

FTAMP 29.31.26

<https://doi.org/10.58805/kazutb.v.1.18-72>

## ЖЕР БЕТІНІҢ ҒАРЫШТЫҚ СУРЕТТЕРІН ӨНДЕУ КЕЗІНДЕ ОПТИКАЛЫҚ-ЭЛЕКТРОНДЫҚ ЖҮЙЕНІ ҚОЛДАНУ ӘДІСТЕМЕСІ

**А.Д. Тулегулов, К.М. Акишев, М.Ш. Нурмагамбетов,  
С.С. Демесинова, Р.Ш. Палымбетов**

Қазақ технология және бизнес университеті. Астана, Қазақстан,  
tad62@ya.ru

Жұмыста жер бетінің ғарыштық суреттерін өңдеу үшін оптикалық-электронды жүйені қолданудың өзектілігі көрсетілген. Эксперименттік зерттеулердің мақсаты жер бетінің ғарыштық суреттерін өңдеу кезінде оптикалық-электронды жүйені қолдану әдістемесін әзірлеу болып табылады. Соңғы онжылдықтарда геоақпараттық жүйелер өте белсенді дамып келеді, бұл өз кезегінде ғарыштық суреттердің сапасына жоғары талаптар қояды.

Ғарыштық суреттердің сапасын жақсарту мәселесі бірнеше жолмен шешілуі мүмкін. Техникалық тұрғыдан алғанда, кеңістіктік ажыратымдылығы өте жоғары заманауи түсірілім аппараттарын пайдалану қажет. Сондай-ақ жер бетінің ғарыштық суреттерін өңдеу кезінде оптикалық-электронды жүйені қолдану әдістемесін жетілдіру қажет.

Мақалада ультра жоғары ажыратымдылықтағы оптикалық-электронды ғарыштық жүйелер, олардың техникалық сипаттамалары, жабдықтары және жалпы құрылыс схемасы талданады. Телескоптың түсірілім объектілеріне қайта бағытталу жылдамдығын арттыруға мүмкіндік беретін моментті басқару гироскоптарын қолдану арқылы бағдарлау жүйесіндегі өнімділікті арттыру мүмкіндіктері қарастырылады.

**Түйінді сөздер:** оптикалық-электронды жүйе, әдістеме, геоақпараттық жүйелер, сапа, аппаратура, бағдарлау жүйелері, гироскоптар, қайта бағыттау жылдамдығы.

## МЕТОДИКА ПРИМЕНЕНИЯ ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННОЙ СИСТЕМЫ ПРИ ОБРАБОТКЕ КОСМИЧЕСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ

**А.Д. Тулегулов, К.М. Акишев, М.Ш. Нурмагамбетов, С.С. Демесинова,  
Р.Ш. Палымбетов**

Казахский университет технологии и бизнеса. Астана, Казахстан.  
tad62@ya.ru

В работе показана актуальность применения оптико-электронной системы для обработки космических снимков поверхности Земли. Целью экспериментальных исследований является разработка методологии применения оптико-электронной системы при обработке космических снимков поверхности Земли. В последние десятилетия очень активно развиваются геоинформационные системы, что в свою очередь предъявляет более высокие требования к качеству космических снимков.

Проблема повышения качества космических снимков может быть решена несколькими путями. С технической точки зрения необходимо использовать более современные съемоч-

ные аппараты, обладающие сверхвысоким пространственным разрешением. Также необходимо совершенствовать методологию применения оптико-электронной системы при обработке космических снимков поверхности Земли.

В статье анализируются действующие оптико-электронные космические системы сверхвысокого разрешения, их технические характеристики, аппаратура и общая схема построения.

**Ключевые слова:** оптико-электронная система, методология, геоинформационные системы, качество, аппаратура, системы ориентации, гироскопы, скорость перенацеливания.

## METHODOLOGY FOR USING AN OPTICAL-ELECTRONIC SYSTEM WHEN PROCESSING SPACE IMAGES OF THE EARTH'S SURFACE

A. Tulegulov, K. Akishev, M.Sh. Nurmagambetov, C.S. Demessinova,  
R.Sh. Palymbetov

Kazakh University of Technology and Business. Astana, Kazakhstan.

[tad62@ya.ru](mailto:tad62@ya.ru)

The paper shows the relevance of the use of an optoelectronic system for processing satellite images of the Earth's surface. The aim of experimental research is to develop a methodology for the application of an optical-electronic system in the processing of satellite images of the Earth's surface. Geoinformation systems have been actively developing in recent decades, which in turn places higher demands on the quality of satellite images.

The problem of improving the quality of satellite images can be solved in several ways. From a technical point of view, it is necessary to use more modern filming devices with ultra-high spatial resolution. It is also necessary to improve the methodology of using an optoelectronic system for processing satellite images of the Earth's surface.

The article analyzes the current ultra-high-resolution optical-electronic space systems, their technical characteristics, equipment and general construction scheme.

**Keywords:** optoelectronic system, methodology, geoinformation systems, quality, equipment, orientation systems, gyroscopes, re-targeting speed.

**Кіріспе.** Соңғы жылдары фотографиялық жүйелердің сапасымен салыстырылатын алынған материалдардың сапасын қамтамасыз ететін оптикалық-электрондық жүйелердің дамуында прогресс байқалды. Сонымен қатар, суреттердің болуы оларды сәтті өндеудің кілті емес екенін түсіну керек – жоғары ажыратымдылықтағы ғарыштық суреттер бірқатар ерекшеліктерге ие. Кеңістіктік ажыратымдылығы 1 м болатын суреттерді өндеуге ерекше назар аударылады – қазіргі уақытта нарықта қол

жетімді ең жақсы ажыратымдылық. Жоғары ажыратымдылықтағы суреттерді өндеудің техникалық ерекшеліктері олардың табиғатынан туындайды: түсірілім камерасының күрделі геометриясы, тар көру жолағы және соның салдарынан шағын кадр өлшемі, стерео кескінді алудың қиындығы.

Зерттеудің әдіснамалық негізі жүйелік тәсіл болып табылады. Жұмыста жалпы ғылыми әдістер қолданылды: талдау және синтез, индукция және дедукция, абстрактіліден нақтыға көтерілу. Зерттеу стратеги-

ясы ЖКЗ технологияларының техникалық, экономикалық және әлеуметтік тиімділігі мәселелері бойынша әртүрлі көздерден ақпаратты жинау, талдау және түсіндіру болып табылады.

**Зерттеу материалдары мен әдістемесі.** Пайдаланушының бірінші қиындығы-ортофото кескінін алу. Камера осінің надирден ауытқуы спутниктің ұшу жолынан тыс жатқан аумақты түсіру қажеттілігіне байланысты айтарлықтай шамаларға жетуі мүмкін. Нәтижесінде кескіндердің айтарлықтай перспективалық бұрмалануы мүмкін. Қалалық аумақтарды түсіру тұтынушылар үшін ерекше (және басым) қызығушылық тудыратындығын ескере отырып, бұрмаланулар ғимараттың, әсіресе көп қабатты ғимараттың бейнелеріне айтарлықтай әсер етуі мүмкін [1].

Түсірілім осінің надирден 15%-дан астам ауытқу бұрышында жоғары сапалы ортофото жасау мүмкін емес, өйткені ғимараттардың табаны мен шатырының суреттегі орналасу айырмашылығы қарапайым орто кескін технологияларын қолдана отырып жойылмайды. Суретті өндегеннен кейін ғимараттардың табанының орналасуы геометриялық дәл деп санауға болады, өйткені GPS өлшемдері немесе ауқымды картадан алынған нүктелер жер бетінде орналасқан. Шынайы ортофото деп аталатын әдістерді жасау, мысалы, суреттердің стерео жұптарын талдауға және шатыр кескіндерін орто-түзетілген кескінге сәйкес келетін шынайы күйіне ауыстыруға негізделген. Іс жүзінде мұндай технологиялар әлі кең қолданыста емес. Әлбетте, ешқандай технология ғимараттардың қабырғаларында жасырылған астыңғы қабат туралы жетіспейтін ақпаратты қоса алмайды.

*Түсіретін аппаратураның техникалық талдау*

Түсіретін аппаратураның және қалыптастырылған суреттің басты сипаттамалары:

- кеңістіктің рұқсаты (КР)
- радиометрикалық рұқсат (РР);
- спектральды рұқсат (СР)
- уақыттық рұқсат (УР).

Алынған суреттің негізгі геометриялық сипаттамаларын кеңістіктің рұқсаты және шолу жолағының ені болады.

*Кеңістіктік рұқсат* суреттің минималды тіркелтін элементінің(пиксель) сызықтық өлшемін анықтайды, яғни пиксельмен фиксирленген берілген жер объектісінің минималды сызықтық шамасы.

КР қабылданатын сәуленің толқын ұзындығымен  $\lambda$ , ғарыш аппаратының орбитасының биіктігімен  $H$ , объектив диаметрімен  $D$ (радиолокациялық бақылау кезінде-антенна апертурасы) байланысты [2]:

$$R \sim wH/D. \quad (1)$$

Опτικο-электрондық сканерлермен алынған КР суреттер мына формуламен анықталады:

$$R \sim wH/f, \quad (2)$$

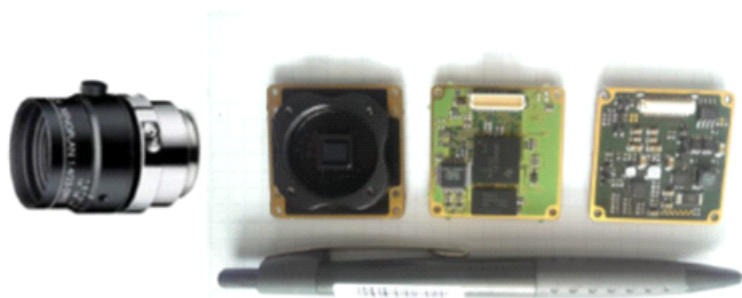
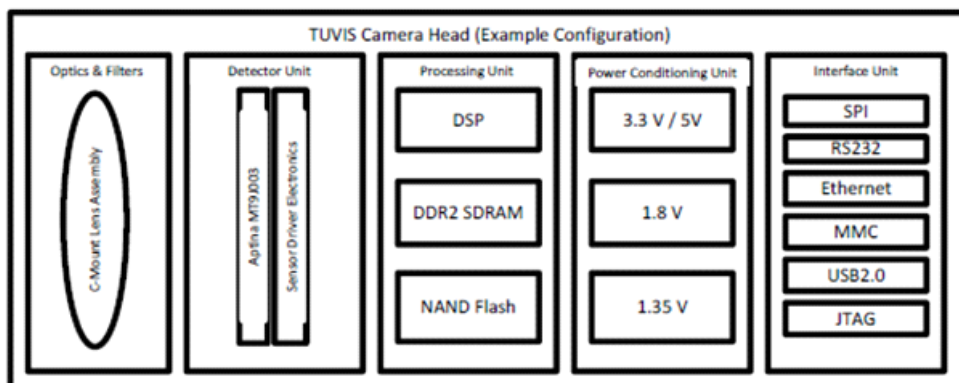
мұнда,  $w$  – датчиктің сызықтық өлшемі;

$H$  – орбита биіктігі;

$f$  – оптикалық жүйенің фокусты қашықтығы.

Пиксель өлшемінен кіші объектер, мысалы жолдар, фоннан өзгеше болса суретте ерекшеленуі мүмкін. Басқа жағынан пиксель өлшемімен салыстырмалы немесе үлкенірек объектер егер қасында одан жарық немесе басқа объектер болса ерекшеленбейді.

КР үлкен болған сайын, оның сандық мәні аз болады. Мысалы 79м кеңістіктік рұқсат 10м-ге карағанда дәрекі болып келеді. Жүйелердің айырмашылығы:



1 – Сурет – Оптикалық жүйе құрылғысы

- төмен ( $R > 1$  км);
- орташа ( $100\text{м} < R < 1$  км);
- жоғарғы ( $R < 100\text{м}$ ) кеңістіктік рұқсаты.

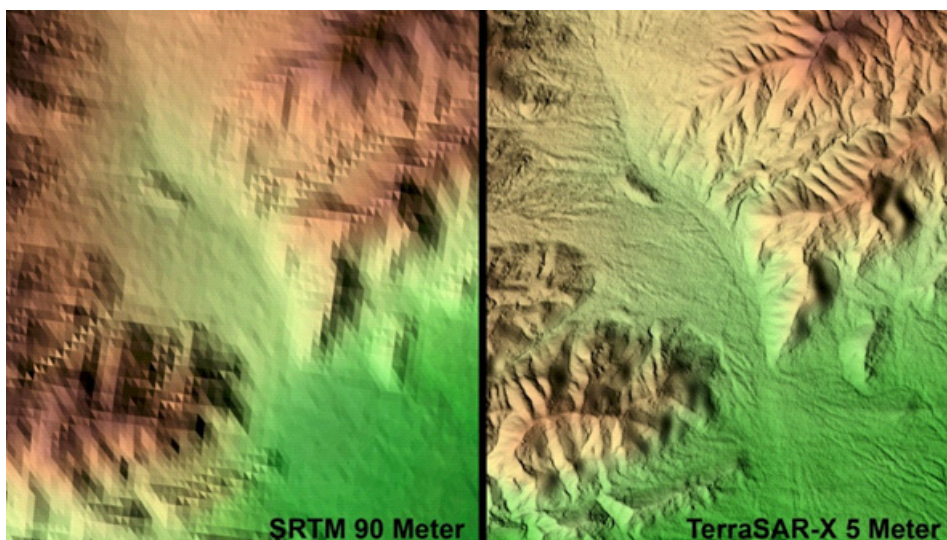
Берілген градацияда КР көрсеткіштерінің шекаралары қазіргі уақытта аздау үрдісінде. Орташа КР-дегі ғарыштық суреттерге 20-30-ден 500-ге дейінгі рұқсатпен суреттер жатады, жоғарғы КР-дегі ғарыштық суреттерге 20-ден төмен рұқсатпен суреттер жатады. Өте жоғарғы рұқсаттағы суреттер де бар (КР 2 м-ден төмен).

Төменгі КР әрқашан кемшілік болып саналмайды. Әдетте мұндай жүйелер кең шолу жолымен, үзіліссіз ақпарат жинаумен және аз уақыт циклінде қайта түсіру мүмкіндігімен сипатталады. Төменгі КР ғарыштық суреттер айтарлықтай арзан, сондықтан үлкен аумақты шолуда қолданған жөн (2-сурет).

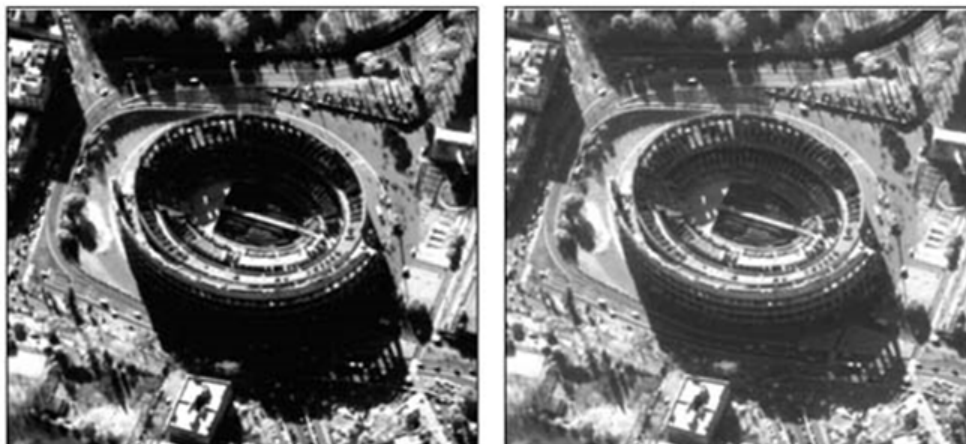
*Шолу жолының ені* спутниктің биіктігінен және камераның саулесінің қаншалықты аутқуына байланысты болады. Барлау алқабы неғұрлым үлкен болса соғұрлым кеңістікті ажыратымдылық төмен болады [3]. Сандық ғарыштық суреттердің *радиометриялық рұқсаты* қолданылатын датчиктің динамикалық диапазонының енімен анықталады, яғни дискреттенудің дәрежесінің санымен анықталады (3-сурет).

Абсолют қарадан абсолют ақ түске өтуінде. Радиометриялық ажыратымдылық бит санымен көрсетіледі. 8 бит радиометриялық ажыратымдылық жарықтықтың градацияның 256 дәрежесіне сай болып табылады. Элементар объектіні анықтау үшін мынадай жағдай орындалу қажет:

$$I_{об.} S/R^2 > \Delta I, \quad (3)$$



2 – Сурет – Кеңістіктік рұқсатпен алынған сурет



3 – Сурет – Радиометриялық рұқсатпен алынған сурет

мұнда,  $I_{об.}$  – объект жарықтығы;  
 $S$  – оның аумағы;  
 $R$  – кеңістіктік рұқсат;  
 $\Delta I$  – радиометриялық рұқсат.

Кескіндерді жасаудың электрооптикалық жүйесінің жинақталған моделі 4 суретте көрсетілген. Объект жалпы оптико-механикалық жүйе арқылы немесе оптико-электронды жүйе арқылы сараланады. Сәулеле-

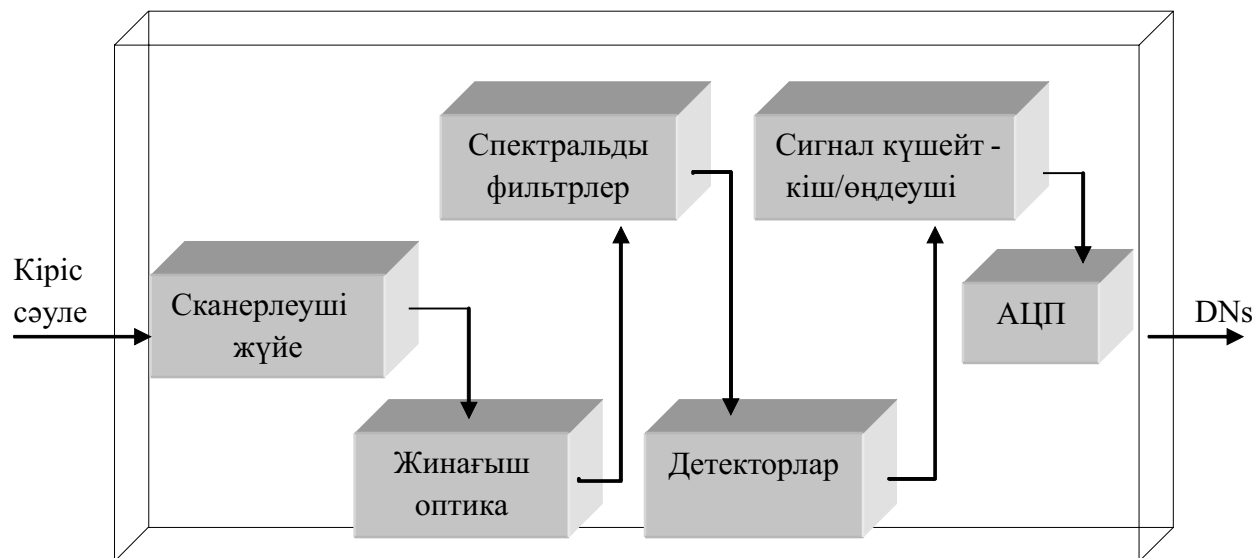
ну МПЗ датчигін құрайтын, жинақтағыш оптика арқылы өтеді. Жалпы датчиктің көру алаңы оптикалық жүйенің сараланатын қозғалысымен құрылады. Содан кейін дисперсиялайтын призмалар, дифракциялық торлар, өң-таңдаушы (дихроичный) айналар немесе фильтрлер көмегімен сәулелену спектральдық құраушыларға бөлшектенеді. Детекторлар жиынтығы дисперсияланған сәулеленуді ұстап алады. Детектор-

лар кеңістікте, сәйкес детекторлар оларды сезімтал болатын толқын ұзындығының диапазондарында ұстап алуға қолайлы етіп орналастырылған [4]. Әр детектор арқылы өтіп жатқан сигналдар күшейтіледі және өңделеді (фильтр арқылы өтеді және/немесе сандық түрге айналады). АЦП-да өңделген сигнал квантталады, нәтижесінде шығысында кескіннің кеңістіктік пикселін көрсететін DNс мәні алынады (4 -сурет)

Қашықтықтан зондтау жүйесіндегі датчиктердің негізгі жұмыс істеу принциптері фотоэлектрлік эффектіге – жарық арқылы заттардан электрондар шығару, негізделген. Ұшып шыққан электрондар детекторда, кейбір сигналдар сияқты өлшенетін электрлік токты тудырады [4]. Негізгі момент мынаған негізделген, туындалған электр тоғының шамасы (уақыт бірлігіндегі фотоэлектрондар саны) жарық қарқынына тура пропорциональ. Сондықтанда, электрлік токтағы өзгеріс санды өлшеу үшін, белгілі бір уақыт аралығында датчиктің жарық сез-

гіш элементіне соқтығысатын, фотондар қарқындылығы, қолданылуы мүмкін.

**Негізгі нәтижелер.** Бұрын айтылғандай, эксперименттік зерттеулердің негізгі мақсаты жер бетінің ғарыштық суреттерін өңдеу кезінде оптикалық-электронды жүйені қолдану әдістемесін әзірлеу болып табылады. Қашықтықтан зондтау әдетте объектілер туралы деректерді олармен физикалық байланыс орнатпай алу деп аталады. Алайда, бұл анықтама нақтылануы керек. Ең алдымен, ЖҚЗ технологияларын пайдалану кезінде ақпарат техникалық құралдардың көмегімен жиналады. Сонымен қатар, нысандар техникалық құралдардан айтарлықтай қашықтықта орналасқан. Бұл ЖҚЗ-ның медициналық диагностика, әртүрлі материалдық объектілерді бұзбай бақылау және т.б. сияқты контактісіз зерттеудің басқа әдістерінен негізгі айырмашылығы болып табылады, сонымен қатар жерді қашықтықтан зондтау кезінде жанама өлшеу құралдары белсенді қолданылатынын атап өткен жөн [5].



4- Сурет – Кескіндерді жасаудың электрооптикалық жүйесінің негізгі компоненттері

5-суретте KazEOSat-1 спутнигінен (Kazakhstan Earth Observation Satellite-жерді бақылаудың қазақстандық спутнигі) – жоғары ажыратымдылықтағы Жерді қашықтықтан зондтаудың алғашқы қазақстандық спутнигі, “Leostar – 500 XO” спутниктік платформасы негізінде Қазақстан Республикасы Үкіметінің тапсырысы бойынша “Airbus Defence and Space” еуропалық компаниясы жасаған егістік жерлердің оптикалық-электрондық әдістермен алынған суреті ұсынылған [6].



5 – Сурет – KazEOSat-1 спутнигінен алынған суреті

Фото ашық көздерден алынған [5]

Шу қарқындылығын бейнелеу келесі түрде қабылданған. Барлық сыртқы және ішкі шулардың шығу көздері кейбір активті кедергілер түріндегі эквивалентті шу шығару көздерімен алмастырылады. Бізге белгілі, резисторларды қысқан кезде электрондардың хаотикалық жылулық қозғалысының әсерінен, кездейсоқ жағдайда өзгертілетін, потенциалдардың әртүрлілігі туындайды [6,7]. Сондай шудың (оны жылулық деп атайды) орташа қуатын Найквист теоремасы арқылы өрнектеуге болады:

$$V_{cp}^2 = 4RkT\Delta f, \quad (4)$$

Мұнда  $V_{cp}^2$  –  $R$  кедергілі резистордың соңына кернеу түсуінің орташа мәні.

$k$  – Больцман тұрақтысы;

$T$  – резистор температурасы;

$\Delta f$  – шектрінде кернеу флукутациясын өлшенетін, жиілік жолағы.

Сонымен жылулық шудың орташа қуаты былай өрнектеледі:

$$P_{cp} = 4kT\Delta f, \quad (5)$$

Табиғат бақылау спутниктерінен сигнал қабылдағанда ішкі шуылдар бәрінен қатты әсерін тигізеді, және ең алдымен, радиосигналдарды бірінші күшейту каскадтарының шуылы. Сондықтанда кіріс каскадтарында құрылымды сигналдың тасымалдаушы жиілік түрлендіргішін төменірегімен қосраландыратын және сәулеқабылдағыш антеннада біртекті орналасатын, азшулы күшейткішті қолданады. Басқа бірдей жағдайларда сигнал қуаты антеннаның өлшемімен және антенна әрекетінің бағытталған коэффициентімен, шуылдың орташа қуаты – шулы температурамен анықталады. Сигнал қуатының шуылдың орташа қуатына қатынасы (сигнал/шуыл қатынасы) қабылдау сапасының ең негізгі сипаттамасы болып табылады және *антеннаның сапалық коэффициенті* деп аталатын, антенна әрекетінің бағытталған коэффициентімен шуылды температурасының қатынасына тәуелді [8,9].

**Алынған деректерді талқылау.** Айтарлықтай белгілі және кең таралған жерүсті қабылдау станциясы Унискан кешені болып табылады, сондай-ақ бұл кешен Астана қаласындағы Ғарыштық бақылау орталығында орналасқан. Бұл X-диапазонның (8ГГц)

жерүсті қабылдау станциясы, ЖҚБ поляры-орбитальды спутниктерінен алынған мәліметтерді қабылдау және өңдеуге арналған. Станцияның ең дамыған конфигурациясы қабылдаудың тек максималды темпін шектейтін, 8 Гц диапазонда кез келген форматтағы ақпаратты қабылдауға теоретикалық мүмкіндік беретін, толығымен программаланатын компоненттерден тұрады. Ғарыштық мониторинг орталығында ақпараттар Terra, Aqua, IRS-1C, IRS-1D, Radarsat спутниктерінен қабылданады [9].

Жоғары ажыратымдылықтағы ғарыштық жүйелер көптеген тапсырмаларды орындау кезінде аэротүсірілімді алмастыра алмайды [10]. Олар оны жер шарының орындалуы тиімсіз немесе мүмкін емес аймақтарында толықтыра алады.

**Қорытынды.** Қорытындылай келе, жер бетінің ғарыштық суреттерін өңдеу үшін оптикалық-электронды жүйені қолдану өте кең қолданылғанын атап өтуге болады, әсіресе екі отандық түсірілім басталғаннан кейін. Жер бетінің ғарыштық суреттерін өңдеу кезінде оптикалық-электронды жүйені қолдану әдістемесін жетілдірудің шұғыл қажеттілігі туындағаны сөзсіз [10]. Кеңістіктік ажыратымдылығы өте жоғары түсіру аппараттарымен техникалық жарақтандыруды жетілдіру нәтижесінде ЖҚЗ әдістерімен алынған суреттерді өңдеу бойынша міндеттер ауқымын кеңейту мүмкіндігі пайда болды.

### Әдебиеттер

1. A. Tulegulov, D. Ergaliev, A. Ahmadiya, A. Ongarkizi, N.B. Kapasova The importance of researching the satellites with the purpose of solving problems. Вестник ЕНУ им. Л. Гумилева, 2012. – Специальный выпуск. – С.446-454
2. Добрынин К.Е. Системы дистанционного зондирования Земли. – М.: Изд-во «Знание», 2007.-312 с.
3. Высокоинформативные наземные комплексы и малые станции приема космической информации ДДЗ / В. П. Вальд [и др.] // Современные проблемы информационных технологий и космический мониторинг: труды Междунар. конф. – Новосибирск.: Изд-во СО РАН, 2002.-С. 30-35.
4. А.Д. Тулегулов, Д.С. Ергалиев Спутникалық бейнелердің қалыптасуының электрооптикалық жүйесі. Вестник ЕНУ им Л. Гумилева, 2012. – Специальный выпуск. – С.509-519
5. В.Б. Кашкин Дистанционное зондирование Земли из космоса. Цифровая обработка изображений: учеб, пособие / В. Б. Кашкин. – М.: Логос, 2001. – 264 с.
6. Тулегулов А.Д., Ахмадия А.А., Ергалиев Д.С., Жумабаева А.С., Каппасова Н.Б. Применение геоинформационных технологий для обработки данных ДЗЗ. Хаос и структуры в нелинейных системах. Теория и эксперимент: 8-я Международная научная конференция, посвященная 40-летию КарГУ имени академика Е.А. Букетова – Караганда, 2012 ., – С.410-415
7. Комплексная технология приема, обработки, архивации и распространения данных космического наблюдения / Г. М. Полищук [и др.] // Современные проблемы информационных технологий и космический мониторинг : труды междунар. конф. – Новосибирск : Изд-во СО РАН, 2002. – С. 16.



8. Тулегұлов А.Д., Ергалиев Д.С., Толстойқызы А., Оңғарқызы А., Таңдұрбек Т. Геоинформациялық мәліметтерді өңдеу әдістері. Хаос и структуры в нелинейных системах. Теория и эксперимент: 8-я Международная научная конференция, посвященная 40-летию КарГУ имени академика Е.А. Букетова – Караганда, 2012 ., – С.438-447

9 .Савиных В. П. Оптико-электронные системы дистанционного зондирования Земли / В. П. Савиных, В. А. Соломатин. – М. : Недра, 1995. – 240 с.

10.Тулегұлов А.Д., Кайрлапов Г.С., Раев М.Ж. Оптикалық ортадағы резонансты қабатты құрылымдардың сызықтық емес режимдегі қасиеттері. Вестник.–Астана: ЕНУ им. Л.Н. Гумилева, 2015.- Выпуск №4 (107). Часть 1 – С. 183 – 188

### References

1. A. Tulegulov, D. Ergaliev, A. Ahmadiya, A.Ongarkizi, N.B. Kapasova The importance of researching the satellites with the purpose of solving problems. Bulletin of L. Gumilyov ENU, 2012. – Special issue. – pp.446-454

2. Dobrynin K.E. Systems of remote sensing of the Earth. – М.: Publishing house «Knowledge», 2007.-312 p.

3. Highly informative ground complexes and small stations for receiving space information / V. P. Wald [et al.] // Modern problems of information technologies and space monitoring: Proceedings of the International Conference – Novosibirsk.: Publishing House of SB RAS, 2002.-pp. 30-35.

4. A.D. Tulegulov, D.S. Ergaliev Sputnikalyk beinelerdin kalyptasuynn electroopticalykh zhuyesi. Bulletin of L. Gumilyov ENU, 2012. – Special issue. – pp.509-519

5. Kashkin, V. B. Remote sensing of the Earth from space. Digital image processing: textbook / V. B. Kashkin. – М.: Logos, 2001. – 264 p.

6. Tulegulov A.D., Akhmadiya A.A., Ergaliev D.S., Zhumabayeva A.S., Kappasova N.B. Application of geoinformation technologies for remote sensing data processing. Chaos and structures in nonlinear systems. Theory and Experiment: 8th International Scientific Conference dedicated to the 40th anniversary of Academician E.A. Buketov KarSU – Karaganda, 2012., – pp.410-415

7. Complex technology of reception, processing, archiving and dissemination of space observation data / G. M. Polishchuk [et al.] // Modern problems of information technologies and space monitoring : Proceedings of the International Conference – Novosibirsk : Publishing House of SB RAS, 2002. – p. 16.

8. Tulegulov A.D., Yergaliev D.S., Tolstoykyzy A., Ongarkyzy A., Tanbek T. Geoinformatialykh malimetterdi ondeu adisteri. Chaos and structures in nonlinear systems. Theory and Experiment: 8th International Scientific Conference dedicated to the 40th anniversary of Academician E.A. Buketov KarSU – Karaganda, 2012. – pp.438-447

9. Savinykh, V. P. Optoelectronic systems of remote sensing of the Earth / V. P. Savinykh, V. A. Solomatin. – М. : Nedra, 1995. – 240 p.

10.Tulegulov A.D., Kairlapov G. S., Raev M. zh. properties of resonant layered structures in optical media in nonlinear mode. Vestnik.- Astana: IM. L. N. Gumileva, 2015. – Vypusk No. 4 (107). Part 1-P. 183 – 188

*Авторлар туралы мәліметтер*

Түлегүлов Аамандос Дабысұлы – физика-математика ғылымдарының кандидаты, қауымдастырылған профессор, Қазақ технология және бизнес университеті, Астана, tad62@ya.ru

Акишев Қаршиға Максұтұлы – техника ғылымдарының кандидаты, қауымдастырылған профессор, Қазақ технология және бизнес университеті, Астана, akmail04cx@mail.ru

Нұрмағамбетов М.Ш. – Ауыл шаруашылығы ғылымдарының кандидаты, профессор, Қазақ технология және бизнес университеті, Астана, n.mereke1@mail.ru;

Демесінова С.С. – магистр, аға оқытушы, Қазақ технология және бизнес университеті, Астана, Sayle23@mail.ru;

Палымбетов Р.Ш. – магистр, кафедра оқытушысы, Қазақ технология және бизнес университеті, Астана, Ruslan.palimbet@mail.ru

*Information about the authors:*

Tulegulov A.D – Ph.D. ass. Professor of IT Department, KazUTB, Astana, Kazakhstan, tad62@ya.ru;

Akishev K.M. – Candidate of Technical Sciences as. professor of IT Department, KazUTB, Astana, Kazakhstan, akmail04cx@mail.ru;

Nurmagambetov M. Sh. – Candidate of Agricultural Sciences, Professor of IT Department, KazUTB, Astana, Kazakhstan, n.mereke1@mail.ru;

Demusinova S.S. – Master, senior lecturer of IT Department, KazUTB, Astana, Kazakhstan, Sayle23@mail.ru;

Palymbetov R. Sh/ – Master, Teacher of IT Department, KazUTB, Astana, Kazakhstan, Ruslan.palimbet@mail.ru