

Қ.С.Бақтыбеков<sup>1</sup>, Г.Р.Кабжанова<sup>1</sup>,  
А.А. Айымбетов<sup>1</sup>, Г.А.Кабдулова<sup>1</sup>, А.С.Кеженева<sup>1</sup>

<sup>1</sup>«Қазақстан Ғарыш Сапары» ұлттық компаниясы» АҚ  
Нұр-Сұлтан, Қазақстан  
(E-mail: k.baktybekov@gharysh.kz, g.kabzhanova@gharysh.kz,  
a.aimbetov@gharysh.kz, gkabdulova@gharysh.kz, a.kezheneva@gharysh.kz)

## **KazEOSat -1 отандық спутник түсірілімдерінің фотограмметриялық өңдеу кезеңдері**

**Аңдатпа.** Жерді қашықтықтан зондтау деректерін пайдаланатын салалардың саны жыл сайын артып келеді. Жердегі бақылау әдістеріне қарағанда, Жерді қашықтықтан зондтау деректерін пайдалану бірқатар артықшылықтарға ие. Фотограмметрия, Жерді қашықтықтан зондтаудың бір бағыты бола тұра, Жерді қашықтықтан зондтау деректерін дұрыс интерпретациялау және талдауда маңызды мағынаға ие. Аталған мақалада көрсетілген жұмыс, Қазақстан Республикасы Цифрлық даму, инновациялар және аэроғарыш өнеркәсібі министрлігінің Аэроғарыш комитетінің, ғарыш қызметі саласындағы қолданбалы ғылыми зерттеулерді бағдарламалық-мақсатты қаржыландыруы бойынша, No BR 0533648 ғылыми-техникалық бағдарламасын іске асыру шеңберінде жүзеге асырылды. Мақалада отандық KazEOSat - 1 ғарыш аппараттарының түсірілімдерін қолдана отырып, фотограмметриялық өңдеу өнімдерін құрудың негізгі кезеңдері – жер бедерінің цифрлық моделі, ортотрансформациялау және мозаика қарастырылған. Әртүрлі уақытта алынған түсірілімдерден жер бедерінің цифрлық моделін құрастыру мүмкіндігі тексерілді. Жер бедері – негізгі топырақ түзуші факторлардың бірі болғандықтан, туынды вегетациялық индекстердің мәндері мен құрастырылған жер бедерінің цифрлы моделінен алынған жер бедерінің биіктік мәндері секілді айнымалы шамалар арасындағы кемімелдік талдау жүргізілді. Талдау қорытындысы топырақты талдау көздерінің бірі ретінде ажыратымдылығы жоғары кескіндерден салынған жер бедерінің цифрлы моделінің тиімділігін және қажеттілігін көрсетті.

**Түйін сөздер:** Жерді қашықтықтан зондтау, ортокескін, фотограмметриялық өңдеу, рельефтің сандық моделі, стереожұп, KazEOSat – 1, мозаика, RPC коэффициенттері, Erdas Imagine.

DOI: <https://doi.org/10.32523/2616-6771-2020-132-3-87-95>

**Кіріспе.** Жерді қашықтықтан Зондтау (бұдан әрі - ЖҚЗ) – жерді байланыссыз зерттеу, оның беті мен жер қойнауын, жекелеген объектілерді, динамикалық үдерістер мен құбылыстарды жеке немесе шағылысқан электромагниттік сәулелену арқылы тіркеу және талдау [1]. Бұл технология метеорологияда, ауыл шаруашылығында, табиғи және антропогендік факторлардың әсерінен болатын өзгерістерде, объектілер мен құбылыстарды бақылау процестерінде кеңінен қолданылады; су тасқынын болжауға мүмкіндік береді; картографияда маңызды рөл атқарады; дәлірек талдауға ықпал етеді.

Орташа, айыру қабілеті жоғары және аса жоғары жерсеріктік түсірілімдерді қолдану арқасында, Жерді қашықтықтан зондтау әдістері бақылау мен ақпарат алудың басқа әдістеріне қарағанда келесі маңызды артықшылықтарға ие:

1. өзектілік – ғарыш аппараттарының көмегімен жер бетін үнемі зерттеуәр түрлі мерзімге алдын-ала тапсырыс беру мүмкіндігімен қызығушылық аймағында жедел ақпаратты уақытында алуға мүмкіндік береді;
2. қолжетімділік – ғарыштық түсірілім бақылау мен ақпаратты жинаудың басқа да әдістеріне қолжетімділігі қиын жерлер туралы ақпарат бере алады;
3. масштабтылық – ғарыш аппараты айтарлықтай аумақты қамтуға мүмкіндік бере алады;

4. Объективтілік – жерсеріктік түсірілім кезіндегі жердің жағдайын объективті түрде көрсететін құжат болып табылады.

5. Экстерриториялдық – ғарыштық түсірілімдерде территориялдық шекара мен шектеу жоқ, түсірілім жүргізуге рұқсатты талап етпейді.

Бұл айтылған артықшылықтардан бөлек, ғарыштық түсірілім өріс сапарларын азайтуға және өріс зерттеулерін жүргізуге көмектеседі, осылайша уақыт пен экономикалық шығындарды азайтады. Осының барлығы ЖҚЗ мәліметтерін пайдаланудың өзектілігі мен сұранысының өсуін көрсетеді.

ЖҚЗ бағыттарының бірі фотограмметрия болып табылады. Фотограмметрия – арнайы түсірілім жүйесінің көмегімен алынған объектілердің метрикалық сипаттамаларын анықтау әдістері және суреттерге сәйкес олардың екі немесе үш өлшемді кеңістікте орналасуы туралы техникалық ғылым. Фотограмметрияның негізгі міндеті – топографиялық карта жасау, сонымен қатар, арнайы инженерлік жоспарлар мен карталарды құру. Фотограмметриялық әдістер, сонымен қатар, кейбір қолданбалы есептерді кескіндер арқылы үнемді және дәл шешуге мүмкіндік береді, мысалы, жердің ауданын өлшеу, олардың беткейлерін анықтау, эрозия процестерінің сандық сипаттамаларын алу, жер жұмыстарының көлемін анықтай отырып, тік орналасуды жасау және т.б. Кентгенуден бастап пайдалы минералдарды өндіруге дейінгі барлық салалардың даму қарқынының жеделдігі шартында, өзекті топографиялық ақпаратпен қамтамасыз ету, сонымен қатар, жер беті мен оның бедері туралы нақты ақпарат алу маңызды орын алады.

Бұл мақалада Қазақстан Республикасының Цифрлық даму, инновациялар және аэроғарыш өнеркәсібі министрлігінің № BR0533648 ғылыми-техникалық бағдарлама шеңберінде орындалған KazEOSat-1 отандық ғарыш аппаратының (бұдан әрі – FA) түсірілімдерді фотограмметриялық өңдеудің негізгі принциптері сипатталған.

Өртүрлі уақыттағы түсірілімдердің негізінде жер бедерінің цифрлық моделін құру, топырақ жағдайын талдау мақсатында алынған жер бедерінің цифрлық моделін қолдану мәселелері қарастырылған. Бұл мақаланың мақсаты – KazEOSat-1 FA-ң түсірілімдерді фотограмметриялық өңдеудің негізгі кезеңдерін сипаттау болып табылады.

**Эксперименттік бөлім.** Фотограмметрия рельефтің сандық моделін құру, ортотрансформация және мозаиканы алу процестерін қамтиды.

Фотограмметриялық өңдеуді орындау үшін:

- KazEOSat-1 FA-нан алынған төрт түсірілім (Ақмола облысының бөлігі);
- Жердегі бақылау нүктелері (бұдан әрі – ЖБН);
- Erdas Imagine бағдарламалық жасақтамасы (БЖ) қолданылды.

Кесте 1 - KazEOSat-1 сипаттамасы

Өңдеу деңгейі	L2+RPC	
Проекция	UTM	
Координаттар жүйесі	WGS – 84	
Спектрлі каналдар	Панхроматикалық	Мультиспектральды: Red, Green, Blue, NIR
Пикселдің өлшемі	1 м	4 м

Бір айналымнан түсірілген 2 түсірілімдер бір стереожұпты құрайды, ал басқа 2 түсірілім өртүрлі уақытта түсірілген түсірілімдерден тұратын стереожұпты құрайды. Өртүрлі уақытта түсірілген стереожұп суреттер арасындағы уақыт аралығы 2 ай. Жинақта суреттермен бірге RPC коэффициенттері келтірілді.

RPC (Rational Polynomial Coefficients) коэффициенттері – кескіннің координаттар жүйесін Жердің координат жүйесімен байланыстыру үшін FA сенсорының моделі бойынша есепте-

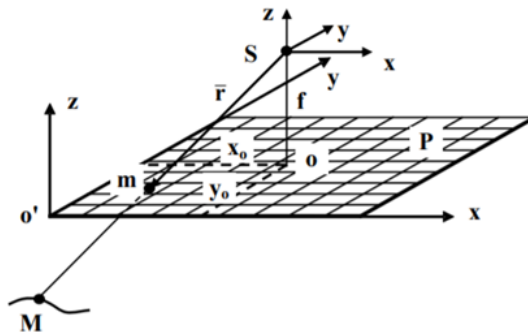
летін коэффициенттер. Бұл коэффициенттерді қолдану жердегі бақылау нүктелерінің ең аз санын пайдалана отырып, сыртқы бағдарлаудың дәлдігін алуға көмектеседі.

KazEOSat – 1 ҒА-н түсірілімдердің фотограмметриялық өңдеу кезеңдері:

1. Панхроматикалық түсірілімдердің жарықтық сипаттамаларын туралау;
2. Жобаны құру және мәліметтерді жүктеу;
3. Триангуляциялық блокты теңестіру:
  - Кескіндердің өзара бағдарлануы;
  - Кескіндердің сыртқы бағдарлануы;
4. Жер бедерінің цифрлық моделін автоматты түрде шығару;
5. Автоматты түрде шығарылған жер бедерінің цифрлық моделін редакциялау;
6. Алынған жер бедерінің цифрлық моделінен қолдана отырып, түсірілімдерді ортотранс-фармациялау;
7. Мозаика құру.

Фотограмметриялық өңдеу Erdas Imagine бағдарламалық жасақтамасын (БЖ) қолдану арқылы орындалды. Бұл БЖ, жер бедерінің цифрлық моделінің нақты моделін TIN желісімен алуға мүмкіндік беруіне, стереоскопиялық режимде жер бедерінің цифрлық моделін қолмен өңдеуге арналған модульдің болуына байланысты таңдалды. Тұрақты емес TIN торының артықшылығы жердің қиылыспалылығына байланысты беткі қабатының ұтымды сипатталуында, биіктік матрицасының тұрақты желісімен салыстырғанда биіктіктің мәліметін нақтырақ алуға мүмкіндік береді.

Жобаны құру кезінде Ақмола облысының координаттар жүйесі – UTM42, WGS-84 үшін сенсор түрі (KazEOSat-1 Rational Function), горизонталды және вертикальды координат жүйелері көрсетіледі.



Сурет 1.  $o'xyz$  сандық түсірілім матрицасының ортогональды координаттар жүйесі

Сандық түсірілім үшін әр пиксельдің орналасуы  $o'xyz$  матрицасының ортогональды координаттар жүйесінде анықталады. Түсірілімнің  $Sxyz$  және  $o'xyz$  екі координаттар жүйесі параллельді және бір-біріне қатысты жылжу параметрлеріне ие:  $x_0$ ,  $y_0$ ,  $f$ , мұндағы  $x_0$  және  $y_0$  –  $o'xyz$  координаталар жүйесіндегі бас нүктесінің  $O$  координаттары, ал  $f$  – фотокамераның анық көрінетін қашықтығы.  $x_0$ ,  $y_0$ ,  $f$  параметрлері түсірілімнің ішкі бағдарлау элементтері деп аталады. Ішкі бағдарлау элементтері камераны калибрлеу кезінде анықталады. Ішкі бағдарлау элементтері түсірілімдердің  $o'xyz$  координаталар жүйесінде проекция орталығының  $S$  орнын, яғни бір нүкте арқылы өтетін барлық проекциялаушы сәулелердің орнын анықтайтындықтан, ішкі бағдарлау элементтері проекциялаушы сәулелердің тізбегін қалпына келтіруге мүмкіндік беретінін көрсетеді. KazEOSat – 1 түсірілімдері үшін ішкі бағдарлау қажет емес, өйткені ол фотокамераны калибрлеу процесіне қосылған [2].

Триангуляциялық блокты теңестіру фотограмметриялық өңдеудің ең маңызды және негізгі кезеңі болып табылады. Құрылған жер бедерінің цифрлық моделінің сапасы мен ортосуреттердің дәлдігі теңестірудің сапасы мен дәлдігіне байланысты. Бұл процесс ғарыштық кескіндер, камера мен сенсор моделі және жер беті арасындағы математикалық байланысты орнату

мақсатында жүзеге асырылады. Ғарыштық кескіндердің триангуляциялық блогының теңдігі өзара және сыртқы бағдарлауды қамтиды.

Түсірілімдердің өзара бағдарлауы автоматты түрде байланыстыру нүктелерін құру арқылы жүзеге асырылады, түсірілімдердің сыртқы бағдарлауы ЖБН-ін қолдану арқылы жүзеге асырылады. Өзара бағдарлау барысында түсірілімдердің түсірілім жүргізген кезіндегі орны анықталады. Модельдің сыртқы бағдарлауы түсірілімдердің кеңістіктегі орнын анықтау үшін қолданылады.

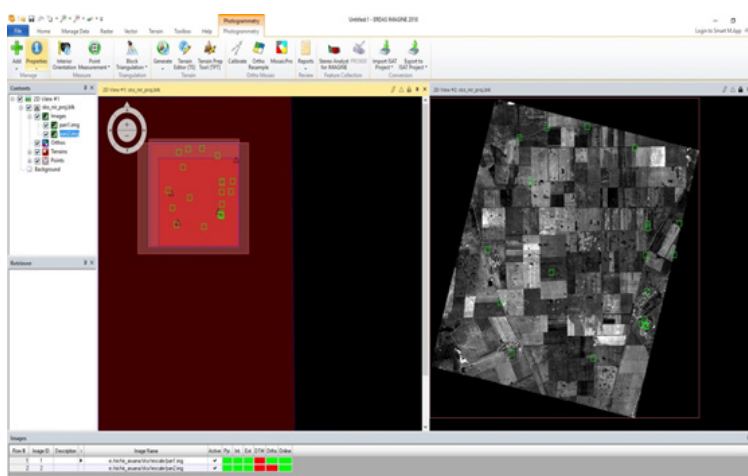
Түсірілімдер жұбының өзара бағдарлануының геометриялық мәні мынада: екі суреттің бір-біріне қатысты проекциялық сәулелерін оларды экспонаттау кезінде болған позицияларында құру қажет. Нәтижесінде тиісті жобалаушы сәулелер бір базисті жазықтықта орналашып және қиылысып, объектінің геометриялық моделін жасауы тиіс [3].

Өзара бағдарлауды орындау нәтижесінде құрылған объектінің геометриялық моделінде еркін масштаб және кеңістіктегі бағдар бар. Сондықтан, модельдің сыртқы бағдарлау міндетіне үлгіні берілген масштабқа келтіру және оны жер координаттар жүйесінде бағыттау кіреді.

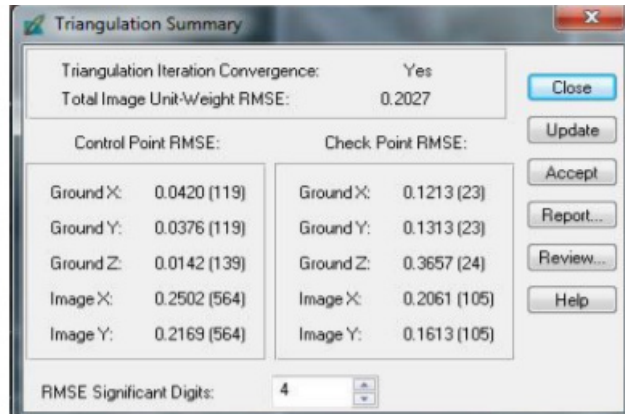
Триангуляциялық блокты теңестіру түсірілімдердегі ЖБН-ні өлшеу және байланыстыру нүктелерін өңдеу арқылы жүзеге асырылады. Орташа квадраттық қате (бұдан әрі – ОКҚ) мәні пиксель мәнінің 1/3 бөлігінен аспайтын мәнге тең болған кезде блокты теңестіру аяқталған болып есептеледі. ОКҚ мәні KazEOSat-1 суреттері үшін 0,3-тен аспауы тиіс. Орындалған жұмыстың аясында, түсірілімдердің ОКҚ-сі бірінші жұп үшін 0,2 –ге, екінші стерео жұп үшін 0,15 –ке тең. Әр стереожұпта қол әдісімен барлығы 5 ЖБН-і өлшенді. Бір айналымнан алынған стереожұпта, әртүрлі уақыттағы түсірілімдерден жасалған стереожұптармен салыстырғанда байланыстыру нүктелері көбірек шығарылған. Алайда бұл фактор теңестіру нәтижесіне әсер етпеді (суреттер 2, 3, 4).



Сурет 2. Әртүрлі уақыттағы түсірілімдерден алынған стереожұптағы ЖБН-ні өлшеу



Сурет 3. ЖБН және әртүрлі уақыттағы түсірілімдердегі өңделген байланыстыру нүктелері

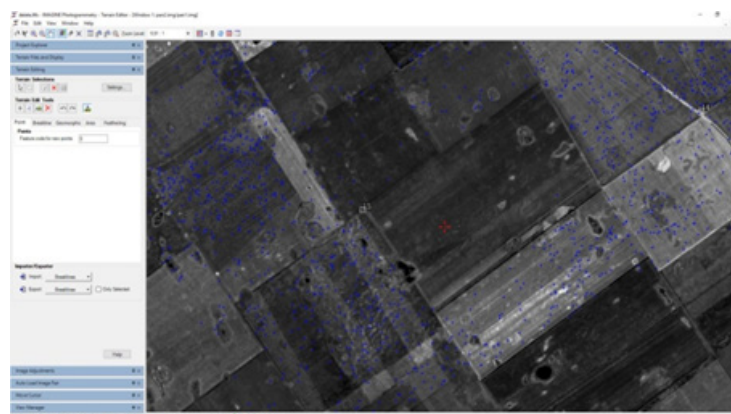


Сурет 4. Өртүрлі уақыттағы түсірілімдерден алынған стереожұптың триангуляциялық блокты теңестіру ОКҚ-сі

Фотограмметриялық мәліметтерді өңдеудің келесі қадамы жер бедерінің цифрлық моделін өңдеу және шығару болып табылады.

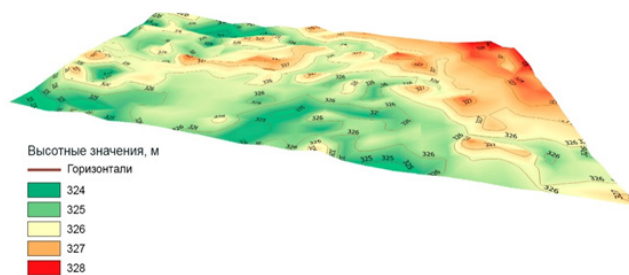
Жер бедерінің цифрлық моделі – ЖҚЗ мәліметтерін өңдеу арқылы алынған жер учаскесі бетінің математикалық көрінісі. Өсімдіктерді, ғимараттарды және өзге де биік объектілерді есепке алмай жер бетінің биіктігі туралы ақпаратты ұсынады.

Мәліметтерді LTF форматында сақтай отырып, KazEOSat – 1 стереожұптан жер бедерінің цифрлық моделін алу үшін eATE әдісі қолданылды. Автоматты түрде жер бедерінің цифрлық моделін шығарып алу үрдісіне, стереожұп арқылы түсірілімдердегі объектілердің биіктігі туралы ақпаратты автоматты түрде алу мүмкіндігі кіреді, нәтижесінде жер бетінде ғана емес, сонымен қатар, ғимараттар, құрылыстар, ағаштар мен басқа да объектілердің биіктігін қосқанда шығатын жер бедерінің цифрлық моделі жасалады. Тек жер бетінің биіктік мәндері туралы ақпарат алу үшін, редакциялауды өткізу қажет. Берілген процесс биіктікті анықтау үшін жасанды марка әдісін қолдана отырып, стереоскопиялық режимдегі барлық жасанды нысандардың, жолдардың, арықтар мен жамылғылардың, көпірлердің және барлық рельеф формаларының үзілу сызықтарын салуда биіктіктің бұрыс мәні бар нүктелерді жоюдан тұрады. (сурет 5)

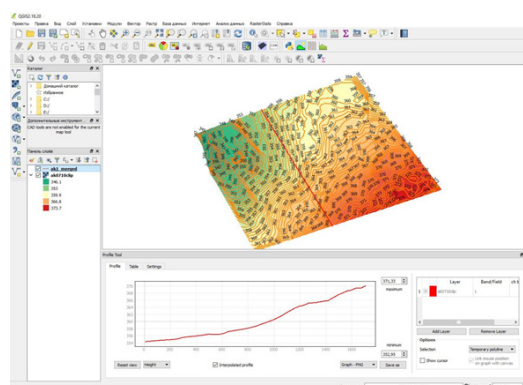


Сурет 5. Стереоскопиялық режимде жер бедерінің цифрлық моделін редакциялау

Өңделген жер бедерінің цифрлық моделінің жоспары және биіктігі бойынша 2 м – ге тең пиксель өлшемімен растрлық форматқа ауыстырылды (Сурет 6). Алынған жер бедерінің цифрлық моделі топырақ жағдайын талдауда жер бедерінің рөлін анықтауда, сонымен қатар, түсірілімдерді ортотрансформациялау үшін қолданылды.



а)



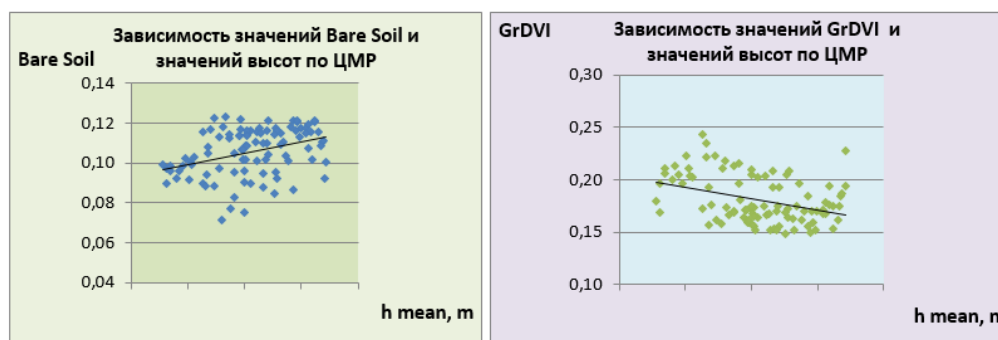
б)

Сурет 6. Алынған жер бедерінің цифрлық моделі:

а – стереожұптан алынған жер бедерінің цифрлық моделі

б – әртүрлі уақыттық түсірілімдерден алынған жер бедерінің цифрлық моделі

**Нәтижелерді талқылау.** Топырақты картаға түсіруде жоғары ажыратымдылықтағы ЖҚЗ мәліметтері бойынша жасалған жер бедерінің цифрлық моделді пайдалану қажеттілігін көрсетеді, жер бедерінің цифрлық моделінің деректері бойынша гидроморфты топырақты, тұз дақтарын, шақаттарды, ішкі аймақтық топырақтарды егжей-тегжейлі дешифрлеу мүмкіндігі туындайды. Таңдалған полигон рельефінің жоғарылауы мен Bare Soil және GrDVI есептелген индекстері арасындағы тәуелділікке регрессиялық талдау жүргізілді (Сурет 7).



Сурет 7. Полигон жер бедерінің жоғарылауы мен Bare Soil және GrDVI есептелген индекстері арасындағы тәуелділік

Жер бедерінің биіктік мәні мен GrDVI, Bare Soil индекстерінің орташа тәуелділігі белгіленген (0,5-ке дейін) [4].

KazEOSat-1 түсірілімдерінің фотограмметриялық өңдеуінің келесі кезеңі ортотрансформациялау болып табылады.

Ортрансформациялау – бастапқы түсірілімді ортогональ проекцияға математикалық қатаң түрде түрлендіру (жердің әр нүктесі надирге тігінен қатаң бақыланады), жер бедерінен,

түсірілім жағдайларынан және камера типінен туындаған барлық геометриялық қателерді жою [5].

Ортотрансформацияланған түсірілімнің (ары қарай ортокескін) байланыстырылу дәлдігіне триангуляциялық блокты теңестіру мен қолданылған жер бедерінің цифрлық моделінің дәлдігі әсер етеді. Ортокескін картаның геометриялық сипаттамаларына және цифрлық түсірілімнің сапасы ие. Ортокескін бойынша алынған өлшемдер жердің өлшемдеріне сәйкес келеді, ортокескіндегі объектілердің координаттары жердегі объектілердің координаттарына сәйкес келеді. KazEOSat - 1 түсірілімдерді фотограмметриялық өңдеу нәтижесінде, дәлдігі 3 м-ге дейінгі 2 ортокескін алынды.

Фотограмметриялық өңдеудің соңғы кезеңі мозаиканы құру процесі болып табылады.

Мозаика – жарықтықты теңестіру және бірнеше ортотрансформацияланған түсірілімдерді алдын-ала анықталған жоғары сапамен бір үздіксіз кескінге біріктірудің нәтижесі [6].

Мозаиканы құрудың негізгі процесі - тігіс сызығын автоматты түрде жасау, кейіннен өткір және елеулі қателерді жасыру мақсатындағы тігіс сызығын қол әдісімен өңдеу. Мозаиканы құрудағы келесі маңызды элемент радиометриялық теңестіру болып табылады. Әртүрлі жерсеріктік түсірілімдердегі бірдей объектілер әртүрлі жарықтық сипаттамаларына ие болады (DN, digital number – пиксельдің мәні). Пиксельдің мәні көптеген себептерге байланысты – тәуліктік уақытқа, мерзімге, метеорологиялық жағдайларға, сенсордың ерекшеліктеріне және т.б. Егер бастапқы екі суретті бір радиометриялық теңестірусіз біріктірсе, көбінесе нәтиже күтілгеннен алыс болады. KazEOSat – 1 жағдайында радиометриялық теңестіру үшін Image Dodging және Color Balancing қолданылады. Image Dodging Hotspot сияқты суретте және суреттер жиынтығында радиометриялық теңсіздікті түзету алгоритмін қолданады. Hotspot - шоғырланған шағылысқан жарықтың әсерінен болатын түсірілімнің шамадан тыс ашылуы, суреттегі жарық, дақ сияқты көрінеді. Color Balancing түсірілімдер арасындағы жарық айырмашылықтарын түзету алгоритмін қолданады.

Қорытынды. KazEOSat – 1 түсірілімдерін Erdas Imagine бағдарламалық жасақтамасын қолдану арқылы фотограмметриялық өңдеудің негізгі кезеңдері қарастырылған. Ортокескіндерді жоғары дәлдікпен алу үшін 1 м кеңістік айырмашылығы бар KazEOSat суреттерінен қызығушылық тудыратын аймақта (Ақмола облысы) жер бедерінің цифрлық моделін құру жұмысы жүргізілді.

Жер бедерінің цифрлық моделін құру үшін түсірілімдердің 2 жинағы пайдаланылды:

- 1) Бір айналымнан түсірілген стереожұп, яғни классикалық стереожұп;
- 2) Әртүрлі уақыттағы түсірілімдерден жиналған стереожұп.

Әртүрлі уақыттағы түсірілімдерден алынған жер бедерінің цифрлық моделінің негізіндегі ортокескінде географиялық байланыстың дәлдігі бар. Жүргізілген практикалық жұмыс нақты жер бедерінің цифрлық моделін құру үшін стерео жұп ретінде KazEOSat - 1 әртүрлі уақыттық түсірілімдерін қолдану мүмкіндігін көрсетеді. Сонымен қатар, топырақ жағдайын талдау көздерінің бірі ретінде Digital Elevation Model (DEM) пайдалану тиімділігі мен қажеттілігі дәлелденді.

#### Әдебиеттер тізімі

1. Булавицкий В.Ф., Жукова Н.В. Фотограмметрия и дистанционное зондирование территории: учеб. пособие – Москва: Изд-во Тихоокеан. гос. ун-та. - 2016. –С. 4
2. Методическое пособие, программы и контрольная работа по курсу «Фотограмметрия». -Москва: МИИГАиК - 2012.–С. 31.
3. Краснопевцев Б.В. Фотограмметрия. -Москва: УПП «Репрография» МИИГАиК -2008.- С.70
4. Бактыбеков К.С., Кабжанова Г.Р., Кабдулова Г.А., Кеженева А.С. Использование ЦМР как элемента цифрового почвенного картографирования территории Северного Казахстана// Вестник ЗКГУ. - 2019. –Т.4. № 76.– С. 535 – 537

5. Lege компанияның ресми сайты. [Электрондық ресурс]. -URL: <http://lege.uk.com/ru/services/data-processing/photo-term>. (Қарастырған күні: 8.05.2020).

6. Совзонд компанияның ресми сайты. [Электрондық ресурс]. -URL: <https://sovzond.ru/products/spatial-data/beshhovnye-ortomozaiki/>. (Қарастырған күні: 10.05.2020).

**K.S.Baktybekov<sup>1</sup>, G.R.Kabzhanova<sup>1</sup>, A.A. Aimbetov<sup>1</sup>, G.A.Kabdulova<sup>1</sup>, A.S.Kezheneva<sup>1</sup>**

*<sup>1</sup>JSC «National Company «Kazakhstan Gharysh Sapary»,  
Nur-Sultan, Kazakhstan*

### **Stages of photogrammetric processing of images from domestic satellite KazEOSat -1**

**Abstract:** The number of fields using Earth remote sensing data is growing every year. There is a number of advantages in using of remote sensing data for monitoring purposes than ground-based monitoring methods. Photogrammetry, being one of the directions in remote sensing, is important in the correct interpretation and analysis of remote sensing data. The work presented in this article was carried out as part of the implementation of the scientific and technical program No BR 0533648 on program-targeted financing of applied scientific research in the field of space activity from the Aerospace Committee of the Ministry of Defense and Aerospace Industry of the Republic of Kazakhstan. The article discusses the main stages of photogrammetric processing products - a digital elevation model, orthoimage and mosaic creating, using images of the domestic KazEOSat-1 spacecraft. The possibility of a digital elevation model creation from multi-temporal images was tested. Due to the fact that the relief is one of the main soil-forming factors, a regression analysis was carried out between the variables - the values of the derived vegetation indices, and the heights of the relief according to the created digital terrain model. The results of the analysis showed the effectiveness and necessity of using the DTM, built from high-resolution images, as one of the sources of soil analysis.

**Key words:** Earth remote sensing, orthoimage, photogrammetric processing, digital terrain model, stereopair, KazEOSat – 1, mosaic, RPC coefficients, Erdas Imagine.

**К.С.Бактыбеков<sup>1</sup>, Г.Р.Кабжанова<sup>1</sup>, А.А. Аимбетов<sup>1</sup>, Г.А.Кабдулова<sup>1</sup>, А.С.Кеженева<sup>1</sup>**

*<sup>1</sup>АО «НК «Қазақстан Ғарыш Сапары», Нұр-Сұлтан, Қазақстан*

### **Этапы фотограмметрической обработки снимков отечественного спутника KazEOSat -1**

**Аннотация:** Число отраслей, использующих данные дистанционного зондирования Земли, растет с каждым годом. Применение данных ДЗЗ для целей мониторинга имеет ряд преимуществ перед наземными методами мониторинга. Фотограмметрия, являясь одним из направлений в ДЗЗ, имеет важное значение в правильной интерпретации и анализе данных ДЗЗ. Работа, представленная в данной статье была проведена в рамках реализации научно-технической программы №BR 0533648 по программно-целевому финансированию прикладных научных исследований в области космической деятельности от Аэрокосмического комитета Министерства оборонной и аэрокосмической промышленности Республики Казахстан. В статье рассмотрены основные этапы создания продуктов фотограмметрической обработки – цифровая модель рельефа, ортоизображение и мозаика, с использованием снимков отечественного космического аппарата KazEOSat– 1. Была протестирована возможность создания цифровой модели рельефа из разновременных снимков. Ввиду того, что рельеф является одним из основных почвообразующих факторов, был проведен регрессионный анализ между переменными величинами – значений производных вегетационных индексов, и высот рельефа по созданной цифровой модели рельефа. Результаты анализа показали эффективность и необходимость использования ЦМР, построенного из снимков высокого разрешения, как одного из источников анализа состояния почвы.

**Ключевые слова:** дистанционное зондирование Земли, ортоснимок, фотограмметрическая обработка, цифровая модель рельефа, стереопара, KazEOSat – 1, мозаика, коэффициенты RPC, ErdasImagine.



## References

1. Bulavickii V.F., Zhykova N.V. Photogrammetriya i distancionnoe zondirovanie territorii [Photogrammetry and remote sensing of territory] (Izd-vo Tihookean. gos. univ-ta, 2016, 4 p.).
2. Methodicheskoe posobie Programmi i controlnaya rabota po kursy "photogrammetriya" [Programs and control work on photogrammetry course] (МИГАiК, 2012, 31 p.).
3. Krasnopevcev B.V. Photogrammetriya [Photogrammetry] («Reprographiya» МИГАiК, 2008, 70 p.).
4. Baktybekov K.S., Kabzhanova G.R., Kabdulova G.A., Kezheneva A.S. Ispolzovanie Cmr kak elementa cifrovogo pochvennogo kartogerafirovaniya territorii Severnogo Kazakhstana [Use of DTM as an element of digital soil mapping of the territory of Northern Kazakhstan], Vestnik ZKGY [Journal of WKGY]. 2019. V.4. № 76. 535. 537 p.
5. Oficialnyi sait kompanii Lege [Electronic resource]. Available at: <http://lege.uk.com/ru/services/data-processing/photo-term>. (Accessed: 08.05.2020).
6. Oficialnyi sait kompanii Sovzond [Electronic resource]. Available at: <https://sovzond.ru/products/spatial-data/besshovnye-ortomozayki/>. (Accessed: 10.05.2020).

### Авторлар туралы мәлімет:

**Бақтыбеков К.С.** – корреспонденция үшін автор, физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, R&D департаменті, қолданбалы зерттеулер бөлімінің 1-категориялы инженері, «Қазақстан Ғарыш Сапары» ҰҚ» АҚ, Нұр-Сұлтан, Қазақстан.

**Кабжанова Р.Г.** – ауылшаруашылығы ғылымдарының кандидаты, КМД ауылшаруашылық өндірісін бақылау басқарма бастығы, «Қазақстан Ғарыш Сапары» ҰҚ» АҚ, Нұр-Сұлтан, Қазақстан.

**Айымбетов А.А.** – Басқарма төрағасының орынбасары, «Қазақстан Ғарыш Сапары» ҰҚ» АҚ, Нұр-Сұлтан, Қазақстан.

**Кабдулова Г.А.** – PhD, жаратылыстану ғылымдарының кандидаты, төтенше жағдай және табиғат ресурстарын бақылау КМД басқарма бастығы, «Қазақстан Ғарыш Сапары» ҰҚ» АҚ, Нұр-Сұлтан, Қазақстан.

**Кеженева А.С.** – магистр, ЖҚЗ ҒЖ департаменті, суреттерді өңдеу басқармасының 1-категориялы инженері, «Қазақстан Ғарыш Сапары» ҰҚ» АҚ, Нұр-Сұлтан, Қазақстан.

**Aimbetov A.A.** - corresponding author, Deputy Chairman of the management Board «National Company «Kazakhstan Gharysh Sapary»», 89 Turan str., Nur-Sultan, Kazakhstan.

**Baktybekov K.S.** - Doctor of Physical and Mathematical Sciences., Professor, the 1st category engineer of Department of applied research, R&D Department at JSC «NC» Kazakhstan Garysh Sapary «, 89 Turan str., Nur-Sultan, Kazakhstan.

**Kabzhanova G.R.** – Candidate of Agricultural Sciences, Head of the Department for Monitoring Agricultural Production of DSD at JSC «NC» Kazakhstan Garysh Sapary», Nur-Sultan, 89 Turan str., Kazakhstan.

**Kabdulova G.A.** – Ph.D., Candidate of Geographical Sciences, Head of the Department for monitoring of emergency situations and natural resources of DSD at JSC «NC» Kazakhstan Garysh Sapary», 89 Turan str., Nur-Sultan, Kazakhstan.

**Kezheneva A.S.** – The 1st category engineer of Department for images processing DSS ERS at JSC «NC» Kazakhstan Garysh Sapary», 89 Turan str., Nur-Sultan, Kazakhstan.