

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ
Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті
Бүркітбаев ат.Өнеркәсіптік автоматтандыру және цифрландыру институты
Электроника, телекоммуникация және ғарыштық технологиялар кафедрасы

ОӘК 621.382

Қолжазба нұсқасында

Дауренбеков Ардан Лескенұлы

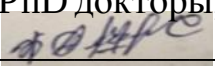
Магистрі академиялық дәрежесін іздену үшін

МАГИСТРЛІК ДИССЕРТАЦИЯ

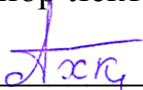
Диссертация тақырыбы Қашықтықта зондтау спутниктері арқылы ауыл шаруашылығын мониторингілеу

Мамандық 6М074600 – «Ғарыштық техника және технологиялар»

Ғылыми жетекші,
PhD докторы, сениор-лектор
 Қ.Н.Тайсариева
«24» шілде 2020 ж.

Оппонент,
PhD докторы, қауым-н профессор
 Әлібек Н.Б.
«24» шілде 2020 ж.

Нормобақылаушы:

Сениор-лектор, доктор PhD
 А.Хабай
«24» шілде 2020 ж.

ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ

ЭТжҒТ каф.менгерушісі
_____И.Сырғабаев
«____» _____2020 ж.

Алматы 2020

АҢДАТПА

Ауыл шаруашылығы еліміздің басты, баптаушы да, іргелі бағыттарының бірі болған. Алайда ауыл шаруашылығы алқаптарын мониторингілеу осыған дейін интеллектуалды цифрлық құрылғылардың көмегімен жүзеге асуы экономикалық және басқа да қиыншылықтардың арқасында толығымен әсерін тигізе алмады. Сондықтан бұл жұмыстың басты мақсаты: қазіргі заманауи технологияларды пайдалана отырып, спутниктер арқылы Қазақстан аумағын әр облыс бойынша, қажетті дәнді дақылдардың өсу қажеттілігін ескере отырып, анализ жасау және оған сәйкес жер бөлігін таңдау.

Бұл жұмыста цифрлық технологияларды пайдалана отырып, қарапайым адамға қиыншылық тудыратын біршама факторларды жеңілдету жұмыстары жүргізілді. Спутниктен алынған Қазақстан аумағының карталық суреттерін үлкен көлемде, ірі шаруашылық аумақтарында зерттеу жұмыстарын арнайы экспедициясыз қашықтықта іске асыру жөнінде жұмыстар жүргізілді. Жұмысты іске асыру барысында біршама математикалық, физикалық, сандық технологияларда үлкен есептеу жұмыстары, әрі алынған ақпаратты визуалды түрде, қарапайым адамға жұмыс жасауға оңай түрге келтірілді.

АННОТАЦИЯ

Сельское хозяйство было одной из основных, нормативных и фундаментальных областей страны. Однако из-за экономических и других трудностей мониторинг сельскохозяйственных земель с помощью интеллектуальных цифровых устройств не был полностью эффективным. Поэтому основной целью данной работы является анализ территории Казахстана с помощью спутников в каждом регионе, с использованием современных технологий, с учетом необходимости выращивания необходимых культур и выбора подходящей земли.

В этой работе, с использованием цифровых технологий, была проделана работа по смягчению ряда факторов, вызывающих трудности у простых людей. Была проведена работа по внедрению крупномасштабных спутниковых снимков территории Казахстана, изучению крупных хозяйств на расстоянии без специальной экспедиции. В ходе выполнения работы была проведена большая вычислительная работа по ряду математических, физических, цифровых технологий, а также полученная информация была визуально облегчена для работы человека.

ANNOTATION

Agriculture was one of the main, normative and fundamental areas of the country. However, due to economic and other difficulties, monitoring agricultural land using smart digital devices has not been fully effective. Therefore, the main goal of this work is to analyze the territory of Kazakhstan using satellites in each region, using modern technologies, taking into account the need to grow the necessary crops and choose the right land.

In this work, using digital technology, work was done to mitigate a number of factors that cause difficulties for ordinary people. Work was carried out to introduce large-scale satellite images of the territory of Kazakhstan, to study large farms at a distance without a special expedition. In the course of the work, a lot of computational work was carried out on a number of mathematical, physical, digital technologies, and the information obtained was visually facilitated for human work.

МАЗМҰНЫ

Кіріспе	9
1 Ғарыштық агроөнеркәсіптік мониторинг туралы жалпы ақпарат	12
1.1 Қашықтықтан зондтау деректерін пайдалану мүмкіндіктері мен шарттары	13
1.2 Қашықтықтан зондтау әдістері	14
1.3 Ауыл шаруашылық өндірісінде мәселелерді шешу үшін жерді қашықтықтан зондтау деректерін қолдану	19
1.4 Ауыл шаруашылығы мақсатындағы міндеттерді шешуге арналған ғарыш аппараттары	21
1.5 Ауыл шаруашылық техникасының датчиктері мен құрылғыларын қолдану	30
1.6 Ауыл шаруашылық ақпаратын шешудің мысалдары	31
2 Жерді қашықтықтан зондтаудан және ғарыштық қызметтің басқа нәтижелерінен алынған деректерді пайдалану арқылы жерді пайдалану мәселелерін шешуде қолданылатын немесе ұсынылған негізгі әдістер мен технологиялар	34
2.1 Ғарыштан жерді қашықтықтан зондтау мәліметтерін сандық өңдеу әдістері туралы жалпы түсінік	34
2.1.1. Суретті қалпына келтіру және жақсарту	34
2.1.2. Радиометриялық түзету	35
2.1.3. Геометриялық түзету	36
2.1.4 Кескінді кеңістіктік ажыратуды ұлғайту	37
2.1.5 Каут Томастың қайта құрылуы	38
2.2 Жер серіктік түсірілім арналарының комбинацияларына жалпы түсінік	44
3 Сандық технологияларды пайдалана отырып, жер қыртысынан анализ жасау	47
3.1 Бинаризация және сегментация	51
3.2 Зерттеу жұмыстарына дайын, алгоритмделген жүйені басқару. Angular платформасымен танысу	54
3.4 Angular.json	57
Қорытынды	63
Пайдаланылған әдебиеттер	64

КІРІСПЕ

Ауыл шаруашылығында жер ерекше орын алады. Оның алқаптары - мемлекеттің азық-түлік қауіпсіздігін анықтайтын стратегиялық ресурс. Ресурстар мен активтерді тиімді басқару көбінесе өнделетін алқаптардың орналасуын, пішінін, мөлшері мен конфигурациясын, топырақтың құнарлылығын, агрохимиялық және агротехнологиялық қасиеттерін, инфрақұрылымды оқшаулауды білумен анықталады. Оның ауыл шаруашылық өндірісіндегі басты құндылығы топырақ құнарлылығында жатыр. Ауыл шаруашылық жерлердегі топырақ - белгілі бір өнімнің белгілі бір мөлшерін өсіруді қамтамасыз ететін негізгі фактор. Қазіргі заманғы аграрлық сектордың негізгі мәселелері - топырақ құнарлылығын сақтау және арттыру, өнімділікті арттыру және одан әрі арттыру өсімдік шаруашылығы.

Топырақтың құнарлылығын сақтау және жерді ұтымды пайдалану үшін дақылдардың ауысуын сақтау маңызды болып табылады. Өсімдіктің айналуы топырақтың қоректік заттары мен тыңайтқыштармен толықтырылуына және тиімді пайдаланылуына, қолайлы физикалық қасиеттерін жақсартуға және сақтауға, топырақты су мен жел эрозиясынан қорғауға, арамшөптер, аурулар мен өсімдік зиянкестерінің таралуына жол бермейді. Ғылыми негізделген ауыспалы егіс нәтижесінде топырақтың құнарлылығы мен дақыл өнімділігі едәуір артады. Жерге негізделген стандартты әдістерді қолдану арқылы ауыспалы егісті бақылау әлдеқайда қиын. Сондықтан, осы мақсаттар үшін ғарыштық және географиялық ақпараттық технологиялар арқылы Жерді қашықтықтан зондтау деректері бола алатын заманауи технологияларды қолдану қажет [43, 50].

Соңғы уақытта қашықтықтан зондтау нарығы отандық және шетелдік спутниктердің үлкен санынан орта, жоғары және ультра жоғары ажыратымдылықтағы кескіндерге еркін қол жетімділікті қамтамасыз ететін, қашықтықтан зондтау деректерін тарату, өңдеу және пайдалану технологияларын жетілдіре отырып, төмен бағамен тиімді сипатталды.

Ауыл шаруашылық секторында жерді қашықтықтан зондтау технологиясын қолданудың келесі маңызды және перспективалы бағыты - дақылдарды бақылау. Мұндағы типтік міндеттер ауыл шаруашылық дақылдарының жай-күйін ағымдағы бақылауды, олардың өнімділігін ертерек болжауды, ірі аймақтардағы егін жинау қарқынын бір уақытта бақылауды, әртүрлі типтегі жайылымдардың өнімділігін, шабындықтардың өнімділігін және т.б. анықтайды. Бұл міндеттер мониторингті қамтамасыз ететін жүйені қайта зерттеулер жүргізу арқылы шешіледі, дақылдардың даму динамикасы және түсімді болжау.

Радиацияның электромагниттік спектрінің әртүрлі диапазонында алынған ауыл шаруашылық жерлерінің спутниктік көріністері өсімдіктердің жай-күйі туралы ақпараттың ең тиімді және объективті көзі болып саналады және бүкіл әлемде ауыл шаруашылық мәселелерін шешуде белсенді қолданылады. Ғарыштық мониторинг жүргізу кезінде бұл ақпаратты қажетті жиілікпен сол

аумақта алуға болады, бұл ауыл шаруашылық жерлерінің құнарлылығын бағалауға мүмкіндік береді. Топырақ жамылғысын зерттеуде мониторинг деректерін тиімді пайдалану спутниктік кескіндерден құнарлылық көрсеткіштерін талдаудың теориялық және әдіснамалық негіздерін жасауды қажет етеді. Ауыл шаруашылық жер топырақтарының құнарлылығына әсер ететін кейбір факторларды зерттеу үшін ғарыштан қашықтықтан зондтау мәліметтерін практикалық қолдану мүмкіндігін қарастырылады.

Мониторингтің қазіргі нәтижелері ауыл шаруашылық алқаптарының тиісті және жеткілікті дәл карталарын біріктірген кезде анағұрлым объективті және нақты ақпарат беретіндігін атап өткен жөн. Мониторингтің міндеттері осы фонға қарағанда анағұрлым тиімді және едәуір арзан бағамен шешіледі, өйткені өрістердің шекараларын анықтау үшін өріс деректерін пайдаланудың қажеті жоқ және анықтамалық аудандарды анықтау оңайырақ [1, 2].

Ауыл шаруашылық мониторингін жүргізудің ең тиімді және сенімді әдісі қашықтықтан зондтау құралдары мен әдістерін қолдану болып табылады. Бұл әдіспен алынған мәліметтер басқаларға қарағанда бірнеше артықшылықтарға ие, бұл ауыл шаруашылық жұмыстарының әртүрлі кезеңдерін, өсімдіктердің даму сатыларын және т.б. үнемі бақылауға және бақылауға мүмкіндік береді. Сонымен қатар, қашықтықтан зондтау түрлі статистикалық және басқа ақпарат түрлерімен бірге егіннің қазіргі жағдайы туралы жоғары сапалы мәліметтер алуға мүмкіндік береді. Қашықтықтан зондтау мәліметтеріне негізделген мониторингтің негізгі ерекшеліктері:

- алынған ақпараттың өзектілігі;
- алынған ақпараттың жоғары сенімділігі;
- ақпараттың жоғары жиілігі;
- оқу аймағын кең қамту;
- мәліметтерді бірыңғай стандартталған түрде алу;
- статистикалық ақпаратты жинақтау және оны кірістерді болжау және зиянды бағалау үшін пайдалану мүмкіндігі

Жұмыстың өзектілігі Жерді қашықтықтан зондтау спутниктері арқылы ауыл шаруашылығы алқаптарын мониторингілеу болып табылады. Ауыл шаруашылығы еліміздің басты, баптаушы да, іргелі бағыттарының бірі болған. Алайда ауыл шаруашылығын мониторингілеу осыған дейін интеллектуалды цифрлық құрылғылардың көмегімен жүзеге асуы экономикалық және т.б. қиыншылықтардың арқасында толығымен әсерін тигізе алмады. Сондықтан бұл жұмыстың басты өзектілігі: қазіргі заманауи технологияларды пайдалана отырып, спутниктер арқылы Қазақстан аумағын әр облыс бойынша, қажетті дәнді дақылдардың өсу қажеттілігін ескере отырып, анализ жасау және оған сәйкес жер бөлігін тиімді таңдау болып табылады.

Бұл жұмыста цифрлық технологияларды пайдалана отырып, қарапайым адамға қиыншылық тудыратын біршама факторларды жеңілдету жұмыстары жүргізілді. Спутниктен алынған Қазақстан аумағының карталық суреттерін үлкен көлемде зерттеу, ірі шаруашылық аумақтарында зертеу жұмыстарын арнайы экспедициясыз қашықтықта іске асыру жөнінде жұмыстар жүргізілді. Жұмысты іске асыру барысында біршама математикалық, физикалық, сандық

технологияларда үлкен есептеу жұмыстары, әрі алынған ақпаратты визуалды түрде, қарапайым адамға жұмыс жасауға оңайлатылған түрге келтірілді.

Сондай-ақ Landsat 8, Spot 5, Terra, Aster жер серіктері жер бетін суретке түсіруде әлемдік деңгейде кеңінен қолданылады. Бұл жер серіктердің ерекшеліктері кез-келген жер аумақтың ғарыштық суретін жылдам және сапалы, тегін алуға тиімді мүмкіндік береді.

Мақсаты мен міндеттері. Бұл жүйені құрудың мақсаты ауыл шаруашылық жерлерінің құрылымы, жай-күйі және сипаттамасы, ауыл шаруашылық өндірісінің басқа да активтері, дақылдардың құрамы, жағдайы және дамуы, сонымен қатар болжамды кірістілік және тыңайтқышты қолдану қажеттілігі туралы жан-жақты ақпарат беру болып табылды. Жұмыстың мақсаты жерді қашықтықтан зондтаудың заманауи технологияларын қарастыру болып табылады.

Осының негізінде келесі аспектілер қарастырылды:

- Жерді қашықтықтан зондтау қарастырылды;
- бақылау кезінде қашықтықтан зондтау қарастырылды;
- пайдаланылмайтын және ұтымсыз пайдаланылатын жерлерді анықтау әдістері мен тәсілдерін қарастырылды;
- егістік жерлерді анықтау үшін деректерді өңдеудің спутниктік әдістеріне талдау жасалынды;
- аймақтық мониторинг жердің жай-күйін анықтау үшін көп аймақтық спутниктік суреттерді өңдеу әдістемесін жетілдіру;
- ауыл шаруашылық алқаптарда жердің жай-күйін бақылау мақсатында қашықтықтан зондтау мәліметтерін өңдеудің ұсынылған әдістеріне тәжірибелік зерттеулер жүргізілді;

1. Ғарыштық агроөнеркәсіптік мониторинг туралы жалпы ақпарат

Ауыл шаруашылығы алқаптары - мемлекеттің азық-түлік қауіпсіздігін анықтайтын стратегиялық ресурс. Агробизнесің жетістігі ең алдымен, әртүрлі деңгейдегі менеджерлердің жер ресурстары мен басқа да өндірістік активтерді сауатты басқару қабілетіне байланысты. Ресурстар мен активтерді тиімді басқару көбінесе өңделетін алқаптардың орналасуын, пішінін, мөлшері мен конфигурациясын, топырақтың құнарлылығын, агрохимиялық және агротехнологиялық қасиеттерін, инфрақұрылымды оқшаулауды білумен анықталады. Ауыл шаруашылық секторында тиімді жоспарлау мен басқару, егіннің шығымдылығы туралы ақпаратсыз мүмкін емес. Ауыл шаруашылық өндірісі статикалық емес. Өсімдік айналымы жыл сайын өзгереді, жаңа дақылдар егіледі. Белгілі бір дәрежеде агрономға (немесе шешім қабылдауға жауапты басқа адамға) оның ауыл шаруашылық өндірісінің жылдық циклін бақылау қажеттілігі туындайды.

Ауыл шаруашылық жерлердің қасиеттері мен дақылдардың жай-күйі туралы ақпараттың ең дамыған, тиімді және сенімді көздерінің бірі - бұл жерді қашықтықтан зондтау (ЖҚЗ) деректері. Жер серіктік суреттерді декодтау және талдау нәтижесінде алынған мәліметтерге сүйене отырып, агроөнеркәсіптік кешен үшін ғарыштық мониторинг жүйесін әзірлеуді және енгізуді ұсынамыз.

Бұл жүйені құрудың мақсаты ауыл шаруашылық жерлерінің құрылымы, жағдайы және сипаттамасы, ауыл шаруашылық өндірісінің басқа да активтері, дақылдардың құрамы, жағдайы және дамуы, сонымен қатар болжамды кірістілік және тыңайтқышты қолдану қажеттілігі туралы толық ақпарат беру [1,3].

Ғарыштық мониторинг жүйесінің негізгі артықшылықтары:

тиімділік - түсірілімге тапсырыс бергеннен кейін 24 сағат ішінде нақты спутниктік суреттерді алуға болады;

- объективтілік - спутниктік суреттерден алынған ақпарат объективті және ауыл шаруашылық жерлері мен дақылдарының жай-күйін көрсетеді;

- бір уақыттағы және кезеңділік - жерді қашықтықтан зондтаудың заманауи спутниктік жүйелері бүкіл ауыл шаруашылық маусымында жоғары жиілікті түсіруге мүмкіндік береді;

- біркелкілік - спутниктік кескіндердің деректері автоматтандырылған өңдеуге жарамды біркелкі, стандартталған ақпарат;

- көріну - жерді қашықтықтан зондтаудың заманауи спутниктік жүйелері кең аудандарға бір реттік зерттеу жүргізуге мүмкіндік береді, бұл

- бір-бірінен едәуір қашықтықта орналасқан өндірістік алаңдарда бір уақытта бақылаулар жүргізу;

- кешенділік - ауыл шаруашылығындағы қолданбалы мәселелердің кең спектрін шешу.

Ғарыштық бақылау жүйесінің жұмыс істеуі үшін әртүрлі сипаттамалары бар спутниктік суреттер қолданылады. Ауыл шаруашылық өндірісті ғарыштық бақылау үшін негіз ретінде орта (10 - 50 м), биік (1 - 10 м) және ультра жоғары

кеңістіктік (1 м-ден кем) спутниктік суреттерді қолдануға болады. Ауыл шаруашылық өндірісін бақылау үшін қашықтықтан зондтау көздерін таңдау көптеген факторларға байланысты.

Ауыл шаруашылық өндірісінде ғарыштық мониторинг технологияларын енгізудің әсері:

- ауыл шаруашылығы алқаптары мен топырақтарын жерге түсіруге байланысты шығындарды азайту;
- дақылдар мен топырақтың жай-күйі туралы хабардарлықты арттыру;
- табиғи факторлардың теріс әсерін уақтылы анықтау және алдын-алу;
- ауыл шаруашылық жерлеріндегі антропогендік және техногендік сипат;
- тыңайтқыштардың құнын төмендету;
- дақылдардың ауысуы, түсімділігі, органикалық заттардың, топырақтағы азот және оларды басқа ақпараттық ресурстардың деректерімен қарапайым біріктіру мүмкіндігі туралы мәліметтерді жүйелеу және құрылымдау.

1.1 Қашықтықтан зондтау деректерін пайдалану мүмкіндіктері мен шарттары

Ғарыштық немесе аэрофототүсірілім материалдары болсын, жерді қашықтықтан зондтау деректері әртүрлі мәселелерді шешуге мүмкіндік беретін әртүрлі салаларда белсенді қолданылады. Қашықтықтан зондтау мәліметтерін геоақпараттық талдау ауыл шаруашылық өндіріс саласының мамандары үшін әр түрлі ақпараттық өнімдерге қол жетімділікті қамтамасыз етеді. Қашықтан зондтау мәліметтерін қолдану, шаруашылық ішінде жерге орналастыру карталарын дайындау, жерді түгендеу, дақылдардың жалпы жағдайын бағалау, егіс және егін жинау жұмыстарының мониторингі, егін шығымдылығын болжау, дақылдардың қазіргі жағдайына сәйкес тыңайтқыштардың жеткілікті концентрациясы бойынша ұсыныстар дайындау, биіктік карталарын дайындау Ауыл шаруашылық дақылдарының жағдайын бақылау кезеңділікті қажет етеді бақылаулар, ағымдағы жағдайды бағалау, сонымен қатар дақылдардың одан әрі дамуын болжау.

Қашықтан басқару деректерінің бірнеше артықшылықтары бар, олар:

- алынған ақпараттың жоғары сенімділігі мен объективтілігі;
- суреттерді ұсынудың тиімділігі;
- белгілі бір аумақта ақпарат алудың жоғары жиілігі;
- ақпарат алудың жерүсті әдістерімен салыстырғанда үлкен аумақтық камту;
- ретроспективті талдау жүргізу үшін пайдалы деректері;
- мәліметтерді өңдеуді автоматтандыруға мүмкіндік беретін бірыңғай стандартталған нысанда мәліметтерді қабылдау;
- статистикалық ақпаратты жинақтау және оны мәдениеттің дамуын болжау және болып жатқан өзгерістерді бағалау үшін пайдалану.

Тікелей қашықтықтан зондтау мәліметтерін қолданумен қатар, спутниктік суреттерді өңдеу нәтижелерінің сенімділігін едәуір арттыратын әр түрлі қолдау ақпараты да қатысады. Қосымша мәліметтер түрлері:

- топырақ карталары;
- картографиялық материалдар;
- рельефтің сандық модельдері (ЦМР);
- ауыспалы егіс туралы деректер;
- агрометеорологиялық ақпарат;
- аэрофотүсірілім материалдары;
- климаттық сипаттамалары;
- өсірілетін ауыл шаруашылығы дақылдары туралы деректер;
- далалық зерттеулердің нәтижелері;
- агротехникалық іс-шаралар туралы ақпарат;
- көпжылдық статистикалық ақпарат және т. б.

Спутниктік суреттерді таңдаған кезде назар аудару керек негізгі белгілер мыналар: кеңістіктік ажыратымдылық, спектрлік сипаттамалар, түсірілімнің өткізу қабілеті және түсіру жиілігі. Бұл параметрлерді таңдау спутниктік суреттерді өңдеу нәтижелерін қолдану саласына байланысты болады.

Кескінді бөліп көрсетуге болатын ең кішкентай нысанның мөлшері спутниктік кескіннің кеңістіктік шешіміне байланысты. Жоғары кеңістіктік ажырату объектілердің геометриялық сипаттамаларын неғұрлым дәл анықтауға мүмкіндік береді, сондықтан өрістердің шекараларын анықтау, олардың аудандарын есептеу, әр өрісті егжей-тегжейлі бағалау үшін жоғары кеңістіктік ажыратымдылықтың спутниктік суреттерін пайдалану керек. Суреттің аз кеңістіктік ажыратымдылығы белгілі бір фермада қабылданған өлшеулердің дәлдігін қамтамасыз ете алмайды, өйткені кескін орман алқаптары мен дала жолдары сияқты рельеф объектілерінің әсерінен өрістің спектрлік реакциясының бұрмалануын қамтиды. Алайда, аймақтық және ғаламдық деңгейде дақылдарды мониторингілеу кезінде кеңістіктік ажыратымдылығы төмен спутниктік сурет ақпараттың нақты көзі болып табылады [44].

1.2 Қашықтықтан зондтау әдістері

Қашықтан зондтау әдістері кез-келген зат өзінің табиғатының ерекшеліктеріне сәйкес электромагниттік энергияны шығаратын және көрсететіндігіне негізделген. Толқындардың ұзындығы мен сәулелену қарқындылығындағы айырмашылықтар алыс объектінің қасиеттерін онымен тікелей байланыссыз зерттеу үшін қолдануға болады.

Суретке түсіру.

Жер бетінің фотосуреттері басқарылатын ғарыш аппараттарынан және орбиталық станциялардан немесе автоматты спутниктерден алынған. Жабдықтың түріне және қолданылатын фотофильмдерге байланысты суретке түсіру электромагниттік спектрдің барлық көрінетін диапазонында, оның жеке

аймақтарында, сондай-ақ жақын инфрақызыл (инфрақызыл) диапазонда жүргізілуі мүмкін.

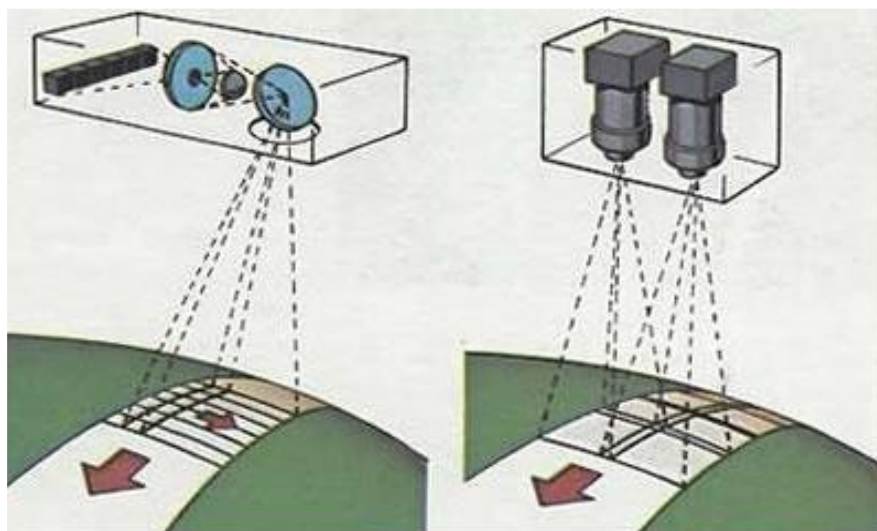
Түсірілімнің масштабы екі маңызды параметрге байланысты: түсіру биіктігі мен линзаның фокустық ұзындығы. Ғарыштық камералар оптикалық осьтің бейімділігіне байланысты жер бетінің жоспарлы және перспективалық суреттерін алуға мүмкіндік береді [2].

Қазіргі уақытта жоғары ажыратымдылықтағы фототехника қолданылады, бұл 60% немесе одан көп қабаттасқан ғарыштық спутниктен (ФС) алуға мүмкіндік береді. Суреттің спектрлік диапазоны жақын инфрақызыл аймақтың көрінетін бөлігін қамтиды (0,86 мкм дейін). Фотосурет әдісінің белгілі кемшіліктері фильмді Жерге қайтару қажеттілігімен және оның бортта шектеулі жеткізілімімен байланысты. Алайда, қазіргі уақытта фототүсірілім ғарыштан түсірудің ең ақпараттық түрі болып табылады. Ыңғайлы басып шығару өлшемі - 18x18 см, бұл тәжірибе көрсеткендей, адамның көру физиологиясына сәйкес келеді, бұл бүкіл кескінді бір уақытта көруге мүмкіндік береді.

Пайдаланудың қарапайымдылығы үшін 0,1 мм немесе одан да дәлдігі бар бақылау нүктелерін топографиялық байланыстыратын фотосуреттер (фотосистемалар) немесе фотокарталар бір-біріне сәйкес келетін бөлек ФС - орнатылады. Фото тізбектерді орнату үшін тек жоспарланған ФС -дер қолданылады. Әдетте ФС - ны жоспарланғанға келтіру үшін трансформация деп аталатын арнайы процесс қолданылады. Трансформацияланған ФС космофототехника және космофотомаптарды құру сәтті қолданылады сондай-ақ географиялық координаттар торымен оңай байланысады

Сканерлеу.

Қазіргі уақытта көп мақсатты оптикалық-механикалық жүйелер - спутниктерге түрлі мақсаттарда орнатылған сканерлер - көбінесе ғарыштан түсіруге қолданылады. Сканерлерді қолдана отырып, кескіндер көптеген жеке, дәйекті түрде алынған элементтерден тұрады. «Сканерлеу» термині суретті сканерлеуді, сканерлеу элементін (бұрылатын немесе айналмалы айнаны), сканерлеуді, органың қозғалысы бойынша қарама-қарсы қарауды және объективке сәуле ағынын жіберуді, содан кейін жарық сигналын электрлік түрге айналдыратын нүкте датчигін білдіреді. Бұл электр сигналы байланыс арналары арқылы қабылдау станцияларына беріледі. Ауданның кескіні жолақтардан тұратын таспада - пиксельдерден тұратын жеке элементтерден тұратын сканерден алынады. Сканер суреттерін барлық спектрлік диапазондарда алуға болады, бірақ көрінетін және инфрақызыл диапазондар әсіресе тиімді. Сканерлеу жүйелерін қолдана отырып, жер бетін түсіргенде сурет пайда болады, оның әр элементі көзге бірден көрінетін аймақтың сәулелену деңгейіне сәйкес келеді. Сканер бейнесі - магниттік таспада (сандық түрде) жазылып, содан кейін кадр түріне айналдыруға болатын Жерге жіберілетін жарықтылық туралы тапсырыс берілген пакет.



1.1 Сурет – Жер бетін сканерлеудің әртүрлі әдістері

Сканердің маңызды сипаттамалары сканерлеу (қарау) бұрышы және тез арада көріну бұрышы болып табылады, оның магнитудасы жолақтың енін және ажыратымдылығын анықтайды. Осы бұрыштардың көлеміне қарай сканерлер дәл және зерттеу болып бөлінеді. Дәл сканерлер үшін сканерлеу бұрышы $\pm 5^\circ$ - қа дейін төмендетіледі, ал зерттеу сканерлері үшін ол $\pm 50^\circ$ -ке дейін жоғарылатылады. Бұл жағдайда ажыратымдылық алынған жолақтың еніне кері пропорционалды.

Радармен бейнелеу

Радар (радар) немесе (РЛ) радиолокациялық бейнелеу - бұл қашықтықтан зерттеудің маңызды түрі. Ол планеталардың беткі қабатын тікелей бақылауға әр түрлі экологиялық жағдайлар кедергі келтіретін жағдайларда қолданылады: тығыз бұлттар, тұман және т.б. Оны қараңғы жерде жүргізуге болады, өйткені ол белсенді [3, 4].

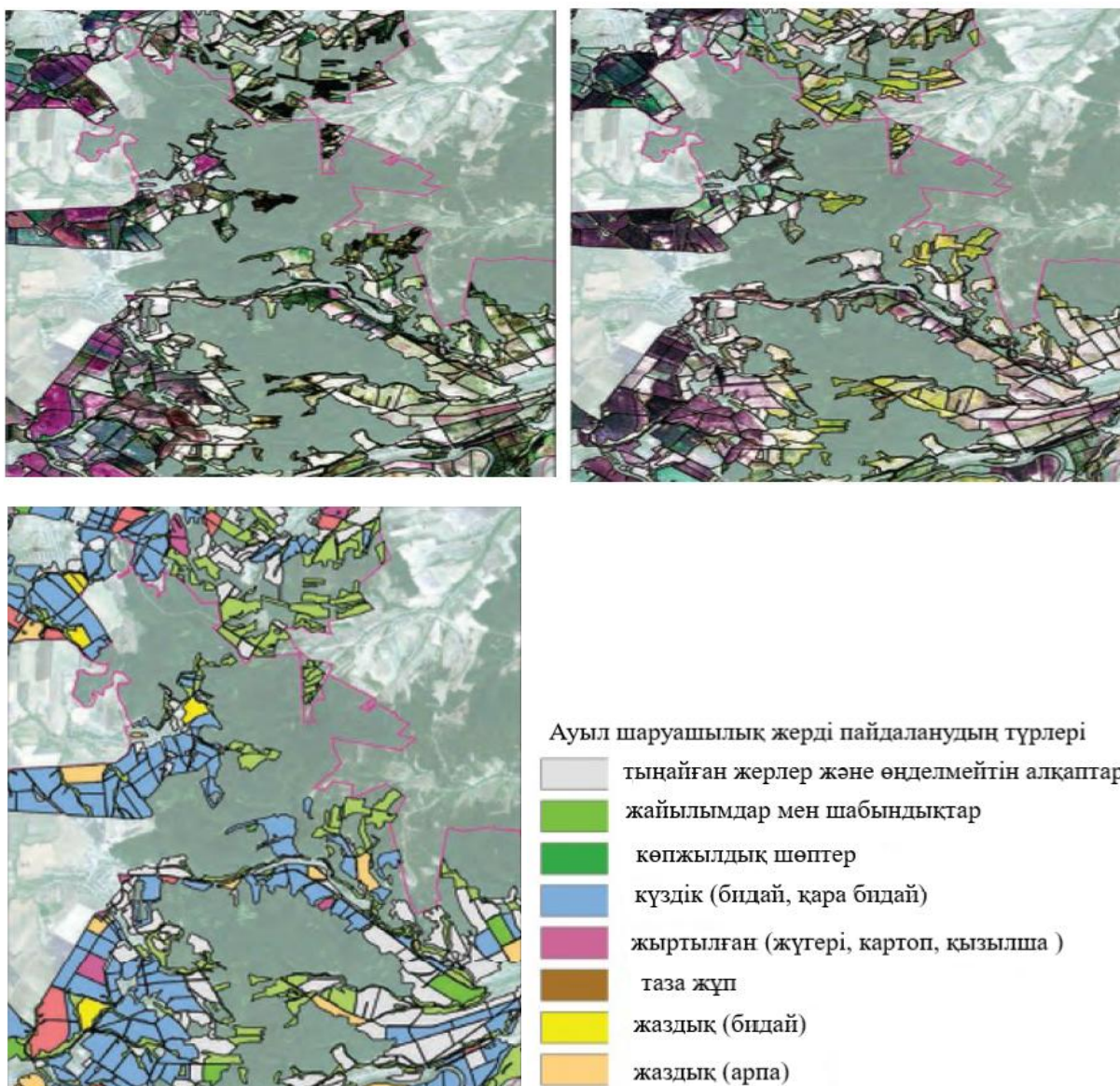


1.2 Сурет – Оптикалық және радарлы түсірудің ерекшеліктері

Радарлық түсіру үшін әдетте ұшақтар мен жасанды жер серігі (ЖЖС) орнатылған бүйірлік шолу радиолокаторлары пайдаланылады. бүйірлік шолу локаторларының (БШЛ) көмегімен радиолокациялық түсіру электромагниттік спектрдің радиодиапазонында жүзеге асырылады. Түсірудің мәні зерттелетін объектіден нормаль бойынша көрсетілетін және тасығыштың бортында орнатылған қабылдағышта тіркелетін радиосигналды жіберу болып табылады. Радиосигнал арнайы генератормен өндіріледі. Оны қабылдағышқа қайтару уақыты зерттелетін объектіге дейінгі қашықтыққа байланысты болады. Зондирлеуші импульстің объектіге дейін және кері өтуінің әр түрлі уақытын бекітетін радиолокатордың жұмыс істеу принципі РЛ-суреттерді алу үшін пайдаланылады. Сурет жол бойымен жүгіретін Жарық дағымен қалыптасады. Объект одан әрі, арнайы кинокамерамен біріктірілген электронды-сәулелі түтікшемен бекітілгенге дейін шағылысу сигналын өту уақыты соғұрлым көп болады [45].

Радар суреттерін декодтау кезінде кескіннің тонуы мен құрылымын ескеру қажет. Рентгендік суреттің тоналды гетерогенділігі тау жыныстарының литологиялық ерекшеліктеріне, түйіршіктерінің мөлшеріне және ауа-райының өзгеру процестеріне тұрақтылығына байланысты. Тональды біркелкіліктер қара түстен ашыққа дейін өзгеруі мүмкін. Рентген суреттерімен тәжірибе көрсеткендей, қара тон тегіс беттерге сәйкес келеді, мұнда, әдетте, жіберілген радио сигналдың толықтай шағылысуы орын алады. Ірі өзендер әрқашан қара тонға ие болады. Рентгендік кескіннің текстуралық гетерогенділігі рельефтің бөліну дәрежесіне байланысты және олар майда торлы, жолақты, массивті және т.б. болуы мүмкін. Рентгендік кескіннің жолақты текстурасы таулы аймақтарға тән, көбінесе шөгінді немесе метаморфты жыныстардың ауыспалы қабаттарынан тұрады, массивті - интрузивті формациялардың дамуы үшін. Гидрогид әсіресе рентген суреттерінде жақсы. Ол фотосуреттерге қарағанда жақсы ашылады. Тығыз өсімдіктермен жабылған аудандардағы жоғары ажыратымдылықтағы радар бейнесі оны пайдаланудың кең перспективаларын ашады.

Жерді қашықтықтан зондтау түсірілімінің материалдары орта, жоғары және аса жоғары кеңістіктік рұқсатты ғарыштық түсірілімдер болып табылады. 2.3 суретте ғарыш түсірілімінің нәтижелері ұсынылған, оның негізінде пайдаланылмайтын (тасталған) ауыл шаруашылығы алқаптарын анықтау жүзеге асырылады. Осы кезеңде дешифрлеу — объектілердің сапалық және сандық сипаттамалардың шартты белгілерінде көрінетін мазмұнын анықтау жолымен оларды жергілікті жерде тану процесі ажырамас бөлігі болып табылады. ЖҚЗ көмегімен пайдаланылмайтын (қараусыз қалған) ауыл шаруашылығы алқаптарын анықтау мысалы дешифрлеу нәтижелерін шартты белгілер-тыңайған жерлерге және өңделмеген жерлерге, сондай — ақ зерттелетін учаскеде өсетін ауыл шаруашылығы дақылдарына гүлдер беру түрінде көруге мүмкіндік береді. Алынған материалдар ауыл шаруашылығы жерлерін тиімсіз пайдалануды дер кезінде анықтауға және бұзушылықтарды жоюға мүмкіндік береді.



1.3 Сурет – Пайдаланылмайтын ауыл шаруашылығы жерлерін әр түрлі кезең бойынша ғарыштық суреттер бойынша анықтау және картографиялау мысалдары

Спутниктік бақылау технологиясын пайдаланудың негізгі міндеттері ауыл шаруашылық жерлерін пайдалану деректерін бақылау үшін спутниктік мониторинг негізінде ауыл шаруашылық жерлерінің жай-күйі туралы ақпарат алу болып табылады.

1.3 Ауыл шаруашылық өндірісінде мәселелерді шешу үшін жерді қашықтықтан зондтау деректерін қолдану

Ғарыштық немесе аэрофототүсірілім материалдары болсын, жерді қашықтықтан зондтау деректері әртүрлі мәселелерді шешуге мүмкіндік беретін әртүрлі салаларда белсенді қолданылады. Жерді қашықтықтан зондтау мәліметтерін геоақпараттық талдау ауыл шаруашылық өндіріс саласының мамандары үшін әр түрлі ақпараттық өнімдерге қол жетімділікті қамтамасыз етеді. Қашықтан зондтау мәліметтерін қолдану, шаруашылық ішінде жерге орналастыру карталарын дайындау, жерді түгендеу, ауыл шаруашылық дақылдарының жалпы жағдайын бағалау, егіс және егін жинау жұмыстарының мониторингі, дақылдардың шығымдылығын болжау, дақылдардың қазіргі жағдайына сәйкес тыңайтқыштардың жеткілікті концентрациясы бойынша ұсыныстар дайындау, биіктік карталарын дайындау Ауыл шаруашылық дақылдарының жағдайын бақылау кезеңділікті қажет етеді бақылаулар, ағымдағы жағдайды бағалау, сонымен қатар дақылдардың одан әрі дамуын болжау.

Қашықтан басқару деректерінің бірнеше артықшылықтары бар, олар:

- алынатын ақпараттың жоғары шынайылығы мен объективтілігі;
- түсірілімдерді ұсыну жеделдігі;
- берілген аумаққа ақпарат алудың жоғары мерзімділігі;
- ақпарат алудың жер үсті тәсілдерімен салыстырғанда үлкен аумақтық қамту;
- көлемді ретроспективті талдауды орындауға мүмкіндік беретін мұрағаттық деректер;
- болжау және болып жатқан өзгерістерді бағалау үшін пайдалану.

Түрлі сипаттамалары бар спутниктік суреттердің кең спектрі тапсырманы шешуге ең қолайлы ақпаратты таңдау мүмкіндігін береді. Ауыл шаруашылық алқаптарына елдік немесе аймақтық деңгейдегі ғаламдық мониторингті жүргізу үшін аумақты кең қамтуды қамтамасыз ететін төменгі және орташа кеңістіктік ажыратымдылықтағы спутниктік суреттер қолданылады. Осылайша, «кішігірім» статистикалық ақпаратты жинау үшін Terra, Aqua, Suomi NPP ғарыштық аппараттарынан (FA) және т.б. алынған деректерді пайдаланған жөн. Бір немесе бірнеше фермалардың аумағында егжей-тегжейлі талап етілетін жұмыстарды орындау қажет. Жоғары ажыратымдылықтағы немесе орташа ажыратымдылықтағы спутниктік кескіндер, сондай-ақ ұшқышсыз ұшу аппараттарының (ҰҰА) көмегімен жасалған аэрофотосуреттерді пайдалану. Орта ажыратымдылықтағы кең таралған суреттердің бірі - FA Landsat, SPOT, Sentinel ғарыш аппараттарының мәліметтері, жоғары ажыратымдылықтағы мәліметтердің ішінде GeoEye, QuickBird, Pleiades және т.б.

Тікелей қашықтықтан зондтау деректерін пайдаланумен қатар, спутниктік суреттерді өңдеу нәтижелерінің сенімділігін едәуір арттыратын әр түрлі қолдау ақпараттары да қатысады. Қосымша деректер түрлері ретінде:

- топырақ карталары;

- картографиялық материалдар;
- сандық көтеру модельдері (СКМ);
- ауыспалы егіс туралы мәліметтер;
- агрометеорологиялық ақпарат;
- аэрофототүсірілім материалдары;
- климаттық сипаттамалары;
- өсірілген дақылдар туралы мәліметтер;
- далалық зерттеулердің нәтижелері;
- ауыл шаруашылық қызметі туралы ақпарат;
- ұзақ мерзімді статистикалық ақпарат және т.б.

Спутниктік суреттерді таңдағанда назар аудару керек негізгі белгілер мыналар: кеңістіктік ажыратымдылық, спектрлік сипаттамалар, түсірілімнің өткізу қабілеттілігі және түсіру жиілігі. Бұл параметрлерді таңдау спутниктік суреттерді өңдеу нәтижелерін қолдану саласына байланысты болады [3,5].

Кескінді бөліп көрсетуге болатын ең кішкентай нысанның мөлшері спутниктік кескіннің кеңістіктік шешіміне байланысты. Жоғары кеңістіктік ажырату объектілердің геометриялық сипаттамаларын неғұрлым дәл анықтауға мүмкіндік береді, сондықтан өрістердің шекараларын анықтау, олардың аудандарын есептеу, әр өрісті егжей-тегжейлі бағалау үшін жоғары кеңістіктік ажыратымдылықтың спутниктік суреттерін пайдалану керек. Кескіннің аз кеңістіктік ажыратымдылығы белгілі бір фермада қабылданған өлшеулердің дәлдігін қамтамасыз ете алмайды, өйткені кескін орман алқаптары мен дала жолдары сияқты рельеф объектілерінің әсерінен өрістің спектрлік реакциясының бұрмалануын қамтиды. Алайда, аймақтық және ғаламдық деңгейде дақылдарды мониторингілеу кезінде кеңістіктік ажыратымдылығы төмен спутниктік сурет ақпараттың нақты көзі болып табылады.

Қашықтан зондтау мәліметтері бойынша ауыл шаруашылық дақылдарының сипаттамаларын зерттеу өсімдіктердің жалпы жағдайының индикаторы болып табылатын өсімдіктер көрсеткіштерінің (ИК) есептеулеріне негізделген, дақылдардың өсу және даму динамикасын, табиғи құбылыстардың әсерін, күтілетін өнімділікті бағалауға мүмкіндік береді және т.б. Толықтырылған күн сәулесінің шағылысуы мен сіңуінің ерекшеліктері, жеңіл өсімдіктер қызыл (0,6-дан 0,7 микронға дейін) және инфрақызыл (ИК) спектрлік диапазондарда (0,7-ден 1,0 микронға дейін) спектрлік жарықтық мәндерімен сипатталады. Сауалнама өткізу қабілеті - бұл зерттеу аймағында бір уақытта ақпарат алу мүмкіндігіне әсер ететін параметр. Ғарыштық суреттердің үлкен өткізу қабілеті суреттің төменгі кеңістіктік ажыратымдылығымен сипатталады. Сондықтан, бастапқы деректерді таңдаған кезде кеңістіктік шешім параметрлерінің рұқсат етілген қатынасы мен аумақтық қамтудың қажетті мөлшері арасындағы ымыраны табу қажет. Уақытша ажырату сол аумақты қайталап қараудың жиілігін сипаттайды. Ауыл шаруашылық дақылдарының тұрақты мониторингін қамтамасыз ету үшін екі-үш күнде бір рет тексеру жиілігі жеткілікті болады.

1.4 Ауыл шаруашылығы мақсатындағы міндеттерді шешуге арналған ғарыш аппараттары

Жерді ғарыштан қашықтықтан байқаудың заманауи құралдарының көмегімен әуе кемесінен немесе жасанды жер серіктен ақпарат алудың жедел әдістеріне негізделген жүйелерді қосамыз. Мұндай құралдар нақты уақыт режимінде суреттерді жердегі қабылдау пункттеріне жібере алатын сканер (оптоэлектрондық, радарлық) және персоналды кадрлық жүйелерді қамтиды. Бұл құралдар бір уақытта Жерді және күн жүйесінің басқа нысандарын ғарыштан зерттеу дәуірін ашқан жұмыс істемейтін (фотографиялық) жүйелерді лақтырды. Әрі қарай, Жерді зерттеу тәжірибесінде қолданыла бастағандықтан, орташа (30 м дейін), биік (1 - 2 м дейін) және ультра жоғары ажыратымдылық жүйелерінен бастап әртүрлі спектрлік диапазондарда бейне ақпаратын тез алудың жүйелері мен құралдарын қарастырамыз.

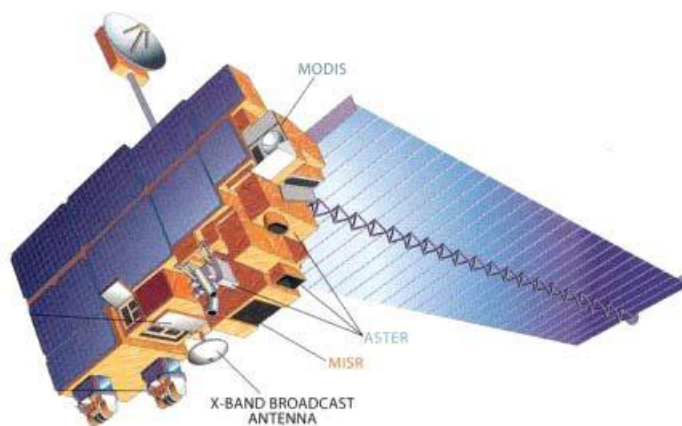
Ауыл шаруашылық жерлерінің мониторингі кеңістікті шешу деңгейімен, спектрлік каналдармен және байқау жиілігімен ерекшеленетін қашықтықтан зондтау құрылғыларының кең спектрін қолдану арқылы жүзеге асырылады. Terra-MODIS спутниктік жүйесімен алынған орташа ажыратымдылықтағы мәліметтер (250 м) үлкен ауыл шаруашылық алқаптарын бақылауға және ауыл шаруашылық жерлердің түрлерін тануға жеткілікті жоғары жиілікпен және кеңістіктік рұқсатпен бақылау жүргізуге мүмкіндік береді. Landsat-TM / ETM + жоғары ажыратымдылықтағы деректер (15-30 м) далалық шекараларды картаға түсіру және ауыл шаруашылық жерлерінің кейбір түрлерін тану үшін қолданылады. Ресурс-Д.К кеңістіктік шешудің егжей-тегжейлі мәліметтері (2 м) селективті бақылаулар, көрнекілікпен түсіндіру үшін, мысалы, ауыл шаруашылық жерлерінің шекараларын нақтылау, сондай-ақ олардың кейбір түрлерін анықтау үшін қолданылады.

Terra и Aqua

Terra және Aqua спутниктері ғарыш кеңістігін зерттеу және ауа балқытатын Ұлттық басқарумен (National Aeronautics and Space Administration, NASA, АҚШ) жетекшілік ететін Earth Observing System (EOS) бағдарламасының ЖҚЗ спутниктерінің топтамасына кіреді. Осы бағдарламаның спутниктік компоненті 1997 жылдан бастап атмосфералық процестердің, теңіз бетінің және құрлық бетінің мониторингін қамтамасыз етеді [2, 6, 46].

Terra және Aqua спутниктері биіктігі 705 км полярлық күн синхронды орбиталарға ұшырылды, әр аппарат бір аумақты тәулігіне бір-екі рет қайта түсіруді қамтамасыз етеді. 1999 жылдың 18 желтоқсанында іске қосылды, аппараттың бортында 5 сенсор орнатылған: Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS), Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer (ASTER), Multi-angle Imaging SpectroRadiometer (MISR), Clouds and the Earth's Radiant Energy System (CERES), Measurements of Pollution in the Troposphere (MOPITT). Осы құралдардың көмегімен атмосфераның (аэрозольдар, температура және ылғалдылық, бұлттылық сипаттамалары және

т.б.), жер беті (топырақ-өсімдік жамылғысының сипаттамасы, температура, жанартау белсенділігі, өрт қауіпті және су тасқыны жағдайы және т. б.), Мұхит беті (үстіңгі қабаттың температурасы, фитопланктонды зерттеу және т. б.) әртүрлі параметрлерін зерттеу жүзеге асырылады, сондай-ақ мұз және қар жамылғысын зерттеу жүргізіледі. Aqua спутнигі 2002 жылдың 4 мамырында іске қосылды, ол алты сенсормен жабдықталған: Atmospheric InfraRed Sounder (AIRS), Advanced Microwave Sounding Unit (AMSU-A), Humidity Sounder for Brazil (HSB), Advanced Microwave Scanning Radiometer (AMSR-E), MODIS және CERES. Осы спутниктен алынған ақпарат атмосфера параметрлерін зерттеуге және ауа райы болжамдарының дәлдігін жақсартуға, қар жамылғысы мен теңіз бетін, жаһандық масштабтағы қоршаған орта жағдайының өзгеруін және оның климатқа әсерін бақылауды жүзеге асыруға көмектеседі.



1.4 Сурет – КА TERRA(AQUA) жер серігі

Ауыл шаруашылық мониторингін жүзеге асыру үшін екі құрылғыда орнатылған негізгі құрал - MODIS сенсоры ерекше қызығушылық тудырады. Осы датчиктің көмегімен күнделікті алынған ақпарат дәнді дақылдарды толық бақылау үшін пайдаланылады. Аумақтағы түсіру жолағының ені 2300 км құрайды, ал кеңістіктік ажыратымдылық мәні 250 м-ден 1 км-ге дейін өзгереді, зерттеу құрал-жабдықтарының спектрлік сипаттамалары 1-кестеде көрсетілген.

Terra FA басқа құралдардың ішінде толқын ұзындығы 0,52 мкм-ден 11,65 мкм-ге дейін және шешімі 15 м-ден 90 м-ге дейін, электромагниттік спектрдің 15 диапазонында түсірілген ASTER (Жетілдірілген ғарыштық жылу шығарылымы және шағылысу радиометрі) радиометрінде жұмыс істейді [7].

Құрылғы мемлекеттік органдардың, ауыл шаруашылығы және топырақтану, геология, океанология, орман шаруашылығы, жер пайдалану саласындағы құрылымдардың шаруашылық қызметін қолдауға арналған. Зерттеу жұмыстарын жүзеге асыру үшін негізгі функциядан басқа - қашықтықтан зондтау, ғарыш аппараттары қолданылады. Оған ғылыми жабдық

арнайы бүйірлік контейнерлерде орнатылған. Біріншіден, бұл итальяндық Памела аппараты, ғаламның «қара материясын» зерттеу аясында Жердің жақын кеңістігінде зарядталған бөлшектердің ағындарын іздеуге және зерттеуге арналған. Екіншіден, бұл жоғары энергиялы электрондар мен протондарды тіркеуге және бөлшектердің жарылыстарын оқшаулауға - жер сілкіністерінің алдын-алуға арналған ресейлік Arina жұмысының жабдықтары.

Жерсерік жер бетіне түсірілімін панкроматикалық режимде 1 метрден кем емес және 3 спектрлік жолақтарда 1,6-1,8 метрден кем емес зерттеуге мүмкіндік береді. Бір рейсте тіркелген жер бетіндегі жолақтың ені 27 км құрайды. Ақпарат жедел түрде радиоарна арқылы жеткізіліп, кейіннен оны кең тұтынушыларға тақырыптық өңдеуден кейін ұсынылады.



1.5 Сурет – КА TERRA арқылы алынған Жер бетінің бейнелері

Aqua спутнигінен алынған деректерді қашықтықтан зондтауға арналған қолдану салалары:

- гидрометеорология, мұхиттану және мұхиттану;
- аумақтың экологиялық мониторингі;
- қар мен мұзды бақылау;
- орман өрттерін анықтау және келтірілген залалды бағалау;
- топырақ және өсімдіктертану;
- озон қабатын зерттеу;
- қолданбалы есептерді шешу.

Ауыл шаруашылық санағы нәтижелерін бақылау технологиясында пайдаланылған егістік алқаптарының учаскелерін танудың бейімделген алгоритмі қолданылады. Тану белгілері ұзақ мерзімді РVI спутниктік сериялары негізінде жасалды және ауыспалы егістердің болуына байланысты пайдаланылатын табиғи өсімдіктер мен егістік жерлер арасындағы маусымдық

және жыл сайынғы даму динамикасындағы тән айырмашылықтарды ескереді. Қысқы дақылдарды тану алгоритмі MODIS төрт күндік композициялық кескіндерді қолдана отырып құрастырылған, алдын-ала өңдеу сатысында дайындалған PVI уақыт серияларын талдауға негізделген, бұл фенологиялық көрсеткіштердің динамикасын ескеруге мүмкіндік береді. Қысқы дақылдарды анықтаудағы маңызды белгілердің бірі - жасыл биомассаға тән өсу, демек, жылдың соңында ПВИ мәні, ал басқа өсімдік түрлерінде бұл параметрлердің төмендеуі тән. Егістік жерлерден басқа, ауыл шаруашылық санағы нәтижелерін бақылау технологиясы MODIS спутниктік деректер сериясының негізінде ауыл шаруашылығы алқаптарын анықтауға мүмкіндік береді. Ауыл шаруашылық жерлерін тану ерекшелігінің негізі PVI өлшеулерінің уақыт қатарларының бірінші және екінші туындысын талдау болып табылады. Белгі бірнеше жылдан бері белсенді қолданылып келе жатқан аудандарда, мысалы, табиғи шабындықтар мен жайылымдарда жоғары құндылықтарды көрсетеді [8,9].

1 Кесте – MODIS сенсорының спектралды канал сипаттамалары

Арна нөмірі	Спектрлік диапазон, мкм	Кеңістікте рұқсат етілген, м	Арна нөмірі	Спектрлік диапазон, мкм	Кеңістікте рұқсат етілген, м
1	0,620–0,670	250	19	0,915-0,965	1000
2	0,841-0,876	250	20	3,660-3,840	1000
3	0,459-0,479	500	21	3,929-3,989	1000
4	0,545-0,565	500	22	3,929-3,989	1000
5	1,230-1,250	500	23	4,020-4,080	1000
6	1,628-1,652	500	24	4,443-4,498	1000
7	2,105-2,155	500	25	4,482-4,549	1000
8	0,405-0,420	1000	2	1,360-1,390	1000
9	0,438-0,448	1000	27	6,535-6,895	1000
10	0,483-0,493	1000	28	7,175-7,475	1000
11	0,526-0,536	1000	29	8,400-8,700	1000
12	0,546-0,556	1000	30	9,580-9,880	1000
13	0,662-0,672	1000	31	10,780–11,280	1000
14	0,673-0,683	1000	32	11,770-12,270	1000
15	0,743-0,753	1000	33	13,185-13,485	1000
16	0,862-0,877	1000	34	13,485-13,785	1000
17	0,890-0,920	1000	35	13,785-14,085	1000
18	0,931-0,941	1000	36	14,085-14,385	1000

Suomi NPP

Ғаламдық деңгейде жердің спутниктік мониторингін ұзақ уақыт бойы EOS бағдарламасының қазіргі спутниктер тобы жүзеге асырады, олар қазірдің өзінде ресурстарын таусылған және оны ауыстыруды қажет етеді. Ескірген Жерді бақылау бағдарламасын ауыстыру үшін NASA жаңа бағдарламаны - бірлескен полярлық спутниктік жүйені (JPSS) жасайды, оны полярлық

орбиталық спутниктер тобы ұсынады. Бұрын бұл бағдарлама Ұлттық полярлық-орбиталық экологиялық спутниктік жүйе (NPOESS) деп аталды.

2012 жылғы қаңтарға дейін NPOESS Preparatory Project (NPPPP) деп аталатын Suomi NPPP спутнигі 2011 жылғы 28 қазанда NASA американдық ғарыш агенттігімен іске қосылды. Білдіреді спутник метеорологиялық мақсаттағы шығарылған арналған күн-синхронды орбитаға биіктігі 824 км, Жер айналасында тәулігіне 14 айналымдар жасайды. Пайдалы жүктеме бес құралдан тұрады (2.1 сурет): Cross-track Infrared Sounder (CrIS), Advanced Technology Microwave Sounder (ATMS), Ozone Mapping and Profiler Suite (OMPS), CERES, Visible Infrared Imaging Radiometer Suite (VIIRS). Suomi NPP ғарыш кемесінен алынған мәліметтер көлеміне қысқа мерзімді ауа-райын болжау, климаттық процестер мен бұлттарды зерттеу, озон қабатының жағдайы мен ауаның ластануы туралы мәліметтер жинау, мұхиттар беті, мұздар мен топырақ жамылғыларының мониторингі, төтенше жағдайларды бақылау кіреді. , табиғи және техногендік сипаттағы апаттар. Ауыл шаруашылық мониторингін жүргізу үшін VIIRS радиометрін пайдаланып алынған мәліметтер ең қызықты.

ATMS пассивті микротолқынды радиометр мәліметтері ауа-райын болжауда қолданылады, бұл температураның ғаламдық модельдерін және ылғалдық профильдерін жасауға мүмкіндік береді (22 спектрлік диапазонда түседі). Қысқа және ұзақ мерзімді ауа-райын болжау үшін CrIS интерферометрінің мәліметтері де қолданылады. Деректер 1 305 спектрлік диапазонда жиналады, олардың негізінде ылғалдылық пен атмосфералық қысым туралы ақпарат алуға болады. OMPS сенсоры атмосферадағы озон мөлшерін өлшеуге және оның көлденең және тік таралуын зерттеуге арналған [47].



1.6 Сурет – Suomi NPP жер серігі бортындағы аппаратура

Жердің жалпы жылу сәулеленуін және оған сыртқы факторлардың әсерін зерттеу үшін Suomi NPP ғарыш кемесінің бортына CERES радиометрі орнатылды, ол үш спектрлік жолақтарда суретке түседі [10,13].

VIIRS радиометрі - бұл MODIS спектрлік радиометрінің жетілдірілген нұсқасы, ол спутниктік деректердің үздіксіздігін қамтамасыз етеді, сонымен қатар теңізге көрінетін кең сенсордың (SeaWiFS) мәліметтерін және Ұлттық мұхиттық және атмосфералық зерттеулердің метеорологиялық спутниктерінің мәліметтерін (Ұлттық мұхиттық және Атмосфералық әкімшілік (NOAA) өте жоғары ажыратымдылығы жоғары радиометрді (AVHRR) қолдана отырып алынды. Жер беті 22 спектральды каналда түсірілген, спектрі 0,45 мкм-ден 12 мкм-ге дейін, кеңістіктік ажыратымдылығы - 375 м және көру жылдамдығы шамамен 3000 км. 2-кестеде VIIRS радиометр жұмыс істейтін спектрлік каналдар, I1, I2 каналдары ауыл шаруашылық мәселелерін шешуге үлкен қызығушылық тудырады.

2 Кесте – VIIRS сканерлеу радиометрінің спектралды арналары

Арна атауы	Спектрлік диапазон, мкм	Кеңістікте рұқсат етілген, м	Арна атауы	Спектрлік диапазон, мкм	Кеңістікте рұқсат етілген, м
M1	0,402-0,422	750	I3	1,580-1,640	375
M2	0,436-0,454	750	M10	1,580-1,640	750
M3	0,478-0,498	750	M11	2,225-2,275	750
M4	0,545-0,565	750	I4	3,550-3,930	375
I1	0,600-0,680	750	M12	3,660-3,840	750
M5	0,662-0,682	750	M13	3,973-4,128	750
M6	0,739-0,754	750	M14	8,400-8,700	750
I2	0,846-0,885	750	M5	10,263-11,263	750
M7	0,846-0,885	750	I15	10,500-12,400	375
M8	1,230-1,250	750	M16	11,538-12,488	750
M9	1,371-1,386	750	DNB	0,500-0,900	750

VIIRS мәліметтеріне энергия мен су балансын, топырақ пен өсімдік жамылғысын және криосфераны зерттеу кіреді. Алынған мәліметтер сонымен қатар мұздың, атмосферадағы аэрозольдердің параметрлерін және бұлт жамылғыларын зерттеу, мұхит пен құрлық бетінің температурасын өлшеу, табиғи апаттарды бақылау және климаттық процестерді зерттеу үшін де қолданыла алады. VIIRS сенсоры мұхиттық процестер мен ағымдарды, климаттық процестерді және өсімдіктер динамикасын сипаттайтын ғаламдық модельдерді құруда қолданылады.

Landsat

Landsat - ғарыштан ең ұзақ жұмыс істейтін Жерді зерттеу бағдарламасы және әлемдік нарықтағы Жерді қашықтықтан зондтаудың ең сәтті мәліметтерінің бірі. Landsat сериялы автоматты жерсеріктері (бастапқыда ERTS - Жер ресурстары технологиясының жер серігі) Жердің табиғи ресурстарын

зерттеуге және географиялық мәселелерді кең мағынада шешуге арналған. Бұл серияның алғашқы спутнигі 1972 жылдың шілдесінде ұшырылды. Іске қосу мақсаты ауыл шаруашылығы және орман шаруашылығы, геологиялық карта, пайдалы қазбалар кен орындарын іздеу және барлау, аумақтарды кеңістіктік жоспарлау мәселелерін шешу үшін компьютерлік өңдеуге жарамды материал жинау болып табылады. Алынған суреттер қоршаған ортаны және жер бетіндегі заманауи динамикалық процестерді бақылау үшін кеңінен қолданылды - жанартау атқылауы, жер сілкінісі, цунами, қардың түсуі және еруі, өсімдіктер өсімдіктері және т.б.

Landsat сериялы жерсеріктері жер бетін үнемі бақылап отырады, олардың тарихын алғашқы спутник 1972 жылы ұшырудан бастады. Спутниктер дәстүрлі түрде Ванденбург әуе базасынан (АҚШ) ұшырылды. Бұл құрылғылардан алынған спутниктік ақпарат адам қызметінің әртүрлі салаларында: ауыл шаруашылығы және орман шаруашылығы, геология және картография, төтенше жағдайлар мен табиғи апаттарды бақылау, экологиялық бағалау, сонымен қатар ғылыми зерттеулердің кең ауқымын шешуде кеңінен қолданылды. Қазіргі уақытта бұл миссияның екі ғарыш кемесі бар: Landsat-7 және Landsat-8. Landsat-5 жер серігі (1984 жылдың наурызында ұшырылды) 2013 жылдың басында пайдаланудан шығарылды. 22 сериалдың серіктері Landsat 4-тен бастап, биіктігі 705 км болатын күн-синхронды полярлық орбитаның сипаттамаларына ие. Көру жолағының ені 185 шақырымға бірнеше рет түсіру мерзімі 16 күнді құрайды. Landsat ғарыш кемесінен де, басқа шетелдік жер серіктерінен де алынған мұрағаттық және пайдалану деректері Америка Құрама Штаттарының Геологиялық қызметінің (USGS) EarthExplorer веб-сайтында еркін қол жетімді [11, 48].

Landsat-7 жер серігін ұшыру 1999 жылдың 15 сәуірінде болды (құрылғының қызмет ету мерзімі 5 жыл). Бұл қондырғының дамуына NASA, NOAA және USGS сияқты ұйымдар бастамашы болды. Түсірілім 15, 30 және 60 м кеңістіктік шешімі бар сегіз спектрлік арналарда жақсартылған тақырыптық Mapper Plus (ETM+) сенсорының көмегімен жүргізілді (3 кесте). Бұл ғарыш кемесінен ақпарат қазір алынуда, алайда 2003 жылғы мамырда ақпараттың толық көлемін алуға байланысты проблемалар туындады. Ақаулар ETM+ сенсорының ажырамас бөлігі болып табылатын Scan Line Corrector (SLC) функциясының жоғалуына байланысты болды, бұл спутниктің бойлық қозғалысына өтемақы берді.

Ауыл шаруашылығы санағының нәтижелерін бақылау технологиясы шеңберінде Landsat TM/ETM+ спутниктік деректері ауыл шаруашылығы алқаптары шекараларының сандық карталарын құру үшін пайдаланылады. Бұл ретте негізгі міндет ауыл шаруашылығы алқаптарын Жердің басқа санаттарынан (ормандар, елді мекендер, жолдар, су айдындары) көзбен шолып бөлу болып табылады. Ол үшін ең аз бұлттылықпен сипатталатын тиісті жерсеріктік деректер таңдалады. Ағымдағы немесе алдыңғы жылдың ең үздік сценасын пайдалану қажет. Контурлау объектісінің ерекшелігіне байланысты, бір жыл вегетацияның әр түрлі кезеңдерінде (көктем, жаз, күз) алынған Landsat TM/ETM+ 2-3 сахнасын пайдалану қажет. Ақпарат жеткіліксіз болған жағдайда,

алдыңғы жылдың сахнасын талдауға қосуға болады. Объектінің ауыл шаруашылығы алқаптарының санатына жататынын анықтайтын негізгі индикаторлар ретінде:

- объект шекарасының сипаты (шекараның жыртылған жерлері жағдайында

- дұрыс және айқын, жайылым жағдайында шайылған, дұрыс емес пішіндегі шекара);

- контурдың ерекшеліктері (жайылым жағдайында ерекше шайылған сурет байқалады);

- су қоймалары мен елді мекендерге жақын (жайылымдар мен шабындықтар көп жағдайда өзен жайылмасында немесе елді мекендердің жанында).

Landsat бағдарламасы-ғарыштық суреттерді алу бойынша ең ұзақ бағдарлама. Landsat сериялы автоматты жерсеріктер (бастапқы аталған ERTS - Earth Resources Technology Satellite) Жердің табиғи ресурстарын зерттеуге немесе осы сөздің кең мағынасында жер бөлу проблемаларын шешуге арналған. Бұл серияның бірінші серігі 1972 жылдың шілдесінде іске қосылды. Іске қосу мақсаты - ауыл және орман шаруашылығы, геологиялық карталау, пайдалы қазбалар кен орындарын іздеу және барлау, аумақтарды кеңістіктік жоспарлау мәселелерін шешу үшін компьютерлік өңдеуге жарамды материалдарды жинау. Алынған суреттер жер бетіндегі ортаның мониторингі және қазіргі заманғы динамикалық үдерістер үшін кеңінен қолданылады - вулкандардың атқылауы, жер сілкіністері, цунами, қардың түсуі және еруі, өсімдіктердің өсіп-өнуі және т. б. Landsat сериялы спутниктер жұмысының уақытша сипаттамалары төмендегі кестеде келтірілген.

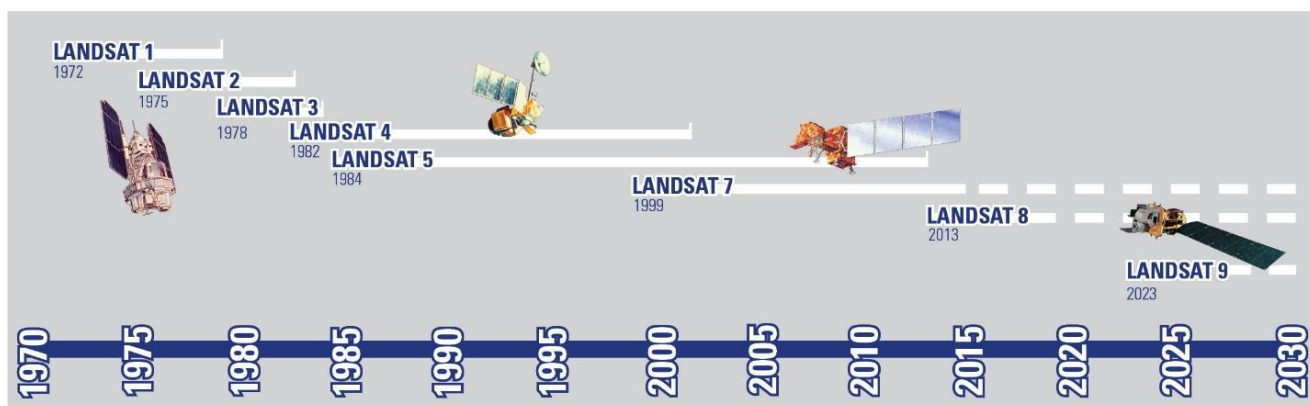


1.7 Сурет – Сыртқы жабдықталған Landsat 7 ғарыш кемесінің жалпы көрінісі

Қазіргі уақытта келесі жерсерік түрлері жұмыс істейді: Landsat 7, Landsat 8. 2003 жылдың мамырында Landsat 7 ғарыш кемесінде SLC модулі сәтсіз болды, ал 2003 жылдың қыркүйегінен бастап ол сканерлеу сызықтарын түзетусіз (SLC-off) режимде қолданыла бастады, бұл алынған санын азайтты. түпнұсқаның 75% дейін ақпарат [12].

2 Кесте – Landsat жер серіктерінің жұмысының уақытша сипаттамалары

Жер серік	Іске қосу күні	Жұмыстың аяқталу күні
Landsat 1	23 шілде 1972	6 қаңтар 1978
Landsat 2	22 қаңтар 1975	27 шілде 1983
Landsat 3	5 наурыз 1978	7 қыркүйек
Landsat 4	16 шілде 1982	14 желтоқсан 1993
Landsat 5	1 наурыз 1984	21 желтоқсан 2012
Landsat 6	5 қазан 1993	Сәтсіз іске қосу
Landsat 7	15 сәуір 1999	Әрекет етуші
Landsat 8	11 ақпан	Әрекет етуші
Landsat 9	Іске қосу 2003 жылға жоспарланған	Жоспарланған



1.8 Сурет – Landsat сериялы спутниктерінің жұмысының хронологиясы

Қазіргі уақытта серияның келесі жерсеріктері жұмыс істейді: Landsat 7, Landsat 8. 2003 жылдың мамырында Landsat 7 ғарыш кемесінде SLC модулі сәтсіз болды, ал 2003 жылдың қыркүйегінен бастап ол сканерлеу сызықтарын түзетусіз (SLC-off) режимде қолданыла бастады, бұл алынған санын азайтты. түпнұсқаның 75% дейін ақпарат.

Қашықтықтан зондтау ғарыш кемесі Spot

Жерді спутниктік бақылау жүйесі SPOT (Satellite Pour L'Observation de la Terre) Францияның Ұлттық ғарыш агенттігі Бельгия мен Швециямен бірлесіп жасалған. SPOT жүйесі спутникті басқаруға, деректерді жинауға, деректерді алуға, спутниктік кескіндерді шығаруға және таратуға арналған бірқатар ғарыштық және жердегі қондырғыларды қамтиды.

SPOT жобасы аясында бес ғарыш кемесі ұшырылды. Оның үшеуі сәтті. Spot-2 жер серігі 1990 жылы 21 қаңтарда орбитаға сәтті ұшырылды. Spot-4 спутнигі 1998 жылдың 24 наурызынан бастап жұмыс істейді, басқа SPOT жүйесінің спутниктерінен ерекшеленеді, оның жер бетінің әртүрлі түрлерін

ажыратуға арналған қосымша қысқа толқынды ИҚ диапазоны бар. Бұл спутник сонымен бірге Еуропалық Одақ, Бельгия, Италия және Швеция бірлесіп жасаған VEGETATION құралы түрінде бортта жүктемені көтереді [14,15].

Spot-5 ғарыш кемесінен алынған ақпарат ауыл шаруашылығы, картографиялау (оның ішінде үш өлшемді), орман шаруашылығы, қала құрылысы, табиғи зілзалаларды бақылау, геология, мұнай іздеу, басқа пайдалы қазбалар, су ресурстары және теңіз жағалауын зерттеу саласында қолданылады, мұхиттану, экологиялық мониторинг.

Spot-4 ғарыш аппараттарымен HRVIR камераларын модернизациялау нәтижесінде екі жоғары оптикалық-механикалық камера HRG (High Resolution Geometric) жасалды. Әр камерада бақылау жолағын, телескопты, кіретін сәулені төрт спектрлік сәулеге бөлетін спектрлік сепараторды және CCD массивтеріндегі сызықты фотодетекторды таңдауға мүмкіндік беретін айналмалы айна бар. Сурет CCD матрицалары элементтерінің дауыс беру жылдамдығын орбиталық қозғалыс жылдамдығымен синхрондау арқылы жасалады («щетка» әдісі). HRG камераларын бір уақытта көрінетін және инфрақызыл диапазондардың барлық төрт жолағында түсіруге болады. Панхроматикалық режимде түсіру тек PAN диапазонында болады.

1.5 Ауыл шаруашылық техникасының датчиктері мен құрылғыларын қолдану

Қазіргі заманғы ауыл шаруашылығы өсімдіктердің өнімді өсуіне және дамуына жағдайларды кеңістік-уақытша оңтайландыруға бағытталған. Оның міндеті - өсімдіктердің қажеттілігіне және фитосанитариялық жағдайға, егістіктің әр элементарлы учаскесіндегі дақылдардың жағдайына сәйкес технологиялық шараларды жүргізу, ол үшін өсімдік қоректік заттары, арамшөптердің тығыздығы, өсімдіктердің жағдайы, шығымдылығы және басқалары туралы егжей-тегжейлі карта жасау қажет. Заманауи ақпараттық технологиялар бұл міндеттерді сәтті шешуде, олардың дамуы ауыл шаруашылығында жаңа бағыт - дәл егіншіліктің пайда болуына әкелді.

Негізгі егіншілік - бұл егістіктің әр элементарлы учаскесінің сипаттамаларына сәйкес тыңайтқыштарды әр түрлі қолдану арқылы өсімдіктердің дамуына жағдай жасау үшін келісілген шаралар жүйесі. Ол егістік, мәдени дақылдар, агроклиматтық көрсеткіштер туралы ақпаратты жинауды қамтиды; жиналған ақпаратты талдау және ауыл шаруашылық қызметі бойынша шешім қабылдау, оларды кейіннен енгізу. Ауыл шаруашылық техникаларына дәл егіншілік жүйесін енгізу үшін байланыссыз сенсорлары бар оптикалық құрылғылар қондырылған, олар өсімдіктердегі қоректік заттардың мөлшері туралы ақпарат алуға мүмкіндік береді, бұл технологиялық карта тапсырмаларын жасауға негіз бола алады. Мұндай зерттеулерді жүргізудің артықшылығы - көктемгі-жазғы және күзгі дала жұмыстары кезінде сирек кездесетін тұман мен жаңбыр жағдайларында жұмыстарды жүргізу мүмкіндігі.

1.6 Ауыл шаруашылық ақпаратын шешудің мысалдары

Ауыл шаруашылық кәсіпкерлерінің инвенторы нәтижелері: 1:5000, 1:50000 масштабта есептелген учаскелері бар жеке егістіктер мен жұмыс алаңдары деңгейіндегі ауыл шаруашылық жерлерінің нақты векторлық карталары



1.9 Сурет – Ғарыштық түсірілімінің көмегімен жасалған ауыл шаруашылық жерлерінің картасы (кеңістіктік шешімі 2,5 м, геометриялық сипаттамалары 1:25 000 масштабқа сәйкес)

Өрістердің (жұмыс алаңдарының) векторлық картасын жасау және жаңарту:



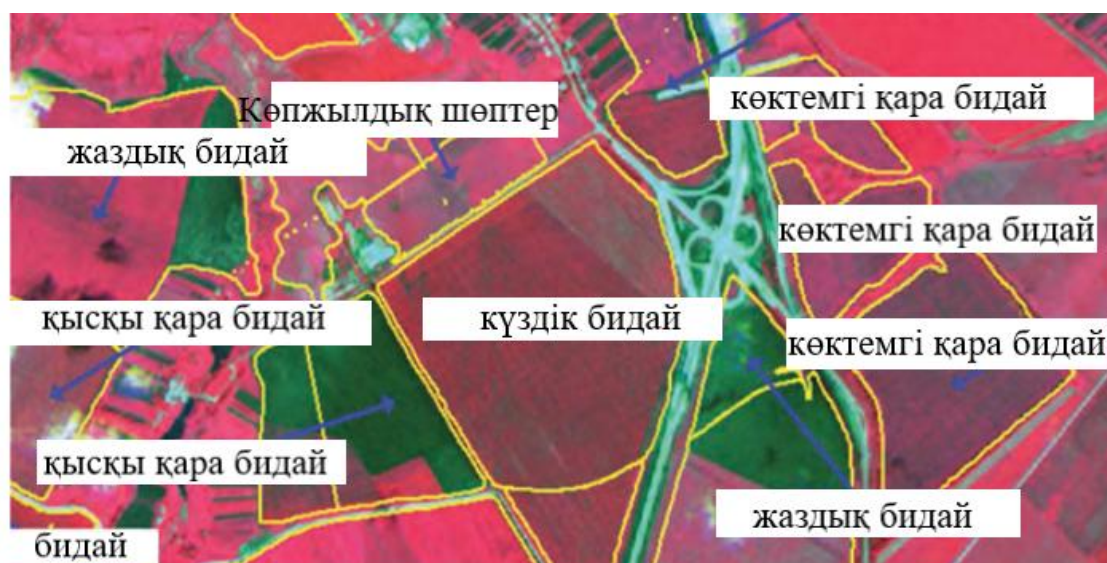
1.10 Сурет – Ғарыштық суреттерін қолдану арқылы жасалған ауыл шаруашылық жерлерінің картасы (кеңістіктік шешімі 5 м, геометриялық сипаттамалары 1:50 000 масштабқа сәйкес келеді)



1.11 Сурет – Ғарыштық суреттерін қолдану арқылы жасалған ауыл шаруашылық кәсіпорындарының өндірістік активтерінің векторлық жоспарлау және картографиялық негізі (кеңістіктік шешімі 0,5 м, геометриялық сипаттамалары 1:10 000 масштабына сәйкес)

Егістік алқаптарының құрамымен құрылымын анықтау нәтижелері: ауыл шаруашылық жерлерін (егістік жерлер, жайылымдар, шабындықтар, табиғи шабындықтар, егістік жерлер, жүзімдіктер, екпелер, бақтар, басқада көпжылдық екпелер, тасталған ауыл шаруашылық жерлер), ауыл шаруашылық алқаптарын көрсететін ауыл шаруашылық жерлердің карталарын, егістік жерлерді көрсететін карталар – егістік ауыл шаруашылық алқаптары, есепке

алынбаған егістік жерлердің карталары. Ауыл шаруашылық мақсатындағы жерлерді пайдалану түрлерін (егістік жерлер, шабындықтар, жайылымдар, көпжылдық екпелер, тыңайған жерлер) және ауыл шаруашылық дақылдарының дақылдарының (жаз, күз, қатарлы дақылдар, шөптер және т.б.) жіктелуі:



1.12 Сурет – Ауыл шаруашылық дақылдарының құрамы мен құрылымының картасын жаңарту

2. Жерді қашықтықтан зондтаудан және ғарыштық қызметтің басқа нәтижелерінен алынған деректерді пайдалану арқылы жерді пайдалану мәселелерін шешуде қолданылатын немесе ұсынылған негізгі әдістер мен технологиялар

2.1 Ғарыштан жерді қашықтықтан зондтау мәліметтерін сандық өңдеу әдістері туралы жалпы түсінік

Жерді қашықтықтан зондтау жүйелері көптеген қолданушыларға қол жетімді болды және олар тек ғылыми ғана емес, сонымен қатар өндірістік мақсаттарда да белсенді қолданылады. Қашықтықтан зондтаудың ғарыштық жүйелерін құру және дамыту саласындағы ғылыми-техникалық жетістіктер, деректерді алу, өңдеу және тақырыптық интерпретациялау технологиялары олардың көмегімен шешілетін міндеттер ауқымын едәуір кеңейтті. Осы оқу-әдістемелік құжаттамада сипатталған жерлерді қашықтықтан бақылау технологиялары ерекшелік емес.

Қазіргі уақытта жердегі қашықтықтан зондтау ғарыштан алынған. Жер бетінің ауданын бір уақытта қамту, спутниктік суреттердің жоғары уақыттық, кеңістіктік және спектрлік шешімі он-лайн режимінде үлкен көлемде мәліметтер алуға мүмкіндік береді. Жердің жай-күйін зерттеу бойынша жұмысты ұйымдастыру, негізгі бағыттардың шектеулі саны бойынша жүргізілетін далалық зерттеулердің аз мөлшерімен қашықтықтан жүргізілетін әдістердің комбинациясына негізделіп, жұмысты аяқтауға уақытты едәуір қысқартады, сонымен қатар олардың құнын төмендетеді.

Жерді қашықтықтан зондтау - бұл сандық түрде ұсынылған растрлық сурет, сондықтан оларды өңдеу және түсіндіру цифрлы суретті өңдеумен тығыз байланысты.

Бүгінгі күні ғарыштық суреттерді сандық өңдеудің әртүрлі әдістерінің жеткілікті көп саны белгілі, олардың қарапайым санауы да көп уақытты алады. Сондықтан қашықтықтан зондтау мәселелерінде кеңінен қолданылатын сандық өңдеу әдістерін қарастырумен ғана шектелеміз. Бұл әдістерді келесі негізгі (типтік) операциялар топтарына бөлуге болады:

- суреттерді қалпына келтіру және жақсарту;
- кескіндердің спектрлік түрленуі;
- суреттердің тематикалық жіктелуі.

2.1.1. Суретті қалпына келтіру және жақсарту

Кескіндерді қалпына келтірудің (түзетудің) негізгі міндеті - жер бетінің ең қолайлы көрінісіне қол жеткізу үшін алынған мәліметтерді түзету. Қашықтан зондтау деректерінде атмосфераның әсерімен, Жердің

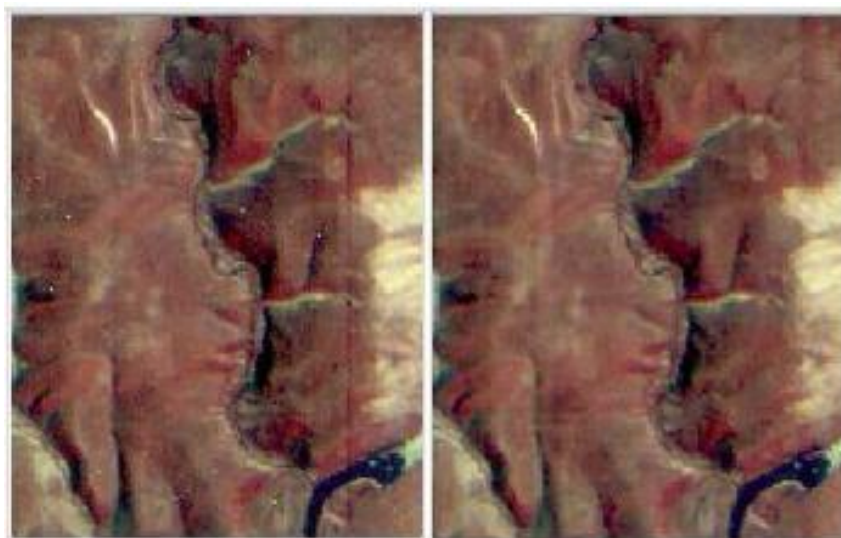
қисықтығымен, түсірілім кезіндегі камераның оның бетіне қатысты қозғалысымен, қолданылатын датчиктер мен байланыс каналдарының физикалық сипаттамасымен байланысты бірқатар кездейсоқ, жүйелік және жүйелік бұрмалаулар бар. Аталған бұрмаларды жою үшін олардың ерекшелігін ескере отырып, түзетудің бірнеше түрлері қолданылады: радиометриялық, геометриялық және атмосфералық. Кескіндерді жақсарту бойынша операциялар тобының негізгі мақсаты - суреттің визуалды қабылдауын жақсарту үшін мәліметтерді өзгерту немесе оны визуалды немесе машиналық талдау үшін одан әрі ыңғайлы түрге айналдыру [24, 25].

2.1.2. Радиометриялық түзету

Жерге қашықтықтан зондтау жер серіктерін өлшеу жабдықтары ұшырылғанға дейін мұқият тексеріліп, калибрленеді, сонымен қатар спутниктен ол ұшырылғаннан кейін біраз уақытқа дейін ақпарат беріледі

бірнеше ай) тексеріліп жатыр. Нәтижесінде, қашықтықтан зондтау түрлі практикалық есептерді шешуге сенімді болады [13, 17].

Спутниктерді орбитада пайдалану кезінде өлшеу құралдары ғарыш кеңістігіндегі қолайсыз факторлардың әсерінен тозады. Сондықтан өлшеу құралының оқулары радиометриялық түзетулер деп аталуы керек. Радиометриялық түзету - қолданылған түсірілім құралының сипаттамаларына байланысты аппараттық радиометриялық бұрмаланулардың кескіндерін алдын-ала дайындау сатысында түзету. Сканерді түсіру құрылғыларында мұндай ақаулар кескіннің осіне параллель немесе перпендикуляр бағытта суреттің (жолақтың) модуляциясы сияқты көзбен байқалады. Радиометриялық түзету сонымен бірге кескіннің нашар пиксельдері, түсетін сызықтар және жолақтар ретінде байқалатын кескін ақауларын жояды (2.1-сурет).



2.1 Сурет – Істен шыққан пикселдер мен тік жолақтарды алып тастау

Жер ДДЗ радиометриялық түзету негізінен екі әдіспен орындалады:

1. Түсірілім құралының белгілі параметрлері мен параметрлерін пайдалану арқылы);

2. Статистикалық.

Бірінші жағдайда ұзақ уақыттық және ұшу сынақтарының негізінде зерттеу құралы үшін қажетті түзету параметрлері анықталады. Статистикалық әдіспен түзету түзетілетін кескіннің өзінен ақау мен оның сипаттамаларын анықтау арқылы жүзеге асырылады. Анықтамаға сәйкес, бірінші жағдайда түзету сапасы статистикалық есептеулерге қарағанда жоғары, өйткені түзетудің бұл түрі осындай деректерді шығаратын түсіру жүйесінің ерекшеліктерін ескереді.

Радарлық жүйелер көбінесе шағылысқан артқы сәуленің белсенді бөлімінің ауданы бойынша калибрленеді.

Сенсорлық көрсеткіштерді радиометриялық түзету әдістері әдетте белгілі бір түсірілім жабдықтарын жасаушылармен қамтамасыз етіледі.

2.1.3. Геометриялық түзету

Көп жағдайда алынған кескіндердің геометриясы бұрмаланумен қатар жүреді. Бұл бұрмалаулар түсіру кезінде камераның оптикалық осінің надирден ауытқуынан, рельефтен тыс орын ауыстырудан, түсіру орбитасының көлбеуінен, сенсорлық параметрлерден және т.б. салдарынан болады, кескіннен дәл өлшеу жүргізу қиынға соғады. Суреттер геометриясын қалпына келтіру үшін фотограмметриялық өңдеудің әдістері мен технологиялары қолданылады.

Фотограмметриялық өңдеу барысында кескіндегі нүктелер мен жер бетінде орналасқан ұқсас нүктелер арасында бір-біріне сәйкес келетін корреспонденция белгіленеді (геокодтау). Бұл кескіннің геометриялық бұрмалануын болдырмайды, осылайша жер бетінің кескіні жазықтықта дұрыс бейнеленеді және картаның қасиеттері болады [25, 33].

Геокодтау процедурасы қатты геометриялық түзету үшін де, бастапқы бейнені берілген картографиялық проекцияға қайта бейімдеу үшін де қолданылады және бастапқы ақпараттың түріне қарай бөлінуі мүмкін:

- таңдау нүктелерін байланыстыру бастап растра;
- картографиялық деректер бойынша байлау нүктелерін таңдау.

Байланыстырудың бірінші тәсілін пайдаланған кезде тірек нүктелері бастапқы, байланған бейнеде және өңделетін бейнеде теріледі. Бастапқы сурет ретінде қандай да бір байланған сурет, сондай-ақ сканерленген топографиялық карта болуы мүмкін. Геометриялық байлаудың дәлдігі бастапқы суреттің дәлдігі мен шешуімен, байлаудың терілген тірек нүктелерінің санымен, сондай-ақ трансформациялаудың дұрыс таңдалған тәсілімен негізделген:

Аффинды (сызықтық) тәсіл параллель тасымалдау, бұрылу, масштабтау, ығысу, айналы шағылысу немесе олардың комбинациялары операцияларын орындау үшін пайдаланылады. Бұл ең қарапайым әдіс, оны жүзеге асыру үшін

кем дегенде 3 тірек нүктесі болуы керек [16]. Бұл әдістің алгоритмі-бірінші дәрежелі полиномиалды түрлендіру (аффиндік түрлендіруге баламалы):

$$x_0 = a_0 + a_1x + a_2y$$

$$y_0 = b_0 + b_1x + b_2y \quad (1)$$

Кескінді көпмүшелік (сызықты емес) түрлендіру әдісі кескіннің бұрмалануын (сызықты емес, жүйесіз) түзетуге мүмкіндік береді. Бұл әдісті N-дәрежелі көпмүшелер (2-ші және одан жоғары) қолданады. Екінші дәрежелі теңдеудің полиномдық жүйесі келесі түрде болады:

$$x_0 = a_0 + a_1x + a_2y + a_3x^2 + a_4xy + a_5y^2$$

$$y_0 = b_0 + b_1x + b_2y + b_3x^2 + b_4xy + b_5y^2 \quad (2)$$

Өңдеуге қолданылатын полиномдардың дәрежесіне байланысты бақылау нүктелерінің қажетті жұп саны өзгереді. Тапсырыстың 1-ден 7-ге дейінгі өзгеруін есептеу үшін қажетті және ұсынылған сілтеме нүктелерінің саны төмендегі кестеде көрсетілген (3 кесте).

3 Кесте – Бақылау нүктелерінің ең аз саны

Түрлендіру тәртібі	Бақылау нүктелерінің ең аз саны
1	3
2	6
3	10
4	15
5	21
6	28
7	36

2.1.4 Кескінді кеңістіктік ажыратуды ұлғайту

Нақты датчиктер алатын деректер радиометриялық, кеңістіктік, спектрлік немесе уақытша рұқсатпен анықталады. Мысалы, Worldview-3 ға алынатын түсірілімдер надирге түсіргенде мультиспектралды режимде (8 спектрлік аймақ) 1,24 м және панхроматикалық режимде 0,31 м кеңістіктік рұқсаты бар. Қарастырылып отырған әдіс бойынша, жоғары ажыратымдылығы бар панхроматикалық режимде алынған деректер бойынша мультиспектралық деректердің рұқсатын жақсартып отырып, автоматты режимде синтезделген сурет жасалады. Бұл әдіс төмендегі ажыратымдылықтағы кескін арналарында

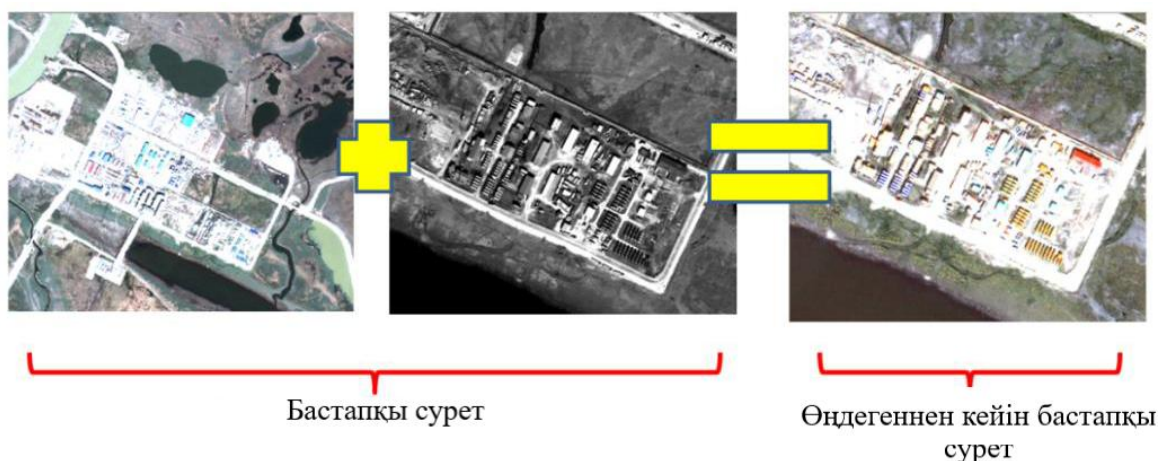
жоғары ажыратымдылықтағы кескін арналарының біреуін «қиыстырады», оны келесі формула бойынша көрнекі түрде сипаттауға болады:

$$E^*(2S + 2S + 3S + 4S) = 1ES + 2ES + 3ES + 4ES \quad (3)$$

мұнда: E-жоғары ажыратымдылығы бар бастапқы сурет арналарының бірі;

1s, 2s, 3S, 4S - орташа ажыратымдылығы бар бастапқы сурет арналары;

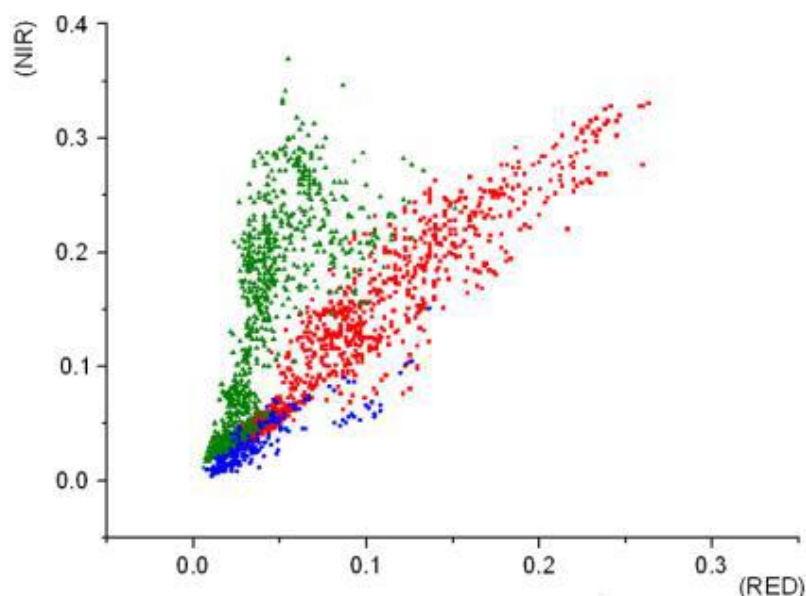
1ES, 2ES, 3ES, 4ES - синтезделген кескіннің жоғары кеңістіктік ажыратымдылығы мен төменгі ажыратымдылықтағы кескіннен түс фонына ие каналдары (2.2-сурет).



2.2 Сурет – Сол жақта «табиғи түстер» комбинациясындағы Landsat-7 көрінісі, оң жақта негізгі компонент әдісімен алынған алғашқы үш арнаның RGB комбинациясы орналасқан

2.1.5 Каут Томастың қайта құрылуы

Каут-Томас трансформациясы жер бетіндегі жамылғылардағы немесе әртүрлі жерсеріктік сенсорлық жүйелермен анықталған қалалық аудандардағы өзгерістерді сараптауға арналған. Бұл түрлендіруді деректердің графикалық таралу формасына байланысты Tasseled қақпағының түрленуі (щеткамен шляпалар) деп те атайды (2.3-сурет).



2.3 Сурет – Landsat ғарыш кемесінің қызыл (RED) және IR (NIR) каналдарының жанында пиксельдердің таралу графигі

Бұл әдісті 1976 жылы Мичиган экологиялық ғылыми-зерттеу институтының қызметкері Р.Д.Каут және Томас Г.С. Томас ұсынған, олар Landsat MSS ауыл шаруашылық алқаптарындағы дақылдардың дақылдардың өмір сүру циклі ретінде логикалық түсіндірілуін ұсынған. Дақыл өскен сайын IR диапазонының жақын бөлігінде шағылысудың таза өсуі және топырақтың түсіне қарай қызыл аймақта оның төмендеуі байқалады.

Бұл қайта құруды қолдану дақылдарды бақылаудан өсімдіктерді талдау мен картаға түсіруге дейін кеңейтілді. Сондай-ақ, әдіс Landsat MSS-ті ғана емес, сонымен қатар Landsat TM және Landsat ETM+, IKONOS және QuickBird жоғары ажыратымдылығы бар мультисекторлы датчиктер сияқты басқа да танымал спутниктік жүйелерді қолдау үшін кеңейтілді [18].

Тартылған қақпақты түрлендірудің артықшылықтары:

Өсімдіктер, топырақ және жасанды нысандардағы қысқа және ұзақ уақыт кезеңдеріндегі өзгерістерді анықтау және салыстырудың аналитикалық әдісін ұсыну;

Әр түрлі сенсорлар алған спутниктік суреттерді қолдана отырып, жер жамылғысы объектілерін тікелей салыстырудың аналитикалық әдісін ұсыну;

- бірнеше мультиспектралды арналардан үш негізгі құрамдас бөлікке дейін деректер көлемін азайту: жарықтылық, жасыл деңгей және ылғалдылық (немесе Landsat MSS қақпағының сарғыштығы);

- суреттердегі атмосфералық әсерлер мен шуды азайту, талдау сапасын жақсарту.

Tasseled қақпағының түрленуі - кескін мәліметтерін жаңа ортогональды осьтер жиынтығымен жаңа координаттар жүйесіне түрлендіретін негізгі компоненттік талдаудың ерекше жағдайы. Негізгі ось, жарықтылық статистикалық тұрғыдан барлық спектрлік каналдардың шағылысуларының қосындысы ретінде есептеледі және кескіндегі ең үлкен әртүрлілікті

сипаттайды. Жарықтық ашық немесе ішінара жасырылған топырақпен, жасанды және табиғи заттармен, мысалы бетон, асфальт, қиыршық тастар, тау жыныстары және басқа да ашық жерлермен байланысты. Бірінші компонентке перпендикуляр - екінші компонент, жасыл өсімдіктермен байланысты жасыл деңгей, ал үшінші компонент - ылғалдылық алғашқы екі компонентке перпендикуляр орналасқан және топырақтың ылғалымен, сумен және басқа «дымқыл» заттармен байланысты. Landsat MSS үшін үшінші компонент ылғалға емес, сарғыштылыққа сәйкес келеді және пісіп жатқан дақылдарды, сондай-ақ өсімдіктердің қартаюын көрсетеді. Басқа қосымша құрамдастар алғашқы суреттерден алынып тасталған атмосфераның кескініне және әсеріне, ең маңызды құрамдас бөліктерге ие. Tasseled қақпағы әдісімен түрлендірілген суреттің алғашқы үш компоненті кескіндегі маңызды ақпараттың 97% құрайды.

Суреттің тематикалық жіктелуі

Жіктеу дегеніміз - кез-келген критерий бойынша кескіндерді автоматты түрде біртектес аймақтарға бөлуге мүмкіндік беретін тақырыптық өңдеу (объектілер кластары). Алынған сурет тақырыптық карта деп аталады. Әдетте объектілердің объективті түсіндірілген кластары ерекшеленетіндіктен, жіктеуді қашықтықтан зондтау мәліметтерін автоматтандырылған түсіндіру процедурасы ретінде қарастыруға болады. Классификация процедурасы көбінесе әртүрлі кескін сипаттамаларын статистикалық талдауға негізделген: кеңістіктік, спектрлік немесе уақытша. Қарапайым пайдалы кеңістіктік сипаттамаларға мыналар жатады: құрылым, контекст, пішін және құрылымдық қатынастар. Уақытша сипаттамада жердің (әсіресе өсімдіктердің) мезгілдік өзгерістері түсінілуі керек, бұл олардың индикаторы бола алады. Алайда, жер бетіндегі заттардың табиғаты туралы негізгі ақпарат олардың спектрлік сипаттамаларын қамтиды деп саналады. Сондықтан белгілі классификация алгоритмдерінде жабын типтерінің спектрлік кескіндері (қолтаңбалары) қолданылады [19, 20].

Қарастырылып отырған процедураның екі негізгі әдіснамасы бар: бақыланатын классификация (жаттығумен) және бақыланбайтын классификация (жаттығусыз). Қашықтықтан зондтаудың бұл саласы қазіргі уақытта өте қарқынды дамуда: жасанды интеллект модельдеу және қолданбалы математиканың басқа салалары (мысалы, нейрондық желілер; шешім ағаштары) саласындағы жаңа жетістіктер негізінде жаңа жіктеушілер пайда болды.

Бақыланбайтын классификация

Бақыланбайтын классификация пән туралы априори ақпарат болмаған жағдайда қолданылады. Жіктеу әр түрлі кластерлік алгоритмдердің көмегімен автоматты түрде жүзеге асырылады.

Кластерлеу - бұл белгілі бір объектілер жиынтығын қиылыспайтын ішкі жиындарға (кластерлерге) бөлу, сондықтан әр кластерде ұқсас объектілер болады, ал әртүрлі кластерлердің объектілері бір-бірінен ерекшеленеді.

Бақыланбайтын классификацияның (кластерлеу) ең танымал алгоритмдері келесі алгоритмдер: K-Means және ISODATA. Бұл алгоритмдер қашықтықтан зондтауды өңдеуге арналған мамандандырылған бағдарламалық өнімдерге енуіне байланысты практикада кеңінен қолданылады.

К-Means (К-құралдары) алгоритмінде кластерлік талдау қолданылады, ол аналитиктен мәліметтерде ерекшеленетін кластерлер санын таңдауды, осы топтардың орталықтарын кездейсоқ тауып, оңтайлы болғанша осы процедураны бірнеше рет қайталауды талап етеді. спектрлік бөліну [23, 31].

Бақыланбайтын жіктеулердің ішінде ең көп қолданылатыны ISODATA өзін-өзі ұйымдастыратын кластерлеу әдісі болып табылады (Интерактивті өзін-өзі ұйымдастыратын мәліметтерді талдау әдістемесінен - деректерді талдауға арналған интерактивті өзін-өзі ұйымдастыру әдісі). Бұл әдіс қашықтықтан зондтау мәліметтерін дәлірек, көп сатылы өңдеу үшін қолданылады. Есептеулерден бұрын берілген негізгі параметр - алынатын кластерлер саны.

Бірінші итерациядан бұрын әр спектрлік аймақта бүкіл кескіннің жарықтығын бөлудің статистикалық параметрлері есептеледі: минималды, максималды және орташа мәндер, стандартты ауытқу. Әрі қарай, спектрлік белгілердің барлық кеңістігі ерікті түрде тең диапозондардың қажетті санына бөлінеді және қалыптасқан аймақтардың әрқайсысының ортасындағы кластерлердің орташа мәні бөлінеді. Содан кейін бірінші итерация жүзеге асырылады: Евклид метрикасын қолдану арқылы осы орталықтардан ең аз қашықтықта кластерлеу. Осыдан кейін орташа мәндердің векторлары есептеледі және стандартты қате табылады. Әр пиксель белгілі бір кластерге тағайындалады.

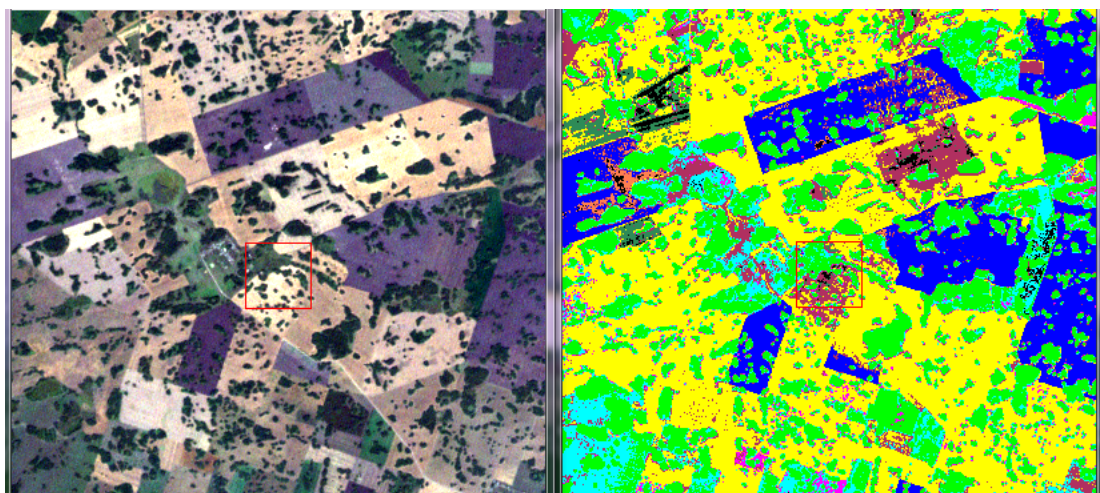
Бірінші итерациядан кейін алынған кластерлер үшін спектрлік белгілердің нақты орташа мәні есептеледі. Екінші итерация кезінде орташа векторлардан қашықтықты азайту үшін қайталанған кластерлеу жүргізіледі. Бұл жағдайда кластерлердің саны өзгеруі мүмкін, ал орташа мәндердің векторлары, және қателік мәндері және т.б. өзгеруі мүмкін. Итерация кластерлердің шекаралары тұрақталғанға дейін қайталанатын (орташа квадраттық қателік айтарлықтай төмендемейді), яғни. пикселдер кластерден кластерге ауысуды тоқтатпайды. Әдетте, жинақталу шегі деп аталатын бұл параметр барлық пиксельдердің 95-тен 99% -на тең болады. Суреттегі жарықтылық мәндерінің белгілі бір бөлінуімен мұндай тұрақтандыру болмайды, сондықтан олар бір уақытта екінші шектеу параметрін - итерациялардың максималды санын қолданады.

Бақыланатын классификация

Бақыланатын классификация жағдайында, суретте белгілі типтегі нысандарды табу керек, бұл жер бетінің зерттелген ауданы туралы алдын ала білімді талап етеді. Жаттығумен бірге жіктеудің бірінші сатысында объектілік стандарттар немесе қол қою деп аталатын Ом қолданылады. Оқу үлгілері - бұл танымал суретті (сыныпты) білдіретін және оны анықтау үшін қолданылатын пикселдер жиынтығы. Әдетте бұл жер бетіндегі шынайы мәліметтер негізінде анықталған суреттегі аймақ. Стандарттарды таңдау пайдаланушының оқу аймағы мен таңдағысы келетін сыныптары туралы ақпаратына байланысты болады. Анықтамалық пиксельдерді таңдағанда тек спутниктік суреттер ғана емес, сонымен қатар априори ақпарат пайдаланылады, олардың негізгі көздерінің ішінде деректерді далалық зерттеулерден, аэрофотосуреттерден,

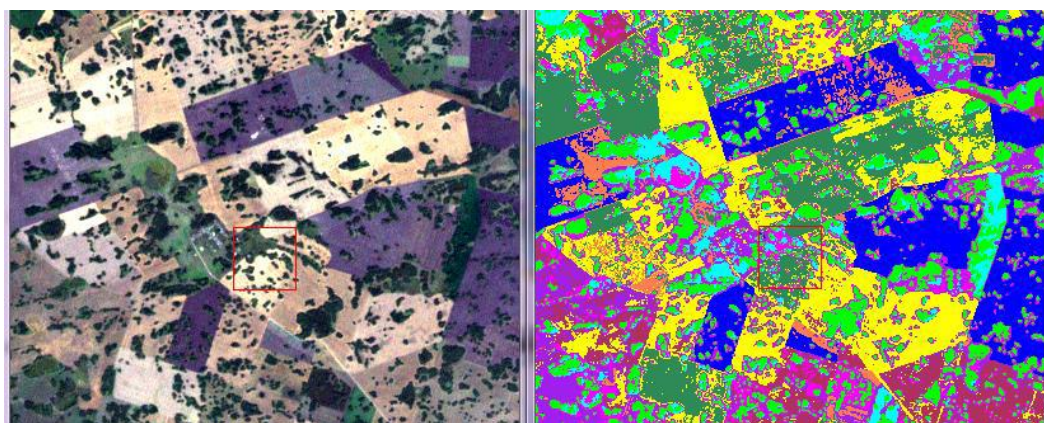
топографиялық карталардан, кескінді визуалды декодтау нәтижелерінен, сондай-ақ кластерлік суреттерді талдау нәтижелерінен ажыратуға болады.

Параллелепипедтер әдісі (2.4-сурет) объектілердің жарықтылық мәндерінің аудандары іс жүзінде қиылыспайтын және объектілердің кластары аз болған кезде қолданылады. Бұл пайдаланудың ең қарапайым әдісі, ол суреттегі жарықтылықтың таралуы гистограммасын талдау арқылы алынған анықтамалық кластарға кескін пикселін беруден тұрады. Әр класстың спектрлік сипаттамаларының шамаларының таралу аймағы нақты шекараларға ие болғандықтан, суретте пиксельдер кез-келген облыстарға түспейтін, жіктелмеген пикселдер деп аталуы мүмкін [22,37].



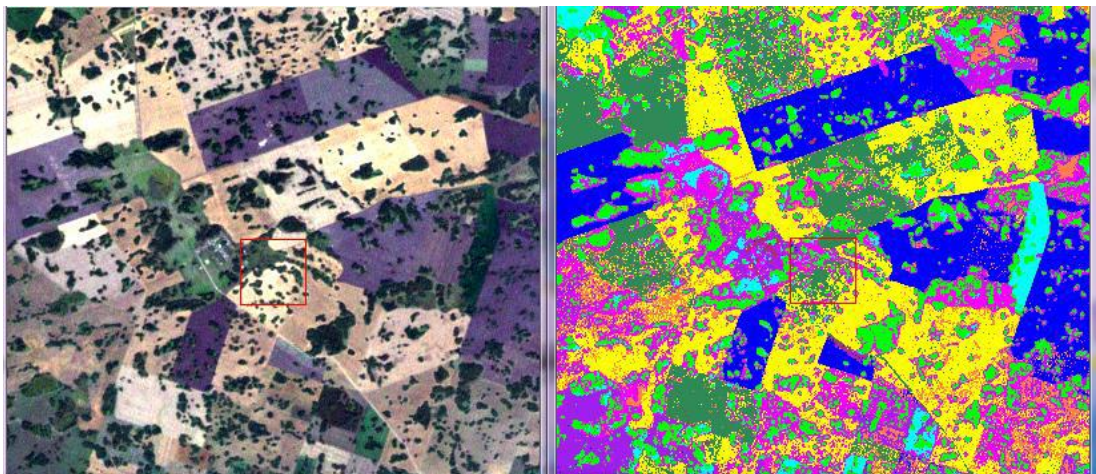
2.4 Сурет – Параллелепипедтер тәсілімен жіктеу

Минималды қашықтық әдісі (2.5-сурет) әр түрлі кластың спектрлік белгілері ұқсас болғанда және олардың жарықтылық мәндерінің диапазоны қабаттасқанда қолданылады. Пиксель бұл сілтеме класына, ортасында атрибут кеңістігінде минималды болатын Евклид қашықтығына жатады. Бұл жағдайда сыныпталмайтын пикселдер болмайды, өйткені атрибуттар кеңістігінде әр пиксель сыныптардың біреуінің атрибуттарының орташа мәндеріне жақын орналасқан. Бұл әдіс есептеу әдісі бойынша қарапайым [18].



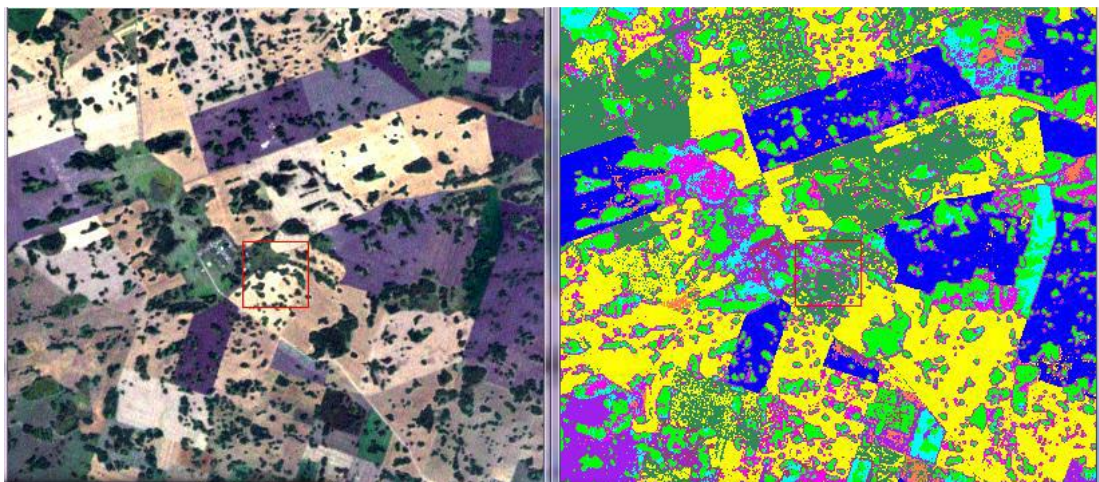
2.5 Сурет – Минималды қашықтықты жіктеу әдісі

Махаланобис қашықтық әдісі (2.6-сурет) минималды қашықтық әдісінен ерекшеленеді, бұл тек Евклид емес, классификация процесінде өлшенетін Махаланобис қашықтығы, бұл анықтамалық аудандарда пиксель жарықтығының таралуын (дисперсиясын) ескеруге мүмкіндік береді, бірақ салыстыру үшін көп уақытты қажет етеді. алғашқы екі жолмен.



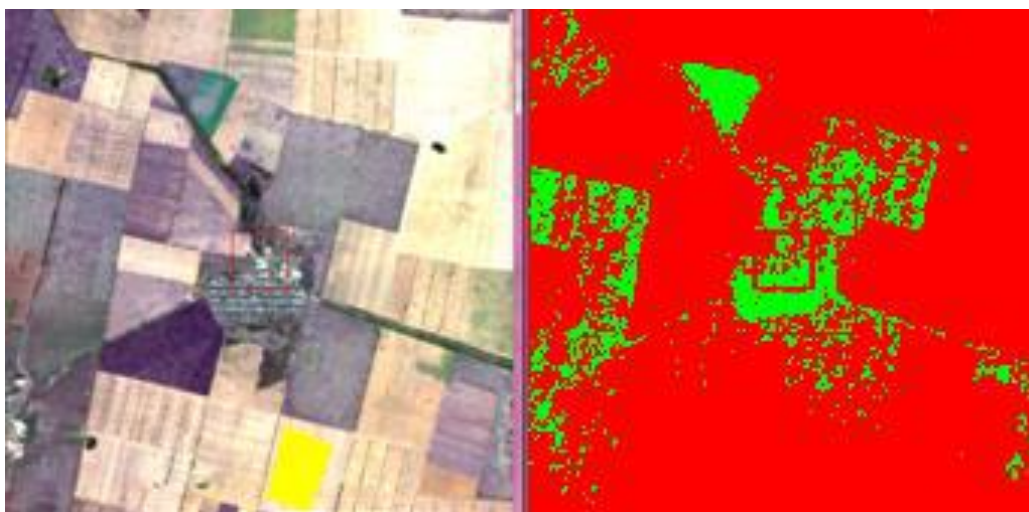
2.6 Сурет – Махаланобис қашықтықты жіктеу әдісі

Ықтималдықтың максималды әдісі (2.7-сурет) берілген пиксель кез-келген классқа жататын ықтималдылықты есептейді. Кластардың саны мен параметрлерін пайдаланушы ОВ көрсете отырып орнатады. Әр пиксель, мүмкін, ол сыныпқа жатады. Ықтималдылықты есептеу кезінде пиксельдің жарықтығы және оны қоршап тұрған пикселдердің жарықтығы ескеріледі. Бұл әдіс жоғары дәлдікке ие, класс атрибуттарының мәндерінің ауытқуын ескереді (қашықтық қашықтықты шешудің шешуші ережесіндегідей) және жіктелмеген пикселдерді қалдырмайды (ең аз спектрлік қашықтық әдісіндегідей). Бұл әдістің кемшілігі - есептеудің айтарлықтай құны [22, 23, 27,41].



2.7 Сурет – Ықтималдылықтың максималды жіктелу әдісі

Егер суретте барлық пикселдерді екі класқа бөлу қажет болса, мысалы, су – жер ,болса бинарлы (екілік) кодтау қолданылады (2.8- сурет). Екілік кодтауда барлық пиксельдерге эталондық үлгілердің мәндерін салыстыру негізінде екі мәннің біреуі тағайындалады. Жіктеу кезінде әр пиксельдің мәні эталондық үлгінің орташа деңгейімен салыстырылады. Нәтижесінде екілік кескін пайда болады.



2.8 Сурет – Екілік кодтау тәсілімен жіктеу

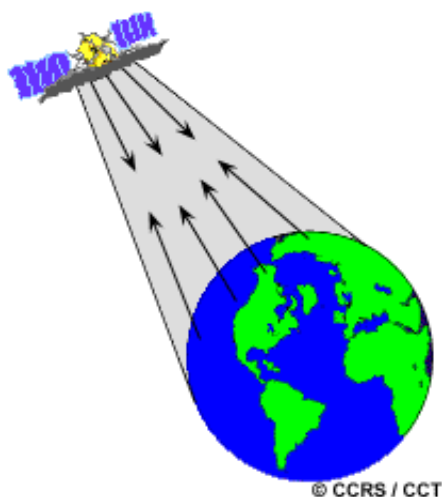
Жиі жіктеу нәтижелерін тақырыптық түзету қажеттілігі туындайды, әсіресе объектілердің ақпараттық сипаттамаларында нақты орындалатын автоматты. Ол үшін классификациядан кейінгі өңдеу операциялары деп аталатын процедуралардың барлық жиынтығы қолданылады: біріктіру сыныптары, сыныптар бөлінуі, кішігірім жалған нысандарды жою, нысандардың шекараларын тегістеу және т.б [49].

2.2 Жерсеріктік түсірілім арналарының комбинацияларына жалпы түсінік

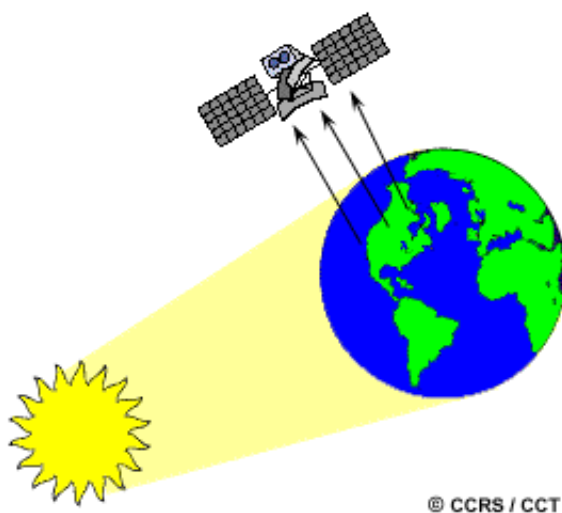
Жерсеріктері адамның көзі көре алмайтындай көп ақпарат жинайды, сондықтан спектрдің басқа бөліктерінде түсірілген суреттер табиғи емес көрінеді. Бұл суреттерді «жасанды түстерде» деп атаймыз. Мұның не екенін түсіну үшін кескіндерді алу технологиясын түсіну керек.

Спутниктік радиометрлер Жер туралы үлкен ақпарат жинайды. Бұл ақпараттың кейбіреулері көрнекі болып табылады; олардың кейбіреулері химиялық (мысалы, атмосферадағы газдардың мөлшері) немесе физикалық (жер бедерін сезіну). Шындығында, ғалымдар үнемі «өлшеуге» болатын нәрсені ойлап табады. Олар кең спектрлі спутниктерді дамытады. Кейбір сенсорлар белсенді: олар жасанды сәулеленуді (жарық немесе радио толқындары) Жерге жібереді және олардың қайтарылған, шағылған бөлігін

өлшейді (2.9 – сурет). Сенсорлардың көпшілігі пассивті - олар жарық шағылысқан немесе Жер бетінен шыққан сәулелерді анықтайды (2.10).



2.9 Сурет – Белсенді түсіру схемасы

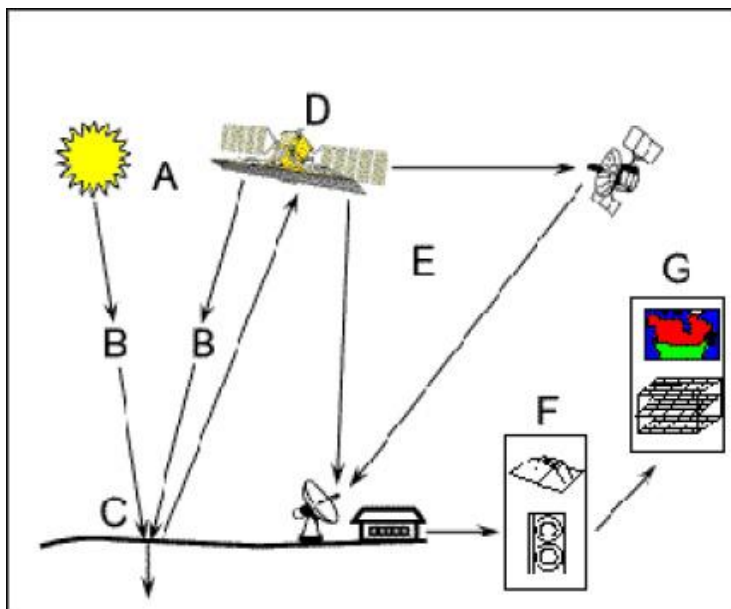


2.10 Сурет – Белсенді емес түсіру схемасы

Бақылау деректерін өсімдіктердің өсуінен бұлт жамылғысына дейінгі барлық нәрсені сипаттайтын картографиялық мәліметтерге айналдыруға болады. Бірақ деректер суретке айналуы мүмкін - табиғи түстермен де, жасанды түрде де. Спутниктік құралдарда көптеген сенсорлар бар, олардың әрқайсысы тар диапазонға немесе толқын ұзындығының «тобына» реттеледі (мысалы, тек қызыл немесе жасыл шам). Осы полигондардың біріндегі сурет әлемнің сұр реңктерімен көрінеді. Ең жарқын дақтар - бұл жарық сәулесін көрсететін немесе бөлетін аймақтар [21, 30].

Кескін жасау үшін үш арнаны таңдап, олардың әрқайсысын қызыл, жасыл немесе көк түстермен ұсынамыз. Табиғи немесе, қалай аталса, «табиғи түстерде» сурет қызыл, жасыл және көк жарық өлшемдерін біріктіреді. Нәтиже адамдардың айналаны көруге қалай үйренетінін көрсетеді.

Түсті синтезделген кескін адам үшін көрінбейтін толқындардың кемінде бір арнасын қолданады; арналардың тіркесімі әлі де қызыл, жасыл және көк түстермен ұсынылған. Нәтижесінде түпкілікті кескіннің түстері бұрынғыдай көрінбейді (мысалы, шөп әрқашан жасыл емес). Синтездің табиғи емес нұсқасындағы арналардың үйлесімі жер бетінің немесе атмосфераның түстердің кәдімгі нұсқасында көрінбеуі мүмкін ерекше белгілерді анықтауға мүмкіндік береді (NASA, 2014) [50].



2.11 Сурет – Жерді қашықтықтан зондтау

3 Сандық технологияларды пайдалана отырып, жер қыртысынан анализ жасау

Деректерді талдау - тәжірибелік (кең мағынада) мәліметтерден білім алудың кең таралған математикалық әдістерімен есептеу алгоритмдерін құрумен және зерттеумен айналысатын математика және информатика саласы; пайдалы ақпаратты алу және шешім қабылдау үшін деректерді зерттеу, сүзу, түрлендіру және модельдеу процесі. Деректерді талдаудың көптеген аспектілерімен тәсілдері бар, ғылыммен қызметтің әр түрлі салаларында әр түрлі әдістерді қамтиды. Деректерді іздеу – бұл деректерді сипаттауға емес, модельдеуге және ашуға бағытталған деректерді талдаудың арнайы әдісі. Іскерлік сараптама агрегаттау негізделген деректерді талдауды қамтиды. Статистикалық мағынада, кейбіреулер деректерді талдауды сипаттамалық статистика, зерттеу деректерін талдау және статистикалық гипотезаларды тестілеу деп бөледі. Зерттеу мәліметтерін талдау деректердің жаңа сипаттамаларын табумен айналысады, ал статистикалық гипотезаларды тексеру қолданыстағы гипотезаларды растауға немесе жоққа шығаруға негізделген. Болжалды талдау болжау немесе жіктеу үшін статистикалық немесе құрылымдық модельдерді қолдануға бағытталған, ал мәтіндік талдау құрылымдан баған деректерге жататын мәтін көздерінен ақпаратты алу және жіктеу үшін статистикалық, лингвистикалық және құрылымдық әдістерді қолданады. Бұл мәліметтерді талдаудың барлық түрлері бар. Топологиялық деректерді талдау – бұл деректерді іздеу және компьютерлік көру үшін теориялық зерттеулердің жаңа бағыты. Жалпы құрылым туралы идеяны төмен габариттік жеке мәліметтерден оңай қалыптастырады. Мәселен, оған әр көздегі жалпақ кескіндерден объектінің үш өлшемді формасын алу қиын емес. Жалпы құрылым сонымен қатар уақыт дискретті үзінділерді үздіксіз бейнеге біріктіру арқылы жасалады. Мысалы, теледидар бейнесі техникалық тұрғыдан жеке нүктелердің жиынтығы болып табылады, алайда олар бір тұтас көрініс ретінде қабылданады.

Топологиялық деректерді талдаудың негізгі әдісі:

1. Жақындық параметріне сәйкес мәліметтер элементтерінің жиынтығын белгілі бір қарапайым жиынтықтар тобына ауыстыру.
2. Осы топологиялық кешендерді алгебралық топологияның көмегімен, атап айтқанда тұрақты гомологияның жаңа теориясымен талдау.

Беретий сандарының параметрленген нұсқасына енгізілген мәліметтердің тұрақты гомологиясын кодтау, бұдан әр штрих-код деп аталады.

Деректер көбінесе Евклид кеңістігінде көптеген нүктелермен ұсынылған, олардың пішіні деректер сипаттаған құбылысты бейнелейді [26, 28].

Нақты үш өлшемді нысандарды нүктелер бұлты түрінде көрсетуге болады. Мысалы, жекелеген нүктелер лазермен белгіленеді және олардың құрылымдалмаған жиынтығы компьютердегі объектінің көрінісіретінде қызмет етеді. Нүктелік бұлт дегеніміз - кез-келген нүктелер жиынтығы немесе төменгі

өлшемдегі нүктелер проекциясы. Компьютерлік графика мен статистикада проекцияда прототиптерді құрудың әртүрлі әдістері бар. Топологиялық деректерді талдау жоғары габаритті кеңістіктерге арналған немесе оларда жазық проекцияларды құру үшін тым қысық. Метрикалық кеңістіктегі нүктелер бұлтын интегралдық объектіге айналдыру үшін, нүктелері қашықтықтары берілген графиктің шындары ретінде қолданылады, содан кейін график қарапайым комплекске айналады және алгебралық топология көмегімен зерттеледі.

Ірі деректердің анықтаушы сипаттамалары, олардың физикалық көлемінен басқа, осы деректерді өңдеу және талдау тапсырмаларының күрделілігін көрсететін тақырып болып табылады. 3V атрибуттарының жиынтығын (көлемі, жылдамдығы, әртүрлілігі – физикалық көлем, деректердің өсу қарқыны және жылдам өңдеуге қажеттілік, деректердің әр түрлі түрлерін бір уақытта өңдеу мүмкіндігі) 2001 жылы Meta Group компаниясы барлы күш аспект бойынша деректерді басқарудың бірдей маңыздылығын көрсету үшін әзірледі.

Болашақта төрт V (қосымша сенімділік - сенімділік), бес V (өміршеңдік – өміршеңдік және құндылық - құндылық), V тобының (өзгергіштік – өзгергіштік және визуализация - визуализация) түсіндірмелер пайда болды. Мысалы, IDC дәл төртінші V-ті мән ретінде түсіндіреді, бұл тиісті жағдайларда үлкен көлемдегі деректерді өңдеудің экономикалық қорындылығын атап көрсетеді.

Жоғарыда келтірілген анықтамаларға сүйене отырып, үлкен деректермен жұмыс істеудің негізгі принциптері:

1. Көлденең масштабталу. Бұл үлкен деректерді өңдеудің негізгі қағидасы. Жоғарыда айтылғандай, күн сайын үлкен мәліметтер бар. Тиісінше, осы мәліметтер таратылатын есептеу түйіндерінің санын көбейту керек, ал өнімділік өнімділігі төмендемей өңделуі керек.

2. Қателіктерге төзімділік. Бұл принцип алдыңғы ережеден туындайды. Кластерде көптеген есептеу тораптары болуы мүмкін (кейде ондаған мың) және олардың саны, мүмкін, көбейеді, машинаның істен шығу ықтималдығы да артады. Үлкен деректермен жұмыс жасау әдістері мұндай жағдайлардың мүмкіндігін ескеріп, алдын-алу шараларын қарастыруы керек.

3. Деректердің орналасуы. Деректер көптеген есептеу тораптары бойынша таратылатын болғандықтан, егер олар бір серверде орналасса және басқасында өңделсе, деректерді беру құны жоғары болуы мүмкін. Сондықтан, деректерді өңдеуді олар сақталған компьютерде жүргізген жөн. Бұл принциптер жақсы құрылымдалған деректерді сақтауға арналған дәстүрлі, орталықтандырылған, тік модельдерден ерекшеленеді. Сәйкесінше, үлкен деректермен жұмыс жасау үшін жаңа тәсілдер мен технологиялар жасалында [29,30].

Машиналық көру – бұл жасанды интеллект, атап айтқанда робото техника және нақты әлем объектілерінің суреттерін алуға арналған технологиялар, оларды өңдеу және алынған мәліметтерді әртүрлі (толық немесе жартылай) адамның қатысуынсыз қолданбалы есептерді шешу үшін пайдалану.

Машина көрудегі тарихи жетістіктер:

- 1955 - Оливер Сельфриж. «Компьютердің көздері мен құлақтары» мақаласы.
- 1958 - Франк Розенблатт. Қабылдауды компьютермен жүзеге асыру.
- 1960 ж. – алғашқы суретті өңдеу жүйелері.
- 1970 ж. - Лаврен Робертс. Нысандардың үш өлшемді кескіндерін машина жасау туралы түсінік.
- 1979 - Ханс-Гельмут Нагель. Динамикалық көріністерді талдау теориясы.
- 1990 ж. – алғашқы басқарылмайтын көлік құралдары.
- 2003 ж. – тұлғаны танудың корпоративтік жүйесі.
- Машина көру жүйесінің компоненттері:
- Бір немесе бірнеше сандық немесе аналогты камералар (қара-ақ немесе түсті), бейнелеу үшін қолайлы оптика
- Суретті өңдеуге арналған бағдарламалық қамтамасыздандыру. Аналогтық камералар үшін бұл сурет цифрлары бар.
- Процессор (көпядролы процессоры немесе интеграцияланған процессоры бар заманауи компьютер, мысалы, DSP)
- Бағдарламалық жасақтаманың жеке қосымшаларын әзірлеуге арналған құралдарды қамтамасыз ететін машинаны көру бағдарламасы.
- I/O жабдықтары немесе байланыс нәтижелері туралы байланыс арналары
- Смарт-камера: жоғарыда аталған барлық элементтерді қамтитын бір құрылғы.
- Мамандандырылған жарық көздері (жарық диодтары, люминесцентті және галогендік лампалар жәнет.б.)
- Суретті өңдеуге және байланысты қасиеттерді анықтауға арналған арнайыбағдарламалық қосымшалар.
- Суреттерді түсіруге және өңдеуге арналған анықтау бөлшектерін синхрондауға арналған датчик (көбінесе оптикалық немесе магниттік сенсор).
- Ақаулы бөліктерді сұрыптау немесе алып тастау үшін пайдаланылатын белгілі бір пішінді қоздырғыштар.

Машиналарды көру негізінен автономды роботтар, визуалды бақылау және өлшеу жүйелері сияқты өнеркәсіптік қолданбаларға бағытталған. Бұл кескін сенсорларының технологиясы және басқару теориясы роботы басқару үшін бейне мәліметтерін өңдеумен байланысты және алынған мәліметтерді нақты уақыт режимінде бағдарламалық немесе аппараттық түрде жүзеге асырылады [34, 35].

Суретті өңдеу және кескінді талдау негізінен 2D суреттерімен жұмыс жасауға бағытталған, яғни. Бір суретті басқасына қалай түрлендіруге болады. Мысалы, контрасты ұлғайтуға арналған пиксель-пиксель операциялары, жиектерді тандау, шуды жою немесе кескінді бұру сияқты геометриялық түрлендірулер. Бұл операциялар суретті өңдеу талдау кескіннің мазмұнына тәуелсіз болады деп болжайды.

Компьютерлік көру бір немесе бірнеше кескінге жобаланған үш өлшемді көріністерді өңдеуге бағытталған. Мысалы, бір немесе бір неше кескіннен 3D

көрінісі туралы құрылымды немесе басқа ақпаратты қалпына келтіру. Компьютерлік көру көбінесе суреттерде неғұрлым күрделі болжамдарға байланысты болады.

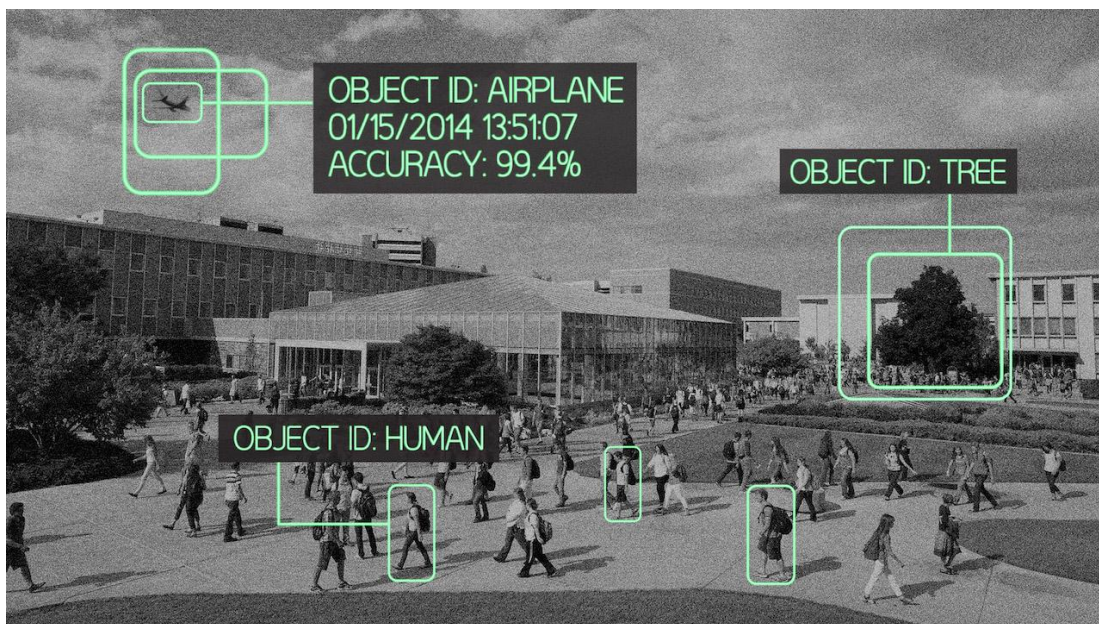
Визуализация деп аталатын аймақ бар, ол бастапқыда бейнелеу процесімен байланысты, бірақ кейде өңдеумен және талдаумен айналысады. Мәселен, рентгенография медициналық қосымшаларды бейнелік талдаумен жұмыс істейді.

Қорытындылай келе, үлгіні тану – бұл көбінесе статистикалық тәсілге негізделген бейне деректерден ақпарат алу үшін әр түрлі әдістерді қолданатын сала. Осы саланың едәуір бөлігі осы әдістерді іс жүзінде қолдануға арналған.

Осылайша, қазіргі кезде «машинамен көру» ұғымы мыналарды қамтиды: компьютерлік көру, визуалды бейнелерді тану, кескіндерді талдау және өңдеу және т.б.

Машиналарды көру тапсырмалары:

- Тану
- Сәйкестендіру
- Ашу
- Мәтінді тану
- 2D кескіндерінен 3D пішінді қалпына келтіру
- Қимылды бағалау
- Бағасын қалпына келтіру
- Суретті қалпына келтіру
- Суреттерде белгілі бір типтегі құрылымдарды таңдау, кескін сегментациясы
- Оптикалық ағындарды талдау



3.1 Сурет – Машиналық көруді қолдана отырып заттарды тану

Компьютерді көрудегі, кескіндерді өңдеудегі және машинаны көрудегі классикалық міндет – бұл бейне деректерінде қандай-да бір сипаттамалық объект, мүмкіндік немесе қызмет бар-жоғын анықтау.

Бұл мәселені адам сенімді және оңай шеше алады, бірақ жалпы жағдайда компьютерлік көз қараста нақты түрде шешілмеген: кездейсоқ жағдайлардағы кездейсоқ нысандар.

Бір немесе бірнеше алдын-ала анықталған немесе зерттелген объектілерді немесе объектілерін тануға болады (әдетте олардың көріністегі екі өлшемді позициясымен немесе сахнадағы үш өлшемді позициясымен бірге).

Классқа жататын объектінің жеке данасы танылады.

Мысалдар: адамның нақты тұлғасын немесе саусақ ізін немесе автомобильді сәйкестендіру. Суретті өңдеу және кескінді талдау негізінен 2D суреттерімен жұмыс жасауға бағытталған, яғни. Бір суретті басқасына қалай түрлендіруге болады. Мысалы, контрасты ұлғайтуға арналған пиксель операциялары, жиектерді таңдау, шуды жою немесе кескінді бұру сияқты геометриялық түрлендірулер. Бұл операциялар суретті өңдеу талдау кескінінің мазмұнына тәуелсіз болады деп болжайды.

Суретті өңдеу әдістері:

- Пиксель санағышы
- Бинаризация
- Сегменттеу
- Штрих-кодтыоқу
- Таңбалардыоптикалықтану
- Өлшеу
- Жиектердіанықтау
- Үлгінісәйкестендіру

Ашық немесекүңгіртпикселдерсанынесептейді.

Пиксель есептегішін қолдана отырып, пайдаланушы экрандағы тіктөртбұрышты аймақты қызықтыратын жерде таңдай алады, мысалы, ол өтіп бара жатқан адамдардың жүздерін көреді деп күтеді. Камера бірден тіктөртбұрыштың жақтары ұсынылған пикселдер саны туралы ақпаратпен жауап береді [36].

Пиксель санағышы орнатылған камераның пиксель ажыратымдылығына қатысты реттеуші талаптарына немесе тұтынушы талаптарына сәйкестігін тез тексеруге мүмкіндік береді, мысалы, камерамен басқарылатын есіктерге кіретін адамдардың бет-әлпеті үшін немесе нөмірлік белгілерді тану мақсатында.

3.1 Бинаризация және сегментация

Сұр түсті суретті екілік түрге түрлендіреді (ақ және қара пикселдер). Әр пиксельдің мәні шартты түрде «0» және «1» деп кодталады. «0» мәні шартты түрде фон деп аталады, ал «1» - алдыңғы жақ.

Көбінесе сандық екілік кескіндерді сақтау кезінде нүктелік кескін қолданылады, мұнда бір пиксельді бейнелеу үшін бір бит ақпарат пайдаланылады.

Сондай-ақ, әсіресе технологияның алғашқы кезеңдерінде екі мүмкін түстер қара және ақ болды, бұл міндетті емес.

Сегменттеу - бөлшектерді іздеу және (немесе) санау үшін қолданылады.

Сегментацияның мақсаты - кескіннің көрсетілуін жеңілдету және оны талдауға оңай болатындай өзгерту.

Суретті сегментациялау әдетте суреттердегі нысандар мен жиектерді (сызықтар, қисық сызықтар және т.б.) бөлектеу үшін қолданылады. Дәлірек айтқанда, кескінді сегменттеу дегеніміз - әр кескін пикселіне белгілерді беру процесі, сондықтан бірдей белгілері бар пикселдердің жалпы визуалды сипаттамалары болады.

Кескінді сегментациялаудың нәтижесі - бүкіл кескінді немесе кескіннен алынған көптеген контурларды қамтитын сегменттердің көптігі. Сегменттегі барлық пикселдер кейбір сипаттамада немесе есептелген сипатта ұқсас, мысалы түсі, ашықтығы немесе құрылымы. Көршілес сегменттер осы сипаттамада айтарлықтай ерекшеленеді.

Бағдарламадағы кескіндерді өңдеу әдістері:

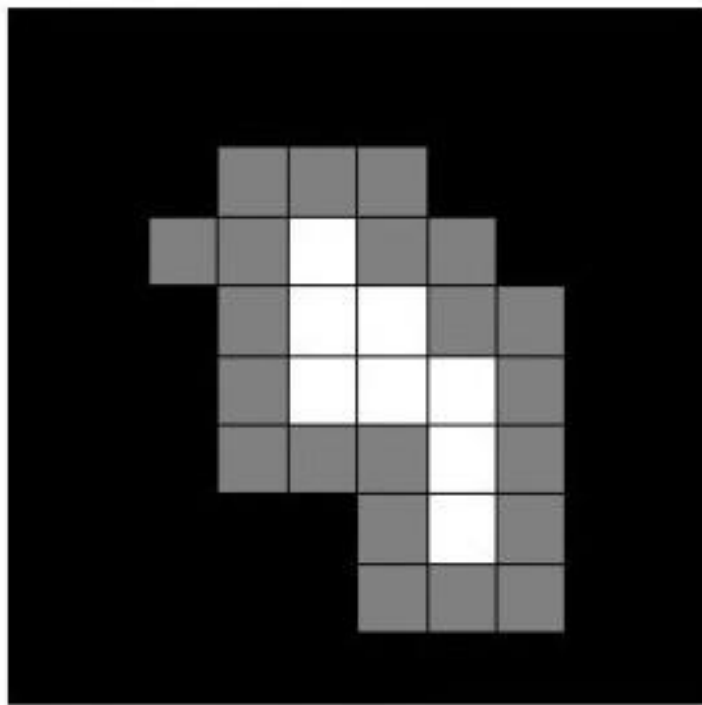
1. Сәйкестендіру - сыныпқа жататын объектінің жеке данасы танылады.

2. Бинаризация - бұл түсті (немесе сұр реңктегі) кескінді екі түсті қара-аққа айналдыру процесі.

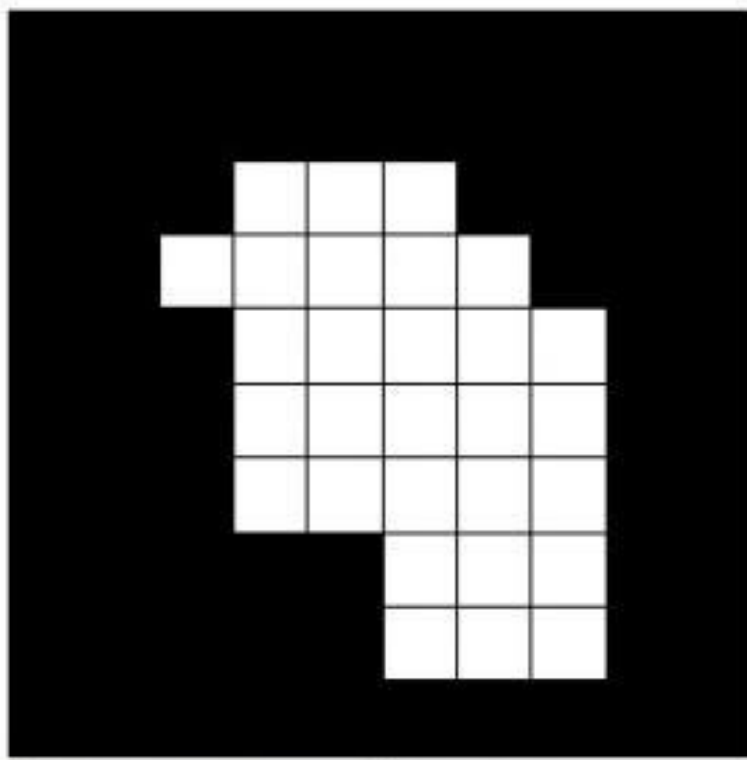
3. Сегментация - бұл сандық кескінді бірнеше сегменттерге бөлу процесі (көптеген пикселдер, сонымен қатар супер пиксел деп те аталады).

4. Эрозия - бұл күрделі процесс, оның барысында құрылымдық элемент кескіннің барлық пикселдерінен өтеді. Егер белгілі бір жағдайда құрылымдық элементтің әр пикселі екілік кескіннің бір пикселімен сәйкес келсе, онда құрылымдық элементтің орталық пикселін шығыс кескінінің сәйкес пикселімен логикалық қосу жүзеге асырылады.

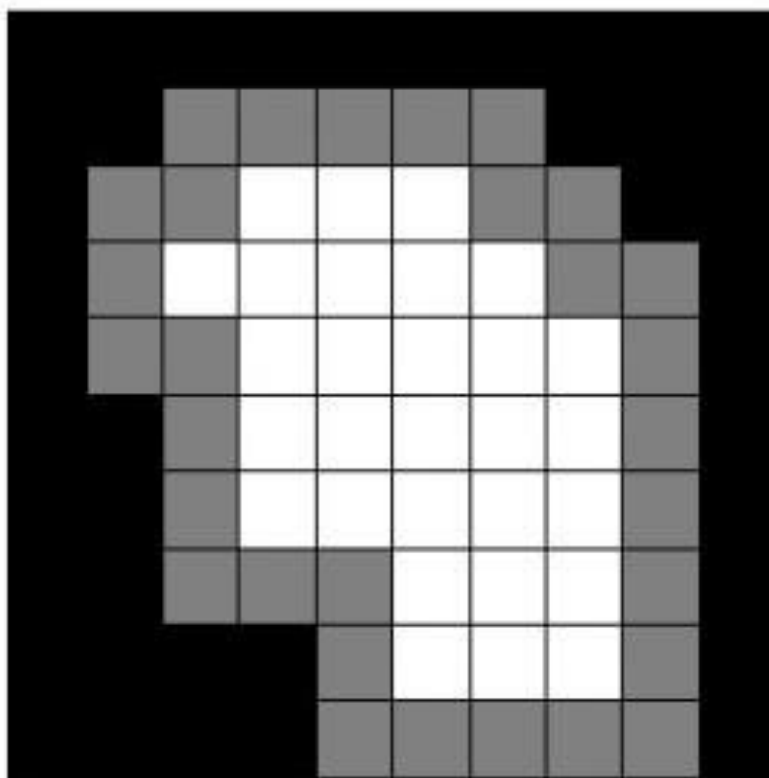
5. Жылу - бұл белгілі бір ядросы бар кескіннің немесе кескіннің таңдалған аймағының жинақталуы. Ядро кез-келген пішін мен мөлшерге ие бола алады. Сонымен бірге ядроға жалғыз жетекші позиция ерекшеленеді, ол жинақталуды есептеу кезінде ағымдағы пиксельмен теңестіріледі.



3.2 Сурет – Эрозия нәтижесі



3.3 Сурет – бастапқы сурет



3.3 Сурет – Дилатациядан кейінгі сурет

3.2 Зерттеу жұмыстарына дайын алгоритмделген жүйені басқару. Angular платформасымен танысу

Angular Google компаниясының клиенттік қосымшаларын ұсынады. Ең алдымен, бұл SPA шешімдерін (Single Page Application), яғни бір парақтан тұратын қосымшаларды жасауға бағытталған. Осыған байланысты Angular - басқа AngularJS шеңберінің жалғастырушысы. Сонымен бірге, Angular - AngularJS-тің жаңа нұсқасы емес, түбегейлі жаңа жақтау.

Бұрыштық екі жақты байланыстыру сияқты функционалдылықты қамтамасыз етеді, бұл модельдік мәліметтерді басқа жерде, шаблондарда, маршруттауда және т.б. өзгерту кезінде интерфейстің бір орнында деректерді динамикалық түрде өзгертуге мүмкіндік береді.

Angular-дің басты ерекшеліктерінің бірі - ол TypeScript-ті бағдарламалау тілі ретінде қолданады. Сондықтан, жұмысты бастамас бұрын, осы жерде оқуға болатын осы тілдің негіздерімен танысу ұсынылады.

Бірақ TypeScript-пен шектеліп қалмаймыз. Қажет болса, Dart немесе JavaScript сияқты тілдерді қолданып бұрыштық тілде жаза аламыз. Алайда, TypeScript әлі күнге дейін Angular үшін негізгі тіл болып табылады.

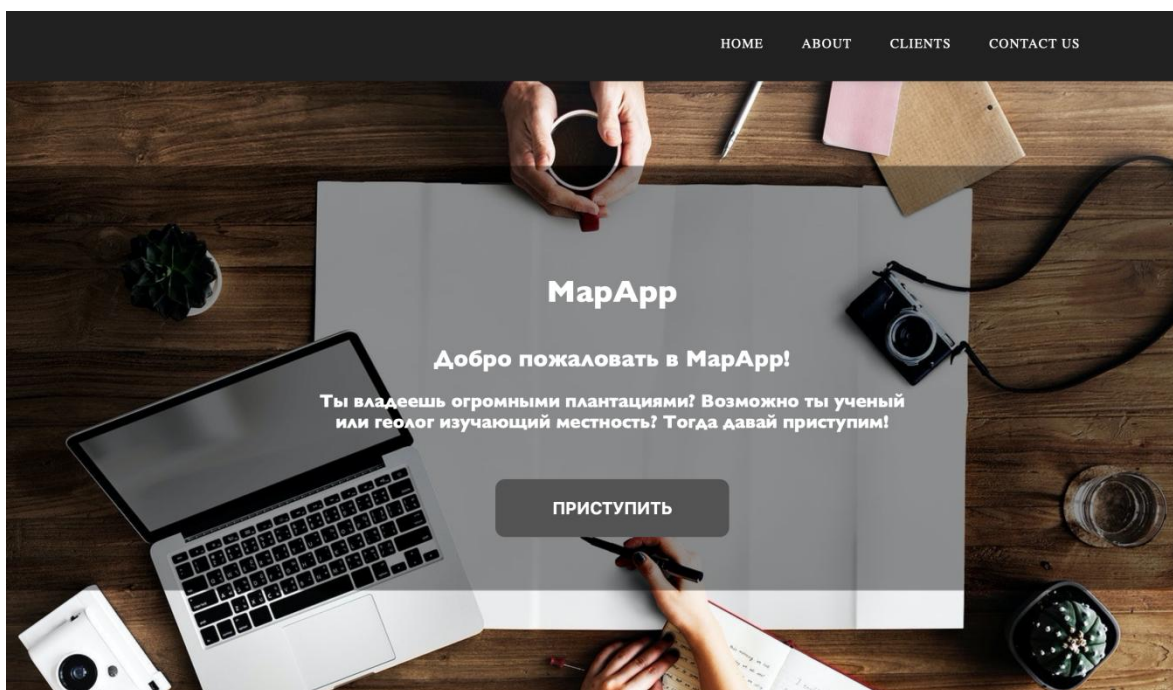
Angular-мен жұмыс істеу үшін Node.js серверін және npm пакет менеджерін, егер олар жұмыс машинасында болмаса, орнату керек. Орнату үшін node.js орнатушысын пайдалана аласыз. Сервермен бірге прмторнатады.

Сонымен бірге NodeJS және npm-мен жұмыс істеу үшін кейбір арнайы білім қажет емес.

Қажетті құралдарды орнатқаннан кейін қарапайым қосымшаны жасаймыз. Мұны істеу үшін қатты дискідегі қолданбалар қалтасын анықтаңыз. Оның жолы helloapp деп аталады.

Бұл файл жұмыс қолданатын бумалар мен тәуелділіктерді орнатады. «Тәуелділіктер» бөлімі негізінен қолданбаны іске қосу қажет бұрыштық пакеттерді анықтайды. Өзірлеу үшін пайдаланылатын пакеттер ғана devDependencies бөлімінде тіркелген. Атап айтқанда, бұлар typescript-пен жұмыс істеуге арналған пакеттер (өйткені TypeScript-те бағдарлама кодын жазамыз), сондай-ақ Angular CLI инфрақұрылымын қолданып қосымшаны құруға қажетті пакеттер [38, 39].

Сценарийлер бөлімі пайдаланылған командаларды сипаттайды. Атап айтқанда, ngservice командасы қосымшаны және қосымшаның өзін тексеру үшін қарапайым веб-серверді іске қосады. Ал ngbuild командасы қосымшаны құрастырады.



3.1 Сурет – Бағдарламаға кіру

```

1 {
2   "name": "helloapp",
3   "version": "1.0.0",
4   "description": "First Angular 9 Project",
5   "author": "Eugene Popov metanit.com",
6   "scripts": {
7     "ng": "ng",
8     "start": "ng serve",
9     "build": "ng build"
10  },
11  "dependencies": {
12    "@angular/common": "~9.0.0",
13    "@angular/compiler": "~9.0.0",
14    "@angular/core": "~9.0.0",
15    "@angular/forms": "~9.0.0",
16    "@angular/platform-browser": "~9.0.0",
17    "@angular/platform-browser-dynamic": "~9.0.0",
18    "@angular/router": "~9.0.0",
19    "rxjs": "~6.5.4",
20    "zone.js": "~0.10.2"
21  },

```

Сурет 3.2 –Package.json файлының құрамы

Компоненттер бұрыштық қосымшаның негізгі құрылыс блоктарын ұсынады. Әрбір бұрыштық қосымшада кем дегенде бір компонент болады. Сондықтан, src / app папкасында жаңа файл жасаймыз, оны app.component.ts деп атаймыз және келесі компонент кодын анықтаймыз: Импорттау туралы директива файлдың басында анықталады, ол бұрыштық ядро модулінің функционалдығын импорттайды, @Componentdecorator функциясына қол жетімділікті қамтамасыз етеді.

Әрі қарай @Componentдекор функциясы келеді, ол метадеректердіAppComponent компонентінің класымен байланыстырады. Бұл функцияда, біріншіден, селектор параметрі немесе css селектор компонент ұсынатын HTML элементі үшін анықталады. Екіншіден, мұнда шаблонның параметрі немесе шаблон анықталған, бұл компонентті қалай көрсету керек екенін көрсетеді. Бұл шаблон кейбір модельдердің аттарына [(ngModel)] = «name» және {{name}} өрнектерін қолданып екі жақты байланыстыруды анықтайды.

Соңында, AppComponent компонентінің класы іс жүзінде экспортталады, онда атаудың ауыспалы мәні дәл анықталады - бұл жағдайда ол бос жол болып табылады.

Бұрыштық қолдану модульдерден тұрады. Модульдік құрылым тек жүктеуге және қолдануға қажет модульдерді жеңілдетеді. Әр қосымшада кем дегенде бір түбірлік модуль бар. Сондықтан src / app папкасында жаңа файл жасаймыз, оны келесі мазмұнмен app.module.ts деп атаймыз:

```

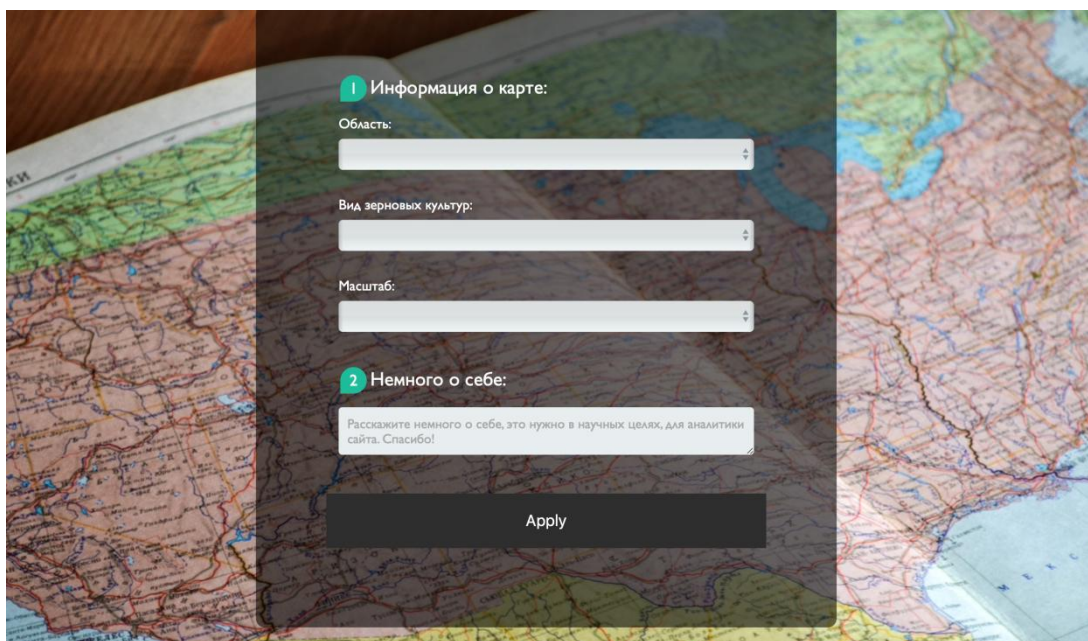
1 import { NgModule }      from '@angular/core';
2 import { BrowserModule } from '@angular/platform-browser';
3 import { FormsModule }    from '@angular/forms';
4 import { AppComponent }   from './app.component';
5 @NgModule({
6   imports:      [ BrowserModule, FormsModule ],
7   declarations: [ AppComponent ],
8   bootstrap:   [ AppComponent ]
9 })
10 export class AppModule { }

```

3.3 Сурет – App.module.ts модульдері

Бұл жағдайда App Module деп аталатын модуль қосымшаның кіру нүктесі болады.

Импорттық директиваларды қолдана отырып, бірнеше модульдер импортталады Біріншіден, бұл NgModule модулі. Сондай-ақ, шолу BrowserModule модулі қажет. Компонент енгізу элементін немесе пішін элементін қолданатындықтан, FormsModule модулін де қосамыз. Содан кейін бұрын жасалған компонент импортталады.



3.4 Сурет – Карта туралы мәлімет

3.3 Angular.json

Қосымшаны құрастыру үшін Angular CLI-ді қолданамыз, сондықтан angular.json файлын пайдаланып CLI-дің әрекетін сипаттауымыз керек. Сонымен, angular.json жаңа файлын жұмыстың түбірлік қалтасына қосыңыз және ондағы келесі мазмұнды анықтаңыз:


```

1 {
2   "version": 1,
3   "projects": {
4     "helloapp": {
5       "projectType": "application",
6       "root": "",
7       "sourceRoot": "src",
8       "architect": {
9         "build": {
10          "builder": "@angular-devkit/build-angular:browser",
11          "options": {
12            "outputPath": "dist/helloapp",
13            "index": "src/index.html",
14            "main": "src/main.ts",
15            "polyfills": "src/polyfills.ts",
16            "tsConfig": "tsconfig.json",
17            "aot": true
18          }
19        },
20        "serve": {
21          "builder": "@angular-devkit/build-angular:dev-server",

```

3.5 Сурет – angular.json файлының мазмұны

Файл құрылымына қысқаша өтіңіз. Нұсқа параметрі алдымен анықталады. Ол жұмыс конфигурациясының нұсқасын анықтайды.

Әрі қарай әр жұмыс үшін параметрлерді анықтайтын жобалар бөлімі келеді.

Жұмыс келесі нұсқаларды анықтайды:

- projectType: жоба түрі. «Қолданба» мәні жоба шолғышта іске қосылатын қолданбаны білдіретінін білдіреді
- root: жұмыс ортасына қатысты жоба файлының қалтасын көрсетеді. Бос мән жобаның түпкі қалтасына сәйкес келеді, өйткені бұл жағдайда жұмыс ортасы мен жоба каталогы бірдей болады
- SourceRoot: бастапқы файлдардың түбірлік қалтасын анықтайды. Осы жағдайда бұл src қалтасы, онда барлық қолданбалы файлдар нақты анықталған
- сәулетші: жобаны құру үшін параметрлерді орнатады. Құру және қызмет ету командалары pack.json файлында анықталған және осы командалардың әрқайсысының сәулет бөлімінде өз параметрлері бар.

Әр пәрмен үшін жобаны құру құралын анықтайтын құрастырушы параметрі орнатылады. Сонымен, «құрастыру» командасы үшін мән «@angular-devkit / build-angular: browser» болып орнатылады - бұл құрастырушы құру үшін веб-бума жинағышын пайдаланады. Ал «қызмет ету» командасы үшін «@ angular-devkit / build-angular: dev-server» мәні орнатылды - бұл құрастырушы веб-серверді іске қосады және оған құрастырылған қосымшаны орналастырады.

Параметрлер параметрі файлдарды құру параметрлерін орнатады. Құру командасы үшін келесі параметрлер анықталған:

- outputPath: құрастырылған қосымша жарияланатын жол
- индекс: қосымшаның басты бетіне жол
- main: бұрыштық қосымшаның өзі іске қосылатын негізгі қосымшаның файлына апаратын жол
- polyfills: полифилдер файлына апаратын жол

- tsConfig: TypeScript конфигурация файлының жолы
- aot: AOT (Ahead-Of-Head) компиляциясының қолданылатынын (орындалғанға дейін алдын-ала құрастыру) көрсетеді. Бұл жағдайда шынайы оның қолданылғанын білдіреді.

«Қызмет ету» командасы үшін бір ғана нұсқа берілген - browserTarget, оны құру командасына арналған конфигурацияға сілтеме бар - «helloapp: build». Яғни, бұл команда құру командасымен бірдей конфигурацияны қолданады.

Соңғы defaultProject параметрі әдепкі жобаға нұсқайды. Бұл жағдайда бұл жалғыз жұмысымыз.

Егер құрастыру үшін Angular және Angular CLI-мен жұмыс істеу үшін TypeScript-ті қолданатын болсақ, онда бұл pack.json, tsconfig.json және angular.json файлдары әр жобада болады. Оларды жобадан жобаға минималды өзгерістер енгізуге болады. Мысалы, angular.json файлында «helloapp» жоба атауының орнына сәйкес жоба атауы болады. Pack.json файлында, егер алдыңғы нұсқалары ескірген болса, басқа пакеттер нұсқаларын көрсетуге болады. Жобаның атауын, нұсқасын өзгертуге болады. TypeScript немесе Angular CLI параметрлерін өзгерте аласыз, бірақ жалпы ұйым бірдей болады.

Ал, енді MapAppпрограммасының кодына көңіл бөлуіміз қалды.

```

this.currentRegion = localStorage.getItem("CurrentRegion");
this.currentSize = localStorage.getItem("CurrentSize");

var ind = this.zooms.indexOf(this.currentSize);
this.zoom = this.zooms_num[ind];

ind = this.Dists.indexOf(this.currentRegion);
this.latitude = this.lats[ind];
this.longitude = this.longs[ind];

ymaps.load('https://api-maps.yandex.ru/2.1/?lang=ru_RU').then((maps => {
  this.myMap = new maps.Map('map', {
    center: [this.latitude, this.longitude],
    zoom: this.zoom,
  });
  this.myPlacemark = new maps.Placemark([this.latitude, this.longitude], {}, {
    preset: "islands#circleDotIcon",
    iconColor: '#ff0000'
  });
  this.myMap.geoObjects.add(this.myPlacemark);

  this.myGeoObject = new maps.GeoObject({
    geometry: {
      type: 'Rectangle',

```

3.6 Сурет – MapAppпрограммасының коды. Yandex.Maps - Яндекс іздеу және картаның ақпараттық қызметі

2004 жылы ашылған. Картадан іздеу, кептелістер туралы ақпарат, ірі және басқа қалалардың көшелерінің бағыттары мен панорамалары жасалады. Ресей, Абхазия, Әзірбайжан, Андорра, Армения, Беларусь, Грузия, Израиль, Иордания, Ирак, Иран, Қазақстан, Қырғызстан, Латвия, Ливан, Литва, Молдова, Палестина, Польша, Сирия, Тәжікстан, Түрікменстан, Өзбекстан, Украина, Франция, Эстония және Оңтүстік Осетия әр екі апта сайын жаңартылатын өздерінің жеке компания карталарын пайдаланады; 2017 жылға дейін NAVTEK қалған мемлекеттер мен әлем елдері үшін деректерді жеткізді, бірақ содан кейін компания өзінің деректеріне көшті [дереккөзі 860 күн]. Маршрут жөнелту пункті мен соңғы нүкте әр түрлі елдердің аумағында болған кезде де белгіленеді.

2017 жылдың мамыр айындағы жағдай бойынша ресейлік ресурстың аудиториясы 24,9 миллион пайдаланушыларға жетті.

```

geometry: {
  type: 'Rectangle',
  coordinates: [[this.lats[ind]-0.5, this.longs[ind]-1],
               [this.lats[ind]+0.5, this.longs[ind]+1]]
},
properties: {
  hintContent: 'Hint Content',
  balloonContent: 'Balloon Content',
}
}, {
  draggable: false,
  fillColor: '#ff000033',
  fillOpacity: 0.5,
  strokeColor: '#ff0000',
  strokeOpacity: 0.5,
  strokeWidth: 2,
  borderRadius: 6
});

this.myMap.geoObjects
.add(this.myGeoObject);

this.myMap.events.add('click', function (e) {
  var position = e.get('coords');
  alert(position);
});

```

3.7 Сурет – Yandexкартасын қолдана отырып аумақты бейнелеу

Карталар төрт нұсқада қол жетімді: схемалар, спутниктік суреттер, жазулары мен символдары бар спутниктік суреттер (гибрид) және қоғамның картасы. Карталармен жұмыс істеу мүмкіндіктерінің жиынтығы өте кең, бірақ толық көлемде тек бірнеше қалаларға қол жетімді.

Аудан, қаланы немесе аймақты бөлектеу сайттан ұйым іздегеннен кейін қол жетімді болады. Картадан көшелерді көруге болады.

Географиялық нысандарды (мекен-жайлар, көшелер, қалалар, аудандар мен елдер) және ұйым бойынша іздей аласыз. Карталарда қашықтықты өлшеу, маршруттарды салу және көше панорамаларын көру мүмкіндігі бар.

Яндекс.Траффик қызметі бірқатар қалаларда қол жетімді: көлік кептелісінің индикаторы. Толып кету деңгейі ондықты цифрлық шкала және төрт түсті графика арқылы анықталады, ақпарат жол камераларынан жиналады. Бұл қызметтің көрсеткіштерін автоматты бағыттау кезінде ескеруге болады.

Көшелер фото-панорамаларын түсіруге арналған арнайы жабдықталған автомобиль [40, 42].

Нақты уақытта нақты веб-камералардан суреттерді, әдетте, ірі магистральдар мен түйісулердің жанында көруге мүмкіндік бар.

2016 жылдың 8 қарашасында Яндекс.Мапс және Toyota «Эвересттің панорамалары» бірлескен жобасы, өрмелеу кезеңдерінің панорамалық фотосуреттері, ұнтаспа және интерактивті үш өлшемді графика элементтері көрсетілген, Джомолунгмаға (Эверест) өрмелеу туралы мультимедиялық есеп ұсынылды. Жоба Blend4Web қозғалтқышы іске асырған WebGL 3D графикасын көрсету үшін браузерге негізделген технологияны қолдану арқылы жүзеге асырылды.

```
import { BrowserModule } from '@angular/platform-browser';
import { NgModule } from '@angular/core';

import { AppRoutingModule } from './app-routing.module';
import { AppComponent } from './app.component';
import { WelcomeComponent } from './welcome/welcome.component';

import { AgmCoreModule } from '@agm/core';

import { AngularYandexMapsModule } from 'angular8-yandex-maps';

import { HttpClientModule } from '@angular/http';
import { BrowserAnimationsModule } from '@angular/platform-browser/animations';
import { RouterModule } from '@angular/router';
import { FormsModule, ReactiveFormsModule, FormGroup, FormControl, Validators } from '@angular/forms';
import { ConfigurationComponent } from './configuration/configuration.component';
import { MainPageComponent } from './main-page/main-page.component';

@NgModule({
  declarations: [
    AppComponent,
    WelcomeComponent,
    ConfigurationComponent,
    MainPageComponent
  ],
  imports: [
    BrowserModule,
    AppRoutingModule,
    AgmCoreModule,
    AngularYandexMapsModule,
    HttpClientModule,
    BrowserAnimationsModule,
    RouterModule,
    FormsModule,
    ReactiveFormsModule
  ],
  providers: [],
  bootstrap: [AppComponent]
})
export class AppModule {}
```

3.8 Сурет – Қолданылған библиотекалар тізімі

Жоғарыда айтылып кеткендей жұмыстың өзектілігі қашықтықта зондтау спутниктері арқылы ауыл шаруашылығын мониторингілеу болып табылады. Ауыл шаруашылығын мониторингілеу осыған дейін интеллектуалды цифрлық құрылғылардың көмегімен жүзеге асуы экономикалық және т.б. қиыншылықтардың арқасында толығымен әсерін тигізе алмады. Сондықтан бұл жұмыстың басты мақсаты: қазіргі заманауи технологияларды пайдалана отырып, спутниктер арқылы Қазақстан аумағын әр облыс бойынша, қажетті

дәнді дақылдардың өсу қажеттілігін ескере отырып, анализ жасау және оған сәйкес жер бөлігін таңдау.

Бұл жұмыста цифрлық технологияларды пайдалана отырып, қарапайым адамға қиыншылық тудыратын біршама факторларды жеңілдету жұмыстары жүргізілді. Спутниктен алынған Қазақстан аумағының карталық суреттерін үлкен көлемде зертеу, ірі шаруашылық аумақтарында зертеу жұмыстарын арнайы экспедициясыз қашықтықта іске асыру жөнінде жұмыстар жүргізілді. Жұмысты іске асыру барысында біршама математикалық, физикалық, сандық технологияларда үлкен есептеу жұмыстары, әрі алынған ақпаратты визуалды түрде, қарапайым адамға жұмыс жасауға оңайлатылған түрге келтірілді.

ҚОРЫТЫНДЫ

Жалпы алғанда, ғарыштық түсірілімнің әлемдік саласы өнімдердің, қызметтердің жаңа түрлерін дамытуда және қашықтықтан зондтау деректеріне қол жеткізуде жоғары динамиканы, көп бағдарламалылықты және икемділікті көрсетеді.

XXI ғасырдың XX ғасырдың аяғындағы кезеңімен салыстырғанда қашықтықтан бақылау жүйесін дамытудағы екі үрдіс байқалады. Біріншісі оптикалық сканерлеу жүйелерінің ғарыштан ЖҚЗ-ның барлық басқа түрлерінен басым болуын, ал екіншісі рұқсат ету қабілетінің күрт артуымен байланысты. Осы екі үрдіс аясында қашықтықтан зондтау атмосфералық жағдайларға (әсіресе түсірудің оптикалық диапазонында) тәуелділігі сақталады және түсірілім жолағының енінің айтарлықтай тарылуы байқалады (жоғары рұқсатқа қол жеткізу есебінен).

Соңғы жылдары әр түрлі сегменттерінде қашықтықтан зондтау деректері нарығының өсуі үшін айтарлықтай тұрақты мүмкіндіктер бар. Жергілікті өзін-өзі басқару, ішкі істер, төтенше жағдайлар қызметі, экологиялық бақылау және т.б. ақпараттық жүйелерді дамыту қажеттілігі артып келеді.

Қашықтан зондтау деректерін ықтимал тұтынушылардың мүдделері тұрғысынан келесі өлшемдер маңызды:

- түсірілім диапазоны (бір жақтауға түсетін аумақ);
- түсірілімнің спектрлік диапазоны және осы немесе басқа сенсор беретін каналдар саны;
- жоспардағы және кеңістіктегі позицияны анықтау дәлдігі;
- ақпараттық қабаттардың мазмұны;
- биіктікті анықтау дәлдігі және деректерді жаңарту деңгейі және т.б.

Осы факторлардың барлығы қашықтықтан зондтау деректерін тұтынушылар үшін маңызды болғанымен, олар үшін маңызды және кеңістіктік анықтаманың жоғары дәлдігі болып табылады.

Сондай-ақ ауыл шаруашылығы жерлерінің қасиеттері туралы және егістіктің жай-күйі туралы ең озық, тиімді және сенімді ақпарат көздерінің бірі Жерді қашықтықтан зондтау (ЖҚЗ) деректері болып табылады. Ғарыш түсірілімдерін дешифрлеу және талдау нәтижесінде алынған ақпарат негізінде агроөнеркәсіптік кешеннің ғарыштық мониторингілеу жүйесі әзірленді және енгізу ұсынылды.

Ауыл шаруашылығын мониторингілеу осыған дейін интеллектуалды цифрлық құрылғылардың көмегімен жүзеге асуы экономикалық және т.б. қиыншылықтардың арқасында толығымен әсерін тигізе алмады. Сондықтан бұл жүйенің басты мақсаты: қазіргі заманауи технологияларды пайдалана отырып, спутниктер арқылы Қазақстан аумағын әр облыс бойынша, қажетті дәнді дақылдардың өсу қажеттілігін ескере отырып, анализ жасау және оған сәйкес жер бөлігін таңдау.

Бұл жұмыста цифрлық технологияларды пайдалана отырып, қарапайым адамға қиыншылық тудыратын біршама факторларды жеңілдету жұмыстары

жүргізілді. Спутниктен алынған Қазақстан аумағының карталық суреттерін үлкен көлемде зертеу, ірі шаруашылық аумақтарында зертеу жұмыстарын арнайы экспедициясыз қашықтықта іске асыру жөнінде жұмыстар жүргізілді. Жұмысты іске асыру барысында біршама математикалық, физикалық, сандық технологияларда үлкен есептеу жұмыстары, әрі алынған ақпаратты визуалды түрде, қарапайым адамға жұмыс жасауға оңайлатылған түрге келтірілді.

ҚОЛДАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР

1. Михайлов С.И. Применение данных дистанционного зондирования Земли для решения задач в области сельскохозяйственного производства // Земля из космоса. –2011. – Выпуск 9. – С. 17-23.
2. Чандра А.М., Гош С.К. Дистанционное зондирование и географические информационные системы / Москва: Техносфера, 2008. – 312 с.
3. Хабарова И.А., Хабаров Д.А., Чугунов В.А. Разработка методики лесотаксационного дешифрирования с использованием ГИС технологий по космическим снимкам «Международный журнал прикладных наук и технологий «Integrab» №1/2018.– 18 с.
4. Геологический факультет ВГУ [Электронный ресурс]. Московский экономический журнал № 1 2019 190
5. Роскосмос [Электронный ресурс]
6. Авиаблог [Электронный ресурс] / Информационный портал, сайт. URL:<http://avia.pro/blog/distancionnoe-zondirovanie>
7. Российские космические системы [Электронный ресурс]
8. Сизов А.П., Хабаров Д.А., Хабарова И.А. Новые подходы к разработке методики формирования семантической информации мониторинга земель на основе обработки и анализа картографической информации.// Геодезия и аэрофотосъемка, №4, 2018, С.434-441.
9. Космических исследований РАН, «Описание основных технологических решений по контролю данных сельскохозяйственной переписи о состоянии земельных ресурсов на основе средств спутникового мониторинга», этап I, том
10. Институт космических исследований РАН, «Макет системы контроля данных сельскохозяйственной переписи о состоянии земельных ресурсов с использованием средств спутникового мониторинга и рабочая документация, включая инструкцию по эксплуатации макета системы», этап I, том 2. Этап 2012 г.
11. Институт космических исследований РАН, «Отчёт о проведении апробации системы контроля данных сельскохозяйственной переписи», этап I, том Этап 2012 г.
12. Институт космических исследований РАН, «Отчёт о результатах выполнения работы, включая предложения по использованию и развитию технологий спутникового мониторинга для контроля данных Всероссийской сельскохозяйственной переписи», этап II. Этап 2012 г.
13. Лупян Е.А. «Технологии построения систем дистанционного мониторинга».
14. Институт космических исследований РАН, Тринадцатая Всероссийская открытая конференция «Современные проблемы дистанционного зондирования.
15. Глушкова, Н. В. Использование ГИС и ДЗ для анализа антропогенной

трансформации пригородных лесных экосистем на примере Новосибирского Академгородка / Н. В. Глушкова, Н. Н. Лашинский, И. Д. Зольников // Геология и минерагения Северной Евразии : материалы совещания, приуроченного к 60-летию Института геологии и геофизики СО АН СССР (Новосибирск, 3–5 октября 2017 г.). – Новосибирск, 2017. – С. 63–64.

16. Горбачева, Е. Н. «Геоаналитика.Агро»: данные дистанционного зондирования Земли как источник агрометеорологической информации Е. Н. Горбачева, А. С. Скачкова // Геоматика. – 2016. – № 2 (31). – С. 56–60.

17. Государственная корпорация по космической деятельности РОСКОСМОС [Электронный ресурс].

18 Дворкин, Б. А. Европейская программа GMES и перспективная группировка спутников ДЗЗ Sentinel Б. А. Дворкин.

19 Дворкин, Б. А. Новейшие и перспективные спутники дистанционного зондирования Земли [Текст] / Б. А. Дворкин, С. А. Дудкин // Геоматика. – 2013. – № 2 (19). – С. 16–36.

20. Дворкин, Б. А. Новый спутник NPP продолжит комплексное наблюдение за Землей [Текст] / Б. А. Дворкин // Геоматика. – 2011. – № 4 (13). – С. 26–34.

21. Дистанционная оценка параметров сельскохозяйственных земель по спутниковым данным спектрорадиометра MODIS [Текст] / С. А. Барталев, Е. А. Лупян, И. А. Нейштадт, И. Ю. Савин // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2005. – Вып. 2. – Т. 5. – С. 228–236.

22. Инструкция по оценке оправдываемости агрометеорологических прогнозов. – М. : Гидрометеиздат, 1983. – 7 с.

23 Использование многолетних спутниковых данных различного разрешения для комплексной оценки состояния растительного покрова территории Казахстана [Текст] / Л. Ф. Спивак, А. Г. Терехов, И. С. Витковская, М. Ж. Батырбаева. Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2009. – Вып. 6. – Т. 2. – С. 450–458.

24 Использование спутниковой информации MODIS в оперативной агрометеорологии [Текст] / А. Д. Клещенко, В. М. Лебедева, Т. А. Найдина, О. В. Савицкая // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2015. – Т. 12, № 2. – С. 143–154.

25. Казяк, Е. В. Спектральные преобразования космических снимков Landsat 8 для картографирования растительности агроэкосистем [Текст] Е. В. Казяк, А. В. Лещенко // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2015. XI Междунар. науч. конгр.

26 Каличкин, В. К. Выбор приема основной (зяблевой) обработки почвы по агроэкологическим факторам: практ. пособие / В. К. Каличкин, Ю. П. Филимонов, Л. Н. Иодко ; РАСХН. Сиб. отд-ние. ГНУ СибНИИЗХим. – Новосибирск, 2005. – 20 с.

27 Клещенко, А. Д. Использование данных дистанционного зондирования для моделирования продукционного процесса кукурузы / А. Д. Клещенко, Т. А.

Найдина, Т. А. Гончарова // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2012. – Т. 9, № 3. – С. 259–268.

28 Кулик, Е. Н. Оперативный космический мониторинг: вчера, сегодня, завтра / Е. Н. Кулик // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2012. VIII Междунар. науч. конгр.: Междунар. науч. конф. «Дистанционные методы зондирования Земли и фотограмметрия, мониторинг окружающей среды, геоэкология» : сб. материалов в 2 т. (Новосибирск, 10–20 апреля 2012 г.). – Новосибирск : СГГА, 2012. Т. 2. – С. 134–139.

29 Кулик, Е. Н. Распознавание пахотных земель на основе сезонной изменчивости характеристик растительного покрова [Текст] / Е. Н. Кулик,

Е. Ю. Сахарова // Интерэкспо ГЕО-Сибирь. XIV Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Дистанционные методы зондирования Земли и фотограмметрия, мониторинг окружающей среды, геоэкология».

30 Лагутин, А. А. Дистанционное зондирование Земли из космоса: алгоритмы, технологии, данные: учеб. пособие для слушателей молодежной школы-семинара / А. А. Лагутин, Р. И. Райкин, Т. Н. Чимитдоржиев. – Барнаул: Изд-во Алт. ун-та, 2013. – 151 с.

31 Леонтьев, А. А. Система спутникового мониторинга состояния полей и прогнозирования урожайности / А. А. Леонтьев // Геоматика. – 2013. – № 2 (19). – С. 77–79.

32. Малинников, В. А. Космический мониторинг окружающей среды застраиваемых территорий на примере города Москвы [Текст] / В. А. Малинников, В. В. Беленко // Вестник РАЕН. – 2012. – Т. 2, № 1. – С. 100–111.

33. Министерство сельского хозяйства Российской Федерации [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.mcsx.ru>.

34. Михайлов, А. П. Фотограмметрия: учебник для вузов / А. П. Михайлов, А. Г. Чибунчев. – М. : МИИГАиК, 2016. – 294 с.

35. Михайлов, С. И. Применение данных дистанционного зондирования Земли для решения задач в области сельскохозяйственного производства С. И. Михайлов // Земля из космоса. Наиболее эффективные решения. – Вып. 9. – Весна 2011. – С. 17–23.

36. Муратова, Н. Р. Опыт пятилетнего оперативного мониторинга сельскохозяйственных угодий Северного Казахстана с помощью спутниковых данных Н. Р. Муратова, А. Г. Терехов. Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2007. – Вып. 4. – Т. 2. – С. 277–283.

37. Мышляков, С. Г. Возможности радарных снимков Sentinel-1 для решения задач сельского хозяйства С. Г. Мышляков // Геоматика. – 2016. – № 2 (31). – С. 16–24.

38. Мышляков, С. Г. «Геоаналитика.Агро» – инновационное решение для сельскохозяйственного мониторинга С. Г. Мышляков, А. А. Глотов // Геоматика. – 2015. – № 2 (27). – С. 58–62.

39. Мышляков, С. Г. Системы космического мониторинга сельскохозяйственных земель Европейского союза, США, Китая / С. Г. Мышляков Геоматика. – 2012. – № 2 (15). – С. 87–90.

40. Официальный сайт компании СКАНЭКС [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.scanex.ru>.

41. Оценка состояния растительности и прогнозирование урожайности озимых культур Украины по спутниковым данным / Н. Н. КуССуль, Н. И. Ильин, С. В. Скакун, А. Н. Лавренюк // International Book Series «INFORMATION SCIENCE & COMPUTING», Number 3. Supplement to the International Journal «INFORMATION TECHNOLOGIES & KNOWLEDGE». – 2008. – V. 2. – P. 103–109.

42. Плуталова, Т. Г. Мониторинг сельскохозяйственных культур сухостепной зоны Кулундинской равнины на основе данных спутниковой группировки RapidEye / Т. Г. Плуталова, Н. М. Ковалевская // Дистанционное зондирование Земли из космоса: алгоритмы, технологии, данные. Материалы молодежной школы-семинара / Под ред. А. А. Лагутина. – Барнаул : АЗБУКА, 2013. – С. 16–23.

43. Посевные площади, валовые сборы и урожайность сельскохозяйственных культур в 2015 году (предварительные данные) [Электронный ресурс] Федеральная служба государственной статистики.

44. Принципы агроландшафтного районирования пахотных земель Северного Казахстана по данным LANDSAT и MODIS / А. Г. Терехов, И. С. Витковская, М. Ж. Батырбаева, Л. Ф. Спивак // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2010. – Т. 7, № 3. – С. 292–304.

45. Прогнозирование урожайности зерновых и зернобобовых культур в центральных черноземных областях на основе комплексирования наземных и спутниковых данных / А. И. Страшная, Л. Л. Тарасова, Н. А. Богомолова, Т. А. Максименкова, О. В. Береза Труды Гидрометцентра России. – 2015. – Вып. 353. – С. 128–153.

46. ПРОМаэро. Сельское хозяйство [Электронный ресурс].

47. Распознавание пахотных земель на основе многолетних спутниковых данных спектрорадиометра MODIS и локально-адаптивной классификации С. А. Барталев, В. А. Егоров, Е. А. Лупян, Д. Е. Плотников, И. А. Уваров Компьютерная оптика. – 2011. – Т. 35, № 1. – С. 103–116.

48. Распределенная система спутникового агромониторинга в Украине / А. Ю. Шелестов, С. В. Скакун, А. Н. Кравченко, Н. Н. КуССуль Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2011. – Т. 8, № 1. – С. 141–149.

49. РД 52.33.217–99. Наставление гидрометеорологическим станциям и постам. Основные агрометеорологические наблюдения– Вып. 11. – Ч. I.M. : Росгидромет, 2000. – 360 с.

50. Регрессионные модели оценки урожайности сельскохозяйственных культур по данным MODIS / Н. Н. КуССуль, А. Н. Кравченко, С. В. Скакун, Т. И. Адаменко, А. Ю. Шелестов, А. В. Колотий, Ю. А. Грипич // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2012. – Т. 9, № 1. – С. 95–107.