ-ның осы саласында ғарыштан Ресей алады. Түсіру рұқсатығы 5 м-ге дейін “Ресурс-Ф” сериясындағы ЖШС ғарыштық фототүсірістері кеңінен таралды. ҰО соғысы аяқталысымен, түсіріс рұқсатығы 2 м дейін «Комета» сериясындағы әскери ЖШС фототүсірістері қолжетімді болды.

ЖҚЗ фотографиялық әдісінің кемшіліктеріне мыналарды жатқызуға болады:

- 1) мәліметтерді жедел ала алмау;
- 2) орбитаның төмен биіктігі мен борттағы үлдірдің шектеулі қоры салдарынан жер серігі жұмысының қысқа мерзімі (1 айға дейін);
- 3) ақпаратты баламалық түрде беру.

Ғарыштан жоғары және өте жоғары түсіру ауқымында (1 метрге дейін) ЖҚЗ оптика-электрондық жүйесін жасау және ұшыру, осы кезде картография мақсаттары үшін, сканерлік түсірістердің пайдаланылуын шектейтін проблемаларды шешуде ЖҚЗ *фотографиялық әдістері* өзектілігінің төмендеуі айқын.

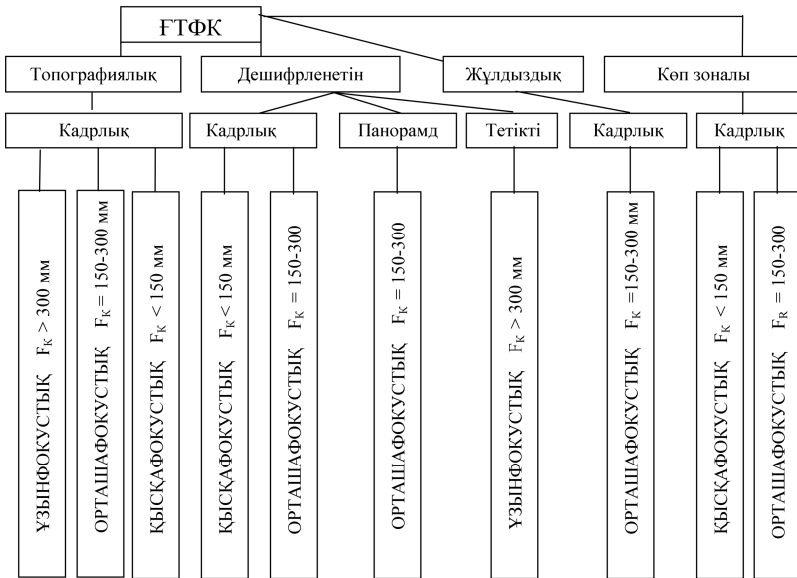
4.1.4. Ғарыштық түсіріс фотокамераларын жіктеу

Ғарыштық түсіріс фотокамераларын жіктеу (ҒТФК) олардың мақсатымен, түсірістер жүргізу әдісімен, геометриялық параметрлермен анықталады (4.1–сурет).

ҒТФК сапалық көрсеткіші мыналарды анықтайды:

- 1) түсірістің өлшемдік және дешифирлеу қасиеттері;

2) сындарлы және пайдалану мәліметтері оның массасын, габаритін, энергия тұтынуын, ҒҰА бортында орналасу мүмкіндігін анықтайды.



4.1-сурет. Ғарыштық фотокамералар жіктемесі

ҒТФК түсірістер материалдарының мақсаты бойынша төрт топқа бөлінеді:

- 1) топографиялық;
- 2) дешифирлеу;
- 3) жұлдыздық;
- 4) көп зоналық.

Топографиялық ҒТФК топографиялық карталарды жасауға пландық фототүсірістерді алуға арналған. Түсірістердің өлшемдік қасиеті бейнелеу масштабында ± 10 мкм аспайтын орташа квадраттық қатемен нүкте координаттарын анықтауға мүмкіндік береді. Жазықтықтағы пленканы тегістеу қатесі $\pm 0,01$ мм жуық болуға тиіс, координаттық белгілердің болуы қажет, объектив затворы геометриялық бұрмалауларды шығаруға тиіс емес.

Дешифрилеу камералары тақырыптық карталарды, фотопландарды, фотосұлбаларды жасауға жарамды түсірістерді алуға арналған. Осы камералардың, әдеттегідей, 300 мм астам фокустық қашықтығы және кадрлық өлшемі үлкен болып келеді. Дисторсия мәніне және пленканы тегістеуге қатаң талаптар қойылмайды. Дешифрилеу мақсаты үшін аппараттардың кадрлық және панорамалық типтері қолданылады. Фокустық арақашықтық мәні 30 бастап 3000 мм дейін.

Жұлдыздық камералар жұлдызды аспан түсірістерін алуға арналған, олар бойынша ҒҰА координаттары мен фотокамера жұмысы сәтіндегі тасығыш бағытын анықтайды. Кадр пішіні мен фокустық арақашықтығын, қажетті дәлдік қамтамасыз ететін бір кадрдағы жұлдыз бейнесінің санына қатысты таңдайды.

Көп зоналық камералар бірнеше спектрлік зонадағы бір уақыттағы түсірістерге арналған. Түсірістер әртүрлі зоналық сүзгілер мен бір пленкаға бірнеше объективтері бар бір камерамен немесе зоналық жарық сүзгілерін қолдана отырып, пленкаларды әртүрлі типтеріне бірнеше камералармен орындалуы мүмкін. Осы камералардың фокустық арақашықтығы 100-200 мм.

Экспонирлеу кезінде бейнені сақтап қалуды «выдержканы» қолдану қажеттігіне байланысты көптеген аппараттар бейнелеудің жылжуын (компенсациялау) өтеу механизмімен жабдықталады.

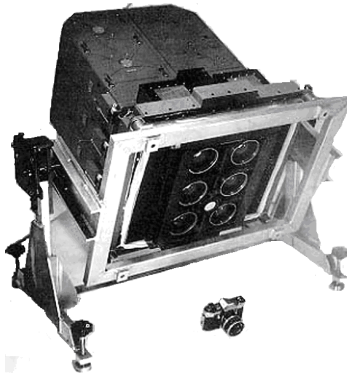
Сонымен қатар, камералардың барлық түрлері үшін басты фактор болып бейнелеудің ең жоғары түсіру ауқымын алу қажеттігі болып табылады.

Төменде бірнеше ғарыштық фотокамералардың техникалық сипаттамалары келтіріліп отыр.

КАТЭ-140, 500 фотоаппараттары; топографиялық кластағы «Салют», «Мир» үлгісіндегі орбиталық станция орнатылады. Объективі орталық затвордан экспозицияны орнату қондырғысынан, қысу қондырғысы бар ауысымдық таспадан, вакуумпомпадан, команда беру аспабынан тұрады, оның фокустық арақашықтығы 140 мм, кадр пішіні 18 x 18 см. Кадрге координаттық белгілер, кадрлар есептегіші, сағат басылады. КАТЭ-140, 500 мм орындалған түсірілім материалдары табиғи ресурстарды шолулық зерттеу, ұсақ масштабтағы картографиялау және басқалар үшін қолданылады. Бейнелеудің түсіріс

ауқымының қабілеті 35-50 м кұрайды.

МКФ-6 көп зоналық ғарыштық фотоапаратын КСРО мен ГДР мамандары әзірлеген, “Карл Цейсс Йена” фирмасы жасап шығарған. Аппаратта фокустық арақашықтығы 125 мм объективтермен жабдықталған корпустағы біріктірілген алты фотокамерасы бар. Әрбір камера кадрының пішіні 81x56 мм.



4.2-сурет. МКФ-6 көп зоналық ғарыштық фотоапараты

Әрбір камераның жеке касетасы бар. Объективтердің алдында алты жеткілікті тар диапазонда фотографиялауды қамтамасыз ететін 475 бастап 850 нм дейін спектрлік қашықтықты қамтитын арнайы зоналық жарық сүзгілері орнатылған:

- 1-арна 460-500 нм;
- 2-арна 520-560 нм;
- 3-арна 480-620 нм;
- 4-арна 640-680 нм;
- 5-арна 700-740 нм;
- 6-арна 780-860 нм;

МКФ – 6 жиынының құрамына мыналар кіреді:

- камера;
- касета (алты дана);
- жақтау;
- басқару пульті;
- электрондық блок.

Жиынның жалпы салмағы 245 кг, тораптағы электр қуаты 27 в.

Шолу жолағын кеңейту үшін МКФ-6 ҒҰА бортына кадрдың ұзын жағы ұшу бағытына перпендикуляр болатындай ретпен орнатылған. Аппаратта берілген бұрыштық жылдамдықтағы орбита жазықтығы аппаратын бұру әдісімен бейнелеудің жылжуын өтеу қондырғысы бар. Осы жүйенің болуы экспозицияны арттыруға мүмкіндік береді. Әрбір арнадағы қамту ауқымының қабілеті әртүрлі және 28-80 м құрайды. Зоналық түсірістер материалдары арнайы оптика-механикалық аспаптардың көмегімен синтезделген түрлі-түсті бейнелерді алуға мүмкіндік береді. Олардың негізінде табиғаттану мен картографиялық міндеттердің басым бөлігі шешіледі. Аппарат әуе кемелерінде, сондай-ақ әртүрлі типтегі ғарыштық ұшу аппараттарында орнатылады.

«Ресурс-Ф» сериясындағы заманауи Ресейлік сериялық табиғаттанушылық пен картографиялық жер серігі 5.4.2 тарауда берілген.

ЖКЗ мақсаттары үшін фототүсіріс аппаратурасы бастапқы кезеңде АҚШ-та да пайдаланылды.

Жерді зерттеу мақсаттары үшін алғашқы көп зоналық фототүсіріс орбитаға 1969 ж. 03.03 мамырда шығарылған “Апполон-9” ұшырылатын ғарыштық кемесінде жүргізілді. Түсіріс үшін сүзгі-үлдірдің әртүрлі үйлесіміндегі “Hasselblad 500 EL” төрт камерасынан тұратын блок пайдаланылды. Объективтердің фокустық қашықтығы 2.8 саңылауға қатысты 80 мм.

“СКАЙЛЭБ” (1973-1974 жж.) ғарыштық кемесінде “S-190 А” көп аймақтық камера-жүйесі орнатылды. Олар әртүрлі спектрлерде алты синхрондық түсіріс жасады. Кадр пішіні 5,58×5,58 см, бейнелеу масштабы 1: 2 850 000. Бейнелеудің түсіріу ауқымы зоналарға байланысты 30 бастап 79 м дейін құрайды. Объективтердің фокустық арақашықтығы – 15,2 см, жарық күші 2,8-1,6 құрайды.

Түсірілімдер жапсарлас бейнелеудің жылжуын өтеу арқылы 45,7 см фокустық арақашықтықтан объективпен "ETC" (S-190 B) камерасымен жүргізілді, кадр пішіні 11,43×11,43 см, бейнелеу масштабы 1: 950 000. Ұшу биіктігі 435 км, кеңістіктік түсіру мүмкіндігі пленка комбинациясына байланысты 17 бастап 30 метрге дейін құрады.

Жиі пайдаланылатын «КОЛУМБИЯ» ғарыштық кемесінде ГФР-де жасап шығарылған, фокустық арақашықтығы 305 мм, кадр пішіні 23x23 см. RMK-30/23 “Zeiss” фирмасы аэрофотоапаратының үлгісін көрсететін “Metric-Camera” (метрлік камера) фотокамерасы пайдаланылды. Ұшу биіктігі 250 км кезіндегі түсіру мүмкіндігі 21 м құрады. Одан әрі камера 600 мм фокустық қашықтықтағы және бейнелеудің жылжуын өтеу механизмімен жетілдірілген нұсқада ірі масштабтағы (1 : 50 000) топографиялық және тақырыптық карталарды жасау мүмкіндігін зерттеу мақсатында “СПЕЙС-ШАТТЛ” көп пайдаланылатын ғарыш кемесінің ұшуы кезіндегі түсіріс үшін пайдаланылды.

Ғарыштан ЖҚЗ-ның фотографиялық әдісі АҚШ пен Батыстың басқа елдерінде дамыған жоқ. Басымдық фототүсірістердің алдында айқын артықшылығына байланысты ЖҚЗ оптикалық-электрондық жүйесін жасауға берілді.

4.2. ЖҚЗ-ның оптикалық-электрондық әдісі

4.2.1. Әдістің жалпы принциптері

ЖҚЗ оптикалық-электрондық әдісінің маңыздылығы сәулелену энергиясын қамтуда және оптикалық жүйе мен түсірілетін беттіктің бейнесін құруда және оны электромагниттік ауытқулардың ультракүлгін, көрінетін, жақын инфрақызыл (ИК), жылу инфрақұрылым спектрлеріне сезімтал сәулеленудің электрондық қабылдағыштары арқылы тіркеуде.

Зондтау оптикалық сигналды қабылдауға, оны электр сигналына айналдыруға және сигналда кездесетін сәулелену көздері туралы ақпаратты өңдеуге арналған оптикалық, электрондық, механикалық және басқа да элементтер мен тораптардың жиынтығы түсінілетін *арнайы оптикалық-электрондық жүйемен (камерамен, аспаптармен)* жүргізіледі.

Өте көп жағдайларда, оптикалық-электрондық зондтау пассивті әдіске жатады және түсіріс объектісінде сәулеленетін немесе шағылыстыратын сигналды қабылдап, тіркейді.

Оптикалық-электрондық зондтаудың белсенді әдістеріне

оптика электрондық жүйелермен (ОЭЖ) жүргізілетін түсірістерге жатады, оларда зондтайтын сигналдың сапасы ретінде лазерлік сәуле (оптикалық локаатор – лидар) қолданылады.

ЖҚЗ оптика-электрондық әдісінің бірқатар артықшылықтары бар, олар шешілетін табиғи ресурстық міндеттер санын күрт кеңейтуді қамтамасыз етті және ЖӨЗ-ның осы әдісіне басты жағдайға орналасуына мүмкіндік берді. Оларға мыналар жатады:

1. Ультракүлгіннен бастап жылулық ИҚ дейінгі түсірістер спектрін кеңейту;

2. Нақты уақыт режимінде зондтау нәтижелерін оларды радиоарналар бойынша жердегі қабылдау станцияларына беру арқылы алу;

3. Цифрлық нысанда ақпаратты, жазбаларды беру және қабылдау станцияларының жету шегінен тыс орналасқан аумақтарда түсіріс кезінде оны магниттік-оптикалық құралдарда жинақтау, артынша оларды радиоарналар бойынша беру мүмкіндігі;

4. Цифрлық нысанда алынған қашықтықтан зондтау (ЖҚЗ) мәліметтерін өңдеу мен тапсырудың компьютерлік технологиясын пайдалану мүмкіндігі;

5. Әртүрлі айналымдағы бір учаскені қайта бақылау мүмкіндігі;

6. ЖЖС қызметінің ұзақ мерзімі.

ЖҚЗ пассивті әдістеріне тән негізгі кемшілік ауа-райы жағдайларына тәуелділік болып табылады. Сәулелену қабылдағыштарын салқындатуды қамтамасыз ету, механикалық қорғалу, түсіру ауқымының қабілетін арттыру, стереобейнелеуді алу бойынша техникалық проблемаларға байланысты кемшіліктер ЖҚЗ ОЭЖ дамуының қазіргі кезеңінде табысты шешілуде, бұл оларды зондтаудың басқа құралдарының арасында келешегіне жол ашады.

*4.2.2. Табиғи ресурстық мақсаттар үшін қолданылатын
Оптикалық-электрондық жүйелер классификациясы*

ОЭЖ жүктеу бірқатар белгілер бойынша жүргізіледі. Осындай белгілердің бірі спектрдің жұмыс диапазоны болып табылады. Осы белгісі бойынша ОЭЖ ультракүлгін, көрінетін және инфрақызыл диапазонда жұмыс істейтін болып бөлінеді.

ОЭЖ функционалдық мақсаты бойынша зерттелетін объектілердің жарық құрылымы туралы ақпаратты жинауға, өңдеу мен шығаруға арналған ақпараттық; сәулеленетін объектілердің жекелеген параметрлері мен сипаттамаларын өлшеуге арналған өлшегіш; сәулеленудің қандай-да бір параметрлерін автоматты бақылауға арналған қадағалаушы болып бөлінеді.

ЖҚЗ қолданылу саласында ОЭЖ метеорологиялық, океанографиялық, картографиялық және т.б. болып жіктеледі.

ОЭЖ жіктелетін және әдетте аспап атауында кездесетін негізгі белгі, бұл олардың жұмысының физикалық принципі, яғни табиғи объектілердің оптикалық сәулеленуінің өлшенетін немесе бақыланатын параметрлері мен сипаттамалары бойынша жіктеу. Осы белгісі бойынша ОЭЖ үш топқа жіктеледі:

а) радиометрлер, объектілер жасайтын немесе шағылысатын сәулелену санының берілген дәлдігімен өлшеу үшін қызмет етеді;

б) спектрорадиометрлер, оптикалық спектр бойынша (толқын ұзындығы, жиілігі бойынша) сәулеленудің таралуын өлшейтін, яғни спектрде зерттелетін оптикалық сәулеленудің шашырауын, осы спектрді жекелеген монохроматикалық құрайтындарға тиесілі сәулеленудің сапалық бағалануын жүзеге асыратын аспаптар;

в) тепловизиялық және телевизиялық ОЭЖ, температуралық және жарықтық алаңдарды мөлшерлеуге арналған.

Сонымен қатар ОЭЖ қолданылатын сәулелену қабылдағыштарының түрі бойынша жіктеуге болады.

4.2.3. Сәулелену қабылдағыштар: параметрлері мен сипаттамалары

Сәулелену қабылдағыш – бұл электромагниттік сәулелену энергиясын электр сигналы етіп құруға арналған қондырғы. Сәулелену қабылдағыштары сезімталдықтың спектрлік диапазонының іс-әрекет принципі, оң сындарлы белгілері бойынша жіктелуі мүмкін.

Іс-әрекет принципі бойынша жылулық және фотондық сәулелену қабылдағыштары болып бөлінеді. Жылулық қабылдағыштардың іс-әрекеті сезімтал қабат температурасының өзгерісі кезінде сәулеленудің осы қабатына түсетін әсері мен олардың қасиеттерінің өзгерісіне негізделген. Фотондық қабылдағыштардың іс-әрекеті ол сәулеленген кезде заттардың электрондық құрылымының өзгерісіне негізделген.

Жұмыстың спектрлік диапазоны бойынша былайша бөлінеді: сәулеленудің селективтік емес қабылдағыштары, олардың сезімталдығы, түсетін сәулелену толқынының ұзындығына және белгілі бір сызықтың толқындарына селективтік, сезімталдық.

Сезімтал элементтердің саны бойынша бір және көп элемент қабылдағыштар болып бөлінеді.

Телевизиялық тарату тұтқалары мен олардың қатты денелі баламалары айрықша топты құрайды, оларда сәулеленудің фотоэмиссиондық қабылдағыштары да қарастырылуы мүмкін. Телевизиялық тұтқалар мынадай түрлерге бөлінеді:

а) диссектор, энергияны жинақтамайтын, жоғарғы тез әсер ететін және сезімталдығы төмен аса қарапайым телевизиялық тұтқа;

б) жоғары сезімталдығы мен шудың үлкен деңгейі бар суперортрикон;

в) видикон, ішкі фотоәсерді пайдаланатын тұтқа, ол спектрлік диапазонды кеңейтеді, жоғары сезімталдығы, шағын габариттері, жоғары сенімділігі бар, алайда жедел іс-әрекеті төмен;

г) плюмбикон, видикондардан үлкен сезімталдығымен ерекшеленеді.

Бейнелеу сигналдарын қалыптастыру үшін қазіргі ОЭЖ көп элементті қатты денелі сәулелену қабылдағыштары пайдаланылады.

Осы қабылдағыштардың негізгі артықшылықтары мыналар болып табылады:

- көрінетіннен бастап жылу инфрақұрылымына дейінгі кең спектрлік диапазон;
- сипаттамалардың тұрақтылығы;
- шағын габариттер мен масса;
- аз тұтынылатын қуат.

Сәулеленудің көп элементті қабылдағыштары жылулық және фотондық детекторлар және зарядталған байланыс деп аталатын аспаптар (ЗБҚ) негізінде құрылады. Сәулеленудің көп элементті қабылдағыштарының сезімтал қабаты шағын аралықтарға бөлінген және сызғыш немесе екі өлшемді құрылымды – матрицада орналасқан жекелеген элементтерден тұрады.

Элементтердің шағын көлемі ОЭЖ кеңістіктік рұқсатын және осы элементтер сипаттамаларының тұрақтылығын анықтайтын факторлардың бірі болып табылады.

Сәулеленудің көп элементті қабылдағыштарының арасында қазіргі ОЭЖ ең келешегі бар және пайдаланылатын зарядтық байланысы бар аспаптар болып табылады. ЗБҚ конструктивті металл-тотықтандырғыш-жартылай өткізгіш құрылымы бар конденсаторлар жиынтығынан тұрады. Басқа көп элементті қабылдағыштардан ерекшелігі ЗБҚ-да ішкі коммутация арқылы жүзеге асырылады (кезекпен қосу), бұл бірқатар елеулі артықшылықтарды жасайды. ЗБҚ-да іріктеу қондырғылары (коммутация) шығаратын импульстық кедергі салдарынан сәулеленудің басқа көп элементі қабылдағыштарында туындайтын, элементтер арасындағы паразиттік сыйымдылық байланыстан пайда болатын коммутация шуы жоқ. ЗБҚ-да шыға берістегі зарядтық пакеттер шағын сыйымдылығы бар бірден-бір шыға беріс диодының көмегімен детектрленеді. Сәулеленудің басқа да көп элементті қабылдағыштарында жекелеген элементтерден сигнал жиналатын шина сыйымдылығы едәуір. Осы сыйымдылық аспап кіре берісіндегі сигнал / шу арақатынасын шектейді, сондықтан ЗБҚ шу / сигнал үлкен арақатынасын және бейнелеудің үлкен біртектілігін

камтамасыз етеді. ЗБҚ сызғыш немесе матрица түрінде орындалуы мүмкін. Сөйтіп, ЗБҚ сызғыштарының сигналдарды есептеудің өте қарапайым сызбасы және ең жақсы кеңістіктік камтуына ие.

Сәулелену қабылдағышының параметрлері мен сипаттамаларын шартты түрде топтарға бөлуге болады.

Бірінші топ – бұл *сезімталдық параметрлері*, оған мыналар кіреді: сәулелену қабылдағыштарынан шығатын сигналдар өзгерісіне (кернеу немесе ток), осы өзгерісті туғызған монохроматикалық ағынға (Φ_λ) арақатынасы ретінде анықталады; интегралдық сезімталдық, сәулелену қабылдағыштарынан шығатын сигналының өзгерісіне осы өзгерісті туғызған сәулеленудің интегралдық ағынына немесе белгілі бір спектрлік құрамы бар көздерден (яғни белгілі бір түстік температурасы бар қалыптау көзі) алынған жарық ағынына арақатынасы ретінде анықталады.

Екінші топ – бұл *шектік және шу сипаттамаларының параметрлері*. Қабылдағышқа түскен сәулелену тогы мәнінің, ең төменгі мәні ретінде сезімталдық шек жатады, мұндай жағдайда шығатын сигналдың мәні шудың мәніне тең. Сезімталдық шегі сәулелену қабылдағышының шағын сигналдарды тіркеу қабілетін сипаттайды. Элементтер ауданының бірлігінде келтірілген сезімталдық шегінің мәні сезімталдықтың *үлестік шегі* деп аталады. Сезімталдық шек пен сезімталдықтың үлестік шегіне кері шамалар үлестік анықтаушылық қабілет деп аталады. Сәулеленудің белгілі бір спектрлік құрамы үшін, модуляциялау жиілігімен жиіліктер жолағын анықтайды.

Үшінші топқа–*уақытша сипаттамалардың параметрлері* жатады. Оларға мыналар жатады: сәулелену қабылдағышының жылдам іс-әрекетін сипаттайтын және уақыт аралықтары түсінілетін тұрақты уақыт (τ), осы уақыт аралығының бойында қабылдағыштың шыға берісіндегі сигнал сәулелену аяқталғаннан кейін (e) есе азаяды немесе сәулелену кезінде оның тепе-теңдік жай-күйінен бастап ($1-1/e$) деңгейіне дейін өседі; қабылдағыштың барынша толық динамикалық қасиеті жеке сипаттамамен қабылдағыш сезімталдығының оған құлаған сәулелену ағыны модуляциясының жиілігіне тәуелділікпен

сипатталады.

Төртінші топ – бұл спектрлік сипаттамалар параметрлері. Спектрлік сипаттама ретінде сәулелену қабылдағышы сезімталдығы толқынының ұзындығына тәуелділігі түсініледі. Спектрлік сипаттамаға абсолюттік немесе салыстырмалы бірліктерді беруге болады. Салыстырмалы спектрлік сезімталдық сипаттамасы толқынның берілген ұзындығы (S_λ) үшін сезімталдықтың спектрлік сезімталдықтың ең жоғарғы мәніне ($S_{\lambda M}$) арақатынасы ретінде есептеледі.

Бесінші топ – бұл сәулелену қабылдағышының *геометриялық параметрлері*. Оған сезімталдық ауданның өлшемдері, қабылдағыштың бұрыштық алаңы жатады. Осы параметрлер ОЭЖ кеңістікті қамту ауқымын анықтайды.

Сонымен қатар, сәулелену қабылдағышы параметрлерінің оның сезімталдық қабат температурасына тәуелділігін, шу сезімталдығы мен деңгейінің қуат кернеуіне тәуелділігін көрсететін сипаттамаларда кездеседі.

4.2.4. Оптикалық-электрондық жүйелердегі сканерлеу

ОЭЖ-де кеңістіктік координаттардан (X, Y, Z), толқын ұзындығынан (λ) және уақыттан (t) жарық бөлу функциялары болып табылатын көп өлшемді оптикалық сигнал уақыт функциясы, яғни бейне сигналы болып табылатын бір өлшемді электр сигналы болып өзгереді. Осы электр сигналы спектрлік нысаннан оптикалық нысанға кері өтуді жүзеге асыруға мүмкіндік беретін оптикалық сигналдың баламасы болуға тиіс. Оптикалық жүйенің бұрыштық алаңында жарық бөлу түріндегі оптикалық сигналдан оның спектрлік баламасына ауысу сканерлеу арқылы жүргізілді, яғни шолудың үлкен алаңын ($\omega_{обз}$) шағын тез арадағы сәттік бұрыш алаңымен ($\omega_{МГ}$) кезекпен салыстырмалы қарау. Телевизиялық жүйелерде «сканерлеу» түсінігі «развертка» «жаЗБҚ» түсінігі сияқты түсінік береді. Бейнелеуді құрудың осындай принципіне байланысты осындай оптика-электрондық жүйені (аспаптар, камералар) жиі сканерлер деп атайды.

ЖҚЗ үшін қолданылатын ОЭЖ іс-әрекетінің негізіне жататын құбылыстардың физикалық мәні бойынша: *механикалық, оптика-механикалық, фотоэлектрондық* сканерлер болып бөлінеді.

Қармаудың тар бұрыштық алаңы бар ОЭЖ-дің механикалық сканерлейтін жүйелерінде платформаға сканерлеуді іске асыратын кеңістіктік механикалық ауысу (айналатын, дәйекті) орнатылады. Оптика-механикалық сканерлерде бір немесе бірнеше жылжымалы оптикалық компоненттердің көмегімен оптикалық түйіндердің ауытқуы жүзеге асырылады.

Фотоэлектронды сканерлеуші жүйелерде оптикалық бейнелеу екі өлшемді электрондық бейнелеуге ауысады, олар кейіннен белгілі бір ретпен есептен шығарылады. Фотоэлектрондық сканерлеу тарататын телевизиялық тұтқаларда және сәулеленудің көп элементті қабылдағыштарында жүзеге асырылады.

Сәулеленудің көп элементті қабылдағыштары бар сканерлер арасында ЗБҚ сызғыштарына негізделген ОЭЖ-ді бөліп көрсету қажет. Оларда жолдарды сканерлеу процесінің өзін жүзеге асыру үшін, механикалық тораптардың жоқтығына байланысты электрондық әдіспен жүзеге асырылатын жолдарды оптика-электрондық сканерлер (камералар) деп атайды.

Сканерлеуші жүйелердің негізгі параметрлар мен сипаттамалары мыналар: шолу алаңы (2ω , ω -сканерлеу бұрышы); тез арадағы алынатын бұрыштық көру аясы (ω_{MG}), олар сканердің геометриялық рұқсатын анықтайды (бұрыштық немесе сызықтық, яғни беттіктен тез арадағы алынатын бұрыштық көру аясын учаскесінің өлшемдері); сканерлеу траекториясы; сканерлеу мерзімі (T) немесе сканерлеу жиілігі f_C ; сканерлеу коэффициенті (η_C); шолу алаңын шашырататын элементтердің саны (N_C) мен өлшемі.

Сканерлеу мерзімі бұл берілген алаңды (ω_{MG}) көзбен шолу және бұрыштық көру аясын бастапқы жағдайға қайтару үшін қажетті уақыт. Сканерлеу мерзімі бұрыштық өрістегі белсенді бөліктен тұрады, осы мерзімде бұрыштық өріс қаралады және пассивті бөліктен тұрады, бұл аралықта бастапқы жағдайға оралу қозғалысы (ω_{MG}) өтеді. Сканерлеу коэффициенті мерзімнің белсенді бөлігінің толық мерзімге арақатынасы

ретінде анықталады.

Шолуды шашырату әдісі бойынша сканерлеудің мынадай түрлері ажыратылады:

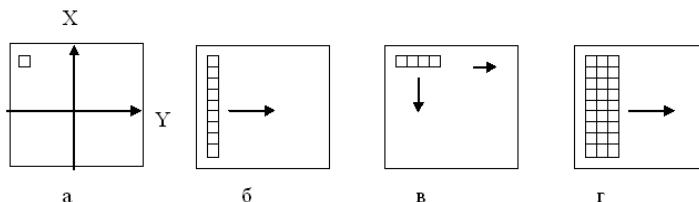
1. Бір элементті жолдық-тіксызықтық сканерлеу. Сканерлеуші көлбеу жолдар мен жоғарғы жолдан төмен жолға сатылай өтетін сәулеленудің бір элементті қабылдағыштарымен жүргізіледі (4.2.1.а-сурет). Бір элементті сканерлеудің артықшылығы олардың қарапайымдылығы, сәулелену қабылдағышының шағын көлемдері болып табылады. Негізгі кемшілік – бұл сканерлеуді үлкен жылдамдықпен қамтамасыз ету қажеттігі. Сканерлеудің осы әдісі берілетін телевизиялық тұтқаларда жүзеге асырылады.

2. Параллель сканерлеу (4.2.1.б-сурет) сканерлеудің перпендикуляр бағытына бағдарланған сәулелену қабылдағыштарының сызғышымен жүргізіледі. Сызғыш элементтерінен алынған сигналдар бір уақытта, параллель өңделеді және сканерлеудің бір мерзімі ішінде сәулелену қабылдағыштары элементтерінің санына тең бірнеше жол қаралады, бұл сканерлеу жылдамдығын айтарлықтай төмендетуге мүмкіндік береді. Сигналдарды параллель өңдеу жинақы қабылдау қондырғыларын жасауға мүмкіндік береді, оларда үйлесетін түйінде сканерлеу қолданылады, яғни ОЭЖ (шыны) сканерлеуші элементі объективтен кейін орналасады. Негізгі кемшілік – элементтердің әртүрлі сезімталдығы, бұл бейнелеу жолдары оптикалық тығыздығының әртүрлілігіне алып келеді.

3. Тізбектей сканерлеу (4.2.1.в-сурет) сканерлеудің жапсарлас бағытына бағдарланған сәулелену қабылдағыш-тарының сызғышымен жүзеге асырылады. Бейнелеудің сол бір нүктесін тізбектей сызғыштың барлық элементтері қарайды, шығатын сигнал жиынтықталады және бірден-бір сигнал ретінде қолданылады. Сөйтіп, жүйенің сезімталдығы \sqrt{n} есеге артады (n – сызғыштағы элементтер саны) және бейнелеу жолдары оптикалық тығыздығының біртектілігіне қол жеткізіледі. Әдістің кемшілігі параллель түйінде сканерлеу жүргізу қажеттігі болып табылады, бұл сканердің оптикалық жүйесін күрделендіреді.

4. Құрамалы параллельді-тізбектелген сканерлеу (4.2.1.г-сурет) сәулелену қабылдағыштарының матрицасын қолдану арқылы жүргізіледі. Бұл жағдайдағы әрбір жол бірнеше

кабылдағыштармен каралады және бір уақытта барлық жолдар каралады. Бұл бір уақытта жүйенің сезімталдығын, бейнелеудің біртектілігін жақсартуға және сканерлеу жылдамдығын төмендетуге мүмкіндік береді.



4.2.1-сурет. Сканерлеу әдістері

4.2.5. ЖҚЗ-ның оптика-электрондық әдістерінің түрлері

ОЭЖ қолданылатын типтері мен олардың жіктелуіне байланысты ЖҚЗ оптика-электрондық әдістерін бірнеше түрге бөлінеді.

Телевизиялық түр. Телевизиялық ОЭЖ 0,4-0,9 мкм спектрлік диапазондағы түсірісіне арналған алғашқы метеорологиялық және табиғи ресурстық ЖШС-да қолданылды. Аталмыш жүйе жердегі қабылдау пунктіне таратуға арналған сезімтал бетке бейнені түсіретін объективтен, электронды-сәулелену тұтқасынан, радиосигналдардың деректерін жасайтын және оқитын блоктан құралған. Бейнелеу орталық проекцияда құрылады. Телевизиялық қабылдағышты қарапайым түрде фотоаппараттың баламасы ретінде санауға болады, онда фотоматериал, бейнелеуді тіркейтін электронды жүйемен алмастырылған. Әдістердің дамуының алғашқы кезеңдерінде ЖҚЗ фотографиялық әдістермен қатар қолданылды және оның алдында мынадай артықшылықтары болды: тұтынушыға ақпараттың түсуінің жеделдігі, үлкен сезімталдық, фотопенка қорларына тәуелділік салдарынан қызметінің үлкен мерзімі, ақпаратты цифрлық түрде беру мүмкіндігі. Телевизиялық ОЭЖ-дің негізгі кемшілігі – бұл төменгі кеңістіктік қамту ауқымы (жүздеген метр, километр) және бейнелеудің айтарлықтай геометриялық бұрмалануы. Қазіргі уақытта телевизиялық ОЭЖ іс жүзінде қолданылмайды.

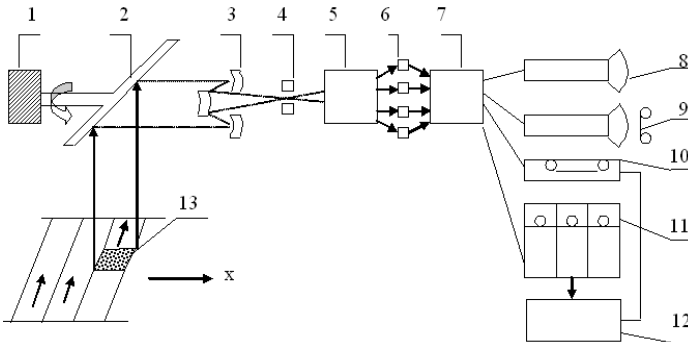
Фототелевизиялық түр. Объектіні фотокамерамен фотографиялау, одан кейін бортта экспонирлеу фотопленканы көрнекілеу және телевизиялық жүйемен фотобейнелеуді жерге жіберу. Сөйтіп, сапалы фотобейнелеуді алумен ақпаратты жедел беру мәселесі шешілді. Әдіс ғаламшарға түсіріс кезінде қолданылды. Қазіргі уақытта іс жүзінде қолданылмайды.

Сканерлік түрі. Қолданылатын сканер типіне байланысты табиғи ресурстық және картографиялық міндеттерді шешу үшін сканерлік зондтаудың екі түрін: *оптикалық-механикалық сканерлеуді және оптикалық-электрондық сканерлеуді* шартты түрде көрсетуге болады.

Оптикалық-механикалық сканерлеу ОЭЖ арқылы жүргізіледі, онда бейнелеу жолдарын құру кезінде оптикалық түйіндердің ауытқуы жылжымалы механикалық тораптардың, мысалы, айналатын айнаның көмегімен жүргізіледі. Спектрлік диапазон мен арналардың саны сәулелену қабылдағыштарының сапасымен реттеледі. Ұшу бағыты бойынша кадрды қалыптастыру орбитадағы қондырғының ілгері қозғалысы есебінен жүзеге асырылады.

Жердің табиғи ресурстарын зерттеуде алғашқы буындағы “LANDSAT” жер серіктік сериясында қолданылған “MSS” оптикалық-механикалық сканермен алынған сканерлік түсірістерде көбірек қолданылды.

4.2.2-суретте “MSS” көп зоналық сканері құрылысының сұлбасы берілген.



4.2.2-сурет. MSS көп зоналық оптикалық-механикалық сканер

Интегралдық жарық ағынын қозғалысқа мотормен келтірілген (1) сканерлейтін айнаға түсіреді (2), ол онымен оптикалық телескопиялық жүйе фокусы жазығында шағылысады (3), оған бұл линза арқылы алдын-ала өтіп, диафрагмамен фокусталады (4), оның ашылу мәні сканердің түсіру (көру аясын) алаңын анықтайды (13). Осы диафрагма көмегімен когеренттік жарық толқындарының фазалық түйіндері қалыптасады, олар бұдан әрі призма немесе линза арқылы (5) өтіп, толқынның белгілі бір аралығымен монохроматиялық түйіндер толқынының спектрі бойынша шашырайды. Одан әрі әрбір спектрлік қосалқы диапазон (6) үшін жеке детектор ұяшықтарынан түсе отыра, олар сәулеленуге пропорционалды және уақыттың белгілі бір аралығында интегралды электрлікке айналады. Одан кейін күшейткіш арқылы (7) өтіп, тапсырмаға байланысты оны экранда проекциялауға (8), киноплёнқаға (9), сандық түрде магниттік таспаға жазуға (10), бейнелеуді өзгерту мен оны өңдеу (12) үшін, жердегі қабылдау станциясына радионың көмегімен жіберуге (11) болады.

Суреттен байқағандай, сканерлеуші айна элементі (2) бұл жағдайда параллель сәуле шоғырларында объективтің алдында орналасады. Осындай орналасуда айна абберрацияны енгізбейді және объективтің көру аясы $\omega_{\text{мг}}$ түсірудің қас-қағым сәттік өрісімен анықталады, бұл әртүрлі абберрациялардың ықпалын төмендетіп азайтуға мүмкіндік береді.

Екінші вариантта сканерлеуші элемент объективтің сыртында шығатын шоғырда орналасуы болып табылады. Осы варианттың артықшылығы оптикалық жүйені айтарлықтай оңайлату мүмкіндігінде жатыр, алайда бұл кезде, әртүрлі абберациялардың ықпалы, сканерлеуші элементтің қозғалысы және жарықтың түсуімен байланысты оптикалық жүйенің дефокусталуы өседі.

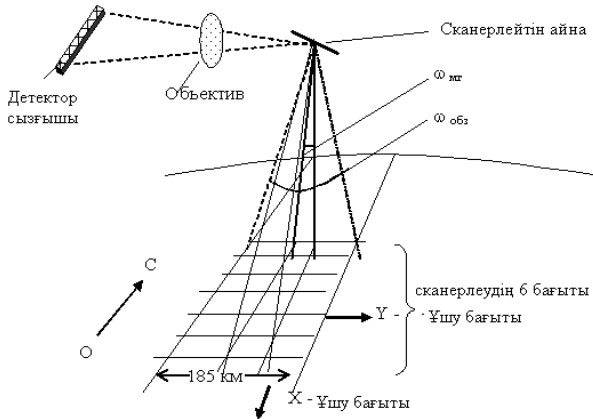
Алғашқы вариант көп спектральді ОЭЖ-де жиі қолданылады.

Спектрдің жылулық инфрақұрылымдық диапазонындағы түсіріс үшін жылулық сканерлер (радиометрлер, тепловизорлар) қолданылуы мүмкін. Жылулық сканердің іс-әрекет принципі мен құрылысының сызбасы спектрдің жылулық инфрақызыл диапазонының электромагниттік сәулеленуіне әрекет ететін

сезімтал элементті (детекторды) қоспағанда, көп зоналық оптикалық-механикалық сканерден айтарлықтай ерекшеленбейді.

“MSS” сканерімен түсіріс принципі 4.2.3-суретте көрсетілген. Аспапта көп элементті параллельды сканерлеу әдісі жүзеге асырылған болатын.

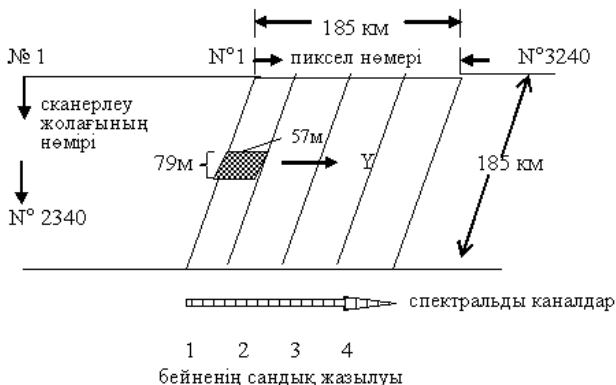
4.2.4-суретте “MSS” алынған сканерлік түсірістің құрылыс сызбасы берілген.



4.2.3-сурет. “MSS” сканерімен түсіру принципі

Сканер айнасы надирге сканерлеуді ұшу бағытына көлденең жүргізеді. 917 км биіктіктен ($\omega_{обз}$) $11,56^\circ$ шолу бұрышы кезінде Жер бетіндегі қармау 185 км құрайды. Жерден шағылыстырылған жарық ағыны төрт спектрлік зонада сүзіледі (модификацияланады) және әрқайсында алты детекторы бар төрт сызғыштан тұратын матрицада сканердің оптикалық жүйесімен фокусталады. Әрбір детектор 917 км ұшу биіктігі кезінде пішіні 79x79 м жергілікті жерде түсіру мүмкіндігінің элементін қармап, бұл 0,086 мрад. сканердің ($\omega_{мс}$) бұрыштық қамтуына сәйкес келеді.

Айнаның әрбір ауытқуы кезінде әрқайсының пішіні 79 м x 185 км төрт спектрлік диапазонда алты жол қалыптасады. Айнаның ауытқу жиілігі ЖШС (LANDSAT-1, 6457 км/сек) жылдамдығымен синхрондалады.



4.2.4-сурет. MSS сканерімен түсіріс принципі

Әрбір детектордың белгілі бір радиометрлік қамтуы бар (жарық деңгейінің тіркеу саны). Қамту деңгейін дискретизациялау детектор сұранысы уақытының тұрақтылығымен жүргізіледі. “MSS” детекторымен түсіріс кезінде осы уақытқа сканерлеу бағытына 57 м қашықтық сәйкес келеді. Сөйтіп, әрбір сканерлік түсіріс сандық түрде жазылған бейнелеу элементтерінен (пиксельдерден) тұрады және олардың жалпы саны мен дәл орналасуы белгілі. Бұл жайт компьютерлік өңдеу кезінде әртүрлі бұрмалаушылықты жоюға мүмкіндік береді.

Екінші буындағы “LANDSAT” ЖШС-те ОЭЖ “MSS”-пен бірге “TM” (Thematic Mapper) жетілдірілген оптика-механикалық сканері қолданылды.

«TM» оптика-механикалық сканерлері арқылы зондтау кеңістіктік қамтуды 30 метрге дейін жақсартуға мүмкіндік берді, сонымен қатар түсірістің Оптика-электрондық әдісінің барлық артықшылығын сақтайды.

Оптика-механикалық сканерлердің кемшілігі- механикалық тораптардың болуы, олар орбита жүйесінде жұмыс істеудің ұзақ мерзімі салдарынан (10 жылға дейін) істен шығады. Осы себептен ЖҚЗ табиғи ресурстық және картографиялық ғарыштық жүйелерінің келешегі бар әртүрлі елдерде оптика-механикалық сканерлерді орнату көзделмеген.

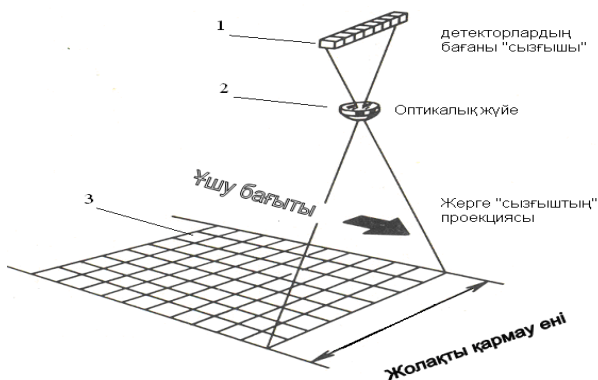
Оптика-электрондық сканерлеу ОЭЖ арқылы жүргізіледі, онда сәулелену қабылдағышы ретінде ЗБҚ көп элементті сызғыштары қолданылады. Бұл басқада ғарыштық түсіріс жүйелерін ығыстыратын келешегі мол ОЭЖ. Көп спектральді түсіріс үшін әрқайсысы өз спектрін тіркейтін бірнеше ЗБҚ сызғышы қолданылады, оларды бөлу сүзгілердің көмегімен жүргізіледі.

Орбита биіктігінің төмендеуімен қатар оптика-электрондық сканерлерді пайдалану кеңістіктік қамтуды жақсарту мәселесін фотографиялық жүйелер деңгейіне дейін шешуге мүмкіндік береді. Бұл детекторлар көлемін 10-20 мкм дейін азайту есебінен жүргізіледі, олардың рөлін ЗБҚ (CCD, Charged Coupled Device Technology) орындайды. Сонымен қатар, сызықтағы бірнеше мың детектордың дәл орналасуы есебінен геометриялық бұрмалау және сканер механизмдері жұмысынан туындаған кателерді шығару азаяды, сондай-ақ механикалық тораптар аспабынан шығару есебінен аспаптың сенімділігі артады.

4.2.5-суретте ЗБҚ сызғыштары арқылы оптика-электрондық сканерлеу принципі көрсетілген, оны ұшу бағытына және барлық жолақты қалыптастыруға ЗБҚ сызғышының бағдарын перпендикуляр өзгерте отырып параллель сканерлеудің әдісіне жатқызуға болады, оның пішіні детекторларға кезекпен электронды (ЗБҚ) сұраныс арқылы ұзын сызғышпен анықталады.

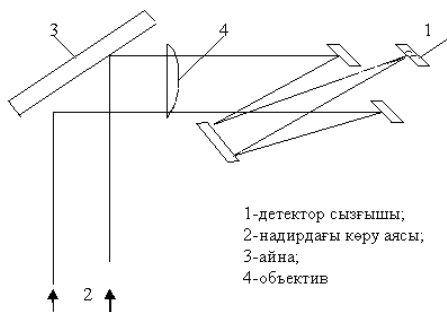
Сызғыш ұшу бағытына перпендикуляр (X) бағытталған (1) бірнеше мың детектордан (ЗБҚ) тұрады. Әрбір спектрлік арна үшін детекторлардың бірқатары арналады, олар сатылай байланыстырушы зарядтық байланыс қондырғысына енгізіледі (ЗБҚ). Детекторлар қатары оптикалық жүйенің жазықтығында орналасады (2), оларда түсірілетін беттің бейнесі кеск кескнделеді (3). Қондырғының дәйекті қозғалысы (X) осі бойынша бейнелеу жазбасын қамтамасыз етеді. (Y) осі бойынша жазба ЗБҚ-ты сатылай электронды қосумен жүргізіледі. Детекторлардың әрбір қатары сканерлеудің бір жолынан екінші жолына үздіксіз көшуді жүзеге асыруға мүмкіндік беретін уақытша қашықтықпен (сканерлеу мерзімімен) сұралады. Сонымен қатар әрбір детектордан шығатын баламалық сигналдар уақыттың кейбір қашықтығында жиынтықталады, бұл

жергілікті жердегі қамту ауқымы элементінің белгілі бір ендігін туғызады (3).



4.2.5-сурет. Оптика-электрондық сканерлеудің әдісі

Табиғи ресурстық және картографиялық мақсаттар үшін кеңістіктік қамту деңгейі бойынша ең сапалы және ЖҚЗ материалдарының жаппай көлемінде СПОТ (SPOT: SYSTEM PROBATOIRE D'OBSERVATION DELA TERRA) француздық бағдарламасының HRV (High Resolution Visible) оптика-электрондық сканерімен алынды. Сканердің фотоқабылдау құрылысы 4.2.6-суретте келтірілген.



4.2.6-сурет. HRV сканері фотоқабылдау қондырғысы жұмысының принципі

Осылайша бір элементті сканерлеу кезінде жергілікті жердегі жолдардың ені (L_x) ұшу бағыты бойынша (X) мына формуламен анықталады:

$$Lx_i = Sx \cdot \frac{H}{f \cos \omega_i},$$

мұндағы S_x – X осі бойынша сәулелену қабылдағышы сезімтал элементінің көлемі;

S_y – Y осі бойынша сканерлеу сызығының бойымен;

H – ұшу биіктігі;

ω_i – сканерлеудің ағымдық бұрышы.

Сканерлеудің бір мерзімі ішінде қаралатын жолдардың ұзындығы (жергілікті жердегі қармау) формуламен анықталады

$$L_y = 2Htg\omega.$$

Бір жолмен сканерлеу мерзімі формуламен анықталады

$$T = \frac{L_x}{W},$$

мұндағы W – тасығыштың жолдағы жылдамдығы.

Сканерлеу жиілігі формуламен анықталады

$$f_c = \frac{1}{T} = \frac{W}{L_x},$$

ал жолдағы шашырау (пиксельдер) саны N_c формуламен анықталады

$$N_c = \frac{\omega}{\omega_{me}},$$

мұндағы ω_{me} – жүйенің тез арадағы сәттік көру бұрышының алаңы, яғни оның шегінде қабылдағыш сканерлеуші сәуле жағдайының осы сәтінде ландшафт элементінен сәулеленуді қабылдайды. Осы бұрыш ОЭЖ бұрыштық түсіру ауқымының мүмкіншілігін анықтайды және мына формула бойынша

есептеледі

$$\omega_{mz} = \frac{S_{Y,X}}{f},$$

мұндағы $S_{Y,X}$ – X немесе Y осі бойынша сезімтал элементінің масштабы; f – сканер оптикалық жүйесінің фокустық қашықтығы.

Сәулеленудің көп элементті қабылдағыштарымен (элементтер сызғыштарымен) жапсарлас сканерлеуді жүзеге асыру кезінде жергілікті жердің қармау ені мынадай формула бойынша анықталады:

$$L_x = (S_x + \Delta S)nM_u,$$

мұндағы ΔS – сызғыштардың сезімтал элементтерінің арасындағы қашықтық; n – сызғыштар элементтер саны;

$M_u = \frac{H}{f}$ – бейнелеу масштабы.

Сканерлік бейнелеу көлемін анықтау кезінде сондай-ақ олардың ерекшеліктері ескеріледі. $M_u = \frac{H}{f}$ формуласы надир бағытына жуық масштаб таңбасын анықтауға мүмкіндік береді.

(Y) сканерлеу осінің бойымен масштабты барынша дәл анықтау үшін желіс, тангаж және крен бұрыштары жоқ кезде, мынадай формула қолданылады:

$$\frac{1}{M_y} = \frac{f \cos \omega_i}{H}.$$

және (X) ұшу бағыты бойынша мынадай формула қолданылады:

$$\frac{1}{M_x} = \frac{l_x}{L_x} = \frac{l_x f \cos \omega_i}{S_x H},$$

мұндағы l_x – оны көрнекілеу кезіндегі бейнелеу ені.

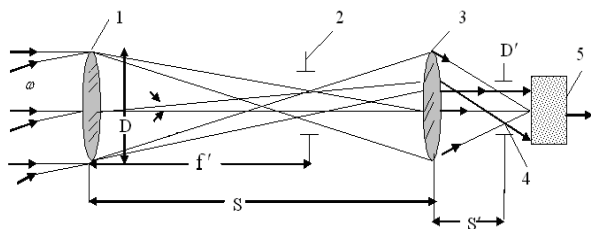
Фокустық қашықтық көлемін пайдалану кезінде сканер оптикалық жүйесін құрудың сындарлы ерекшеліктерін білу қажет, өйткені сәулелену қабылдағышы объективтің басты оптикалық осінде емес, камераның бас нүктесі жағында

орналасуы мүмкін. Бұл жағдайда, фокустық қашықтықтың эквивалентті шамасы есептеледі.

Сканерлік түсірістің кеңістік қамту ауқымы ($\omega_{мг}$) қасқағым сәттік бұрыш алаңымен анықталады және ұшу биіктігі, оптикалық жүйенің фокустық қашықтығы, объектив диаметрі сияқты түсірістің жалпы параметрлерінен басқа, сәулелену қабылдағышы сезімтал элементінің көлемдеріне де тәуелді. Элементтер көлемінің азаюымен ($\omega_{мг}$) бұрыш та азаяды. Сонымен қатар, осы бұрыш көлемін азайту үшін сканердің қабылдау оптикалық жүйесінің құрамына конденсор (коллектив) енгізілуі мүмкін. Конденсор бар оптикалық жүйенің жалпы сызбасы 4.2.8-суретте келтірілген.

Конденсор (3) кіре беріс қарашығының бейнеленуін ауыстыру (D) үшін қызмет етеді, оның жағдайы объективтің басты артқы жазықтығына (1), қабылдағыштың сезімтал алаңының жазықтығына (5) жақын қабылданған, бұл сезімтал алаңының жазықтығындағы (D') түйін қиылысы көлемінің, $D' = D \frac{S'}{S}$ шамасының азаюына алып келеді, бұл оның сәулеленуінің тепе-теңдігіне алып келеді. Конденсор объективтің артқы фокальдық жазықтығында орналасқан кезде, оны «коллектив» деп атайды. Конденсорды енгізу қажеттігін ОЭЖ сезімталдығын жақсартудағы ұтыспен және энергия жоғалтудағы ұтылыспен салыстыру арқылы анықтайды.

Сканерлік түсірістердің нақты кеңістіктік қамту ауқымын анықтау үшін, бейнелеудің екі пиксель-элементтің бейнелеуі қажет объектіні тану үшін, яғни бұрыштық немесе сызықтық қамту ауқымының көбейетіндігін ескеру қажет.

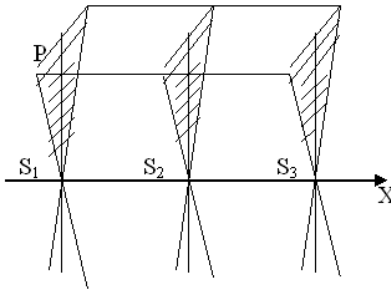


4.2.8-сурет. Конденсоры бар оптикалық жүйенің сызбасы

Сканерлік түсірістің басқа ерекшелігі бейнелеуді құрудың бір уақытта емес екендігінде жатыр. Егер бейнелеу жолы іс жүзінде қасқағым сәтте құралса, онда әрбір жаңа жол (S) жобалау орталығы (X) қондырғысының ұшу бағыты бойынша ауыстырылған кезде, (P) сәуле түйінімен құрылады (4.2.9-сурет).

Осы ерекшелік сканерлер түсірістерді кескіннің орталық түріне жатқызуға мүмкіндік бермейді. Бір жол шегіндегі кескін ғана осындай болып табылады, оның үстіне, сканерлеудің шағын бұрыштары кезінде жолдар кескіні ортогональдыққа жақындайды.

Сканерлік бейнелеуді артқы картографиялық кескінге ауыстыру жергілікті жер мен түсіріс координаттары байланысының белгілі формуласы бойынша арнайы компьютерлік бағдарламалардың көмегімен жүзеге асырылады. Бұл үшін берілген дәлдікте белгілі әрбір түсірілімдер төрт белгілеуші геодезиялық координаттар болуға тиіс.



4.2.9-сурет. Сәулелер түйіндерімен жолдарды құру сызбасы

Ілгері жуықтаулар әдісімен кері фотограмметриялық қиылыстыруды шеше отыра, түсіріс нүктелерінің координаттарына және бейнелеуге қатысты түзетулер жүргізіледі. Өйткені сканерлік түсірістің цифрлық деректері әрбір пиксельдің дәл координаттары туралы деректерді құрайтындықтан, осындай түзету компьютерлік өңдеу кезінде, Жер бетінің қисықтығымен, масштаб тұрақсыздығы, Жердің айналуымен, бедердің қалыпсыздығымен, (рыскание) желіс, тангаж, крен бұрыштарынан туындаған бұрмалаушылықтарды түзету сияқты қиындық туғызбайтын түзетулерден тұрады.

ЗБҚ сызғыштары арқылы оптикалық-электрондық сканерлеу кезінде әртүрлі геометриялық бұрмалаушылықтар ықпалы айтарлықтай төмендейді. Сонымен қатар, келешегі бар өте жоғары қамту ауқымындағы (1-5 м) ЖҚЗ зондтау ғарыштық жүйелерінде жергілікті жерді қармау ені айтарлықтай төмендейді (10 км дейін).

Барлық осы факторлар, мәліметтерді компьютерлік технологиясымен өңдеу кешені ретінде Жердің табиғи ресурстарын зерттеу және оны картографиялау тапсырмаларын шешу кезінде ЖҚЗ оптика-электрондық әдісінің басымырақ екенін байқалтады.

4.3. ЖҚЗ радиолокациялық әдісі

4.3.1. Әдістің принциптері мен параметрлері

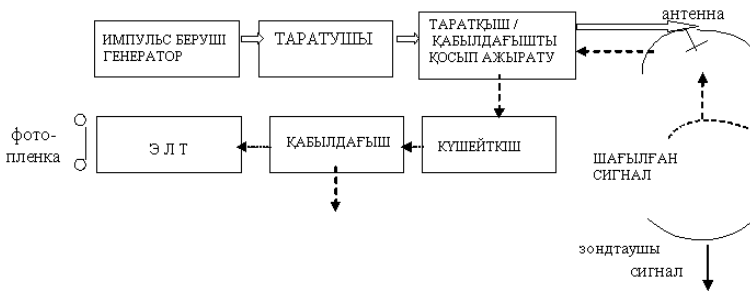
Радиолокациялық әдіс ЖҚЗ-ның белсенді әдістеріне жатады. Бүйірлік (түсірудегі) шолудағы радиолокациялық (РЛ) станциялар (БШРЛС) түсірілетін аумақты (радиотолқындармен) «жарықтандырды». Қондырғының ұшуы кезінде аппараттың бойлау осінің бойында орнатылған антенна түсірілетін беттің ұшу бағытына перпендикуляр тар желек түріндегі диаграммасы бар жоғары жиіліктегі импульстерді жібереді. Жер бетінен шағылысқан сигналдарды антенна қабылдап, ол бейне сигналдарға айналады да, фотопенка немесе цифрлық түрде магнит таспасына тіркеледі.

Шағылған импульстің тіркелетін параметрлеріне мыналар жатады: генератордан бастап сәуле таратқыш қабылдағышына дейінгі импульстің өту уақыты, қабылданған сигналдың қарқындылығы, радиолокатор координаттары жүйесіндегі сәулеленген объектінің орналасуы. 4.3.1-суретте БШРЛС құрылысы мен жұмысының сұлбасы берілген.

Шағылған радиосигналдың қарқындылығы РЛ-түсіріске фотон градацияларымен беріледі. Өз кезегінде радиосигнал қарқындылығы жер бетінің құрылымы мен сәулеленетін табиғи объектілердің заттектің құрамына тәуелді. Сонымен қатар, жер бетіндегі және табиғи объектілердегі зондтаушы электромагниттік

сәулеленудің ықпалдастық сипаты оның ұзындығымен, оның полярлануы және түсу бұрышымен анықталады.

Радиолокациялық жүйелердің екі түрі қолданылады: нақты апертурасы (шамасы) бар түсірілімдік радиолокациялық жүйелер, антенналар (БШРЛС немесе когеренттік емес жүйе, SLAR) және антеннаның синтезделген апертурасы бар түсірістік радиолокациялық жүйелер (ПЛСА, SAR).



4.3.1-сурет. БШРЛС құрылысы мен жұмысының сұлбасы

Соңғы жүйелер фазалық толқындық (когеренттік) тиімділіктен негізделген. Нақты апертурасы бар БШРЛС салыстырмалы түрде қарапайым және бейнені құру кезінде мәліметтердің күрделі өңделуін талап етпейді, алайда кеңістіктік қамту ауқымы жоғары емес. Синтезделген апертурасы бар жүйелер антенна мен объектінің арасындағы қашықтыққа тәуелсіз жоғары кеңістіктік түсірісті алуға мүмкіндік береді, бірақ, мәліметтерді алу мен өңдеу өте күрделі.

РЛ станцияларының көмегімен ЖҚЗ-ны орындау, күн мен түн мерзіміне және толқын ұзындығы 2 см артық болған кезде РЛ - түсіріс ауа-райына тәуелсіз, бұл ауа-райы нашар аудандарды зерттеу кезінде тиімді.

Түсетін зондтаушы радиосәуле мен түсірілетін объект беткейі арасындағы толқынның әрекеттесуі, толқын ұзындығы, полярлау және объект бетіндегі құлау бұрышы параметрлерімен анықталады. Осы параметрлер нақты, жүргізілетін түсірістер тақырыбына байланысты таңдалады.

Толқын ұзындығы. БШРЛС-тің көбі 0,8 бастап 30 см дейінгі радиотолқындардың ультра қысқа толқынды диапазонында жұмыс істейді. Осы диапазон шартты түрде белгілері бар үш диапазонға бөлінген:

Ka – 0,8 бастап 1,1 см дейінгі диапазон;

X – 2,4 бастап 3,8 см дейінгі диапазон;

L – 15 бастап 30 см дейінгі диапазон.

Толқын ұзындығы сәулеленудің жұтылу қабілетін анықтайды, ол оның ұлғаюымен өсе түседі. Шамамен, сәулеленудің жұтылу қабілеті сәулелену толқын ұзындығының жартысы ретінде бағаланады.

Полярлау. РЛ-жүйесінің бағытталған антенасымен жіберілетін импульстағы ауытқулар вертикаль (B) немесе горизонталь (G) бағытта бағдарлануы мүмкін. Түсірілетін бетке полярланған (B немесе G) сигнал түскен кезде, түсіріс объектілерінен шағылысады.

Шағылған сигналдың бір бөлігінде сәулеленудегі сияқты полярлау болады, тиісінше РЛ - жүйесі антеннасы біртекті полярланған сигналды қабылдайды (GG немесе BB формасы деп аталады).

Түсетін сигналдың басқа бір бөлігі объекті бетінде көптеген шағылысу мен фазалық ауысулар салдарынан поляризация (деполяризация) және шағылған сигналдардың ауытқуы әртүрлі бағыттарда өтеді. Сигналдың ең күшті поляризациядануы оның өсімдік жамылғысына шағылысуы кезінде өтеді. Бұл құбылыс қысқа толқынды Ka және X диапазондарында өте айқын байқалады.

Поляризацияданған жүйені қабылдау үшін PL – жүйесі біртекті полярланудан шағылысқан сигналды қабылдайтын негізгі таратушы антеннадан басқа, *көлденең полярландыру* деп аталатын сәулеленуді қабылдауға арналған қосымша антеннамен жабдықталады.

Сөйтіп, GV – немесе BV – түріндегі РЛ-жүйесіндегі аралас түсіріс мүмкін болып отыр. Яғни таратушы антенна горизонталь полярлануындағы сигналды GV - түрінде жібереді, ал қабылдау антеннасы вертикаль полярланған шағылысқан сигналды қабылдайды, бұл РЛ-түсірістерінің ақпараттылығын жақсартуға мүмкіндік береді. Мысалы, өсімдіктің әртүрлі түрлеріне жақсы ажыратылады және контрасты айтарлықтай жоғарылатады.

Құлау бұрышы. Түсірілетін беттегі радиосәуленің құлау бұрышы бақылау нүктесінің вертикаль есептеледі (оған қосымша бұрыш орын бұрышы деп аталады). Ол жер беткейі мен түсетін радиосигналдар арасындағы әрекеттестікке үлкен әсер етеді.

Егер антенна бедер бетіне қаратылса, түсетін сәуле қуаттылығының көп бөлігі антенна бағытында шағылысады. Егер сәулелену бедерге перпендикуляр түссе, онда шағылу коэффициенті максималды болады.

Антенна бағыты бойынша көлбеу мен бағдарлауға сәйкес *РЛ*-түсірістегі ұшу бағытына бағытталған беттіктің фоторендері (тон) жарық бояуларымен беріледі. Аландар бағытында көлбеуленген антеннадан айтарлықтай аз энергия шығарылып және *РЛ* - түсірісінде сұрғылт және қара фото тонымен жіберіледі.

Аландардан үлкен бұрышпен көлбеуленген антенна көздеу бұрышына қарағанда сәулеленбейді және суретте абсолютті қара фототондармен бейнеленіп, радиокөлеңкелер деп аталады. Радиокөлеңке пішіні ұшу биіктігі мен объектіге, көздеу бұрышы мен жердің сәулеленетін учаскесіне дейінгі қашықтық арасындағы ара-қатынасқа тәуелді.

Радиокөлеңкелердің болуын жер бедерін түсіру кезінде ескеру қажет. Жер бедерінің қалыпсыз жағдайларын *РЛ*-суреттерде тиімді бейнелеу үшін жерге сәуленің таратылу бағыты түсірілетін жердің ұзына бойына перпендикуляр болуы қажет. Жергілікті жердің сипатын барынша толық беру үшін түсірісті екі өзара перпендикуляр бағытта жүргізген абзал.

Беттіктен сәулеленетін радиотолқындардың өзара әрекеттесу сипаты (шағылысуы, ыдырауы, енуі) оның қалыпсыздығы мен диэлектрлік қасиеттеріне байланысты. Сонымен қатар, түсетін радиосәуле мен радиотолқын ұзындығына қатысты беткейдің бағдарлануы шешуші рөл атқарады.

Бақыланатын беттің шашырау қасиетін объектіден шағылыстырылған қуатты сәулеленген радиоимпульс қуатымен салыстыру арқылы анықтауға болады. Осы тәуелділік *радиолокацияның негізгі теңдеуімен* сипатталады.

Импульстік *РЛ* – жүйе, D_a іс-әрекет бағытындағы коэффициенті бар антенна, R қашықтығындағы аластатылған объекті бағытындағы P_{II} қуаттылық импульсын сәулелейді. Егер объектіні қоршайтын кеңістікте энергияның жоғалымы

жоқ деп болжаса және антеннаны бағытталмаған іс-әрекеттегі деп болжайтын болсақ, онда сферадағы R радиусы сәулеленетін қуат $4\pi R^2$ беттік бойынша тепе-тең бөлінеді. Объектідегі қуат ағынының тығыздығы

$$P_{OB} = \frac{P_H}{4\pi R^2},$$

алайда антеннаның бағытталған коэффициентін ескере отырып, мынаны аламыз

$$P_{OB} = \frac{P_H \cdot D_a}{4\pi R^2}.$$

Іс жүзінде түсетін энергия ішінара жұтылады және ішінара шашырайды. Кез-келген объектінің қайта сәулеленуі және РЛ жүйесі бағытындағы оның шағылыстырушы қасиеті $S_{эф.об.}$ шашыраудың кейбір тиімді орташа алаңымен бағаланады.

Шағылысқан толқын қуатын төмендегідей шығаруға болады

$$P_{OB} \times S_{эф.об.},$$

ал қабылдау антеннасы орналасқан жердегі ағын қуатының тығыздығында

$$P_{ПР} = \frac{P_H \cdot D_A \cdot S_{эф.об.}}{(4\pi R^2)^2},$$

$S_{эф.А}$, шашыраудың тиімді өрісі бар, онда антеннадан қабылдағышқа шағылыстырылған сигнал мына қуаттылықпен келеді

$$P_C = \frac{P_H \cdot D_A \cdot S_{эф.об.} S_{эф.А}}{(4\pi R^2)^2}.$$

Осы тұжырымды *радиолокацияның негізгі теңдеуі* деп атайды. Ол P_C қабылданатын сигнал қуаты мен P_H сәулелену қуатының арасындағы тәуелділікті белгілейді.

Бақыланатын объектінің шашыраушылық қасиеті шашырау коэффициентімен сипатталады

$$\sigma = \frac{P_C}{P_H}.$$

Объектілердің шашырау қасиетін радиолокациялық түсірісті жоспарлау және тақырыптық дешифрилеу кезінде ескеру қажет. Әсіресе бақыланатын жер бетінің жағдайына (топырақ құрамы, кедір-бұдыр, еңістер, өсімдіктер сипаты, су бетінің толқуы және басқалар) және топырақтағы, өсімдіктегі ылғал мөлшеріне радиолокациялық жүйелердің үлкен сезімталдығын айрықша атап өткен жөн.

4.3.2. Нақты апертурасы бар радиолокациялық түсіріс жүйелері

Нақты апертурасы бар радиолокациялық жүйелердің жұмысы мен параметрлерінің принципі 4.3.2-суретте келтірілген.

РЛ – жүйеде генератор электр импульстарын шығарады, олар сигнал таратушы қондырғымен ұшу траекториясына перпендикуляр бағыттағы жер бетіне сәулеленетін антеннаға бағытталған жоғары дәлдікті жиіліктегі *РЛ* зондтаушы сигналдарға айналады. Сәуле түрінде антеннадан берілген сигнал толқынның ұзындығымен, полярлаумен және импульс ұзындығымен сипатталады.

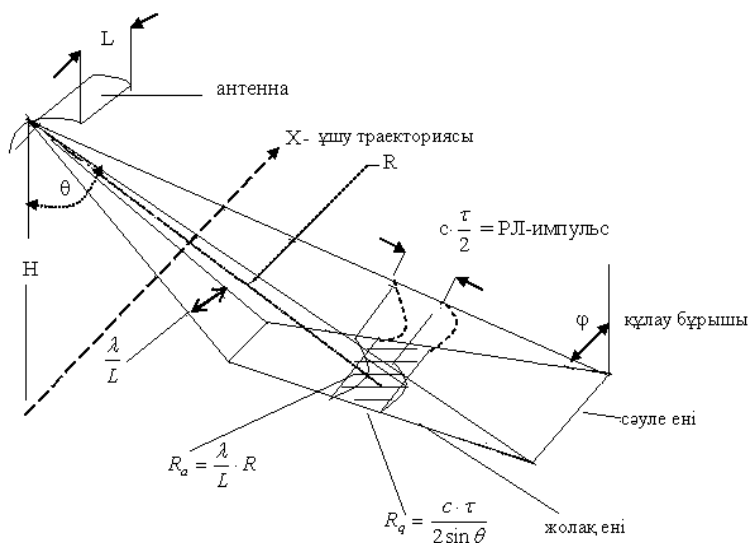
Түсіріс кезіндегі ұшудың әрбір сәтінде сәулеленетін алаңының шамасы (кеңістіктік элементтің пикселдік қамту ауқымы) импульс созымдылығының (R_q) ұшу бағытына көлденең, ал ұшу бағытында (R_a азимуталдық бағыты) бағыттылық диаграммасының ені және L антеннаның (апертураның) физикалық ұзындығымен анықталады.

Қамту элементі шегінде орналасқан беттік *РЛ* - сәулеленуді диффузды немесе қарама-қарсы шағылыстырады және түсетін энергияның бір бөлігін кері антенна бағытына бағыттайды. Сигнал антеннамен қабылданып, қабылдағышпен күшейеді және бейне сигналға ауысады. Бейнесигнал қарқындылығы *ЭЛТ* экрандағы сәуле жарығын модулейді. Бастапқы кезде антеннаға жақын сосын қашық орналасқан объектілерден шағылысқан сигналдар келеді.

ЭЛТ экранындағы электронды сәуленің жолы мен жарығы фотопенкаға оптикалық жүйенің көмегімен жазылады, ол ұшу жылдамдығына пропорционалды жылдамдықпен тұтқаны жанай

созылады немесе цифрлық түрге ауысады және магнитті касетаға жазылады.

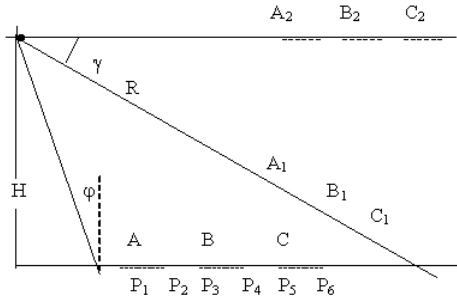
РЛ түсірістері арасындағы қашықтық онда шағылыстырылатын сигналдардан уақытындағы айырмашылықпен анықталады. Осы алшақтық антенна мен объекті арасындағы қашықтықпен функционалды байланысқан (R көлбеу қашықтығы).



4.3.2-сурет. Нақты апертурасы бар PL жүйесінің жұмысы мен параметрлерінің принциптері

c – жарық жылдамдығы; τ – импульстің созымдылығы;
 λ – толқынның ұзындығы; L – антеннаның ұзындығы; R – көлбеу қашықтығы; $\varphi = \theta$ – түсу бұрышы; H – ұшу биіктігі.

РЛ-түсірістегі жергілікті жердегі тең кесінділер ($A=B=C$) әртүрлі бейнеленеді. Жергілікті вертикальдан әрбір жерге орналасқан кесінділер 4.3.3-суреттегі $\Delta T_1 \langle \Delta T_2$ сияқты жақын орналасқандардан ($A_1 \langle B_1 \langle C_1$) ұзынырақ болады.



4.3.3- сурет. Еңіс және горизонталь қашықтық γ – визирлеу бұрышы; $\Delta T_1 - P_3 P_4$ кесіндісі сигналымен өтетін уақыт қашықтығы; $\Delta T_2 - P_5 P_6$ кесіндісі сигналымен өтетін уақыт қашықтығы; φ – радиосәуленің құлау бұрышы.

$A_1 \langle B_1 \langle C_1$ – еңіс қашықтығы бойынша жазба (пішінін өзгертіп жазып көрсету) кезінде РЛ-түсірістегі қашықтық. $A_2 = B_2 = C_2$ – горизонталь қашықтығы бойынша жазба кезіндегі түсірістегі қашықтық (түзетілген).

Осы құбылысты түзетусіз алынған РЛ-түсірістердің (еңіс қашықтығы бойынша жазу) ұшу траекториясына нормал бойынша бейнелеудің ұлғайтылған масштабы бар. Антенна төңірегінде орналасқан жергілікті жерлер мынадай түрде беріледі. Горизонталь қашықтығы бойынша РЛ-түсірістерін жазып көрсетуге түзетулер енгізуді көздейді, олар әртүрлі масштабты өтейді, соның нәтижесінде РЛ-түсірістің үлкен картографиялық бейнеленуіне қол жеткізіледі.

Түсіріс жолағын қамтитын масштаб пен ені (Н) түсіріс биіктігімен, жақын және алыс зоналардағы (φ) сәуленің құлау бұрышымен анықталады.

Шағын аудандарды түсіру кезіндегі айрықша түсірістердің масштабы 6 бастап 18 км дейінгі қармау жолағының ені 1: 100 000 бастап 1: 180 000 дейін өзгереді. 30 бастап 50 км дейінгі қармау жолағының ені кезінде масштаб шамамен 1:400000 құрайды. Түсіріс жолағының ұзындығы берілген бағыт ұзындығымен шектеледі. Түпнұсқалар жолағын іс жүзінде пайдаланған кезде, әдетте бөліктерге кеседі және олардан 3-4 есе үлкейтілген көшірмелер даярланады.

4.3.3. Нақты апертурасы бар БШРЛС жүйесінің кеңістіктік түсіру рұқсатығы

Осындай жүйелердің кеңістіктік түсіру мүмкіндігі сәулелену бағытында (R_q көлденең қамту) және ұшу бағытында (R_a азимуталдық қамту) әртүрлі, 4.3.4-суретті қараңыз. Ұшу бағытына көлденең алаңдағы түсіріс сәтінде сәулелену мөлшері (τ) микротолқынды сәуле жіберілген импульстық созымдылығымен, ал ұшу бағытында радиосәуленің горизонталь енімен анықталады (ашу немесе антенна апертурасы).

Теориялық тұрғыда радиолокаторлық шолу өрісіндегі көлденең қамту, жарық жылдамдығына импульс ұзақтығының жартысын жүргізу $\left(c \cdot \frac{\tau}{2}\right)$ құрайды, өйткені импульс антеннадан объектіге дейінгі және кері аралықты өтеді. Импульстың ұзақтығы микросекундтармен өлшенеді. Алынған шама ұшу бағытына перпендикуляр келешекті қамтуды көрсетеді, жергілікті жерде оған сәйкес келетін қамту шамасын алу үшін келешекті қамту шамасын (γ) антеннаның көздеу бұрышының косинусына немесе оған қосымша (θ) радиосәуленің түсу бұрышын синусына бөлу қажет

$$R_q = \frac{c\tau}{2 \sin \theta}.$$

Горизонталь беттікпен антенна арқылы өтетін антенна мен объектіні байланыстыратын тікелей сызық арасындағы бұрышты - көздеу бұрыш деп атайды. Бір-бірінен тең немесе түсіру мүмкіндігі есептелген шамадан кем аралықта орналасқан объектілер түсіріс нәтижесінде суретте бірігіп кетеді.

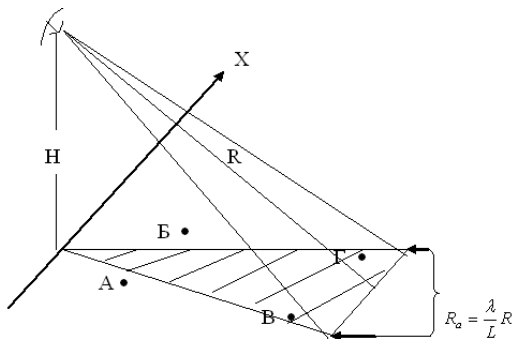
(R_q) формуласынан байқалғандай, жақын алаңдағы түсіру мүмкіндігі одан қашыққа қарағанда нашар. Ол объектінің антеннадан пропорционалды алыстаған сайын жақсарады.

Ұшу бағытында (азимуталдық бағыт) қамту элементінің ені радиосәуле енімен анықталады (4.3.4-сурет). Радиосәуле ені антенна ұзындығына кері пропорционалды. Барынша ұзақ антенналар ең жақсы түсіру мүмкіндігін береді. Сәулеленетін

энергия түйіндерін ашу бұрышы, сәулелену толқындарының ұзындығына тікелей пропорционалды. Сондықтан азимуталдық қамту (R_a) қысқа толқынды сәулелену үшін жоғары. Жақын алаңдағы желек тәріздес радиосәуле алыстағы қарағанда тар болып келеді. Бұдан (R_a) жақындағы алаңның алыстағыға қарағанда жақсы екендігін көруге болады.

R_a шамасы да көлбеу қашықтығының функциясын білдіреді. РЛ-түсірісіне жақын зонадағы объекіден бір-бірінен (А,Б) бірдей ажыратылған екі объекті шынайы ажыратылады, ал алыстағы зонадағы қосылады, яғни қамту ауқымының бір элементінің ішіне түседі.

Сөйтіп, сәулелену бағытындағы кеңістіктік қамту шамасы азимуталдық бағытта да қарама-қарсы жаққа өзгереді.



4.3.4-сурет. Радиосәулеленің ені және азимуталдық шешімділік

Жергілікті жердегі қамту элементінің шамасына ықпал ететін түсірістердің негізгі параметрлері – бұл ұшу биіктігі импульстың ұзақтығы мен көздеу бұрышы.

4.3.4. Синтезделген апертуралы радиолокациялық түсіріс жүйелері

Нақты апертуралы радиолокациялық жүйелердің рұқсатығын арттыру үшін қысқа толқындар немесе антенна ұзындығын арттыру пайдаланылады. Алайда, бұл жағдайда жаңа мәселелер туындайды. Толқын ұзындығының төмендеуі импульс энергиясы-

ның төмендеуіне, қондырғының техникалық мүмкіндіктерімен шектеулі антенна ұзындығын арттыруға алып келеді.

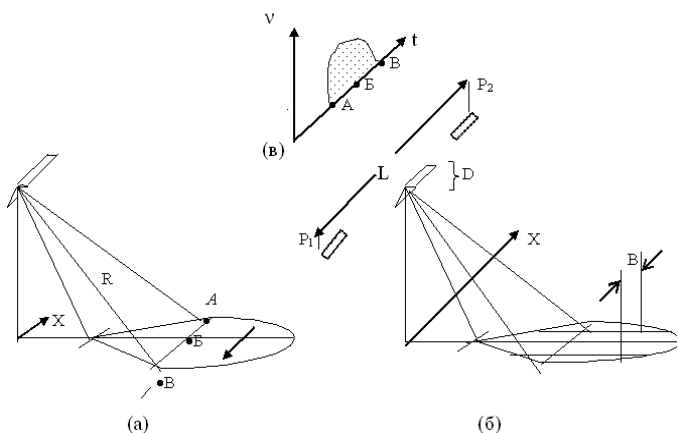
Осы мәселелер синтезделген апертуралы РЛ-жүйесін әзірлеумен шешіледі (САРЛ, SAR).

САРЛ жұмысының принципі 4.3.5 суретте келтірілген.

САРЛ (D) салыстырмалы қысқа антеннамен жұмыс істейді.

Уақыттың тұрақты аралығында ол ұшу траекториясының бағытынан жергілікті жерге кең жапырақ тәріздес сәуле таратады. Түсіріс жүйесі бар платформа қозғалысы кезінде түсірілім жолағында орналасқан объекті радиосәулемен сәуленген антеннаның ішінде қозғалатын сияқты көрінеді (4.3.5.а сурет.). Ұшу кезінде объекті радиоантеннаның «жапырақ» шегіндегі және одан шағылысқан энергия импульстары көптеген бірінен соң бірі орналасқан позициялардан қабылданады.

Радиосәуле арқылы жер объектісінің орын ауыстыруы негізінде объектіде шағылыстырғаннан кейін жиіліктер мен радиоимпульсты антенналардың сәуленген фазасының өзгерістері өтеді. Осы, Доплер тиімділігіне негізделген жиіліктің әртүрлі өзгерістері доплерлік диаграммада көрсетілген (4.3.5.в-сурет).



4.3.5-сурет. САРЛ жұмыс істеу принциптері

Қондырғы қозғалысының себебінен доплерлік жиілік айырмасы сигналдардың жер объектісінен шағылыстырылғаны

түрлі минимумнан радиосәулеге кіргенге дейін өседі (т.А) р ең жоғарғыға дейінгі радиосәуле қондырғыға қарама-қарсы позицияның ең жоғарғы мәніне көтеріліп (т.Б), одан ары радиосәуледен шыққанда ең төменгі мәнге дейін құлдырайды (т.В). Объектіден шағылысқан радиосигналдардың амплитудасы, жиілігі мен фазалық сипаттамалары объектінің антеннамен сәулеленуіне кеткен уақыттың бойында электрондық қондырғыға жинақталады. Сәулеленетін кеңістік ішіндегі әрбір нүктенің доплерлік жиіліктер айырмасының өзіндік бейнесі бар.

САРЛ жүйесінің қабылдағышымен қабылданған радиосигналдар олардың жиілігі мен фазаларының өзгерістері туралы мәліметтерімен бірге тіркеледі. Әрбір сигналдың интерференциалдық бейнесі ЭЛТ көмегімен голограмма түрінде немесе магниттік тасымалдауыштарға сандық түрде фотоүлдірге алғашқы материал ретінде жазылады. Ұшқаннан кейін өзінде фазалық сипаттама мен импульстердің көлбеу қашықтығының сипаттамасын үйлестіретін осы мәліметтер РЛ-түсірілімде өңделеді. Бұл жағдайда, «антенна ұзындығы» ретінде сәулеленетін дақтың ені қызмет етеді. Сөйтіп, синтезделген антеннаның ұзындығы (L) дақ сәулеленуінің уақыты ішінде қондырғы ұшуы траекториясының кесіндісіне (P_1P_2) сәйкес келеді, яғни антенна ұзындығының жасанды ұлғаюы жүргізіледі.

САРЛ кеңістіктік рұқсатығы $L_{\text{эф}} = R/L$ тұжырымымен ұшу траекториясынан R қашықтығына байланысты тиімді апертурамен анықталады. Ол объектіні жоюдың өсуімен жақсартады (R_q -көлденең қамту ауқымы) және де импульс ұзақтығына тәуелді. Азимуталдық бағыттағы түсіру мүмкіндігі шамамен антеннаның физикалық ұзындығының жартысын құрайды және толқынды жою мен ұзындығына тәуелді емес. Сәулеленген антеннаның синтезделген апертурасы радиосәуле ендігі бойынша тиімділіктің жіңішке жіңішке құрайды. 4.3.5. б суреттегі (В) аймағы.

Фокусталған жүйе деп аталатын САРЛ аппаратының сан алуандығы фазалар ауысуын түзетудің көмегімен азимуталдық түсіру мүмкіндігі жақсартуға мүмкіндік береді. Фазалық

өзгерістерді түзету жердегі объектілерден келетін шағылған сәулелердің фаза жайындағы мәліметтерін іріктеуі арқылы толқынның сфералық қисықтарының ықпалын реттейді. Бұл жағдайда, азимуталдық түсіру мүмкіндігі антеннаның физикалық ұзындығының жартысы (L) және антеннаның нақты ұзындығының жартысын (D) аралығындағы шегінде жатады.

Толқынды жою мен ұзындығына азимуталдық түсіру мүмкіндігінің тәуелсіздігі, көздеу бұрышының және платформаның тұрақтылығы әсері ғарыштан жоғарғы тиімділіктегі радиолокациялық түсірілімдерді жасауға мүмкіндік береді.

Әуе кемелерінен түсіріс жүргізу кезінде траекторияның және платформаның тұрақтылығына қол жеткізу мүмкін емес, бұл жағдай түсірістердің геометриялық дәлдігіне әсерін тигізеді.

4.3.5. Радиолокациялық түсірістердің геометриялық бұрмалануы

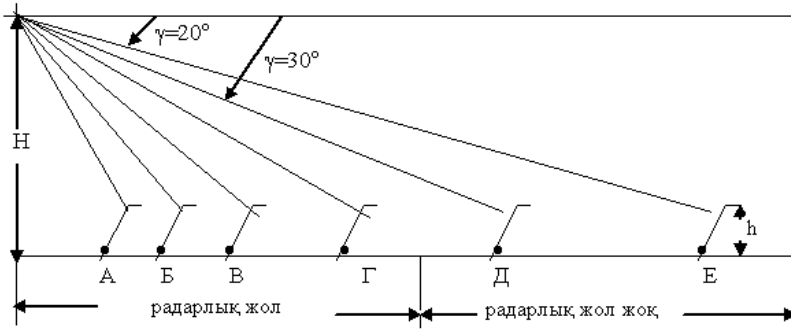
РЛ-түсірістер құрылу принципі бойынша сканерлік болып табылады. Бейнелеуді қалыптастыру сызбасы саңылаулық тиегі бар аэрофототүсірістік камерадағымен бірдей.

РЛ-түсірістері бейнелердің геометриялық ерекшеліктерінен және түсірілім платформасының кеңістіктік жағдайының ауытқуларынан туындаған қателер мен бұрмалануларды құрайды. Бейнелердің геометриялық ерекшеліктеріне байланысты қателер радиолокациялық жүйенің радиоимпульстар қозғалысының уақытын анықтауда қателесетіндігінен туындайды. Ұзындықтары бірдей кесінділер көлбеу қашықтықтары бойынша жергілікті жерде (R көлбеу қашықтығы бойынша арақашықтықты өлшеу) әртүрлі көрінеді (4.3.3-сурет).

Сонымен қатар, РЛ-түсірілімдерде бедердің сипаттамасынан туындаған бұрмаланулар бар. Өзінің ұзындығы бойынша салыстырмалы беткейлер көздеу бұрышының өзгерісі кезінде түсірістерде әртүрлі ұзындық кесінділермен беріледі. Беткей бұрышы мен радиосәулелің түсу бұрышының әсерінен туындайтын қателіктерді түзету қиын соғады.

Төменде бедер сипатына тәуелді қателердің негізгі түрлері келтірілген.

«Радарлық жол» әсері (4.3.6-сурет).

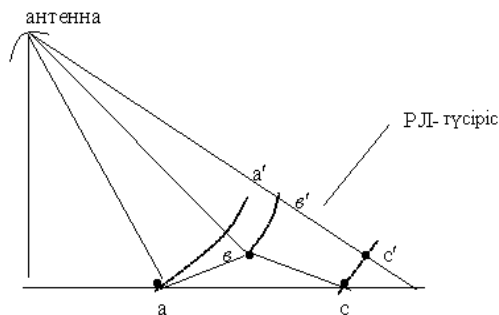


4.3.6-сурет. «Радарлық жолдың» әсері

Жердегі объекіден шағылыстырылған сигналдар қабылдау антеннасына олардың түсіріс тәртібімен жетуге тиіс. Биік таулы аудандарда сигнал жартас биіктігіне оның бөктеріне қарағанда ерте жететін жағдайлар да кездесуі мүмкін. Сәйкесінше тау биіктігінен шағылыстырылған сигналдар олардың табанынан шағылыстырылған сигналдарға қарағанда ертерек келіп жетеді. Сондықтан түсірістерде биік таулардың антенна бағытына ығысу әсері және жартастардың күрт құлама әсерлері беріледі.

Радарлық жолдың әсері болып көлбеу қашықтық, көздеу бұрышы және жартас бұрышының функциясы саналады. Жақын аймақтағы бұрмалаушылық жоғары. Осыған орай көздеу және жартас бұрыштарының артуымен бұрмалануда өсе түседі.

Перспективті қысқарту. Антеннаға ығысқан беткейлер антеннадан ығысқан беткейлермен салыстырғанда, РЛ-түсірілімдерде «сығылған» түрде беріледі (4.3.7-сурет).



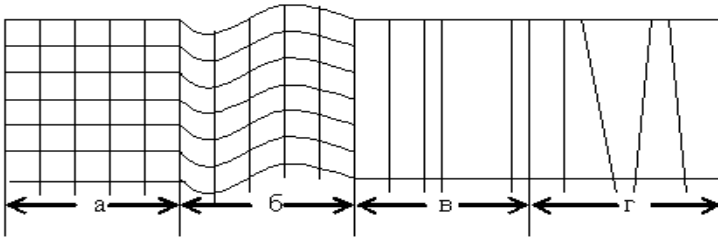
4.3.7-сурет. Перспективті қысқарту

(ав) беткейінен қабылданатын шағылыстырудың (а'в') уақыттық аралығы (в'с') қашықтығынан қысқа. Осы құбылыстың салдарынан түсірілімде жергілікті жерде (ав=вс) тең болса да беткей (а'в') ұзынырақ бейнеленеді.

Радиокөлеңкелер. Радиотолқындардың тіксызықтылығы салдарынан тау учаскелерінде олар жетпейтін және шағылыстырыла алмайтын орындар да бар. РЛ-түсірістерде осындай учаскелер кара түспен бейнеленеді және радиокөлеңкелер деп аталады. Функционалды тұрғыда радиокөлеңкелер ұшу биіктігіне, көлбеу бұрышына, түсіріс объектісінің биіктігіне тәуелді.

Ұшу аппаратының ауытқуларынан туындаған геометриялық бұрмаланулар 4.3.8-суретте келтірілген.

Платформаның көлбеулік ауытқулары түсірілімдердің масштабты сызықтық емес бұрмалануларына алып келеді. Платформаның горизонталь (крен, тангаж) және вертикаль өстерінің төңірегіндегі (рыскание) антенналардың ауытқуына алып келеді. Ұшақтың бойлық өсінің бойындағы бұрылыстары (крендер) зондтаушы сәуле ішіндегі энергия таралуының өзгерісіне алып келеді.



4.3.8-сурет. Платформа ауытқуларынан туындаған геометриялық бұрмаланулар

а – мінсіз кескін; б – бағыттан ауытқу; в – тангаж мен ұшу жылдамдығы бойынша ауытқу; г – көшіру.

4.3.6. ЖҚЗ радиолокациялық ғарыштық жүйелері

ЖҚЗ радиолокациялық әдістері ауа-райы жағдайына (бұлт, тұман) және жарықтылыққа (тәулік бойы түсіріс) тәуелсіз, жергілікті жер объектілерінің диэлектрлік қасиеттеріне сезімталдық, зондтау мүмкіндіктері бойынша ерекшелінеді.

ЖЖС радиолокациялық аспаптардың үш негізгі типтерімен жарақталады: биіктік өлшегіштер, скаттерометрлер, нақты және синтезделген апертуралы бүйірлік шолудың радиолокациялық жүйелері.

Радиолокациялық биіктік өлшегіштер мұхиттың үстіңгі беті, гравитациялық ауытқулар, толқын биіктігі, желдің жылдамдығы, құйылым деңгейлері, үстіңгі бет ағыстарындағы және мұз жамылғысының қозғалыс жылдамдықтары және теңіздің орташа деңгейіндегі немесе үстіңгі бетінің жағдайындағы өзгерістерге алып келетін басқа да үдерістер туралы ақпараттар алу мақсатында 2-8 см дәлдікпен жергілікті жердің биіктік қимасын өлшеу үшін қолданылады.

СКАТТЕРОМЕТРЛЕР (жел өлшегіштер) желдің синоптикалық алаңын анықтауға арналған. Іс-әрекет принципі судағы жел жылдамдығы мен бағытынан теңіз үстіңгі беті таралуының тиімді алаңының шамасына тәуелділікке негізделген.

Синтезделген апертуралы радиолокациялық жүйелер (САРЛЖ) (10-100 м) үлкен кеңістіктік түсірілу мүмкіндігі бар

жүйе ретінде ЖҚЗ ғарыштық жүйелерінде негізгі аппаратура ретінде қолданылады.

ЖҚЗ радиолокациялық әдісінің артықшылығы мына бағыттарда оның қолданылу басымдығын анықтайды:

- ауа-райы жағдайы және қол жетімділігіне қарай қиын аудандар бойынша мәліметтер алу;
- талап етілетін аудандар бойынша, әсіресе төтенше жағдайлы аудандарды жедел тәулік бойы бақылау;
- судың жоғарғы бетінің ластануын бақылау;
- мұхиттардағы мұз ахуалын бақылау және кемелердің қозғалысын бақылау.

САРЛЖ кемшіліктері конструкцияларының күрделілігі, үлкен габариттер мен ауырлығы, ақпаратты өңдеу қиындығы болып табылады, осының нәтижесінде ЖҚЗ оптика-электронды мәліметтерімен салыстырғанда, өнімдерінің айтарлықтай қымбаттылығына алып келеді.

Бұдан әрі ЖҚЗ негізгі ғарыштық радиолокациялық жүйелерінің негізгі тактика-техникалық мәліметтері келтіріледі.

ERS ЖҮЙЕСІ (European Remote Sensing satellite). Жүйені Еуропалық ғарыштық агенттігі әзірлеп және пайдаланады. Мақсаты: Жер бетінің барлық ауа-райылық, жағандық, жүйелілік түсірістерін жүргізу, желдің бағыты мен теңіздің жоғарғы бетінің температурасын өлшеу негізінде ауа-райын болжамдарын жасау, мұз алаңдарының картасын дайындау, Әлемдік мұхиттың ластану аймақтарын және мұхиттық басқа артықшылықтарын анықтау мәселелерін шешу. “ERS” сериясындағы бір ЖЖС құны 700 млн. доллармен есептеледі.

Алғашқы жер серігі көлбеулігі 98, 5°, биіктігі 782-785 км және айналу периоды 100,465 мин шеңберге жуық күндік синхронды орбитаға 1991 жылғы 17 шілдеде шығарылды. Белсенді жұмыс істеу мерзімі – 3-4 жыл. Негізгі зондтаушы аппаратура ретінде үш режимде жұмыс істей алатын “АМІ” (Active Microwave Instrument) қысқа толқынды зондтау аппараты қолданылады:

1. Параметрлер мен антенна апертурасын синтездеу арқылы радиолокациялық бейнелерді құру режимі:

- сәулелену қуаты: 1270 Вт;

- сәулелені жиілігі: 5,3 ГГц;
- импульс ұзақтығы: 37,1 мкс;
- қамту ауқымы: 30 м;
- қармау ені: шолу жолағының ортасында 23° құлау бұрышы кезінде 100 км;

– мәліметтерді беру жылдамдығы: 105 Мбит/с.

2. Антенна апертурасын синтездеу арқылы теңіз толқындарын зерттеу режимі (толқын бағыты мен ұзындығын анықтау):

- сәулелену қуаты: 540 Вт;
- сәулелену жиілігі: 5,3 ГГц;
- толқын ұзындығын өлшеу дәлдігі: 100-1000 м диапазонында 25%;
- толқын бағытын анықтаудың дәлдігі: 0-180° диапазонында $\pm 20^\circ$;

– мәліметтерді беру жылдамдығы: 370 Кбит/с.

3. Үш сәулелі скаттерометр режимі (су төңірегі желдерінің сипаттамасын анықтау үшін):

- үш сәулемен сканерлеу жолағы: 500 км;
- сәулелену қуаты: 540 Вт;
- сәулелену жиілігі: 5,3 ГГц;
- жел жылдамдығын анықтау жылдамдығы: ± 2 м/с;
- жел бағытын анықтау дәлдігі: $\pm 20^\circ$;
- мәліметтерді беру жылдамдығы: 500 Кбит/с.

“ERS” сериясындағы жер серігін “Envisat” сериясындағы ЖЖС-мен ауыстыру жоспарлануда, олар биіктігі 820 км, көлбеу бұрышы 98,55° шеңберлі күн синхрондық орбитаға шығарылатын болады. Қызметінің жоспарланған мерзімі 5 жыл. Ұшырылу мақсаты бұрынғыдай – бұл мұхиттану міндеттерін шешу, жер беті ЖҚЗ, қар және мұз жамылғыларының мәліметтерінің аясын кеңейту, атмосфераның химиялық құрамы, су айналымы, энергетикалық теңгерім туралы ақпарат жинау үшін үздіксіз бақылаулардың жалғасуы.

ЖҚЗ негізгі аппаратурасы ретінде “AMT” жетілдірілген аспабы “ASAR” (Advanced Synthetic Aperture Radar) радиолокациялық жүйесі орнатылады. Аспап 30 м немесе 100 м түсірілу мүмкіндігі ені 400 км жеті таңдалатын жолаққа дейін түсірістерді қамтамасыз

етеді.

ЖҚЗ жүйесінің мәліметтерін коммерциялық таратумен “Spot Image”, “EURIMAGE”, ”Radarsat International” фирмалары шұғылданады.

“RADARSAT” жүйесі. Бағдарламаға канадалық ғарыш агенттігі басшылық жасайды. Мұз жамылғысы, мұхиттар, орман жамылғылары, егістің дәнді-дақылдарын бағалау және басқа да табиғи ресурстық міндеттерді шешу туралы жаһандық ақпаратты барлық ауа-райы жағдайында жинауға арналған. Жер серіктерін ұшыру американдық ғарыш айлақтарынан АҚШ зымыран-тасымалдауыштары арқылы жүзеге асырылады.

Биіктігі 743 км, көлбеу бұрыштары 98,6°, салмағы 2,9 тонна “RADARSAT” сериясындағы алғашқы ЖҚЗ шеңберлі, күн-синхрондық орбитаға 1995 жылғы 4 қарашада шығарылды. Белсенді қызметінің есептемелік мерзімі – 5 жыл.

Төменде осы ЖЖС-ға орнатылатын антеннаның синтезделген апертурасы бар (РСА) радиолокациялық жүйенің техникалық сипаттамалары келтірілген:

- жұмыс жиілігі: 5,263 ГГц;
- кеңістіктік қамту ауқымы: 9-100 м (жұмыстың бес ықтимал режиміне байланысты);
- орташа сәулелену қуаты: 300 Вт;
- импульс ұзақтығы: 42 мкс;
- ақпаратты беру жылдамдығы: 105 Мбит/с;
- қармау жолағының ені: 170-500 км (жұмыс режиміне байланысты).

“АЛМАЗ” РЕСЕЙЛІК ЖҮЙЕСІ. Жүйенің алғашқы сынақтық жер серігі Байқоңыр ғарыш айлағынан 1987 жылғы 25 шілдеде, екінші «Алмаз-1А» ЖЖС 1991 жылғы 31 наурызда ұшырылды және қызметін 1992 жылғы қазанда тоқтатты. Жер серіктерінің салмағы 18,5 т (4 т пайдалы жүктеме), корпусының ұзындығы 15 метр, диаметрі 4,15 метр болды. Орбитасы шеңберлі, биіктігі 280 км, көлбеу бұрышы 72,7°.

Синтезделген апертурасы бар радиолокациялық жүйенің сипаттамасы (РСА):

- жұмыс жиілігі: 3 ГГц;
- кеңістіктік қамту ауқымы: 15 м.

- импульстар ұзындығы: 0,07 және 0,1 мс (екі сәуле);
- сәулелену қуаты: 190 Вт;
- қармау жолағының ені: 350 км;

Жоспарланған «Алмаз-1Б» ЖЖС үш РСА радиолокациялық кешенімен және нақты апертуралы бір радиолокациялық жүйемен (БШРЛЖ) жарақтау көзделуде.

Орбитаның болжанған 400 км биіктігі кезінде РСА сипаттамалары төмендегідей болады:

- камту ауқымы: РСА-3, РСА-10, РСА-70 жүйелері үш сәйкесінше 5-7 метр, 5-40 метр, 20-40 метр;
- толқынның жұмыс ұзындығы: 3,5 см, 9,6 см, 70 см;
- қармау жолағының ені: 330 км;

Сонымен қатар, РСА “ТРАВЕРС” радиолокациялық жүйесі «МИР» орбиталық станциясы «ПРИРОДА» модулі ЖҚЗ аппаратурасының құрамына енеді.

Жоғарыда тізбеленген елдермен қатар, радиолокациялық жүйе арқылы ЖҚЗ бағдарламалары Жапонияда (Jers, ALOS) бар.

Жеделдік, ауа-райы мен жарықтандыру шарттарына тәуелсіздік сияқты ЖҚЗ радиолокациялық әдісінің осындай артықшылығы оның әскери барлау жер серіктерінде қолданылуына себеп болады.

Бақылау сұрақтары:

1. ЖҚЗ фотографиялық әдісі қандай белгілері бойынша жіктеледі?
2. Көп зоналы фотографиялаудың мәні неде?
3. Ғарыштық фототүсірістің негізгі ерекшеліктері.
4. Ғарыштан ЖҚЗ фотографиялық әдісінің артықшылықтары.
5. Ғарыштан ЖҚЗ фотографиялық әдісінің кемшіліктері.
6. ЖҚЗ оптика-электронды әдісінің мәні .
7. ЖҚЗ оптика-электронды әдісінің артықшылықтары.
8. ЖҚЗ оптика-электронды әдісінің кемшіліктері.
9. ОЭЖ жіктеу белгілері.
10. ОЭЖ шағылу қабылдағыштарының жіктелу белгілері.
11. Сканерлеу жүйелерінің негізгі сипаттамалары.
12. ЖҚЗ оптика-электрондық әдістерінің түрлері.

13. Оптика-механикалық сканерлеудің мәні.
14. Оптика-механикалық сканерлердің кемшіліктері.
15. Оптика-электронды сканерлеу принципі.
16. Оптика-электронды сканерлер артықшылықтары.
17. Сканерлік түсірістердің параметрлерін атаңыз?.
18. Сканерлік түсірістің кеңістік мүмкіндіктері қандай параметрлерге байланысты?
19. Сканерлік түсірістің кадрларының қалыптасуы?
20. Қандай тәсілдер бойынша сканерлік бейне берілген картографиялық проекцияға көшіріледі?
21. Сканерлік түсірістердің геометриялық бұрмалануына әсер ететін факторлар?

5. ҚАШЫҚТЫҚТАН ЗОНДТАУ ӘДІСТЕРІМЕН ЖЕРДІҢ ТАБИҒИ РЕСУРСТАРЫН ЗЕРТТЕУДІҢ ҒАРЫШТЫҚ ПРОГРАММАЛАРЫ

5.1. Ғарыштан ЖҚЗ программаларына шолу

Ғарыштан ЖҚЗ мәліметтерінің ауқымды қолданылу спектрі әртүрлі аппаратура мен ғарыштық түсірілімдердің арнайы программаларының жеткілікті үлкен көлемін туғызады. Бағдарламалар мен оларды жүзеге асыратын елдер санын кеңейту барлық деңгейдегі кеңістіктік түсіру мүмкіндігіті артыру ЖҚЗ материалдарына еркін коммерциялық мүмкіндіктің ашылуына, оларды өңдеу мен түсіндірудің компьютерлік технологиясының дамуына ықпал етті.

Программалар нысаналық мақсаттары бойынша шартты түрде төрт негізгі топқа жіктеуге болады:

1. Метеорологиялық жүйе;
2. Табиғи ресурстық жүйе;
3. Мұхиттанушылық жүйе;
4. Атмосфералық жүйе.

ЖҚЗ-ның метеорологиялық жүйелері АҚШ-та (NOAA жүйесі), Ресейде (Метеор, Электра), Қытайда (FY, Feng Yun-жел мен бұлттану), Жапонияда (GMS- Geostationari Meteorological Satellite), Үндістанда (INSAT), Еуропалық ғарыштық агенттігінде (METEOSAT) бар.

Табиғи-ресурстық жүйелер – өте белсенді дамыған программалар. Осы бағыттағы өз программалары Еуропа ғарыш кеңістігінде (ERS, ENVISAT жүйесі), Жапонияда (JERS, ALOS, ADEOS), Бразилияда (MECB), Қытайда (CBERS), Канадада (RADARSAT) бар. Өз жүйелерін жасау жөніндегі ізденістер Ұлыбританияда, Аргентинада, Кореяда, Германияда, Испанияда, Италияда, Израильде, Грецияда жүргізілуде. Осы тарауда АҚШ, Франция, Ресей мен Үндістан программаларына қазіргі уақытта картография мақсаты үшін де, табиғи ресурстық міндеттердің үлкен санын шешуде де өте кең қолданылатын ЖҚЗ мәліметтеріне шолу жасалады.

Мұхиттар мен атмосфераны зерттеу жөніндегі ЖҚЗ жүйесі

Жапонияда (“MOS” сериясындағы ЖЖС), АҚШ-та (Sea Star), Ресейде (Океан-О), Францияда (Торех/Poseidon), АҚШ-та (Uars, Toms-EPTRMM- Жапониямен бірге), Швецияда (ODIN) бар.

Сонымен қатар, жоғарғы және өте жоғарғы түсіру мүмкіндігі ЖҚЗ аппаратурасымен бірге табиғаттану жер серіктерінде осындай нысаналы аппаратураны кешенді орнату қолға алынуда.

АҚШ-та “EOS” (Earth Observing Sistem) программасы бар, яғни ғаламшардағы ғаламдық физикалық, химиялық, биологиялық және әлеуметтік өзгерістерді зерттеу мақсатында атмосфераны, мұхиттарды, криосфераны, биосфераны, құрлықтың жоғарғы бөлігін, ғаламшардың энергетикалық теңгерімін, жаһандық су айналымын жан-жақты зерттеуді 15 жыл бойында жүргізу жоспарлануда.

5.2. “LANDSAT” программасы

5.2.1. Программаның жалпы сипаттамасы

Жердің табиғи ресурстарын зерттеу жөніндегі “LANDSAT” бағдарламасын бастапқыда АҚШ аэронавтика және ғарыштық кеңістікті зерттеу жөніндегі ұлттық агенттігімен АҚШ “NASA”(National Aeronautics and Space Administration) құрылып және пайдаланылды. 1983 жылдан бастап жүйе мұхиттар мен атмосфераны зерттеу жөніндегі ұлттық басқармаға “NOAA”(National Aeronautics and Space Administration), ал 1985 жылы ЖҚЗ мәліметтерін коммерцияландыру мақсатында “Space Imaging EOSAT”(Earth observation Satellite) жеке фирмасына берілді. Жүйені күту мен ұстауға кететін айтарлықтай шығындарға байланысты 1989 жылдан бастап программаны мемлекеттік қаржыландыру және оған “NASA” мен “NOAA” қатысуы қарастырылды.

“LANDSAT” сериясындағы ЖЖС әзірлеу және даярлаумен “RCA Astro Electronics”, “Computer Scientist Corp.”, “Energetics Satellite Corp.”, “Odetics” фирмаларының және АҚШ-тың басқа ұйымдарының қатысуымен “General Electric” корпорациясы шұғылдануда. Бұл сериядағы ЖЖС құнының негізгі үлесін

жерді қашықтықтан зондтау аппаратурасы құрайды.

Осылайша жер серігіне орнатылған оптика-электрондық (механикалық) камераның құны “MSS”(Landsat 1-4) – 15 миллион доллармен, “TM”(Landsat 4-5) – 60 миллион доллармен, “ETM”(Landsat-6) – 85 миллион доллармен бағаланады.

Екі ЖЖС (Landsat-4,5) зерттеу, жасау мен ұшырудың жалпы құны 505 миллион доллар сомасын құрады, ал жаңа буындағы “Landsat-7” жер серігінің құны 350-390 миллион долларға бағаланады.

Программаны жүзеге асыру үш ЖЖС-нен тұратын алғашқы серияны, сәйкесінше 1972 жылғы 23–шілдеде, 1975 жылғы 22–қаңтарда, 1978 жылғы 5–наурызда ұшырумен бастаған. Жер серіктері биіктігі 917 км және көлбеу бұрышы 99° шеңберлі күн-синхронды орбитаға шығарылды. Алғашқы жер серігінің айналу уақыты 103 минутты құрады. Жер серігі тәулігіне күн жағындағы экватор жазықтығын 14 рет кесіп өтті, 17-18 тәулік айналыммен яғни бір жыл ішінде 20 рет жергілікті жерге қайталама түсіріс жүргізді.

Жердің өз осінің бойымен айналуынан тәуліктік трассаның жылжуы экватор ауданында ендік жабылу 14% бастап, полярлық аудандарда 80% дейін (57% ендікте 60°) қамтамасыз етті және экваторда 2875 км және 40° ендікте 2100 км. құрады.

1978 жылға дейін ақпарат берген “Landsat-2,3” жер серігімен жұмыс кезінде қайталама түсірілім айналымы 9 күнді құрады.

“Landsat-4” екінші буындағы ЖЖС биіктігі 705 км, көлбеу бұрышы $98,2^\circ$ және 99 минут айналым мерзімімен шеңберлі күн-синхрондық орбитаға 1982 жылғы 16 шілдеде шығарылды. Жер серігінің экватор жазықтығымен қиылысуының жергілікті уақыты 9 сағат 45 минутқа теңелді, түсіріс айналымы 16 тәулікті құрады (233 айналым арқылы). Экватордағы жолдардың айналымаралық жылжуы 2760 км құрады. Кеңістіктік рұқсаттылықты арттыру үшін ең төменгі орбита 30 метр дейін болды. Жер серігі телевизиялық камераның орнына оптика-механикалық сканерлеудің аса жетілдірілген аспабымен екінші болып жаракталды. Жер серігінің аппаратурасы көп мәрте істен шығып, оның жұмыс қабілеті X-диапазоны мәліметтерін берудің

резервтік сызығын іске қосу есебінен 1987 жылғы қазанда калпына келтірілді. Бейнелеуді беру 1993 жылдың шілдесінде тоқтатылды.

“Landsat-5” жүйесі кезекті жер серігінің ұшырылуы алдыңғы жер серіктік орбитасымен сәйкес келетін орбитаға 1984 жылғы 1 наурызда жүзеге асырылды. Ол ЖЖС резервтік данасы ретінде даярланды, одан кейін соңғысының бортында пайда болған ақауларды ескере отырып жетілдірілді. 1987 жылы жер серігіндегі Ku – диапазоны жиілігіндегі мәліметтерді беру жүйесі қатардан шықты. “ТМ” және “MSS” сканерлерінен ақпаратты тікелей беру X- және S-диапазондарында ақпаратты қабылдаудың жер станцияларында жүзеге асырылды.

“LANDSAT-6” жүйесінің кезекті серігі зымырантасығыштың жұмысының ақаулылығынан 1993 жылғы 5 қазанда атмосфераның тығыз қабатында ұшыру кезінде жанып кетті. Оның массасы 2720 кг болды және қабылдаудың жер станциялары жетпейтін ұшу кезінде ЖЖС ақпаратын жазу үшін “Odetics” фирмасының борттық магнитофондарымен жабдықталды. ЖЖС ақпаратты қабылдау пунктіне бағытталған X-диапазонындағы (8082,5; 8212,5; 8342,5 МГц) үш бағытталған антенналармен жабдықталды. Мұның негізінде магнитофондардан ақпаратты, сондай-ақ нақты уақыт режиміндегі көп спектральды және панхроматты ақпаратты бір уақытта беру қамтамасыз етілді.

“LANDSAT-7” жүйесіндегі келесі жер серігін “LANDSAT-4” баламасындағы орбитаға жоғарғы көтерілуші торапка экваторда түйісудің жергілікті уақытымен 10 сағатта шығару жоспарлануда. Жер серігінің массасы 2,2 тоннаны құрайды. Бортында көлемі 185 x 185 км 100 түсіріске дейін жазуға қабілетті ақпараттың қатты денелі жинақтағышын орнату жоспарлануда. Жинақтауыш сыйымдылығы 380 Гбит құрайды.

5.2.2. “LANDSAT” программасының жерді қашықтықтан зондтау аппаратурасы

“LANDSAT” жүйесінің алғашқы үш жер серігінде “RBV” (Return Beam Vidikon) телевизиялық камералары және “MSS”

(Multispectral Scanner Sistem) көп спектрлі оптика-механикалық сканері орнатылды.

“LANDSAT-1,2” ЖЖС-нің әрқайсысына үш әртүрлі спектрлік фильтрлі “RBV” үш камералары орнатылды.

“RBV” камерасының мынадай техникалық параметрлері бар:

– қамту ауқымы: 80 метр;

– спектрлік диапазондар: 0,475-0,575 мкм, 0,58-0,68 мкм, 0,69-0,83 мкм (яғни спектр аймағының жасыл-көк, қызыл-сары және ИҚ жақын қызыл);

– шолу аймағы: 185 × 185 км;

– радиометрлік қамту ауқымы: 64 деңгей;

“LANDSAT-3” ЖЖС-да “RBV” екі панхроматты камерасы мынадай сипаттамалармен орнатылды:

– қамту ауқымы: 40 м.;

– спектральдік диапазон: 0,505-0,75 мкм;

– шолу аймағы: 98×98 км.;

– радиометрлік қамту ауқымы: 64 деңгей. “MSS” оптика-механикалық сканерінің техникалық сипаттамалары:

– объективтің фокустық қашықтығы: 820 мм;

– рұқсат: 80 м;

– спектрлік диапазондар: 0,49-0,605 мкм (жасыл), 0,603-0,698 мкм (қызыл), 0,701-0,813 мкм (ИҚ жақын-қызыл), 0,808-1,023 мкм (ИҚ жақын).

“LANDSAT-3” диапазоны 10,4-12,5 мкм, кеңістіктік қамту ауқымы 240 м, шолу аймағы 185 x 185 км, радиометрлік қамту ауқымы 64 деңгей қосымша жылу ИҚ пайдаланылды.

“LANDSAT-4,5” ЖЖС-да орбита биіктігінің 705 км дейін төмендеуінен туындаған ақауларды өтеуге мүмкіндік беретін “MSS” оптика-механикалық сканерінің жетілдірілген нұсқасы орнатылды. Көп мәрте қолданылатын ғарыш кемелерін жасау үшін Жерге “LANDSAT” сериясындағы ғарыштық аппараттарды қайтару көзделді. “RBV” үш телевизиялық камерасының орнына осы ЖЖС жаңадан әзірленген оптика-механикалық сканерімен және “TM” (Thematic Mapper) төмендегі сипаттағы тақырыптық картографиямен жабдықталды:

– қамту ауқымы: көрінетін, жақын ИҚ мен спектр аймағындағы ИҚ 30 метр, спектр аймағында жылу ИҚ-да 120 метр;

- радиометрлік қамту ауқымы: 256 деңгей;
- радиометрлік дәлдігі: 10%;
- шолу жолағының ені: 185 км;
- ақпараттың шыға беріс ағынын қалыптастыру жылдамдығы: 85 Мбит/сек;
- масса: 245 кг;
- тұтынылатын қуаттылық: 345 Вт.

«ТМ» сканерінің телеобъективінің диафрагмасы 40,6 см және фокустық арақашықтығы 2,4 метр. Аспап спектрдің 7 учаскесінде бейнелеуді қалыптастыруға мүмкіндік береді. 1-4 арнадағы (0,45-0,9 мкм) бұрыштық қамту ауқымы 42,5 мкрад, 5-7 арналарда (1,55-1,75 және 2,08-2,35 мкм) 43,8 мкрад құрайды, алтыншы арнада (10,4-12,5 мкм) 170 мкрад құрайды.

Ұшырылуы сәтсіз болған “LANDSAT-6” ЖЖС-да оптика-механикалық сканерінде “ETM” (Enhanced Thematic Mapper) жетілдірілген тақырыптық картограф орнатылған еді. Осы жер серігінен бастап “MSS” сканерін пайдалану тоқтатылды. “ETM” камерасы спектрдің сегіз учаскесіндегі бейнелеуді құруға есептелді және үш режимде жұмыс істей алатын:

- 1-7 диапазондардағы түсірілімдер;
- панхроматты арнадағы және 4,6 арналардағы түсірістер (ауыл шаруашылық мақсаты үшін);
- панхроматты арналардағы және 4,6,7 арналардағы түсірістер (геологиялық мақсаттар үшін).
- “ETM” камерасы спектральды арналарының техникалық сипаттамалары:

- панхроматты: диапазоны 0,52-0,9 мкм;
- бірінші арна: диапазоны 0,45-0,52 мкм;
- екінші арна: диапазоны 0,52-0,60 мкм;
- үшінші арна: диапазоны 0,63-0,69 мкм;
- төртінші арна: диапазоны 0,76-0,90 мкм;
- бесінші арна: диапазоны 1,55-1,75 мкм;
- алтыншы арна: диапазоны 10,42-12,50 мкм;
- жетінші арна: диапазоны 2,08-2,35 мкм.

Панхроматты арнаның кеңістіктік қамту ауқымы 13м×15м, алтыншы арнада 120 метр, қалғандарында 30 метр.

Жобаланған “LANDSAT-7” ЖЖС-ін ETM + (ETM-Plus) көп спектрлі камерасымен мынадай техникалық сипаттамалар бойынша жабдықтау көзделуде:

- спектрлік диапазондар: толқындар ұзындығының қашықтығындағы 8 диапазон 0,45-12,50 мкм, 0,52-0,90 мкм бір панхроматты диапазонды қоса алғанда;
- кеңістіктік қамту ауқымы: панхроматты диапазонда 15 метр, жылу ИҚ диапазонда 60 метр, қалған диапазондарда 30 метр;
- радиометрлік дәлдік: 5%;
- шолу аймағының ені: 185 км;
- шолу мерзімділігі: 16 тәулік;
- масса: 424 кг;
- тұтынылатын қуат: 720 Вт;
- ақпаратты беру жылдамдығы: 150 Мбит/с.

Ақпаратты қабылдауда жер станциялары жетпейтін ұшу кезіндегі бейнелеуді жазу мен беру үшін борттық есте сақтау қондырғысын орнату көзделуде.

Сонымен қатар, ЖЖС-ны сәулеленудің сызықтық көп элементті қабылдағыштары (ЗБК), көп аймақтық режимдегі 10 метр және жұмыстың панхроматты режиміндегі 5 метр түсірілу мүмкіндігі бар оптика-электрондық сканермен жабдықтау жоспарлануда. Камерада сондай-ақ конвергенттік (алға, надирге, артқа) стереотүсірілімді орындау мүмкіндігі бар. ЖҚЗ мәліметтері 20 метрлік горизонтальдар қимасымен және автоматты түрде 1:24000-1:50000 масштабтағы топографиялық карталардың құрастыруға мүмкіндік беруі қажет.

5.2.3. Программаның қашықтықтан зондау мәліметтері

Ғарыштық жүйенің жердегі кешеніне мыналар кіреді:

1. Борттық аппаратура жұмысын жоспарлауды, ЖҚЗ мәліметтерін өңдеу мен ЖЖС телеметриясын қамтамасыз ететін SOCC (Spacecraft Operations Control Center, Мэриленд штаты) басқару орталығы;
2. Ғарыштық аппараттарды басқару станциясы (Norman, Оклахома штаты);
3. Тұтынушылардан өтінімдерді қабылдау және ЖҚЗ

мәліметтерін өңдеу орталығы (Годдарда атындағы орталық, Greenbelt, Мэриленд штаты Space Imaging EOSAT фирмасы штаб-пәтерінің жанындағы Lanham, Мэриленд штаты);

4. АҚШ аумағындағы мәліметтерді қабылдайтын станциялар және шетелдік станциялар, барлығы бүкіл құрлықтарда орналасқан 21 станция;

5. ЖҚЗ мәліметтер сақтау мен есептеу орталығы (EROS Data Center, Sioux Falls, Оңтүстік Дакота штаты).

Уақыттың нақты көлемінде ақпарат қабылдаудың типтік стансасы мәліметтер жинау жүйесінен (DAS), мәліметтерді өңдеу жүйесінен (DPS), түсірілімдерді даярлау мен өңдеу зертханасынан (PPL) тұрады.

LANDSAT жүйесінің ЖҚЗ мәліметтерін коммерциялық таратумен Space Imaging EOSAT фирмасы шұғылданады. Тұтынушыға ЖҚС-нен алынған ЖҚЗ мұрағаттық мәліметтері, сондай-ақ түсіріс аппаратурасының бүкіл спектрі бойынша пайдаланылған жүйенің қолданыстағы спутниктерінен (олар орбитада болған жағдайда) мәліметтер жеткізіле алады. Өнімдер (түсірістер) магниттік аспаптарда цифрлық түрде немесе фотоқағазда көрнекі түрде, ақ-қара түстегі жағымсыз немесе жағымды үлдірде немесе су көк, өсімдік қызыл, бұдырланбаған үстіңгі бет сұрғылт-көк түспен бейнеленген түрлі-түсті стандартты синтезделген түсірілімдер түрінде жеткізіледі.

LANDSAT жүйесі өнімдерінің аса кең таралуы көлемнің 1:3 369 000, 1: 1 000 000 төрт спектрлік және 1: 1 000 000 масштабтағы түрлі-түсті синтезделген түсірістер аймағында ақ-қара аймақтық фототүсірістер түрінде етек алды. Сондай-ақ 1: 500 000, 1: 250 000 дейін тұтынушы тапсырысы бойынша түсірістерді ұлғайту және 1: 100 000 дейінгі масштабта полиграфиялық әдіспен фотокарта жасау жолға қойылды.

“LANDSAT” жүйесі өнімдерінің құны түсірілім жүргізу түрі мен күніне байланысты 200 бастап 6000 дейінгі АҚШ доллары шегінде ауытқиды.

5.3. “СПОТ” (SPOT) программасы

5.3.1. Программаның жалпы сипаттамасы

Жердің табиғи ресурстарын зерттеудің Француздық ғарыштық жүйесін СПОТ (SPOT- Systeme Probatoire d’Observation de la Terra) құру жөніндегі жұмысты 1975 жылы Францияда Ғарыштық зерттеулердің ұлттық орталығы (CNES) бастаған болатын. Жүйенің бас әзірлеушісі болып Matra Marconi Space фирмасы таңдалды. Программаны қаржыландыруды мемлекеттік ұйымдармен қатар, жеке ұйымдар да жүргізді. Жүйенің ЖҚЗ мәліметтерін коммерциялық таратумен АҚШ-та, Австралияда, Сингапурда филиалдары бар SPOT IMAGE жеке фирмасы шұғылданды. Жүйенің орбиталық сегменті Францияның Ғарыштық зерттеулердің ұлттық орталығына тиесілі.

Программа сәйкес СПОТ жүйесінің орбиталық сегменті 1-2 ЖЖС құрайды, сонымен қатар екіншісі, әдеттегідей, белсенді жұмыс істеу уақыты есептемелік жұмыс уақытынан асып түскен жер серігі болып табылады. Барлығы алты ЖЖС ұшыру көзделді: 1986, 1990, 1993 жылдары және шамамен 1997, 2002, 2007 жылдары. Алғашқы буындағы Spot-1,2,3 бір ЖЖС құны 100 миллион доллар шамасын құрады. Келешекті ЖЖС құны 300 миллион доллардан асып түседі, бұл Landsat жүйесіндегі ЖЖС бағасымен пара-пар.

СПОТ жүйесін іс жүзінде пайдалану Француздық Гвианада орналасқан ғарыш айлағынан Ариан-1 зымыран-тасығышымен SPOT-1 ЖЖС-ні 1986 жылы 22 ақпанда ұшырумен басталды. ЖЖС-нің ұшырылуы 824x829 км биіктікте, 98,7° көлбеу бұрышымен және айналым мерзімі 101 мин. күн синхронды шеңберге жуық орбитасында жүргізілді. Экватордың орбитаның жоғары көтерілуші торабы мен қиылысуы жергілікті уақытпен 10 сағат 30 минутта жүзеге асырылды. Үстіңгі беттің сол бір ауданымен ұшу айналымы 26 тәулікті құрады (369 айналым арқылы). Жұмыс істеудің есептемелік мерзімі екі жылды құрады. Жер серігі нақты жедел ретінде 1990 жылдың аяғына дейін пайдаланылды, одан кейін екі рет 1992-1993 жылдары жүйе өніміне коммерциялық сұраныстың артуы кезінде

резервтік жүйеден жұмыс режиміне шығарылды. Spot-1 ЖЖС HRV екі бірегейлес оптика-электрондық сканерімен жабдықталды, оның бейнеленуінің белгіленуі ЗБҚ көп элементті сызғышының көмегімен өтеді. Жердің үстіңгі бетінен бейнелерді беру нақты жұмыс режимінде немесе борттық магнитофоннан жүзеге асырылды. Барлығы Spot-1 жер серігінен 1,9 миллион түсірілім алынды.

Spot-2 жүйесінің екінші ЖЖС биіктігі 819х822 км, көлбеу бұрышы 98,7°, перигей ендігі аргументінің 180° жылжуы мен күн синхронды шеңберге жуық орбитасына 1990 жылғы 22 қаңтарда ұшырылды. ЖЖС конструкциясы мен пайдалы жүктеменің құрамы Spot-1 сәйкес келді. Екі жер серігінде де американдық Odetics фирмасы даярлаған борт магнитофондарының ақаулылығы пайда болды. 1992 жылдың мамырында жер серігінен бір миллион шамасында түсіріс алынды. 1993 жылдың қарашасында Spot-2 резервтік жағдайға ауыстырылды.

Spot-3 жүйесінің үшінші ЖЖС 1993 жылғы 26 қыркүйекте ұшырылды. Орбита параметрлері мен пайда жүктеме құралы сериядағы алдыңғы жер серігімен сәйкес келді. Жер серігі қатардан 1996 жылғы қарашада шықты.

Екінші буындағы жер серіктерінде пайдалану мерзімін бес жылға дейін ұлғайту жоспарлануда. Жүйенің алғашқы үш жер серігін пайдалану кезінде анықталған кемшіліктерді ескере отыра, конструкция мен пайдалы жүктеме құрамы өзгереді. Нысаналы аппаратура ретінде HRVIR екі жетілген оптика-электрондық сканерін орнату жоспарлануда. Spot-5,6 ЖЖС-да үш-үштен “HRG” оптика-электрондық камерасын орнату жоспарлануда. Стереобейнелеуді алу 5 метрге дейінгі қамту ауқымымен бір айналым үшін қамтамасыз етілетін болады.

5.3.2. Программаның жерді қашықтықтан зондау аппаратурасы

СПОТ-1,2,3 жүйесінің алғашқы буынындағы жер серіктерінде ЖЖЗ негізгі нысаналық аппаратурасы ретінде екі-екіден HRV (High Resolution Visible) оптика-электрондық

камерасы орнатылды. СПОТ-4 жер серіктерінде HRVIR (High Resolution Visible Infra-Red) камерасын және келесі буындағы жер серіктерінде HRG камерасын орнату жоспарлануда.

Осы камералардың көмегімен түсірілім бес режимде жүргізіледі:

1. 60x60 км алаңды қармау, 3 км жабу алаңы арқылы түсірістердің кадрлық қалыптастыруын жүзеге асыру мен надирде бақылау, екі камерамен қармау ені 117 км құрайды;

2. Шолу жолағы 475 км дейін жол серігі жолынан, түсірістерді үздіксіз қалыптастырумен оңға немесе солға жылжыған уақыттағы аралас бақылау режимінде;

3. Жолдан 475 километрден аспайтын жерде тұрған тек қызығушы аумақта ғана түсірістерді қалыптастыру режимінде;

4. Бірнеше қалыпсыз айналымдарда сол бір учаскенің түсірісті жүзеге асырылатын қайталама бақылау режимінде;

5. Жамылғысы бар екі қалыпсыз айналымдағы бір учаскеде, осы учаскені стереоскопиялық бейнеленуін қамтамасыз ететін түсірістер жүргізу арқылы стереоскопиялық режимде.

HRV камералары механикалық сканерлеусіз оптика-электрондық сканерлерге жатады. Бейнелеуді құру зарядтық байланысы бар көп элементті (1728 детектор) көмегімен жүргізіледі.

Спектрлік диапазон бойынша жарық сәулесін бөлу призmanın көмегімен жүргізіледі. Сәулелену панхроматты арнада осы диапазонның призмасы мен шекарасы арқылы өтеді, ЗБҚ сызғышында орналасқан жұтатын және интерференционалдық филтрлердің сипаттамаларымен анықталады.

Жасыл диапазонды (B1) бөлу дихрондық айнамен, қызыл (B2) және жақын ИҚ (B3)- қайталама айнамен жүзеге асырылады. Панхроматты бейнелерді құру үшін 6000 детекторы бар төрт сызғыш, қалғандары үшін 3000 детекторы бар диапазонда екі сызғыш қолданылады.

HRV камерасының техникалық сипаттамалары:

- объектив диаметрі: $D=300$ мм, $D: f=1: 3,5$;
- әрбір камераның массасы: 250 кг;
- жұмыстың көп спектральды режиміндегі спектральдық диапазондар: 0,50-5,59 (B1), 0,61-0,68 (B2), 0,79-0,89 (B3) мкм, камту ауқымы 20 метр (сызғышты есептеу уақыты 3 мс);

– жұмыстың панхроматты режиміндегі спектральдық диапазон: 0,51-0,73 мкм, қамту ауқымы 10 м (сызғышты есептеу уақыты 1,5 мс);

– радиометрлік қамту ауқымы: көп спектральды деңгейде 256 деңгей және панхроматты деңгейде 64 деңгей;

– камераның ең жоғарғы ауытқуы: надир бағытынан жолдың екі жағына 27°;

– қармау ені: надирде 60 км және камераның ең жоғарғы ауытқуы кезінде 80 км;

– орташа ендіктердегі бір учаске түсірістің айналымы: 26 тәулік, учаскеге нысаналық келтіру кезінде 1-4 тәулік;

– ақпаратты беру жылдамдығы: әрбір камерадан 25 Мбит/сек.

– HRVIR көп спектральді радиометрдің техникалық сипаттамалары:

– спектральдық диапазондар: 0,50-0,59 (B1); 0,61-0,68 (B2); 0,79-0,89 (B3); 1,58-1,75 мкм (орташа ИҚ);

– көп спектрлік режимдегі қамту ауқымы: барлық диапазондарда 20 метр;

– бір спектральді диапазондағы қамту ауқымы: 0,61-0,68 мкм 10 м Панхроматты режим жоқ. Қалған сипаттамалар HRV камерасының мәліметтерімен сәйкес келеді..

HRG (Spot-5, 6) камерасыны техникалық сипаттамалары:

– спектральдық диапазондар: 0,55; 0,61-0,68; 0,64 мкм (көрінетін); 0,78-0,89; 0,85; 1,5-1,7 мкм (ИҚ); 0,50-0,75 мкм (панхроматты);

– кеңістіктік қамту ауқымы: көп спектральды режимде 10 м, панхроматты режимде 5 м;

– қармау жолағы: бір камерамен 60 км;

– камераның надир бағытынан ауытқуы: жолдың екі бағытынан 19,2°, бұл бір айналым үшін стереобейнелеуді қалыптастыру мүмкіндігін береді;

– орнатылатын камералардың саны: бір жол серігіне үшеуден.

Екінші буындағы СПОТ ЖЖС-де өсімдіктер жамылғысын бақылау, мониторинг пен дәнді-дақылдардың түсімін болжау үшін Vegetation (VGT) радиометрін орнату жоспарлануда.

Аспаптың техникалық сипаттамалары:

- массасы: 160 килограмм;
 - спектрлік диапазондар: 0,61-0,68; 0,78-0,89; 1,58-1,75 мкм; 0,43-0,47 мкм (эксперименталдық диапазон);
 - кеңістіктік қамту ауқымы: нақты уақыт режимінде мәліметтерді беру кезінде 1,15 км, борттық магнитофондардан беру кезінде 4 км;
 - шолу жолағының ені: 2200 км;
- Сонымен қатар косалқы аппаратура орнатылады:
- DORIS-NG жүйесі, орбитаның параметрлерін дәл анықтауға және дәлдігі ± 5 м уақыттың нақты көлемінде ЖЖС координаттарын есептеуге арналған.

5.3.3. Программаның ЖҚЗ мәліметтері

Алғашқы буындағы СПОТ ЖЖС-дан ақпарат нақты уақыт режимінде немесе жылдамдығы 2×25 Мбит/с, 8253 МГц жиілігіндегі магнитофондардан (жазу ұзақтығы 22 минут) берілді. Екінші буындағы жер серіктерінде ақпаратты 40 минут бойында беруге мүмкіндік беретін Schlumberger фирмасының борттық магнитофондары пайдаланылатын болады. HRG үш камерасынан ақпаратты берудің жиынтық жылдамдығы 50 Мбит/с асып түседі және 8025-8400 МГц диапазонында жүзеге асырылатын болады.

СПОТ жүйесінің жердегі кешеніне мыналар кіреді:

1. Орбитада ЖЖС қызметін, сондай-ақ ЖҚЗ мәліметтерін қабылдау мен алдын-ала өңдеуді қамтамасыз ететін басқару орталығы (Тулуз қ., Франция);
2. Франциядағы (Aussaguel), Швециядағы (Kiruna) ЖҚЗ мәліметтерін қабылдайтын екі негізгі жер беті станциясы;
3. Геостационарлық ЖЖС арқылы оптикалық сызық бойынша ЖҚЗ мәліметтерін қабылдауға арналған Тулуз қ. жер беті станциясы;
4. Тулуз қ. алдын-ала өңдеу мен мұрағаттау орталығы;
5. Кирун қ. мәліметтерді алдын-ала өңдеу орталығы;
6. Барлық құрлықтарда орналасқан нақты уақыт режиміндегі ақпаратты қабылдаудың он жеті станциясы;
7. ЖҚЗ материалдарын коммерциялық таратуға жауапты

филиалдары бар Spot Image фирмасы.

ЖҚЗ мәліметтері оларды өңдеу технологиясымен бірге таратылады және ЭЕМ-мен стандарттық үйлесімдегі магниттік-оптикалық көздерде және фотоөнімдер түрінде жеткізілуі мүмкін. Шектеусіз жер бетіндегі кез-келген учаскені сатуға ұсынылады. Жүйенің ең көп тараған фотоөнімі 1:100 000, 1:50 000 масштабтағы панхроматты және түрлі-түсті синтезделген түсірістер болып табылады. Жүйені пайдаланудың алғашқы жылдары әлем мемлекеттерінің барлық астаналарында түсірілімдер жасалды.

Түсірілімдердің жоғары кеңістіктік түсірілу рұқсаттығы оларды табиғи ресурстар мақсаттарымен қатар, 1:200 000 және ұсақ масштабтағы топографиялық карталарды жасау мен жаңарту, 1:25 000 масштабта фотокарталарды жасау мақсатында да пайдалануға мүмкіндік береді.

СПОТ жүйесінің ЖҚЗ материалдары тұтынушыға түсердің алдында күрделілік деңгейі әртүрлі алдын-ала өңдеуден өтеді:

– 1 деңгейі: негізгі радиометрлік және геометриялық түзету (ЖЖС бағдарлау элементтерін және жер бетіндегі тірек нүктелерін пайдаланусыз);

– 1А деңгейі: стереобейнені құру және базалық спектрлік зерттеулер үшін жарамды әрбір спектрлік диапазондағы ЗБҚ – детекторларының нормаланған алғашқы ақпараты (сканерлік түсірілімдегі сызықтық қателерді қоспағанда);

– 1В деңгейі: фотографиялық түсіндіру, тақырыптық талдау мен стереожұпты қалыптастыру үшін жарамды толық радиометрлік және шектеулі геометриялық түзету;

– 2;2 В деңгейі: берілген картографиялық кескінге бейнелеуді келтіру;

– 2 А деңгейі: жер беті тірек нүктелерін пайдаланусыз орындалған 2 деңгейге сәйкес келеді;

– S деңгейі: 0,5 пиксел дәлдігімен түсірістің үйлесуін қамтамасыз ететін жер беті тірек нүктелерін пайдалану арқылы түсірісті салыстыру. Камераның көздеу бұрышындағы 0,6-1,8° жуық айырмашылық кезінде орындалады;

– 1AP деңгейі: түсірістердің фотограмметриялық өңделуін қамтамасыз етеді.

СПОТ жүйесі түсірістерін бейнелеудің геометриялық сапасын бағалау төмендегі көрсеткіштер бойынша жүргізіледі:

1. Байланыстыру дәлдігі;
2. Сызықтық бұрмалаулардың шамасы, анизоморфизм, жергілікті когеренттік;
3. Бейнелерді үйлестіру қателіктері;
4. Түсірістерді фотограмметриялық өңдеу кезіндегі жоспарлы және биіктік дәлдік.

Мәліметтерді өңдеудің әртүрлі үш деңгейі 1500 метр, 50 метр, 10 метр байланыстыру дәлдігін қамтамасыз етеді. Надир бағытында (1500 м) түсірілімдер жүргізу кезінде, үйлесімнің бастапқы дәлдігін мерзімдік бақылау Жердің бетін әртүрлі аудандары түсірістерін статистикалық өңдеумен жүргізіледі. Бастапқы дәлдік орбита параметрлері және ЖЖС бағдарлау элементтерін нақтылау аппаратурасымен қамтамасыз етіледі.

Вертикаль бағдарлау кезінде көлбеу камераларының осьтері, сызықтық бұрмалаулар түсірілімнен алынған үстіңгі беттің нақты қашықтығы мен оның мәні арасындағы айырмашылық ретінде анықталады. Осы параметрдің мәні 1% аспауға тиіс.

Анизоморфизм шеңберлі түсіріс кезінде алынған эллипс эксцентриситеті ретінде анықталады және оның мәні 0,001 аспауға тиіс.

Жергілікті когеренттік кеңістіктік қамту ауқымының 10, 20 метр теориялық мәнімен және жолақтары мен бағандары арасындағы айырма ретінде анықталады. Ол екі ЗБҚ сызғышының түйісінде пайда болуы мүмкін және 30% аспауға тиіс.

Бір уақытта үш спектрлік аймақтан алынған бейнелеудің үйлестіру қателері үстіңгі беттің үш нүктесін қамтитын сол бір пикселге сәйкес келетін ең аз шеңберлі радиусымен бағаланады. Оның мәні кеңістіктік рұқсат деңгейінің 30% аспауға тиіс. Әртүрлі уақыттағы бейнелеудің үйлестіру қателері кеңістіктік қамту ауқымы деңгейінің 50 % аспауға тиіс.

Түсірістің стереофотограмметриялық өңдеуі кезіндегі координаттарды анықтаудың жоспарлы және биіктік қателері тиісінше 20 және 10 метрден аспауға тиіс.

Түсірістің радиометрлік сапасын бағалау мына

көрсеткіштер бойынша жүргізіледі:

1. Бейненің бағандары бойындағы шудың сипаттамасы;
2. Бүкіл бейне бойынша шу сипаттамасы;
3. Абсолюттік қалибровка дәлдігі.

Детекторлар шуының сипаттамалары борттағы қалибровка шамының көмегімен сигнал/шу арақатынасымен анықталады. Сонымен қатар, детекторлардың әрқайсысында жеке көлеңкелік тоғы мен сезімталдық коэффициенті бар. Көлеңкелі тоқ детекторлардың толық көлеңкеленуімен анықталады. Детекторлар сезімталдығының айырмашылығы қар жапқан үлкен аумақтағы бейнелерді талдаудың статистикалық әдістерімен анықталады және 0,0085 аспауға тиіс. Абсолютті қалибровкалау дәлдігі шыға берістегі сәулелену ағыны мен дәлдігі 10% датчик кіре берісі арасындағы байланысты анықтауға мүмкіндік береді. Осындай қалибровкалау тестілік полигондардағы өзгерістердің Күн бойынша қалыптау шамының көмегімен жүргізіледі.

5.4. РЕСУРС программасы

5.4.1. Ресурс программасының жалпы сипаттамасы

РЕСУРС Жердің табиғи ресурстарын зерттейтін жалпы мемлекеттік, көп буынды Ресейлік ғарыштық жүйе, ол төмндегілерді қамтиды:

- “Ресурс-Ф” ЖЖС фотобақылау;
- “Ресурс-О”, “Океан-О” ЖЖС жедел бақылау;
- ұшырылатын ғарыштық кемелер мен орбиталық станциялар (тартылатын құрал ретінде);
- авиациялық құралдар (тартылатындар ретінде);
- жербеті және теңіз полигондарының торабы;
- ақпаратты қабылдау мен өңдеудің салааралық орталықтары;
- ақпаратты тұтынушылар желісі.

Алғашқы буындағы “Ресурс-Ф1” (“Космос” сериясы) ЖЖС әртүрлі модификацияланғаны 1974 жылдан бастап пайдаланылды. Ұшыру шеңберге жуық күн-синхронды орбитаға 200-400 км биіктікпен және 82° көлбеу бұрышымен жүргізілді. Осы

сериядағы ЖЖС ұшу бағдарламасы қонатын аппараттың түсірілген фотоүлдірмен қонуын көздейді. ЖЖС жалпы массасы 6300 кг, арнайы аппаратураның массасы 800 кг құрайды, үш ось бойынша бағдарлану нүктесі 1° . Түсірістерді стереофотограмметрлік өңдеу үшін түсірістерді берілген көлденең жабылулар бойынша фотографиялау жүргізіледі. Осындай ЖЖС ұшулары бір ай бойында жалғасады.

Екінші буындағы “Ресурс-Ф2” ЖЖС 170-50 км биіктіктегі шеңберге жуық орбитаға 1987 жылдан бастап ұшырыла бастады. Құрылымдары бойынша ғарыштық аппараттары бірінші буындағы ЖЖС ұқсас. Штаттық нысаналы аппараттың құрамы өзгерілген болатын.

Осы сериядағы ЖЖС картографиялық бағыттағы жоғары түсіру мүмкіндікті фототүсірістерімен және ғарыштық ақпараттың негізгі көздері ретінде КСРО-ны, одан кейін Ресейді қамтамасыз етті

“Ресурс-Ф3” үшінші буындағы ЖЖС ұшырылды.

Бағдарламаға сәйкес жылына 4-5 жер серігі ұшырылуға тиіс. Жоғары түсіру мүмкіндігі (1м) оптика-электрондық камералармен жабдықталған ЖЖС пайда болуымен ғарыштан ЖЖС фотографиялық әдісінің келешегі аз бола бастады.

Мүмкіндіктері LANDSAT жүйесінің мүмкіндіктерімен салыстырылатын “Ресурс-0” типіндегі (“Космос” сериясы) жедел бақылау ЖЖС бірнеше спектрлік диапазондарда түсірілімдерді қамтамасыз ететін жоғарғы және орташа қамту ауқымындаағы аппаратурамен жабдықталған.

Осы типтегі ғарыштық аппараттарды пайдалану биіктігі 617-660 км, көлбеу бұрышы $97,97^\circ$ күн-синхронды орбитаға 1988 жылғы 20 сәуірде “Ресурс-01-2” ЖЖС ұшырумен басталды. “Ресурс-01-3” сериясының екінші жер серігі 1994 жылғы 4 қазанда ұшырылды және үшіншісінің ұшырылуы 90-шы жылдардың аяғында жоспарланды. Жер серіктері “Метеор-3” метеорологиялық ЖЖС негізінде даярланды, массасы 1900 килограммды құрайды.

“Океан-О” типіндегі алғашқы ЖЖС 1983 жылы ұшырылды. Негізгі нысаналы аппаратура ретінде ЖҚЗ бүйірлік шолудағы радиолокациялық станциямен (БШРЛЖ) жабдықталды. Ұшырылу

мақсаты – мұз ахуалын зерттеу. БШРЛЖ-те акваторияны бақылауға бапталған телевизиялық және оптика-механикалық камералар орнатылды. “Океан-04” сериясындағы соңғы жер серігі орбитаға 1994 жылдың қазанында шығарылды. Орбитаның орташа биіктігі 650 километр, көлбеуі $82,5^\circ$, қызметінің есептемелік мерзімі бір жыл. ЖЖС массасы 1900 килограмды, пайдалы жүктеменің салмағы 550 килограмды құрады. “Южное” КБ-да жер серіктері даярланды (Днепропетровск қ., Украина).

“Ресурс” көп буынды жүйесінің үшінші сегменті ұшырылатын ғарыш кемелері мен орбиталық станциялар әртүрлі құралдармен ЖҚЗ мақсаттарына белсенді тартылды және тартылуда. Алғашқы ғарыштық фототүсірілімдер, ЖҚЗ әдістері мен штаттық аппаратураны сынау осы тектес ғарыштық аппараттардан жүргізілді.

Ұшырылатын ғарыш кемелері мен орбиталық станцияларды пайдаланудың осындай стратегиясы бортта экипаждың болуымен түсіндіріледі. Бұл көп жоспарлы, жиі өзгеретін ЖҚЗ бағдарламаларын іске асыруға, аспаптарды жөндеу мен сақтандыруды жүзеге асыруға, оларды жаңасына ауыстыруға мүмкіндік береді.

“Мир” қолданыстағы орбиталық станциясының құрамында (орбитаның биіктігі 400 километр, көлбеу бұрышы $51,6^\circ$) ЖҚЗ әртүрлі аппаратурасымен жабдықталған ПРИРОДА Жерді қашықтықтан зондтау модулі жұмыс істейді. Модуль станцияға 1996 жылдың сәуірінде түйістірілді және ЖҚЗ кешенді әдістерін пысықтау мен қолданбалы мәндегі мәліметтерді алу мақсатында сынақтық зерттеулерді жүргізуге арналған. Модульдің ұзындығы 13 метр, ең жоғары диаметрі 4,35 метр, орбитадағы массасы 19,7 тонна, оның ішінде 2 тоннасы ЖҚЗ аппаратурасына тиесілі.

Авиациялық құралдар мен жер беті және теңіз ғылыми-зерттеу полигондары желісінің РЕСУРС жүйесі қосалқы жер серіктік сынақтар жүргізуге және ғарыштан алатын ақпаратты толық талдау үшін пайдаланылады. Осы құралдарға үлкен рұқсаттық қабілеті бар өте үлкен көлемдегі мәліметтерді алу мақсатында ғарыштық ұшу аппараттарына бұрынғысынша орнатылған ЖҚЗ аппаратурасымен жабдықталған әртүрлі әуе кемелері кіреді. Қосалқы жер серіктік сынақтар арнайы

полигондар аумағында бір уақытта ғарыштық түсірілімдер жүргізуді көздейді. ТМД аумағында барлық ұқсас ландшафтарды қамтитын әртүрлі физика-географиялық аймақтарда 30-дан астам осындай полигондар орналасқан. Олардың аумағы ЖҚЗ барлық әдістерін қолдана отырып, жан-жақты зерттелген. Осы полигондар мәліметтерінің банкі ғарыштық түсірістердің ақпараттық қасиеттерін зерттеу, айырып жазуға арналған эталондарды даярлау, ЖҚЗ құралдарына техникалық талаптарды әзірлеу мен мәліметтерді өңдеу үшін қолданыла алады.

Ғарыштық жүйеге ЖҚЗ мәліметтерін қабылдау мен өңдеудің жер беті орталықтары кіреді. Жүйенің ғарыштық ақпараты өңдеудің негізгі екі сатысынан өтеді: салааралық және салалық. Салааралық өңдеу орталықтандырылған жағдайда өтеді және тұтынушылардың қандай-да бір тобын пайдалану үшін ЖҚЗ бастапқы материалдарын жарамды түрге келтіру болып табылады. Салалық өңдеу белгілі бір шаруашылық немесе ғылыми мақсатта жүргізіледі, оның барысында атмосфера, Жер беті және т.б. туралы нақты мәліметтер алады.

“Природа” Меморталығының құзыретінде тұтынушыға дейін жедел жеткізу, полигондарда авиацияны қолданылатын жұмысты, ғарыштық ақпаратты өңдеу жөніндегі өндірістік қуаттылықты талап етпейтін “Ресурс-Ф” типіндегі ЖЖС ЖҚЗ мәліметтері бар.

“Планета” ғылыми-өндірістік бірлестігі “Ресурс-О”, “Океан-О” типіндегі ЖЖС-дан алынған жедел ғарыштық ақпаратты алу және өңдеу мәселелерімен шұғылданады. Жедел жер серіктерінен алынған мәліметтер Мәскеу, Новосибирск, Хабаровск аудандарындағы ақпаратты қабылдаудың үш станциясына жіберіледі.

5.4.2. Ресурс программасының жерді қашықтықтан зондтау аппаратурасы

Алғашқы буындағы “Ресурс-Ф-1” сериясындағы ЖЖС фотокамералардың бірнеше түрімен жабдықталған болатын:

– КАТЭ-200 камерасы: фокустық қашықтығы 200 мм, кадр пішіні 18×18 см, қалыптау кресттерінің торшасы бар тегістеуші

шыны, 200 км биіктіктен 1:1 000 000 көлемдегі бір түсіріспен қармау аумағы 180×180 км, үш осындай камера 20-30 м қамту ауқымы бар 500-600 нм, 600-700 нм, 700-800нм арнайы диапазондарда (сүзгілер арқылы) көп аймақтық фотографиялау блогын құрады;

– КАТЭ-1000 камерасы: фокустық қашықтығы 1000 мм, кадр пішіні 30×30 см, 1:2 000 000 көлемі кезінде 200 км биіктіктен қармау алаңы - 60×60 км, ақ-қара үлдірге түсіріс кезінде қамту ауқымы 5-8 м және спектр аймақтық үлдірге түсіру кезінде 10-12 м. 10% жамылғысы бар қармау жолағын кеңейту үшін жолдан осьтерінің оңға және солға шамалы ауытқулары бар КАТЭ - 1000 камерасы орнатылды. Камера бейнелеуді жылжытудың сыналық компенсатормен жабдықталған.

– жұлдызды фотографиялауға арналған жұлдыздық камера, олардың бейнелеулері дәлдігі 30'' түсірістердің бұрыштық жағдайын анықтау кезінде қолданылады, камерасының фокустық қашықтығы 250 мм, кадр пішіні 130 ×180 мм.

Екінші буындағы “Ресурс-Ф-2” сериясындағы ЖЖС-да КАТЭ-200 үш фотокамерасынан тұратын блоктың орнына фокустық арақашықтығы 300 мм, кадр пішіні 18x18 см, төрт фотокамерасы бар блоктан тұратын "МК-4" төрт камералы фотографиялау жүйесі пайдаланылды. 200 км биіктіктен қармауы 120×120 км 1:600 000 масштабта түсірістер қамтамасыз етілді. Фильтрлердің көмегімен алты ықтимал спектрлік аймақтан төртеуін таңдау бойынша түсірістер жүргізілуде: 460-505 нм, 515-565 нм, 635-690 нм, 810-900 нм, 400-700 нм, 580-890 нм, қамту ауқымы 10 м. Аппарат калибровкалау қыл жіптері бар тегістеуші шынымен, оптикалық сынаның жылжығыш механикалық компенсация қондырғысымен жабдықталған. МК-4 жүйесі фокустық қашықтығы 280 мм, кадр пішіні 8×17 см СА-3Р жұлдыздық камерасымен жабдықталған.

“Ресурс-Ф-3” сериясындағы ЖЖС жоғарыда аталған МК-4 және КАТЭ-1000 фотографиялау камераларымен қатар, КФА-3000 камерасымен мынадай сипаттамалармен толықтырылды:

- фокустық арақашықтығы: 3000 мм;
- кадр пішіні: 30×30 см;

– түсіру рұқсаттығы: 2-3 м;

– қармау алаңы: 1400 км;

“Ресурс-О” типіндегі ЖЖС мынадай ЖҚЗ аппаратурасымен жабдықталған:

– МСУ-Э жоғары қамту аумағындағы екі көп аймақтық оптика-электрондық сканерден тұратын блок;

– МСУ-СК орташа қамту аумағындағы көп аймақтық оптика-механикалық сканерлердің екі жиыны.

МСУ-Э техникалық сипаттамалары:

– спектрлік диапазондары: 0,5-0,6 мкм; 0,6-0,7 мкм; 0,8-0,9 мкм (әрқайсысында 1000 детектор бар үш ЗБҚ сызғышы);

– надирдегі кеңістіктік қамту аумағы: 34×45 м;

– радиометрлік қамту ауқымы: 256 деңгей;

– шолу жолағының ені: 45 км;

– көздеу осінің ауытқу бұрышы: $\pm 30^\circ$;

– тұтынылатын қуаты: 150 Вт;

– массасы: 27 кг.

“Ресурс-02” келесі сериядағы жер серіктерінде қамту ауқымы 25 м МСУ-Э1 орнату жоспарлануда.

МСУ-СК техникалық сипаттамалары:

– спектрлік диапазондар: 0,5-0,6 мкм; 0,6-0,7 мкм; 0,7-0,8 мкм; 0,8-1,1 мкм; 10,4-12,6 мкм;

– кеңістіктік қамту ауқымы: көрінетін және жақын ИҚ диапазонында 140 метр, жылулық ИҚ 550 метр;

– радиометрлік қамту ауқымы: 256 деңгей;

– шолу жолағының ені: 600 км;

– массасы: 56 кг;

– тұтынылатын қуаты: 295 Вт.

“Океан-О” ЖЖС-да мынадай ЖҚЗ аппаратурасы орнатылады:

1. Бүйірлік шолудағы радиолокациялық станция (БШРЛЖ), техникалық сипаттамасы төмендегідей:

– антеннаның нақты апертурасы: 11,3 м;

– толқынның жұмыс ұзындығы: 3,1 см;

– зондтаушы импульстің ұзақтығы: 3 мкс;

– азимуталдық жазықтықтағы антенна бағыты диаграммасының ені $0,2^\circ$;

– кеңістіктік қамту ауқымы: азимут бойынша 1,5 км, қашықтық бойынша 2 км;

- антеннаны полярлау: тік;
- шолу жолағының ені: 450 км;
- үздіксіз жұмыстың ең жоғарғы ұзақтығы: 15 минут;

2. МСУ-М шағын түсірілу мүмкіндігі көп спектрлі сканерлеуші қондырғысы, сипаттамалары төмендегідей:

– спектрлік диапазондары: 0,5-0,6 мкм; 0,6-0,7 мкм; 0,7-0,8 мкм; 0,8-1,1 мкм;

- кеңістікті қамту ауқымы: 1×1,7 км;
- қармау жолағы: 1930 км;
- үздіксіз жұмыс уақыты: 30 минут;
- жолдағы элементтер саны: 1880;
- объективтің фокустық қашықтығы: 75 мм;
- кіре беріс қарашығының диаметрі: 18,75 мм;

3. МСУ-С көп спектрлі сканерлеуші қондырғы (оптика-механикалық сканер), сипаттамалары төмендегідей:

- спектрлік диапазондары: 0,5-0,7 мкм; 0,7-1,0 мкм;
- кеңістіктік қамту ауқымы: 345 м;
- қармау жолағы: 1280 км;
- жолдағы элементтер саны: 5700;
- объектив: осындай МСУ-С.

4. Жер үстіндегі жеке радиосәулеленуді тіркеуге арналған РМ-0,8 сканерлеуші радиометрі:

- жиілігі: 0,8 см;
- қармау жолағы: 550 км;
- кеңістіктік қамту ауқымы: 15×20 км;
- температуралық қамту ауқымы: 0,3° К;
- үздіксіз жұмыс уақыты: 12 минут;

МИР орбиталық станциясының ПРИРОДА модулі мынадай ЖҚЗ аппаратымен жабдықталған:

1. Исток-1 инфрақызыл диапазонындағы спектрорадиометр, техникалық сипаттамалары төмендегідей:

- спектрлік арналар саны: 64;
- жұмыс диапазондары: 4 -8, 8-18 мкм;
- қармау ені: 7 км;

- кеңістіктік қамту ауқымы: 0,7-2,8 км;
 - көздеу бұрышының өзгеріс диапазоны: 0°-90°;
 - ақпаратты беру жылдамдығы: 8 Кбит/с;
 - 2. МСУ-Э2 көп спектрлі сканерлеуші қондырғысы :
 - қамту ауқымы: надирде 10 м;
 - қармау жолағы: 24 км;
 - қалған параметрлер МСУ-Э қондырғысына сәйкес келеді.
 - 3. Жердің бұл жамылғысын түрлі-түсті түсірісіне арналған телевизиялық камера:
 - спектрлік диапазон: 0,4 - 0,75 мкм;
 - кеңістіктік қамту ауқымы: 400 км орбита биіктігі кезінде 380 метр;
 - жергілікті жердегі қармау: 141×150 км.
 - 4. MOMS-2P, Германия (Modular Optoelectronic Multispectral Scanner) оптика-электрондық сканері:
 - бейнелеуді алу арналарының саны: 7(4-спектральных: 0.44-0.505 мкм, 0.530-0.575 мкм, 0.645-0.680 мкм, 0.770-0.810 мкм; бір панхроматты 0.520-0.760 мкм, 0.520-0.760 мкм диапазонындағы стереоскопиялық режимдегі түсірістер үшін екі арна);
 - надирдегі қамту ауқымы: панхроматты арнада 6 метр, қалған арналарда 18 метр;
 - шолу жолағының ені: панхроматты арнада 60×50 км, қалғандарында орбита биіктігі 400 км кезінде 105×50 км.
 - 5. Өсімдіктер, ылғалдылық және т.б. типтерін талдауға арналған “ТРАВЕРС” синтезделген апертурасы бар радиолокациялық станциясы:
 - толқындардың жұмыс ұзындығы: 9,3 и 23 см;
 - кеңістіктік қамту ауқымы: 50-150 метр;
 - шолу жолағының ені; 50 км.
- Сонымен қатар мыналар орнатылды:
- Лидар (лазерлік локатор);
 - АЛИССА, бұлттану мен аэрозольдарды зерттеуге арналған аспап;
 - Озон-Мир, атмосфераның шағын газ компоненттерінің шоғырлануын өлшеуге арналған спектрометр;
 - атмосфера мен мұхиттың әрекеттестігін зерттеуге,

мұхиттың жоғарғы бетінің температурасын, желдің, жауын-шашын жылдамдығын өлшеуге арналған микротолқынды радиометрлер кешені.

5.4.3. Програмадағы ЖҚЗ мәліметтері

ЖҚЗ ғарыштық ақпаратын өңдеу технологиясы оны Жерге жеткізу әдісіне және түпкі өнімнің талап етілетін түріне байланысты. “Ресурс-Ф” типіндегі және ПРИРОДА модуліндегі ЖҚЗ-дан жеткізілім құлдйлайтын аппараттардан экспонатталған фильмдер түрінде, ал “Ресурс-О”, “Океан-О” типіндегі ЖЖС-тан цифрлық нысандағы радиоарналар бойынша жүзеге асырылады.

Радиоарналар бойынша алынған ақпарат машиналық қондырғыларда тіркеледі және шолу жасалады. Шолудан кейін бейнелеу каталогталады және қалыпқа келтіріледі, яғни геометриялық және радиометрлік түзету, масштабталады, берілген картографиялық кескінге келтіру жүргізіледі. Осы рәсімдер үшін радиоарналар бойынша бейнеақпараттармен бір уақытта берілетін телеметрлік ақпарат қолданылады.

Картографиялық мақсаттар үшін ғарыштық фототүсірістердің материалдары кеңінен пайдаланылады. Алғашқы сатыда, Жерге жеткізілгеннен кейін фильмдерге фотохимиялық өңдеу жүргізіледі. Бұдан кейін оларға бағалау жүргізіледі, түсірілімдерді пайдалануға жарамдылары каталогқа енгізіледі және көп салалық өңдеу үшін пайдаланылады.

Кешенді салааралық өңдеу алғашқы сатыдағымен қатар, мыналарды қамтиды:

- ғарыштық түсірістер материалдарын жинақтау мен сақтау;
- қосалқы жер серіктік сынақтар материалдарын өңдеу мен сақтау;
- тұтынушыларды хабарландыру және оларды ғарыштық түсірілімдер материалдарымен және фотокарталар, фотожоспарлар түріндегі туынды материалдармен және т.б. жабдықтау;
- топографиялық карталарды жасау мен жаңарту;
- ғарыштық фотоақпаратты өңдеудің, оларды түсіндіру

мен пайдаланудың жаңа технологиясын даярлау.

Түсірілімдердің фотобейнеленуін цифрлық түрге ауыстыру ұсынылады, бұдан кейін сканерлік түсірістерді өндеудің цифрлық технологиясын пайдалану ықтимал болады.

Төменде ғарыштық фототүсірістерден әзірленген өнімдерді негізгі түрлері келтірілген:

- мөлдір негіздегі позитивтер және дубль-негативтер;
- байланыстық, проекциялық ақ-қара, спектр аймақтық және түрлі-түсті басып шығарулар;
- синтезделген көп аймақты бейнелер;
- фотоқағазда трансформацияланған және ортотрансформацияланған басып шығарулар;
- фотосхемалар, фотопландар, фотокарталар; ақ-қара, түрлі-түсті және синтезделген;
- түрлі-түсті және спектр аймақтық ортотрансформацияланған түсірілімдер;
- ЭЕМ-да геометриялық және фотометрлік өзгертілген бейнелер (әртүрлі түрдегі сүзгілер, сызықтық контурларды сызу, түсірістердің берілген кескініне трансформациялау және т.б.);
- цифрлық карталар және басқалар.

Түсіріс материалдары орбита параметрлері, түсіріс уақыты, жер серігі бағдарлау элементтері, температура, қысым, ылғалдылық, геометриялық және фотометрлік калибровкалау параметрлері туралы қызметтік және қосалқы ақпаратпен қоса жолданады.

Әртүрлі тұтыну материалдарын даярлау кезінде бастапқы өнімдерді өзгерту белгілі бір міндеттерді шешуге қолайлы бейнелеудің ақпараттылығын көтеруге бағытталған арнайы өндеулер жүргізіледі. Осы өзгерістер баламалық және цифрлық әдістердің көмегімен жүргізіледі.

Өзгертудің кең тараған түрі – бұл көп аймақтық бейнелердің синтезі.

Осы міндетті шешу үшін арнайы аспаптар мен жүйелер құрылды. Ресейде көп аймақты фототүсірілімдер жүйесін әзірлеу кезінде кең форматты аппаратураны пайдалану бағыты алынды. ЖҚЗ құралдары бас басқа елдерде шағын пішінді бастапқы бейнелеуге есептелген аппаратура пайдаланылады.

Көп аймақтық бейнелерді синтездеу аспаптарының жүйесі (Ресей) мыналарды қамтиды:

1. Контакт-1 фототүсірігерін синтездеу және байланыстық басып шығару кешені;
2. СПМ-1 көп аймақтық синтездеуші проекторы;
3. ПС-4 синтездің кескіндік аспабы;
4. СПМ-2 ұжымдық пайдалануға арналған көп аймақты синтездеуші проекторы.

Контакт-1 кешені өнімдердің төмендегі түрлерін даярлауға арналған:

- байланыстық әдіспен бастапқы аймақтық негативтік немесе позитивтік бойынша түрлі-түсті синтезделген бейнелерді;
- мөлдірлік негізде аймақтық фотожоспарлар көшірмесі бойынша түрлі-түсті синтезделген фотожоспарларды;
- мөлдірлік негізде бастапқы бейнелердің прецизиондық жоғары түсірілу мүмкіндігі түрлі-түсті спектрлік аймақтық және ақ-қара көшірмелерін;
- қарапайым басып шығаруды;
- бейнелеудің оптикалық тығыздығын өлшеуді.

Контакт-1 кешенінің құрамына мыналар кіреді:

- фототүсірістерін басып шығару және синтездеу аспабы;
- түсірістерінің оптикалық тығыздығын өлшеу аспабы;
- фототүсірістерін қарау, үйлестіру, перфорлау аспабы;
- вакуумагрегат;
- бағдарланатын микрокалькулятор.

Контакт-1 кешеніндегі жұмыс технологиясы. Көп аймақты ақ-қара негативтер фототүсірістерін қарау, үйлестіру, перфорлау аспабында өңделеді, онда контур бойынша үйлестіру және фототүсірілімдерді перфорлау жүргізіледі. Бұдан кейін түсірістерінің оптикалық тығыздығын өлшеу аспабында аймақтық түсірістер бірегей учаскелері бейнелерінің оптикалық тығыздығы өлшенеді. Тығыздықтар туралы алынған мәліметтер бағдарламалық микрокалькулятордың көмегімен өңделеді және әрбір аймақтық бейнелеу үшін экспозициялар алады, бұдан кейін фототүсірістерін басып шығару және синтездеу аспабында тиісті түрлі-түсті аддитивтік жарық сүзгісімен байланыстық басып шығару жүргізіледі. Алынған бейнелердің пішіні 56×61 см дейін.

СПМ-1 синтездеуші көп аймақты проекторы. Кескіндік әдіспен пішіні 32×32 см дейін, ұлғайту коэффициенті 1,7 түрлі-түсті синтезделген бейнелерді шығаруға, сондай-ақ кең пішінді көп аймақты бейнелерді айырып жазуға және оларды шартты түстерде фототіркеуге арналған. Төрт бірегей кескіндік, жарықтандыру қондырғысынан (4 арна), фототіркеу қондырғысынан (таспа немесе рулондық фотоматериалдарды басуға арналған қондырғы), механикалық және электрондық тораптар мен басқару пультінен тұрады.

Кескіндік-жарықтандыру арналары жалпы экранға төрт ақ-қара негативтердің кескінделуін қамтамасыз етеді. Төрт негатив түсіріс-ұстағышта орналастырылады, олар (X,Y) осьтері бойынша оптикалық оське перпендикуляр және оның төңірегіне ± 5° орналаса алады (өзара айырбастау үшін).

Проектор объективтерінің әрқайсында жарық сүзгілерінің екі жиыны бар. Алғашқы жиында алты жарық сүзгісі бар (қызыл, жасыл, қоңыр, сары, көк) және берілген спектрлік диапазонда әрбір арнаның жұмысын қамтамасыз етеді. Алты бейтарап жарық сүзгісінен тұратын екінші жиын 12 есеге дейін жарық ағынын шамасын сатылай өзгертуге мүмкіндік береді.

ПС-4 синтездеу аспабы. Кең пішінді, көп аймақты бейнелерді бөліктері бойынша, бес есе ұлғайту арқылы кескіндік синтездеуге, сондай-ақ жекелеген синтезделген түсірілімдерді айырып жазу мен фототіркеуге алдын-ала трансформацияланған ақ-қара кең пішінді позитивтер бойынша синтезделген фотофоспарларды алуға арналған.

Оның іс-әрекет принципі жекелеген аймақтық позитивтердің бейнелерін үйлестіру нұсқаларын түрлендіруге (әртүрлі түстер мен жарықты пайдаланатын негативтер) нақты міндеттерді шешу үшін өте қолайлы түрлі-түсті синтезделген бейнелерді алуға мүмкіндік беретін оптикалық кескіндеу арналарының көмегімен (төрт) жалпы экранда ақ-қара позитивтерді (негативтерді) үйлестіруге негізделген.

Экран, экран блогынан, жарықтандыру блогынан, оптикалық блоктан, пішіні 50×50 см жарықтандырылатын экраннан тұрады. Әрбір арнада негатив қысылатын пластиналар арасында орналасады және оның учаскесі 10×10 см, жарықтандырылатын

экранның жазықтығына ұлғайту арқылы кескінделеді. Әрбір арнаның ауысымдық түрлі-түсті және бейтарап (сұрғылт) жарық сүзгілері бар. Жарықтандырылатын экраннан бейнелерді фототіркеу таспаның немесе рулондық фотоматериалға арналған қондырғы көмегімен жүргізіледі.

СПМ-2 синтездеуші көп аймақтық проектор. Мамандар тобының синтезделген көп аймақты кең пішінді бейнелеуді айырып жазуына арналған. Төрт тәуелсіз бірегей жарықтандыру-кескіндік арналары бар, олардың көмегімен төрт негативтің бейнелерін түрлендіруге және оларды жалпы шағылыстыру экранына кескіндеуге болады. Сондай-ақ жарық сүзгілерінің екі жиыны бар. Бейнелеуді 18 есеге ұлғайтады.

Синтездеу үшін, сондай-ақ стандарттық фотографиялау мен фотограмметрлік қондырғыларды пайдаланатын технология да бар (фотоұлғайтқыштар, фототрансформаторлар). Осындай операцияларды электрондық немесе оптика-электрондық аспаптарда да орындауға болады. Олар қосу, оқу, көбейту, бөлу жолымен көп аймақты ақпаратты өзгертуге мүмкіндік береді.

“Ресурс-Ф” типіндегі ЖЖС-дан алынған ғарыштық фототүсірілімдер материалдары олардың жоғары геометриялық және фотометрлік сапаларының арқасында бұрынғы КСРО аумағында табиғаттану және картографиялық міндеттердің көпшілігін шешу кезінде негізгі болды.

Сонымен қатар, «ПРИРОДА» ЖҚЗ мәліметтерін өңдеудің салааралық орталығы “Комета” сериясындағы Ресейлік әскери барлау жер серіктерінен алынған түсірілу мүмкіндігі екі метр ғарыштық фототүсірістерді коммерциялық таратумен шұғылданады.

Ғарыштық фототүсірістер әдісімен ЖҚЗ жүргізу саласында Ресей әлемде жетекші орын алады. Алайда жоғары биіктіктегі түсірілу рұқсаттығы оптика-электрондық аппаратурасы арқылы ғарыштан ЖҚЗ бағдарламасының пайда болуымен фотографиялық әдістің мәнінің төмендеуі айқын болып отыр.

“Ресурс-0” типіндегі жедел жер серіктерінен алынған ЖҚЗ мәліметтерінің кемшілігі АҚШ пен Франция ЖҚЗ қолданыстағы оптика-электрондық жүйелерімен салыстырғанда, әсіресе, биіктігі жоғары түсірілу мүмкіндігі жобаланатын осындай жүйенің аясында олардың төменгі қамту ауқымы болып табылады.

5.5. ЖҚЗ үнділік программасы (IRS)

2006 жылы Үнді үкіметінен регионалды жерсеріктік навигациялық (IRNSS) жүйесінің жобасы келесі 6-7 жыл ішінде іске қосылуға қолдау тапты. IRNSS жерсеріктік жүйесі геосинхронды орбитада жеті жер серігінен құралады. Жеті жер серігінің төртеуі экваторлық жазықтыққа қарағанда, 29° көлбеулікпен орбитада орналасады. Барлық жеті жер серігі үнділік бақылау станциясымен үздіксіз радио байланыста болады.

IRNSS жер серігі орыс Kalpana-1 метеорологиялық жер серігінде қолданатын платформаны пайдаланады, салмағы 1330 кг, күн батареясының қуаттылығы 1400 Вт құрайды.

IRNSS жер сегменті оның құрамына мониторинг станциясы, бақылау станциясы және борттық жүйелермен басқару кіреді. ISRO мемлекеттік компаниясы IRNSS-тің ашылып жұмыс істеуіне жауапты, ол толығымен Үнді үкіметінің толық бақылауында болады. IRNSS сигналдарын қабылдайтын навигациялық қабылдағыштарды үнді компаниялары жасап шығарады

5.5.1. Программаның жалпы сипаттамасы

IRS (Indian Remote Sensing Satellite sistem) бағдарламасы Жердің табиғи ресурстарын зерттеуге арналған. “Irs-1”, “P-2”, “P-3” сериясындағы алғашқы буын жер серіктері Жер бетін зерттеуге, жерді пайдалану, су шығындары, орман құрылысы міндеттерін және т.б. шешуге арналды. ЖҚЗ мәліметтері бойынша “Irs-P4”, “Irs-P5”, “Irs-P6” екінші буындағы жер серіктерінен табиғи ресурстық міндеттерді шешумен қатар, аумақты картографиялау қамтамасыз етілетін болады.

Жүйені әзірлеу мен пайдалануды Үндістанның Ұлттық ғарыштық агенттігі жүзеге асырады. Орбиталық сегмент 1-2 жедел жер серігінен тұрады, қызметінің есептік мерзімі - үш жыл. Жер серіктері шеңберлі төңірегінде, күн-синхрондық орбитаға 800-900 км биіктікпен, көлбеуі шамамен 99° шығарылады. “Irs-1A, 1B, 1C” сериясындағы үш ЖҚС Байқоңыр ғарыш айлағынан тиісінше 1988 жылы 17 наурызда, 1991 жылғы 22 тамызда, 1995 жылғы 29

желтоқсанда ұшырылды. “Irs-1E”, “Irs-P2”, “Irs-P3” ЖЖС-нің үш ұшырылымы үнділік ғарыш айлағынан жеке зымыран-тасығыштармен 1993 жылғы 20 қыркүйекте сәтсіз және 1994 жылғы 15 қазан мен 1996 жылғы 21 наурызда сәтті жүзеге асырылды. Алдағы ұшырулар жеке ғарыш айлағынан жоспарлануда.

5.5.2. IRS программасының аппаратуралары және мәліметтері

Үнділік өндірістің LISS-1,2 (Linear Imaging Self-Scanning system) оптика-электрондық сканері “Irs-1A, 1B, 1E, P2” сериясындағы алғашқы ЖЖС-да орнатылды. TM (LANDSAT) осындай оптика-механикалық сканерінде және HRV (SPOT) оптика-электрондық сканерінде төрт спектрлік диапазон бар:

- диапазоны 0,45-0,52 мкм, жағалау аймағын зерттеу, өсімдік жамылғысы шекарасын анықтау үшін пайдаланылады;

- диапазоны 0,52-0,59 мкм, өсімдіктердің ұқсастығын анықтау, топырақты айырып жазу, теңіз тереңдігін өлшеу үшін арналған;

- диапазоны 0,62-0,68 мкм, өсімдіктердің хлорофилді жұтуын анықтау, ауыл шаруашылық көшеттері өнімділігін болжау үшін пайдаланылады;

- диапазоны 0,77-0,86 мкм, су сипаттамасын, геологиялық құрылымдарды, өсімдік биомассасының көлемін анықтау үшін пайдаланылады;

- сызғыштардың саны: 4 спектрлік сүзгіштері бар 2048 ЗБҚ элементтері (LISS-2 сегіз сызғыш);

- объективтің фокустық арақашықтығы: LISS-1 162.2 мм және LISS-2324,4 мм;

- көру алаңының бұрышы: 9,4° и 4,7°;

- кеңістіктік қамту ауқымы: 72,5 м и 36,25 м;

- радиометрлік қамту ауқымы: 128 деңгей (пиксел бейнеде 7 бит);

- түсірілімді қармау алаңы: LISS-1148,48 × 174 км, екі LISS-2 камерасы (2A, 2B сериясындағы ЖЖС-да) LISS-1 екі жағынан орнатылады, LISS-1 кадрының түсірілімін қамтамасыз етеді, өзара жамылғысы 3 км және қармау жолағының жиынтық

ені 145,45 км. LISS-2 төрт түсірілімі LISS-1 түсірілімін құрайды.

LISS-3 камерасы Irs-1C, 1D, P4 ЖЖС-да орнатылады. Алғашқы 0,45-0,52 спектрлік диапазон диапазоны 1,55-1,70 мкм 2100 ЗБҚ элементінен тұратын сызғышы бар қысқа толқынды ИҚ диапазонымен ауыстырылды, қалған арналар әрқайсысы 6000 ЗБҚ элементі бойынша үш сызғыштан құралады. Диапазоны 70,5 метр, қармау жолығының ені 148 км қысқа толқынды ИҚ-дағы рұқсат. Жердің үстіңгі беті учаскесін бақылау айналымдылығы 24 күн.

LISS-4 камерасын Irs-P5 екінші буындағы ЖЖС-да орнату жоспарлануда және кеңістіктік түсірілу мүмкіндігі 10 метр диапазондарындағы көрінетін (жасыл-қызыл) жақын ИҚ мен қысқа толқынды ИҚ алуды қамтамасыз ететін болады. Қармау жолағының ені 40 км, түсіріс айналымы – 22 күн.

PAN панхроматты камерасы Irs-1C ЖЖС-да орнатылады, 1D стереоскопиялық түсірістерді жүргізу мүмкіндігін береді. Мәліметтер топографиялық карталау үшін пайдаланылады. Ол - үш ЗБҚ элементтеріндегі сызғыштан әрқайсысының шолу жолағы 23,9 км (қармаудың жиынтық жолағы 70 км) оптика-электрондық сканері. Камераның көздеу осі $\pm 26^\circ$ ауытқуы мүмкін. Спектрлік диапазоны - 0,50-0,75 мкм, кеңістіктік қамту ауқымы – 5,8 метр.

HR PAN жоғары қамту ауқымындағы панхроматты камерасын кеңістіктік қамту ауқымы 2,5 метр және шолу жолағы 10 км спектрдің көрінетін диапазонында стереоскопиялық түсірістер үшін екінші буындағы ЖЖС-да орнату жоспарлануда. ЖҚЗ материалдарын ірі көлемді карталар үшін пайдалану жоспарлануда.

Жоғарғы және өте жоғарғы қамту ауқымындағы ЖҚЗ аппаратурасымен қатар, жол серіктері бортында атмосфера, мұхит жай-күйі мониторингінің әртүрлі міндеттерін шешу үшін төмен және орта түсірілу мүмкіндігі оптика-электрондық камералар орнатылады.

ЖҚЗ мәліметтерін қабылдау Shadnagar жер беті станциясында жүзеге асырылады. Ақпаратты жинау, өңдеу, мұрағаттау мен коммерциялық таратуды Қашықтықтан зондтаудың ұлттық агенттігінің ақпараттық орталығы (NDC) және ғарыштық қосымшалар орталығы (SAC) жүзеге асырады.

ЖҚЗ мәліметтерін өңдеу деңгейі:

– 0-деңгей: қабылдау станциясында нақты уақыт режимінде пішіні 70 мм түсірілімдерді қалыптастыру;

– -1-деңгей: байланыстыру дәлдігі 10 км және Жердің айналуынан туындаған ақаулы сондай-ақ радиометрлік түзетулерді көлемі 63×65 мм көру пішініндегі түсірістер;

– 2-деңгей: геометриялық және радиометрлік түзетулерде Жер айналымының өтеуінде 2,2 км жанастырма дәлдігінде орындалған 241 мм пішініндегі түсірістер;

– 3-деңгей: 241 мм пішініндегі түсірістер, тірек нүктелері бойынша геометриялық түзетілген, жанастырма дәлдігі 100-250 метр және осы түсірілімдер магниттік таспадағы цифрлық түрде.

5.6. Жоғары түсіру мүмкіндікті ЖҚЗ жүйесі

Жоғары түсіру мүмкіндігі ЖҚЗ ғарыштық жүйесін әзірлеу мен құрудың негізгі себептері тұтынушылар нарығын кеңейту болды. Нарықтық осы өсуі бірқатар негізгі факторларды туғызды, оларға мыналар жатады:

– ЖҚЗ-ға, оның ішіндегі жоғары биіктіктегі қамту ауқымына еркін мүмкіндік жол ешу;

– өндеудің компьютерлік технологиясы сапасының және өз кезегінде дербес компьютерлер мен программаны өнімдер мүмкіндіктерінің прогресімен байланысты ЖҚЗ тапсыру сапасының күрт өсуі;

– “Internet” типіндегі телекоммуникациялық жүйелердің пайда болуы;

– орналастырудың жаһандық жер серіктігі жүйесін құру.

Табиғи ресурстық және картографиялық міндеттер санының басым көпшілігінің бес метрге дейінгі ЖҚЗ кеңістіктік түсірілу мүмкіндігін талап ететіндігі белгілі. Осындай ЖҚЗ “Ресурс-Ф” сериясындағы ресейлік ҒҰА құралдары мен әскер барлау жол серіктерінен алынған ғарыштағы ЖҚЗ фотографиялық әдісін пайдалану кезінде алынды. Алайда баяулық, оны баламалық тапсыру, ұшудың төмен биіктігінен ҒҰА қызметінің қысқа мерзімі сияқты ғарыштық фотоақпараттың осындай кемшіліктері тұтынушылар санын шектеуге және оның

қымбаттауына алып келеді.

Жоғарыда тізбеленген мән-жайлар еркін коммерциялық таралу үшін ашық оптика-электрондық әдіспен жоғары биіктіктегі түсірілу мүмкіндігі ЖҚЗ алу міндетін алғашқы қатарға шығарылды. Осыған байланысты, жетекші әлемдік мемлекеттерде азаматтық ұйымдармен осындай жүйелерді даярлау үшін шектеулер алынды. АҚШ-та шектеу 1994 жылы алынды және 1-3 метр қамту ауқымымен ЖҚЗ-ның жеке коммерциялық жүйесін әзірлеу үшін тоғыз лицензия берілген болатын. Оларды пайдалануға беру 2000 жылдың басында жоспарланған.

ҒҰА ұшыру мен пайдалану бойынша шығындарды азайту және осындай ретпен ЖҚЗ мәліметтерін коммерциялық пайдалануды кеңейту мақсатында барлық бағдарламалар массасы 500 кг дейін, құны 50 миллион долларға дейін бір-екі жоғарғы түсірілу мүмкіндігі оптика-электрондық камералармен жабдықталған шағын ҒҰА жасауға бағытталған.

АҚШ NASA 1994 жылы шағын ЖЖС "SSTI" (Small Satellite Technology Initiative) жасау жөніндегі бағдарламаның жобасын әзірледі. Бағдарламаны әзірлеуге әдеттегідей жеке фирмалар қатысады.

Төменде жоғары биіктіктегі түсірілу мүмкіндігі ЖҚЗ жүйелерінің қысқаша сипаттамасы беріліп отыр.

"World View" жүйесін CTA Corp., Ball Aero- space, Telespazio, Bell және басқалардың қолдауымен World View Inc фирмасы әзірлейді.

Жүйе ақпаратты қамту ауқымы үш метрге дейін қосымша панхроматты диапазонда көрінетін (ИҚ-ға жақын) учаскеде 15 метрге дейінгі түсірілу мүмкіндігі үш спектр аймағында жинайтын болады. Мәліметтерге мүмкіндік электрондық пошта арқылы қамтамасыз етіледі. Жердің үстіңгі бетінің берілген учаскесінен ұшу мерзімі – 4,75 тәулік. Қармау жолағының ені 36 км құрайды.

Жүйе түсірілу мүмкіндігі үш метрге дейін қосымша панхроматты диапазондағы көрінетін (ИҚ-ға жақын) учаскеде 15 метрге дейінгі түсірілу мүмкіндігі үш спектр аймағында ақпарат жинайтын болады. Оған мүмкіндік электронды пошта

арқылы қамтамасыз етілетін болады. Жердің үстіңгі бетінің берілген учаскесінен ұшу мерзімі – 4,75 тәулік. Қармау жолағының ені 36 км құрайды.

“Eyeglass” жүйесі – консорциум құрады, оған Orbital Scinces Corp., Litton’s Itek Optical System Division, GDE System INC фирмалары кіреді. “Space Imaging Inc.s’ CRSS” жүйесі - Lockheed Space және Missiles Corp құрады. Осы жүйелер бір метр қамту ауқымндағы барлық панхроматты диапазондағы мәліметтерді алуға мүмкіндік береді. “Space Imaging” жүйесі сонымен қатар, түсірілу мүмкіндігі 4 метр көрінетін диапазонда үш арналы спектрлік ақпаратты қалыптастыратын болады. Қармау жолағының ені 12 км (“Space Imaging”).

“Lewis” және “Clark” жер серіктері TRW пен СТА американдық фирмалардың SSTI жобасының шегінде құрылады. Әрбір ҒҰА салмағы 350 кг, 1 м^3 көлемнен аспауға тиіс. Орбиталар “Lewis” үшін биіктігі 502 км, көлбеуі $97,4^\circ$ күн-синхронды болып және “Clark” үшін биіктігі 456 км, көлбеуі $97,3^\circ$ болып жоспарлануда. Жер серіктері қызметінің есептік ұзақтығы – 3 жл.

“Lewis” ЖЖС-да камера осінің надир бағытынан $\pm 22^\circ$ ықтимал ауытқуымен TRW фирмасының HSI (Hyper- Spectral Imager) гиперспектрлік камерасы орнатылады. Камера 3 режимде жұмыс істей алады (5.3.1 кесте).

Сонымен қатар, орташа түсірілу мүмкіндігі LEISA (Linear Etalon Imaging Spectral Array) камерасын төмендегі сипаттамалармен орнату жоспарлануда:

- жұмыс диапазоны 1-2,5 мкм;
- спектрлік қамту ауқымы 3-8 нм;
- шолу жолағының ені 77 км;
- кеңістіктік қамту ауқымы 300 м;
- жергілікті жер түсірісінің көлемі 77×77 км;
- камера осінің надирден ауытқуы: жол бойынан $\pm 15^\circ$, жолға көлденең $\pm 60^\circ$;
- радиометрлік дәлдік 4096 деңгей.

“HSI” камерасының сипаттамасы

№	Сипаттама	Режимдер		
		Панхроматтылық	1-ші гипер-спектрлік	2-ші гипер-спектрлік
1	Спектрлік қосалқы диапазондар саны	1	120	256
2	Спектр, мкм	0,45-0,75	0,4-1,0	0,9-2,5
3	Спектрлік қамту ауқымы, НМ	-	5	6,25
4	Кеңістіктік қамту ауқымы, м	5	30	30
5	Шолу жолағының ені, км	13	7,7	7,7
6	Жергілікті жердегі түсіріс көлемі, км	13×13	7,7×7,7	7,7×7,7
7	Радиометрлік дәлдік, деңгей	256	4096	4096

“Clark” ЖЖС-да World View Imaging корпорациясы даярлаған камера орнатылады, сипаттамалары төмендегідей:

- жұмыс диапазоны: панхроматты режимде 45-0,80 мкм және көп спектрлік режимде 0,50-0,59 және 0,61-0,68мкм;
- кеңістіктік қамту ауқымы: панхроматты режимде 3 метр, көп спектрлі режимде 15 метр;
- шолу жолағының ені: панхроматты режимде 6 км, көп спектрлі режимде 30 км;
- осьтің надир бағытынан ауытқуы: жолдың бойында және көлденең $\pm 30^\circ$;
- бейнелердің геодезиялық жанастырмасының дәлдігі: 100 метр.

Сонымен қатар жер серігіне жұмсақ рентгендік сәулелену спектометрі мен атмосфераның ластануын өлшейтін екі аспап орнатылады.

Екі жер серігінде де Жерге шағын ақпаратты мәліметтерінің берілуін болдырмай үшін бұлт жапқан учаскелерде анықтау мен

шығару үшін арнайы компьютердің болуы жоспарланған. Бейнелерді жазуға арналған жинақтау көлемі “Lewis” үшін 4 Гбайт және “Clark” үшін 1,37 Гбайт құрайды. ЖҚЗ мәліметтері АҚШ-та орналасқан қабылдау пункттеріне берілетін болады.

“Orbview” ЖЖС Orbimage компаниясы әзірлеген. Қамту ауқымы 1-2 метр панхроматты бейнелеуді, сондай-ақ түсірілу мүмкіндігі 4 метр көп спектрлі түсірілімдерді алуға арналған аппаратурасы бар 460 км биіктіктегі орбитаға шығару жоспарлануда. Қармау ені 1 метр рұқсаттағы режим кезінде 4 км, 2 метр рұқсаттағы режимде және көп спектрлі режимде 8 км құрайды.

“Terra Sat”-тағы ЖЖС Leosat Industries фирмасы әзірлейді. Оларды орбитаға шығару жоспарлануда, LANDSAT жүйесінің осындай ЖЖС қажет жағдайда осы жүйеде қолданылуы мүмкін. Төрт оптика-электрондық камерамен жабдыкталады, сипаттамалары төмендегідей (5.6.2 кесте).

5.6.2 кесте

Terra Sat типіндегі ЖЖС оптика-электрондық жүйесі

Спектрлік қосалқы диапазондар саны	6	1	6	5
Спектр учаскесі, мкм	1,1-2,78	8,0-9,5	0,4-1,0	0,4-0,75
Кеңістіктік қамту ауқымы, м	130	50	90	12
ЗБҚ матрицасындағы элементтер саны	256×256	128×128	384×288	384×288
Камера массасы, кг	1,6	1,65	1,25	0,5
Тұтынылатын қуат, вт	30	30	12	6

Өте жоғары биіктіктегі қамту ауқымындағы оптика-электрондық камералармен жабдыкталған ЖҚЗ шағын ЖЖС әзірлеуді АҚШ-тан өзге Германия, Израиль, Испания, Италия, орташа және жоғары қамту ауқымындағыны - Аргентина, Ұлыбритания, Корея, Греция және кейбір елдер жүргізуде.

5.7. ЖҚЗ мәліметтері

Жердің қашықтықтан зондтау мәліметтеріне мүмкіндік «ашық аспан» (Open Sky Policy) саясаты дейтінмен реттеледі, оған сәйкес әрбір тұтынушыға барлық бар мәліметтерге еркін мүмкіндікке кепілдік беріледі. ЖҚЗ саласында ақпарат айырбастау, саясатты үйлестіру мен талқылау үшін 1984 жылы құрылған негізгі халықаралық консультативтік орган Жерді қашықтықтан зондтау жер серіктері жөніндегі комитет (CEOS-Committee on Earth Observation Satellites) болып табылады. Осы Комитет ЖҚЗ (WGD- Working Group on Data) мәліметтері және ЖҚЗ (WGN- Working Group on Networks) мәліметтерді беру тораптары бойынша техникалық жұмыс тобын құрды.

Комитет мүшелері ғарыштан алынған жеке ЖҚЗ құралдары бар барлық мемлекеттердің ұлттық ғарыштық агенттіктерінің өкілі болып табылады.

АҚШ-та өткізілген маркетингтік зерттеулер ЖҚЗ ғарыштық өнімдері тұтынуы нарығын 500 миллион долларға дейін бағалайды. Авиациялық технология бойынша алынған ЖҚЗ мәліметтерінің нарығы 1 миллиард доллар шамасын құрайды. Жоғары түсірілу мүмкіндігі ЖҚЗ ғарыштық өнімдерінің ЖҚЗ класикалық авиациялық әдістерінің нарығын ығыстыратындығы күтілуде.

1 метрдегі кеңістіктік қамту ауқымы ғарыштық түсірістер бойынша 1:10 000 дейінгі және ұсақ көлемдегі топографиялық карталарды жасау мен жаңарту мүмкіндігін береді. Ауыл шаруашылық дақылдары өнімділігін, орман құрылысы мен адамның басқа табиғи ресурстық бағыттағы қызметтерін болжау саласында үлкен келешек ашылуда.

ЖҚЗ ғарыштық мәліметтерін тұтынушының коммерциялық таратуы заманауи телекоммуникациялық жүйелер арқылы (электрондық пошта, Internet), сондай-ақ ғарыштық түсірістер түрінде бастапқыда өңделген цифрлық түрде немесе қандай-да бір шекте магниттік, магниттік-оптикалық қондырғыларды пайдалана отыра жүргізіле алады.

ЖҚЗ бастапқы мәліметтерінің нарығымен қатар, осы мәліметтерді сапалы пайдалану үшін қажетті, оларды кейіннен

іс жүзінде қолдану кезінде жаңа қызметтер спектрі пайда болды. Оларға мыналар жатады: таралған есептеу платформалары мен операциялық орталарда ғарыштық бейнелеулерді геометриялық және радиометрлік түзету, ГАЖ-дағы бейнелердің тікелей экспорт-импорты, каталогтар, мұрағаттар жасау және т.б. Бастапқы ЖҚЗ бағалау кезінде талап етілетін көлем мен кеңістіктік қамту ауқымы, кескін түрі, берілетін ақпараттың цифрлық немесе баламалық түрі сияқты түсірістің осындай негізгі параметрлерін ескеру қажет.

Ғарыштық түсірістер материалдарын таратумен арнайы фирмалар шұғылданады. Олардың ішіндегі ең ірілері Spot Image (Франция) және Space Image EOSAT (АҚШ - "LANDSAT" жүйесі) болып табылады.

ЖҚЗ ғарыштық жүйелері туралы ақпарат алудың ең ыңғалы әдісі Internet жаһандық компьютерлік желілер арқылы беріледі. Ғарыштық түсірістер материалдарын қолданумен және таратумен шұғылданатын барлық фирмалардың Internet-те өз парақтары бар. Оларда таратылатын өнімдер, сату шарттары, ғарыш түсірілімі мәліметтерінің мысалдары, басқа жарнамалық және техникалық ақпарат мазмұндалады.

Осылайша, Spot Image (<http://www.spotimage.fr> или <http://www.spotimage.com>) серверінде SPOT жүйесі өнімдерін тұтынушылармен жұмыс үшін Spot Image Corporation фирмасы құрылды, онда жер серіктері, аспаптар, тапсырылатын өнімдер мен бағалар туралы ақпарат мазмұндалған. Тіркелген пайдаланушылар үшін ақылы каталог пен барлық тілек білдірушілер үшін 4,5 миллион түсірілімге жуық каталог бар. Каталог қызықтырған аумақтағы ақпаратты табу мен бар мәліметтердің шолулық бейнеленуін көруге мүмкіндік береді.

EURIMAGE ([www://eurimage.it](http://www.eurimage.it)) сервері Landsat, Spot, Resurs-01, IRS-1C, ERS, RADARSAT, JERS, TIROS/AVHRR (NOAA), KBP-1000, ТК-250, МК-4, КФА-1000 аппараттарынан алынған келесі материалдар туралы ақпаратты тапсырады. Мәліметтер өңделген түрінде де, бастапқы күйінде де тапсырылуы мүмкін.

Қолданыстағы серверлердің көпшілігі негізінен мәліметтерді іздеу мен таңдауға, бұдан кейін оларды тұтынушыға магниттік

көздермен жіберуге есептелген. Сонымен қатар, каталогтағы жеткілікті көп кешіккен мәліметтер де түседі. Мұндай схема жоғары кеңістіктік қамту ауқымы бар ЖКЗ мәліметтері үшін қолданылады. Коммуникациялық және ақпараттық технологиялардың дамуымен нақты уақыт режимінде осындай мәліметтерді (олардың үлкен көлеміне байланысты) алу мүмкіндігі пайда болады.

Қазіргі уақытта нақты уақыт режимінде төменгі түсірілу мүмкіндігі ЖКЗ мәліметтері қолжетімді. Олар тұтынушыларға жер серігінен оларды алғаннан кейін бірнеше минуттан соң түседі. Оларға метеорологиялық жер серіктерінен алынған мәліметтер жатады, олар Бүкіләлемдік метеорологиялық ұйымның шешіміне сәйкес қолжетімді және тегін. Осындай сервер-ақпараттық жүйенің мысалы SMIS (<http://smis.iki.rssi.ru>) ғарыштық мониторингті ақпараттық қолдау зертханасы. Жүйе Ресей аумағындағы пайдаланушылармен жұмысқа бағытталған және мынадай ақпаратқа мүмкіндікті қамтамасыз етеді:

- ірі өңірлер бұлттануының ағымдық картасы, оларды тәулігіне төрт рет автоматты жаңарту;

- жекелеген өңірлердің үстіндегі бұлттанудың ағымдық картасы, бақыланатын аумақтан жер серігінің ұшу шегінде автоматты жаңарту және кейбір басқа мәліметтер.

Internet желісін пайдалану нақты практикалық міндеттерді шешу үшін тұтынушыға қажет ЖКЗ мәліметтерін таңдау мен талдау кезінде туындайтын коммерциялық және техникалық сипаттағы мәселелердің көпшілігін тез және тиімді шешуге мүмкіндік береді. Сонымен қатар желілермен жұмыс арнайы техниканы және бағдарламалық қамсыздандыруды талап етпейді. Жүйе жұмысы туралы барлық қажет ақпарат пен қосымша бағдарламалық қамсыздандыру әдетте серверлердің өзінде болады.

Ғарыштық түсіріс материалдарының құны да нарықтық бағамның ықпалына тәуелді. ЖКЗ ғарыштық жүйесін әзірлеудің, ұшыру мен пайдаланудың қымбаттығы да айтарлықтай ықпал етеді. Қолданыстағы бағдарламалар өнімдерінің құны 1997 жылғы жағдай бойынша 5.7.1 кестеде келтірілген.

Ғарыштық түсірістер материалдарының құны

Жер серігі	Ел	Арналар саны	Түсірілім құны, \$	Қармау ені, к м	Рұқсат, м
Ресурс-О: МСУ-СК, МСУ-Э	Ресей	4	1300	600	150
		3	200	45	35
IRS	Үндістан	4	300	130	36
LANDSAT: MSS, TM	АҚШ	4	1230	170	80
		7	5180	170	30
SPOT: XS, P	Франция	3	2500	60	20
		1	3130	60	10

Бақылау сұрақтары:

1. ЖҚЗ ғарыштық жүйелердің классификациясы.
2. Landsat жүйесіндегі ЖЖС орбиталарының негізгі сипаттамалары.
3. Landsat жүйесіндегі ЖҚЗ негізгі сипаттамалары.
4. SPOT жүйесіндегі ЖЖС орбиталарының негізгі сипаттамалары.
5. SPOT жүйесіндегі ЖҚЗ негізгі сипаттамалары.
6. Ресурс жүйесінің орбиталық топтамасының негізгі сипаттамалары.
7. Ресурс жүйесінің ЖҚЗ негізгі сипаттамалары.
8. IRS жүйесінің орбиталық топтамасының негізгі сипаттамалары.
9. IRS жүйесінің ЖҚЗ негізгі сипаттамалары.
10. ЖҚЗ бөлшекті қамту мүмкіндігінің негізгі сипаттамалары.
11. ЖҚЗ мәліметтеріне қол жетімділік.

БИБЛИОГРАФИЯЛЫҚ ТІЗІМ

1. *Агапов С.В.* Фотограмметрия сканерных снимков. – М.: “Картгеоцентр”- “Геодезиздат”, 1996 жыл.
2. *Гарбук С.В., Гершензон В.Е.* Космические системы дистанционного зонирования Земли. – М.: Издательство А и В, 1997 жыл.
3. *Гонин Г.Б.* Космическая фотосъемка для изучения природных ресурсов. – М.: Недра, 1980 жыл.
4. *Елизаренко А.С., Соломатин В.А., Якушенков Ю.Г.* Оптико-электронные системы в исследовании природных ресурсов. – М.; Недра, 1984 жыл.
5. *Киенко Ю.П.* Введение в космическое природоведение и картографирование. М.; “Картгеоцентр-Геодезиздат”, 1994 жыл.
6. *Кравцова В.И.* Космические методы картографирования. МГУ, 1995 жыл.
7. *Кронберг П.* Дистанционное изучение Земли. М.; Мир, 1988 жыл.
8. *Лаврова Н.П.* Космическая фотосъемка. М.; Недра, 1983 жыл.
9. *Новаковский Б.А.* Фотограмметрия и дистанционные методы изучения Земли. М.; МГУ, 1997.
10. *Савиных В.П., Кучко А.С., Стеценко А.Ф.* Аэрокосмическая фотосъемка. М.; “Картгеоцентр-Геодезиздат”, 1997 жыл.
11. *Фёдоров Б.Ф.* Аппаратура космического фотографирования. М.; Недра, 1985 жыл.
12. *Рысбеков К.Б.* Геодезиядағы жерсеріктік радионавигациялық жүйелер. Алматы.: АВ, 2011 ж.
13. *Рысбеков К.Б.* Аэрофототүсірістің жалпы негіздері. Алматы.; ҚазҰТУ, 2008 ж.
14. *Хан В.А.* Определение параметров Космической съемки. Метод. указ. к выполнению лабор-х работ. Алматы: КазНТУ, 2001.

«АЭРОҒАРЫШТЫҚ ТҮСІРІС ӘДІСТЕРІ» пәнінің негізгі терминдері мен түсініктерінің АНЫҚТАМАСЫ

Қашықтықтан зондтау (remote sensing) – қашықтықта зерттелетін объектінің үстіңгі бетінен аппаратураның қабылдау сезімталдық элементтерімен тікелей байланыссыз зерттеу.

Жердің табиғи ресурстары – ауа, су, топырақ, өсімдіктер мен жануарлар әлемі, әртүрлі пайдалы қазбалар.

Географиялық ақпараттық жүйелер (ГАЗ) – қандай-да бір аумаққа жанастырылған мәліметтер базасының үлкен санын цифрлық түрде жинау, сақтау және пайдаланудың технологиясы мен құралы.

Мониторинг – зерттелетін объекті жай-күйінің динамикасын уақыт аралығында бақылау (үздіксіз немесе берілген мерзімділікте).

Орбита элементтері – кеңістіктегі ҒҰА жағдайын тікелей анықтайтын параметрлер.

Ұйытқымайтын қозғалыс теориясы – гравитациялық тартылыстың тек бір ғана орталық күшінің әсерінен болатын материалдық нүктенің қозғалысы.

Кеплердің бірінші заңы – фокустарының бірінде тартылатын дененің орталық массасы орналасатын ЖЖС орбитасы, яғни эллипс.

Кеплердің екінші заңы – уақыттың тең аралығында тең алаңдарды сипаттайтын ЖЖС векторының радиусы, яғни жол серігінің секторлық жылдамдығы, тұрақты шама.

Кеплердің үшінші заңы – екі жер серігі айналым мерзімдерінің квадраттары олардың орбиталарының үлкен жартылай осьтерінің кубы сияқты тартылатын дененің орталық массасына салыстырмалы.

Алғашқы ғарыштық жылдамдық – дене ЖЖС болу үшін оған хабарлауға қажетті жылдамдық.

Екінші ғарыштық жылдамдық – жылдымдықтың жер тартылысын еңсеру үшін денеге хабарлауға қажетті жылдамдық.

ЖҚЗ ҒҰА ұшуларының баллистикалық шарттары – түсіріс аппаратурасымен жергілікті жерді қармау жолағы, қармау жолағын көлденең жабу, шолудың сфералық белдеуінің ендігі,

түсіріс көлемі мен оның жол берілетін ауытқуы, берілген қамту ауқымының қабілеті, зерттелетін аудандардың талап етілетін жарықталуы, жер серігінің белсенді қызмет мерзімі, орташа статистикалық метеожағдай.

Тәуліктік мерзімдік орбиталар – жолдары тәулік сайын қайталанатын орбиталар саны.

Гелиосинхрондық (күн-синхронды) орбиталар – екі жазықтық айналымының кең жылдамдықтары кезінде бір жаққа айналатын орбита жазықтығы мен терминатор жазықтығы, Жер бетіндегі орбита торабының жоғары көтерілуші кескіні, жергілікті уақыттың сол бір мәнімен белдеу төңірегінде орналасады.

Электромагниттік сәулелену – энергияның толқын немесе жарық бөліктерінің (фотондардың) тік сызықты ағындары түрінде таралуы.

Электромагниттік сәулеленудің энергетикалық сипаттамалары – сәулелену ағыны (сәулелену қарқындылығы) уақыт аралығында сәулеленудің таралуын анықтайды; сәулеленудің энергетикалық күші қандай-да бір бағыттағы сәулелену ағынының таралуын көрсетеді; энергетикалық жарық – бұл белгілі бір бағытта жіберілетін үстіңгі беттегі сәулелену ағынының қарқындылығы; энергетикалық жарықтану (сәулелену қабілеті) – бұл барлық бағыттарда үстіңгі бет алаңы бірліктерінен жіберілетін ағынның шамасы; энергетикалық жарықтану – бұл құлайтын ағынның үстіңгі бетінің тығыздығы.

Стефан-Больцман заңы – абсолютті қара дененің (АҚД) оның жеке температурасымен интегралдық сәулелену қабілетінің (сәулеленудің толық энергиясы) байланысын анықтайды.

Планк заңы – АҚД (Күн) энергетикалық жарығы спектрлік тығыздығының толқын мен температура ұзындығына тәуелділігін анықтайды (оптикалық диапазонда күннің сәулелену энергиясының бөлінуі).

Вин заңы – АҚД сәуле шығару қабілетінің ең үлкен мәніне және оның температурасына сәйкес толқындар ұзындығы арасындағы байланысты анықтайды.

Кирхгоф заңы – кез-келген дененің жіберу және жұту қабілетінің ара-қатынасы сол бір температурада АҚД жіберу

қабілетіне тең.

Ламберт заңы – көздің энергетикалық жарығының сәулелену бағытына тәуелділігін анықтайды және былайша тұжырымдалады: «Үстіңгі беттің сәулелену күші нормал мен қарастырылатын бағыт арасындағы сәулелену бұрышының косинусына (β) пропорционалды».

Релей шашырауы - сәулеленудің қысқа толқынды бөлігінің газ молекулаларымен шашырауы.

Ми шашырауы – оптикалық сәулеленудің ұзын толқынды бөлігінің аэрозольдарымен шашырауы.

Абсорбция – сәулелену энергиясының ішіне енген заттың жұтылуы.

Эмиссия – энергияның жұтылуынан туындаған затты қыздыру кезінде пайда болған қайталама жылулық сәулелену ағыны.

Трансмиссия – белгілі бір ұзындықтағы толқындардың тереңге енуінен туындаған заттардың жарық түсіруі.

Шағылысу – бұл ортаның үстіңгі бетінен монохроматикалық толқындар жиілігі өзгеріссіз электромагниттік сәулеленудің қайта оралуы.

Шашырау – бұл сәулелену бағытының ауытқуы салдарынан құлайтын сәулелену энергиясының жұтылуынсыз немесе оның басқа нысанға көшуінен бағытталған сәуле ағынының әлсіреуі.

Альbedo – электромагнитті сәулеленудің құлайтын ағынының шағыстырылатын ағын қарқындылығына ара-қатынасы.

Жарықтың интегралды коэффициенті (жарық коэффициенті) – бұл берілген бағыттағы осы үстіңгі бет жарығының тең бірлікте шағылысу коэффициентімен және осы үстіңгі бет сияқты жарықталған мінсіз шашырайтын үстіңгі бет жарығына ара-қатынасы.

Кеңістіктік қамту ауқымы – түсірістерде бейнеленген жергілікті жер объектілеріндегі ең төменгі сызықтық көлемдер.

Радиометрлік (жарықтық, температуралық) қамту ауқымының қабілеті қабілет – сәулелену қабылдағышы динамикалық диапазонының ені, яғни абсолютті қара жарықтан абсолютті ақ денеге ауысуына сәйкес келетін дискреттеу деңгейінің саны.

Ғарыштық түсіріс – жеке техникалық құралдар мен

қашықтық тіркеуден немесе шағылыстырылған сәулеленуден алынған және айырып жазулар, өлшеулер мен картографиялаулар арқылы объектілерді, құбылыстар мен үдерістерді табуға, сапалы және сандық зерттеуге арналған екі шекті бейнелеу.

ЖҚЗ фотографиялық әдісінің артықшылығы – түсірістердің жоғары кеңістіктік қамту ауқымы; жоғары геометриялық және фотометрлік дәлдік; түсірістерді даярлаудың қарапайымдылығы мен арзандығы; стереобейнелерді құру мүмкіндігі; орталық кескінде бейнелеуді құру.

ЖҚЗ фотографиялық әдісінің кемшіліктері – мәліметтер алудың баяулығы; орбита биіктігінің төмендігі мен борттағы үлдірлер қорының шектеулігі салдарынан жер серігі қызметінің қысқа мерзімі; ақпараттың баламалық түрде тапсырылуы.

ЖҚЗ оптика-электрондық әдісінің мәні – энергиялық сәулеленуді қармау және оптикалық жүйе мен түсірілетін үстіңгі беттің бенеленуін құру мен оны электромагниттік ауытқулардың ультракүлгін, көрінетін, инфрақызыл (ИК) жақын, жылулық инфрақызыл спектрлеріне сезімтал сәулеленудің электрондық қабылдағыштары арқылы тіркеу.

Оптика-электрондық жүйе (ОЭЖ) – оптикалық сигналдарды қабылдауға, оны электрлік сигналға өзгертуге және сәулелену көздері туралы ақпаратты өндеуге арналған оптикалық, электрондық, механикалық және басқа элементтер мен тораптардың жиынтығы.

ЖҚЗ енжар әдісі – объектіде сәулеленетін немесе шағылысатын түсірілімдердің сәулелену сигналын қабылдау мен тіркеу.

Радиометрлер – құрылатын немесе шағылыстырылатын объектілер мен сәулелену санының берілген дәлдігін өлшеу үшін қызмет етеді;

Спектрорадиометрлер – оптикалық спектр бойынша (толқынның ұзындығы, жиілік бойынша) сәулеленудің таралуын өлшейтін, яғни спектрге зерттелетін оптикалық сәулеленудің шашырауын осы спектрде жекелеген монохроматикалық құрайтындарға тиесілі сәулеленудің сапалық бағалануын жүзеге асыратын аспаптар;

Тепловизиялық және телевизиялық ОЭЖ – температуралық

және жарықтық аландарды көрнекілеуге арналған.

Сәулелену қабылдағышы – бұл электромагниттік сәулелену энергиясын электрлік сигналға ауыстыруға арналған қондырғы.

Сәулеленудің жылулық қабылдағыштары – сәулеленудің осы жағдайында құлайтынның әсерімен сезімтал қабат температурасының өзгерісі кезінде олардың қасиеттерінің өзгерісіне негізделген іс-әрекет.

Сәулеленудің фотондық қабылдағыштары – ол заттар сәулеленген кезде электрондық құрылымының өзгерісіне негізделген іс-әрекет.

Сәулелендің селективтік емес қабылдағыштары – сезімталдық сәулеленудің құлайтын толқынның ұзындығына тәуелді.

Сәулеленудің селективтік қабылдағыштары – белгілі бір ұзындықтағы толқындарға сезімталдық.

Заярдың байланысы бар аспаптар (ЗБК) – ішкі коммутация жүзеге асырылатын металл-қышқыл-жартылай өткізгіш құрылымдарындағы конденсаторлардың жиынтығы.

Сәулелену қабылдағышының спектрлік сезімталдығы – шығатын сигнал өзгерісінің (кернеудің немесе токтың) осы өзгерісті тудырған монохроматикалық ағынға ара-қатынасы.

Сәулелену қабылдағышының интегралдық сезімталдығы – шығу сигналы өзгерісінің сәулеленудің интегралдық ағынға немесе белгілі бір спектрлік құрамы бар көзден шыққан жарық ағынына (белгілі түстік температурасы бар қалыпталған көз) ара-қатынасы.

Сәулелену қабылдағышының сезімталдық шегі – қабылдағышқа құлайтын, осы кезде шығатын сигнал мәнінің үшу мәніне тең болатын сәулелену ағыны мәнінің ең төменгі шамасы.

Сәулелену қабылдағышы сезімталдығының үлестік шегі – элемент алаңының бірлігінде келтірілген сезімталдық шек шамасы.

Сәулелену қабылдағышының анықтағыштық қабілеті – сезімталдық шегіне кері шама.

Сәулелену қабылдағышының тұрақты уақыты – уақыт аралығы, осы уақыттың бойында қабылдағыш шыға берісіндегі сигнал сәулелену аяқталғаннан кейін e есеге азаяды немесе

оның сәулелену кезіндегі тепе-теңдік жағдайынан және/е деңгейге дейін өседі.

Сәулелену қабылдағышының жиіліктік сипаттамасы – қабылдау сезімталдығының оған түсетін сәулелену ағыны модуляциясының жиілігіне тәуелділігі.

Сәулелену қабылдағышының спектрлік сипаттамасы – сәулелену қабылдағышы сезімталдығының толқын ұзындығына тәуелділігі.

Сканерлеу – алаңның шағын $\omega_{\text{мг}}$ қас-қағым сәттік бұрышы мен $\omega_{\text{обз}}$ шолудың салыстырмалы үлкен алаңын сатылай қарау.

Сканердің геометриялық қамту ауқымы – қас-қағым сәттік бұрышпен қармалған түсірілетін үстіңгі бет учаскесінің көлемі.

Сканерлеу мерзімі – шолудың берілген алаңын қарау және $\omega_{\text{мг}}$ көрудің қас-қағым сәттік бұрышын бастапқы жағдайға қайтару үшін қажет уақыт.

Конденсор – жағдайы объективтің басты үлкен жазықтығына жақын қабылданған шыға беріс қарашығының бейнеленуін қабылдағыштың сезімтал алаңының жазықтығына ауыстыруға арналған оптикалық бөлшек, бұл сезімтал алаңның жазықтығындағы қиысу шоғының көлемін азайтуға алып келеді.

Радиолокацияның негізгі теңдеуі – қабылданатын сигнал қуатталығы мен сәулелену қуаттылығы арасындағы тәуелділікті анықтайды.

Нақты апертурасы бар БШРЛС көлденең қамту ауқымы – сәулелену бағытындағы кеңістік рұқсат.

Нақты апертурасы бар БШРЛС азимуталдық қамту ауқымы – ұшу бағытындағы кеңістіктік рұқсат.

Көздеу бұрышы – антенна арқылы өтетін көлбеу үстіңгі бетпен және антенна мен объектіні қосатын тік сызық арасындағы бұрыш.

Скаттерометрлер (жел өлиегіштер) – желдің синоптикалық алаңын анықтауға арналған РЛС, іс-әрекет қызметі теңіз үстіңгі беті таралу алаңының тиімділік шамасының су бетіндегі жел жылдамдығы мен бағытына тәуелділікке негізделген.

Ғарыштық түсіруді бейнелеудің анизоморфизмі – шеңбер түсірілім кезінде алынған эллипс эксцентриситет ретінде анықталады.

Ғарыштық түсірісті бейнелеудің жергілікті когеренттілігі – кеңістіктік рұқсаттың теориялық мәні мен оның жолдар мен бағандар бойынша нақты мәні арасындағы салыстырмалы айырмашылық ретінде анықталады.

IRS бағдарламасы – Indian Remote Sensing Satellite system.

ЗБК–зарядталған байланысы бар аспап (ағыл. тілінен *CCD* – Charge-Coupled Device).

Радиокөлеңке- радиосигналға қол жетімсіз аймақтар, яғни радиосигнал жолында бөгеттердің болуы мысалы жер бедерінің ерекшеліктеріне байланысты.

Крен (фран. тілінен. *carène*–киль, корабльдің бөлігі немесе ағыл. тілінен *kren-gen* – кемеі бір жағына қисайту) – объектінің оз осінен бұрылуы (кеме, ұшақ, фундамент). Эйлердің үш бұрышына сәйкес келетін координаталық жүйеге қатысты апараттың бағдарын беретін бұрыштары *крен*, тангаж және (рыскание) алға ұмытылу.

МАЗМҰНЫ

	Кіріспе.....	3
1.	Ғарыштық ұшу аппаратының ұшу параметрлері...	6
1.1.	Ғарыштан алынған жқз кешені.....	6
1.2.	Ғарыштық ұшу аппараты.....	8
1.3.	Ғұа орбитасының элементтері.....	10
1.4.	Орбитаның типтері.....	13
1.5.	Орбита бойынша ғұа қозғалысының жылдамдығы...	14
1.6.	Қашықтықтан зондтаудың ғұа ұшулары баллистикалық шарттарының ерекшеліктері.....	19
2.	Қашықтықтан зондтаудың физикалық негіздері...	26
2.1.	Электромагниттік сәулелену.....	26
2.2.	Электромагниттік сәулеленудің атмосферамен әрекеттесуі.....	32
2.2.1.	Электромагниттік толқындардың атмосфера арқылы өтімділігі.....	32
2.2.2.	Селективтік шашыраудың ЖҚЗ-ға әсері.....	32
2.2.3.	Күн сәулесінің шашырау қарқындылығы мен жұтылуы атмосферадағы сәуле бағытының аралығына тәуелділігі.....	33
2.2.4.	ЖҚЗ-ға аэрозольдық шашыраудың ықпалы.....	33
2.3.	Электромагнитті сәулеленудің жер бетіндегі әртүрлі заттармен және орталармен әрекеттесуі ...	35
2.3.1.	Әрекеттесу түрлері	35
2.3.2.	Электромагнитті сәулеленетін заттар мен органың әрекеттесу сипатын анықтайтын белгілер	36
3.	Қашықтықтан зондтау мәліметтерінің параметрлері...	42
3.1.	Табиғи ресурстық міндеттерді шешу кезінде қашықтықтан зондтау мәліметтерінің параметрлеріне талаптар.....	42
3.2.	Қашықтықтан зондтау мәліметтерін жіктеу.....	47
4.	ЖҚЗ әдістері.....	51
4.1.	Ғарыштан алынған жқз фотографиялық әдісі.....	51
4.1.1.	Әдістің жалпы принциптері.....	51
4.1.2.	Көп аймақты фототүсірістер принциптері.....	52
4.1.3.	Ғарыштық фототүсірістердің ерекшеліктері	54

4.1.4.	Ғарыштық түсіріс фотокамераларын жіктеу.....	56
4.2.	ЖҚЗ оптикалық-электрондық әдістері	61
4.2.1.	Әдістің жалпы принциптері.....	61
4.2.2.	Табиғи ресурстық мақсаттар үшін қолданылатын оптикалық-электрондық жүйелерді жіктеу.....	63
4.2.3.	Сәулелену қабылдағыштары: параметрлер мен сипаттамалар.....	64
4.2.4.	Оптика-электрондық жүйелердегі сканерлеу.....	67
4.2.5.	Жқз оптика-электрондық әдістерінің түрлері.....	70
4.2.6.	Сканерлік бейнелердің параметрлері мен ерекшеліктері.....	77
4. 3.	ЖҚЗ радиолокациялық әдістері.....	82
4.3.1.	Әдістің принциптері мен параметрлері.....	82
4.3.2.	Нақты апертурасы бар радиолокациялық түсіріс жүйелері.....	87
4.3.3.	Нақт апертурасы бар бшрлс кеңістіктік камту ауқымының жүйесі.....	90
4.3.4.	Синтезделген апертурасы бар радиолокациялық түсіріс жүйесі.....	91
4.3.5.	Радиолокациялық түсірістердің геометриялық бұрмалаушылықтары.....	94
4.3.6.	ЖҚЗ радиолокациялық ғарыштық жүйелері.....	97
5.	Қашықтықтан зондтау әдістері мен жердің табиғи ресурстарын зерттеудің ғарыштық бағдарламалары ..	103
5.1.	Ғарыштан алынған жқз бағдарламаларына шолу...	103
5.2.	“Landsat” бағдарламасы.....	104
5.2.1.	Бағдарламаның жалпы сипаттамасы.....	104
5.2.2.	“Landsat” бағдарламасының жерді қашықтықтан зондтау аппаратурасы.....	106
5.2.3.	Бағдарламаның қашықтықтан зондтау мәліметтері....	109
5. 3.	"Spot" бағдарламасы.....	111
5.3.1.	Бағдарламаның жалпы сипаттамасы.....	111
5.3.2.	Бағдарламаның жерді қашықтықтан зондау аппаратурасы.....	112
5.3.3.	Бағдарламаның жқз мәліметтері.....	115
5.4.	"Ресурс" бағдарламасы.....	118
5.4.1.	"Ресурс" бағдарламасының жалпы сипаттамасы....	118

5.4.2.	"Ресурс" бағдарламасының жерді қашықтықтан зондтау аппаратурасы.....	121
5.4.3.	Программаның жқз мәліметтері.....	126
5.5.	Жқз үнділік (irs) программасы.....	131
5.5.1.	Программаның жалпы сипаттамасы.....	131
5.5.2.	RS программасының аппаратуралары және мәліметтері.....	132
5.6.	Жоғары түсіру мүмкіндікті жқз жүйесі	134
5.7.	ЖҚЗ мәліметтері.....	139
	Библиографиялық тізім.....	143
	«АЭРОҒАРЫШТЫҚ ТҮСІРІС ӘДІСТЕРІ» пәнінің негізгі терминдері мен түсініктерінің анықтамасы.	144

Оқулық басылым

АЭРОҒАРЫШТЫҚ ТҮСІРІС ӘДІСТЕРІ

Оқу құралы

РБ бастығы

З.А. Ғұбайдулина

Редактор

Г.Қ. Оңкебаева

Компьютерде беттеген

А.Б. Аришова

Басуға қол қойылды 23.06.2014 г.

Таралымы 300 дана. Пішімі 60x84x 1/16. № 1 баспаханалық қағаз.

Шартты б.т. 8,9. Көлемі 9,6 есепті б.т. Тапсырыс № 20.

Бағасы келісімді.

Қ.И. Сәтбаев атындағы

Қазақ ұлттық техникалық университетінің басылымы

Оқу-баспа орталығы,

Алматы, Сәтбаев көшесі, 22

ISBN 978-601-228-617-5



9

7 8 6 0 1 2 2 8 6 1 7 5