

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ

«Қ.И.Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті»
коммерциялық емес акционерлік қоғамы

Ө.А. Байқоңыров атындағы Тау-кен металлургия институты

Маркшейдерлік іс және геодезия кафедрасы

Ауесхан Қарлығаш Бақытқызы

Қонаев қаласының топографиялық карталарын жаңарту мақсатында
жүргізілетін аэрофотосурет әдісінің маңыздылығын зерттеу

МАГИСТРЛІК ДИССЕРТАЦИЯ

7М07306 – Геокеңістіктік цифрлық инженерия

Алматы 2025

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРҒЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ

«Қ.И.Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті»
коммерциялық емес акционерлік қоғамы

Ө.А. Байқоңыров атындағы Тау-кен металлургия институты

ӘОЖ 528.482.5

Қолжазба құқығында

Ауесхан Қарлығаш Бақытқызы

Магистр академиялық дәрежесін алу үшін
МАГИСТРЛІК ДИССЕРТАЦИЯ

Диссертацияның атауы Қонаев қаласының топографиялық карталарын жаңарту
мақсатында жүргізілетін аэрофотосурет әдісінің маңыздылығын зерттеу

Дайындау бағыты 7М07306— Геокеңістіктік цифрлық инженерия

Ғылыми жетекші
т.ғ.к., профессор
Рысбеков К.Б.
« 24 » 06 2025 ж.

Рецензент
т.ғ.к., профессор
Омиржанова Ж.Т.
« 24 » 06 2025 ж.

Норма бақылаушы
PhD, қауым. профессор
Айтказинова Ш.К.
« 23 » 06 2025 ж.

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ
НАО «КазНТУ им.К.И.Сатпаева»
Горно-металлургический институт
им. О.А. Байконурова

ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ
«Маркшейдерлік іс және геодезия»
кафедрасының меңгерушісі
т.ғ.к., қауым. профессор
Мейрамбек Г.
« 06 » 06 2025 ж.

Алматы 2025



ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРҒЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ

«Қ.И.Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті»
коммерциялық емес акционерлік қоғамы

Ө.А Байқоңыров атындағы Тау-кен металлургия институты

Маркшейдерлік іс және геодезия кафедрасы

7M07306 – Геокеңістіктік цифрлық инженерия

БЕКІТЕМІН

«Маркшейдерлік іс және геодезия
кафедрасының меңгерушісі
т.ғ.к., қауым. профессор

Мейрамбек Г.М
« 15 » 2025 ж.

**Магистрлік диссертацияны орындауға арналған
ТАПСЫРМА**

Магистрант: Ауесхан Карлығаш Бақытқызы

Тақырыбы: Қонаев қаласының топографиялық карталарын жаңарту мақсатында
жүргізілетін аэрофотосурет әдісінің маңыздылығын зерттеу

Академиялық мәселелер жөніндегі проректор 2023 жылғы « 04 » желтоқсан №548-П/Ө бұйрығымен
бекітілген

Аяқталған диссертацияны тапсыру мерзімі: « 20 » маусым 2025 ж.

Магистрлік диссертацияның бастапқы деректері: кешенді түсіріс әдісі, Қонаев қаласының физика-
географиялық жағдайлары, Қатиағай су қоймасының жағалау аймағы, аэрофототүсірілім
жұмыстарын жүргізу, камералдық өңдеу

Магистрлік әзірлеуге жататын мәселелер тізімі:

а) Кешенді түсіріс нәтижелерін талдау арқылы жағалау аумақтарының геодезиялық
деформацияларын және құрылымдық өзгерістерін инженерлік тұрғыдан бағалау.

ә) Геоақпараттық технологиялар көмегімен жағалау аймағының сандық үлгісін жасау және
картографиялық визуализациялау.

б) Камералдық өңдеу нәтижелеріне сүйене отырып 1:10 000 масштабтағы карта
құрастыру.

Графикалық материалдар тізімі (міндетті сызбаларды дәл көрсете отырып):

Жұмыс презентациясы слайдтарда 18 көрсетілген.

Ұсынылатын негізгі әдебиеттер:

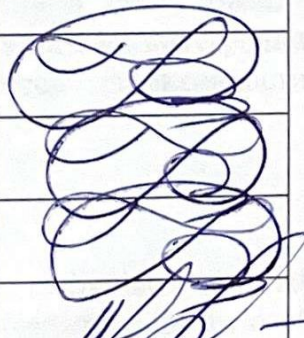
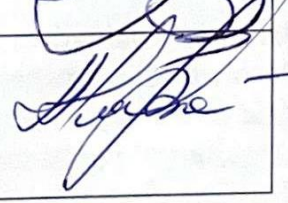
- 1 ҚР Мемлекеттік топографиялық карталары (1:10 000). – Алматы: Геокарт, 2022. 43 б.
- 2 Ахметов К.К. Геодезия және картография негіздері. – Алматы: Білім, 2017. 14 - 22 б.
- 3 Инструкция по фотограмметрическим работам при создании цифровых топографических карт и планов, Москва, ЦНИИГАиК, 2002 г.

Магистрлік диссертацияны дайындау
КЕСТЕСІ

Бөлімдердің атауы, қарастырылатын мәселелер тізімі	Ғылыми жетекшіге ұсыну мерзімдері	Ескертулер
Аэрофототүсірілім туралы жалпы мәліметтер және кешенді түсіріс әдістері. Аэрофототүсірілімнің даму тарихы мен принциптері, Geoscan 201 және DJI Matrice 300 RTK аппараттарының ерекшеліктері, тахеометр және GPS-ровер құрылғыларының интеграциясы	15.10.2024 ж.	—
Қапшағай су қоймасын зерттеу мақсатында кешенді түсіріс жүргізу әдістемесі. Аэрофототүсірілім жүргізу кезеңдері, жоспарлық-биіктік негіздеме құру маңызы, далалық жұмыстар мен маршруттық түсіріс ерекшеліктері	12.01.2025 ж.	—
Фотограмметриялық және камералдық өңдеу әдістері. Agisoft PhotoScan Pro бағдарламасында ортофотоплан мен жер бедерінің сандық моделін алу, Қапшағай су қоймасы жағалау сызығының динамикасын анықтау	17.04.2025 ж.	—

Аяқталған магистрлік диссертация үшін, оған қатысты бөлімдердегі диссертациялар кеңесшілері мен норма бақылаушысының қойған

қолдары

Бөлімдердің атаулары	Консультанттар, аты-жөні (ғылыми дәрежесі, атағы)	Қол қойылған күні	Қолы
Геологиялық бөлім	Рысбеков К.Б. т.ғ.к., профессор	15.10.2024 ж.	
Негізгі бөлім	Рысбеков К.Б. т.ғ.к., профессор	13.01.2025 ж.	
Геодезиялық-маркшейдерлік бөлім	Рысбеков К.Б. т.ғ.к., профессор	17.04.2025 ж.	
Норма бақылаушы	Айтказинова Ш.Қ PhD., қауымдастырылған профессор	23.06.25	

Ғылыми жетекші

Рысбеков.К.Б.

Білім алушы тапсырманы орындауға алды

Ауесхан Қ.Б.

Күні

« 10 » қаңтар 2024 ж.

АНДАТПА

Қазіргі кезеңде геоақпараттық технологиялардың, аэрофототүсірілімнің және ұшқышсыз ұшу аппараттарының (ҰҰА) қарқынды дамуы топографиялық картографиялау және геодезиялық түсірістер саласында жаңа мүмкіндіктер туындатуда. Әсіресе қалалар мен ірі су қоймалары аумағында кеңістіктік өзгерістерді жедел тіркеу мен картаға түсіру қажеттілігі артып келеді. Бұл өз кезегінде табиғи ресурстарды басқару, қала құрылысы және экологиялық мониторинг үшін өзекті болып отыр. Қазақстан аумағындағы стратегиялық маңызы бар нысандардың бірі – Қапшағай су қоймасы, Алматы облысында орналасқан ірі гидрообъект. Соңғы жылдары климаттың өзгеруі, маусымдық су деңгейінің ауытқуы және урбанизация процестері су қоймасының жағалау сызығына әсер етуде. Жағалаудың шегінуі, эрозия, жаңа жер телімдерінің ашылуы – барлығы жоғары дәлдіктегі геокеңістіктік бақылауды талап етеді. Осы диссертациялық жұмыста Geoscan 201, DJI Matrice 300 RTK және тахеометр құралдарын бірлесіп қолдану арқылы кешенді түсірілім әдісі ұсынылады. Бұл әдіс әртүрлі платформа негізінде алынған мәліметтерді біріктіру арқылы топографиялық карталарды жаңартуда уақыт, шығын және дәлдік бойынша тиімділікті арттыруды көздейді.

АННОТАЦИЯ

В настоящее время стремительное развитие геоинформационных технологий, аэрофотосъемки и беспилотных летательных аппаратов открывает новые возможности в области топографического картографирования и геодезических съемок. Особенно возрастает необходимость оперативной фиксации и картографирования пространственных изменений в пределах городских территорий и крупных водохранилищ. Это, в свою очередь, актуально для управления природными ресурсами, градостроительства и экологического мониторинга. Одним из стратегически важных объектов на территории Казахстана является Капчагайское водохранилище – крупный гидротехнический объект, расположенный в Алматинской области. В последние годы на береговую линию водоема оказывают влияние такие факторы, как изменение климата, сезонные колебания уровня воды и процессы урбанизации. Отступление берегов, эрозия и появление новых земельных участков требуют проведения высокоточного геопро пространственного мониторинга. В данной диссертационной работе предлагается комплексный метод съемки с совместным использованием оборудования Geoscan 201, DJI Matrice 300 RTK и тахеометра. Такой подход, основанный на интеграции данных, полученных с различных платформ, направлен на повышение эффективности обновления топографических карт по времени, затратам и точности.

ABSTRACT

In the current stage, the rapid development of geoinformation technologies, aerial photography, and unmanned aerial vehicles (UAVs) is creating new opportunities in the field of topographic mapping and geodetic surveying. Particularly, the need for prompt registration and mapping of spatial changes in urban areas and large reservoirs is becoming increasingly significant. This is especially relevant for natural resource management, urban planning, and environmental monitoring. One of the strategically important facilities in Kazakhstan is the Kapchagay Reservoir, a major hydrotechnical structure located in the Almaty region. In recent years, climate change, seasonal water level fluctuations, and urbanization processes have been affecting the reservoir's shoreline. Shoreline retreat, erosion, and the emergence of new land plots all necessitate high-precision geospatial monitoring. This dissertation proposes a comprehensive survey method involving the combined use of Geoscan 201, DJI Matrice 300 RTK, and a total station. This approach, based on the integration of data from different platforms, aims to improve the efficiency of topographic map updates in terms of time, cost, and accuracy.

МАЗМҰНЫ

Кіріспе	7
1 Кешенді түсіріс әдісі	9
1.1 1:10000 масштабтағы топографиялық карта жасауға арналған техникалық талаптар	9
1.2 Физика-географиялық жағдайлар	10
1.3 Кешенді түсіріс әдісінің құрылымы	11
1.3.1 Қапшағай су қоймасының жағалау сызығын анықтауда кешенді түсіріс әдісін қолдану	13
2 Аэрофототүсірілім	18
2.1 Аэрофототүсірілім туралы жалпы ұғым	18
2.2 Ұшқышсыз ұшу аппараттары, тахеометр және GPS құрылғыларының мүмкіндіктері	19
2.3 Аэрофототүсірілім жүргізу кезеңдері	26
2.3.1 Жоспарлық-биіктік негіздеме жасау	27
2.3.2 Аэрофототүсірілім жұмыстарын жоспарлау	31
2.3.3 Аэрофототүсірілімнің далалық жұмыстарын жүргізу	32
2.4 Дешифрлеу жұмыстары	35
3 Камералдық өңдеу жұмыстары	38
3.1 Agisoft PhotoScan Pro бағдарламасында жер бедерінің сандық моделін алу	38
3.2 ArcGIS, Credo MIX, AutoCAD бағдарламаларында өңдеу	41
3.3 Нәтижелер мен шығындарды есептеу	47
Қорытынды	49
Пайдаланған әдебиеттер тізімі	50

КІРІСПЕ

Жұмыстың өзектілігі. Қазіргі таңда геодезиялық және картографиялық жұмыстарды жоғары дәлдікпен, қысқа мерзімде және тиімді тәсілмен орындау – көптеген салалар үшін маңызды міндетке айналды. Геоақпараттық жүйелердің (ГАЖ) қарқынды дамуы, ұшқышсыз ұшу аппараттарының (ҰҰА) қолжетімді және функционалды болуы аэрофототүсірілім әдістерінің сапалық жаңа деңгейге шығуына ықпал етті.

Инженерлік-геодезиялық ізденістер, жер кадастры, экологиялық мониторинг, урбанистика және төтенше жағдайлардың алдын алу сияқты салаларда топографиялық деректердің өзектілігі мен дәлдігі шешуші рөл атқарады. Алайда дәстүрлі әдістердің еңбек сыйымдылығы мен шығындылығы олардың кең ауқымды қолданылуын шектейді.

Осыған байланысты ҰҰА, заманауи дрондар және геодезиялық жабдықтарды біріктіру арқылы кешенді түсірілім жүргізу – кеңістіктік деректерді жылдам әрі тиімді алудың маңызды жолы ретінде алдыңғы қатарға шығады. Бұл әдіс уақыт пен ресурстарды үнемдеумен қатар, нақты координаталық дәлдік пен визуализация мүмкіндігін қамтамасыз етеді.

Зерттеу нысаны. Зерттеу нысаны ретінде Қонаев қаласы және Қапшағай су қоймасының солтүстік, шығыс және оңтүстік жағалаулары алынды.

Диссертациялық жұмыстың ғылыми жаңалығы ретінде үш түрлі, Geoscan 201 ұшқышсыз ұшу аппараты, DJI Matrice 300 RTK және тахеометр құрылғыларын бір мезгілде қолдану арқылы кешенді түсіріс жүргізу әдісін ұсыну, сонымен қатар, осы әдісті пайдалана отырып Қапшағай су қоймасының жағалау динамикасын зерттеу болып табылды.

Диссертациялық жұмыстың мақсаты: Ұшқышсыз ұшу аппараттарын (ҰҰА), дрондар, GPS және геоақпараттық жүйелерді (ГАЖ) қолданудың ғылыми негізделген әдісін әзірлеу және оны топографиялық карталарды жасауға, жағалау сызықтарын зерттеуге қолдану.

Зерттеу міндеттері. Диссертациялық жұмыстың мақсатына жету үшін келесі негізгі міндеттер қойылды:

- ұшқышсыз ұшу аппараттары мен геодезиялық құралдарға негізделген кешенді түсірілім әдісінің теориялық негіздерін зерделеу;
- Geoscan 201, DJI Matrice 300 RTK және тахеометр құрылғыларының техникалық сипаттамаларын зерттеу және өзара үйлестіру мүмкіндіктерін анықтау;
- Қапшағай су қоймасының жағалау аймағында пилоттық түсірілім жұмыстарын ұйымдастыру және деректер жинау;
- алынған аэрофото және тахеометриялық деректерді фотограмметриялық және ГАЖ технологиялары арқылы өңдеу;
- ортофотоплан мен жаңартылған топографиялық картаны жасау және жағалау сызығындағы өзгерістерді салыстырмалы талдау;
- кешенді әдістің тиімділігін экономикалық, уақыттық және дәлдік параметрлері бойынша дәстүрлі және ғарыштық әдістермен салыстыру;

– зерттеу нәтижелерін су ресурстарын басқару, экологиялық мониторинг және аумақтық жоспарлау жүйелеріне бейімдеу.

Зерттеудің ақпараттық-әдістемелік базасы. Аэрофототүсірілім, ортофотоплан құрастыру және цифрлық карта жасауға арналған заманауи бағдарламалық кешендер (Agisoft Metashape, ArcGIS, AutoCAD Civil 3D), Geoscan 201 және DJI Matrice 300 RTK ұшқышсыз ұшу жүйелерінің техникалық нұсқаулықтары және практикалық пайдалану алгоритмдері, тахеометриялық түсірілімге арналған геодезиялық құралдар мен координаталық тірек жүйелері қолданылды.

Жұмыстың практикалық маңыздылығы. Жаңа кешенді әдіс жағалау сызығын жоғары дәлдікпен, үнемді әрі жедел зерттеуге мүмкіндік береді. Ортофотоплан мен жаңартылған топографиялық карта су ресурстарын басқару, қалалық жоспарлау, табиғи апаттардың алдын алу және экологиялық мониторинг секілді маңызды салаларда қолданыла алады.

Ұсынылған кешенді әдіс инженерлік-геодезиялық ізденістерге, жер кадастрына, гидрологиялық бақылауға бейімделуге жарамды. Зерттеу нәтижелері цифрлық Қазақстан, кеңістіктік деректер инфрақұрылымы жобалары аясында өзекті болып табылады. Сонымен қатар ұшқышсыз аппараттар мен цифрлық өңдеу құралдарын кешенді пайдалану болашақ мамандар үшін **оқыту** мен тәжірибелік дағдыны жетілдіруге ықпал етеді.

Жұмыстың құрылымы мен көлемі: жұмыс 51 мәтіндік бет, 18 сурет, 1 кестеден тұрады.

1 Кешенді түсіріс әдісі

1.1 1:10000 масштабтағы топографиялық карта жасауға арналған техникалық талаптар

Геодезиялық негіз: 1:10000 масштабтағы карталарды құрастыру үшін дәл әрі сенімді геодезиялық негіз қажет. Бұл негіз төмендегідей сипаттамаларға ие болуы тиіс:

- пландық дәлдік – 0.1–0.2 м, яғни картадағы кез келген нүктенің жер бетіндегі нақты орны осы дәлдік шегінде анықталуы қажет;
- биіктік дәлдік – 0.2–0.3 м;
- опорлық пункттер тығыздығы – кемінде әр 4–6 км² алаңға 1 тірек пункт орнатылуы керек;
- координаттық жүйе – қазіргі таңда ең кең таралған WGS 84, СК-42 немесе СК-63 координаталар жүйесі қолданылады. Сонымен қатар, UTM зонасы да қабылданады.

Геодезиялық негіз пункттері аэрофототүсірілім материалдарын өңдеу және нәтижелерді дәл сәйкестендіру үшін қажет. Бұл тірек нүктелердің координаталарын жоғары дәлдікпен өлшеу үшін GPS-роверлер мен тахеометрлер қолданылады.

1:10000 масштабтағы карталар нақты нормалар мен техникалық регламенттерге сай жасалуы тиіс. Бір миллиметр қағазда – 10 метр жер беті бейнеленеді, сондықтан дәлдік жоғары болуы қажет: Объектілердің жоспардағы координаталық дәлдігі – ± 3 м, ал биіктік өлшеудің дәлдігі нивелир әдісімен $\pm 0,2$ м; фотограмметриялық әдіспен: $\pm 0,5$ м болуы тиіс. Горизонтальдар – жер бедерінің күрделілігіне байланысты 2,5 немесе 5 м арақашықтықты қамтиды [1].

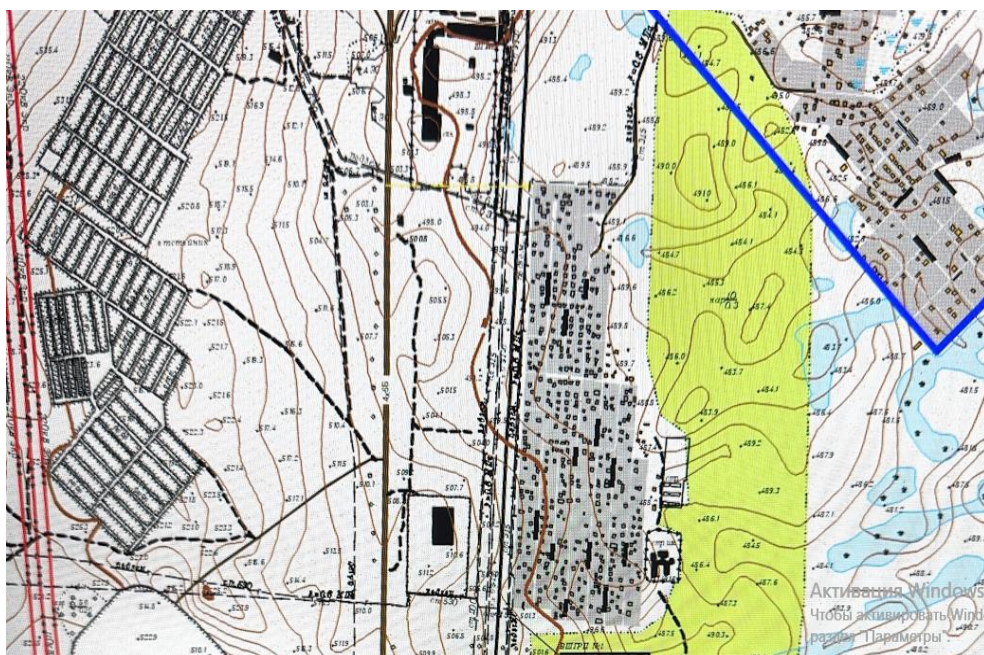
1.1 – суретке сәйкес картографиялық жалпылау кезінде тек маңызды, мағыналы және визуалды танылатын объектілер бейнеленеді. 1:10000 масштабтағы карта объектілерді міндетті түрде қамтуы тиіс:

- табиғи нысандар: өзен, көл, бұлақтар, батпақ, орман, жыралар, сайлар;
- жер бедері: горизонталь сызықтар арқылы беріледі;
- инфрақұрылым: жол желісі, теміржол, электр және байланыс желілері;
- әкімшілік шекаралар: облыс, аудан, ауыл шекаралары;
- нысан атаулары мен жазбалар: мемлекеттік тілде беріледі, қажет жағдайда орыс және ағылшын тілдерінде қосымша берілуі мүмкін;
- ғимараттар: зауыт, ферма, мектеп, көпқабатты үйлер;
- жер пайдалану түрлері: егістік, шабындық, жайылым, орман массиві.

1:10000 масштабтық карта – бұл ірі масштабты топографиялық карта түрі болып табылады. Мұндай масштаб жергілікті жердің нысандарын жоғары дәлдікпен бейнелеуге мүмкіндік береді. Атап айтқанда, картада 1 сантиметр нақты жердегі 100 метрге сәйкес келеді. Басқаша айтқанда, карта масштабы 1:10000 болған жағдайда, картадағы 1 бірлік ұзындық (см, мм) шын мәнінде 10 000 есеге көбейтіліп көрсетіледі. Мысалы, картадағы 1 мм – жергілікті жердегі 10 метрге тең болады.

Мұндай масштабтағы карталар әдетте 5×5 км немесе 10×10 км аумақты қамтиды. Бұл оларды нақты инженерлік жобалауларда, құрылыс жұмыстарында, жер кадастрлық есептерде, геодезиялық және картографиялық жұмыстарда кеңінен қолдануға мүмкіндік береді.

Картада рельеф пішіндері горизонталь сызықтар (қабат сызықтары) арқылы көрсетіледі. 1:10000 масштабтық картада бұл горизонтальдардың аралығы көбінесе 1 метрді құрайды, бұл жер бедерінің ең кіші өзгерістерін де айқын көрсетуге мүмкіндік береді.



1.1 - сурет – 1:10000 масштабта Қонаев қаласының картасы

Мемлекеттік талаптар бойынша 1:10000 масштабтағы топографиялық карталар әр 5–10 жыл сайын жаңартылуы тиіс. Мысалы, қалалық, динамикалық өзгеріске ұшырайтын немесе табиғи апат қаупі жоғары аймақтарда – әр 3 жыл сайын жаңарту керек. Жаңарту тек аэрофототүсірілім немесе спутниктік түсіріс арқылы емес, далалық тексерістермен бірге жүруі қажет. Бұл техникалық талаптар – жоғары дәлдікті, сенімді және функционалды картографиялық өнім шығарудың негізі. 1:10000 масштаб – инженерлік, кадастрлық, экологиялық және әкімшілік мақсаттар үшін тиімді масштаб болып табылады [2].

1.2 Физика-географиялық жағдайлар

Қонаев қаласы (бұрынғы Қапшағай) – Қазақстанның оңтүстік-шығысында, Алматы облысының орталық бөлігінде орналасқан. Географиялық тұрғыда қала Іле өзенінің бойында, Іле Алатауы мен Сарыесік-Атырау шөлді аймағының

шекарасында орналасқан. Бұл оның физика-географиялық жағдайын күрделі әрі көпжақты етеді.

Климаттық жағдайлары. Қала континенттік шөлейттік климаттық белдеуде орналасқан. Жаз айлары ыстық және құрғақ, шілде айының орташа температурасы $+24...+27^{\circ}\text{C}$ құрайды. Қысы жұмсақ, қар жамылғысы тұрақсыз, қаңтар айындағы орташа температура $-4 -7^{\circ}\text{C}$ аралығында. Жауын-шашын мөлшері жылына шамамен 200–300 мм. Климаттық жағдайлар аэрофототүсірілім жұмыстарының мерзіміне айтарлықтай әсер етеді: көктем мен күз – түсірілім үшін оңтайлы маусымдар.

Геоморфологиялық сипаттамалар. Қала аумағы негізінен құмды және сазды жазықтармен, сондай-ақ Іле өзенінің аллювиалды шөгінділерінен құралған. Аймақтың рельефі біртіндеп солтүстіктен оңтүстікке қарай биіктейді. Қала маңында суармалы егістік пен табиғи шөл өсімдіктері қатар кездеседі. Геоморфологиялық тұрғыдан бұл жағдай жағалау эрозиясы мен шөгінді түзілімдердің динамикасын бақылауда маңызды.

Гидрографиялық ерекшеліктер Қала үшін басты гидрографиялық элемент – Қапшағай су қоймасы. Ол Іле өзенін бөгеу арқылы жасалған және аумағы шамамен 180 км² құрайды. Су қоймасы жағалауы күрделі: кей жерлерде тік жартастар, ал кей бөліктері – баяу еңістелген құмды алаңдар. Бұл ерекшеліктер жағалау сызығын аэрофототүсірілім арқылы картаға түсіргенде жоғары нақтылықты талап етеді. Сондай-ақ, маусымдық толысу мен тартылу құбылыстары байқалады [3].

Топырақ және өсімдік жамылғысы. Қала маңында шөлейтті және шөлдік топырақ түрлері басым: сұр-қоңыр, аллювиалды-сазды және құмды топырақтар. Өсімдіктер жамылғысы сирек, негізінен жусан, бетеге, сексеуіл және тал шіліктері. Бұл жағдай дешифрлеу кезінде табиғи объектілерді тануға және жіктеуге оңайлық туғызады.

Сейсмогеографиялық жағдай. Қонаев қаласы орташа сейсмикалық қауіпті аймақта орналасқан. Іле Алатауының сейсмикалық белсенділігі, әсіресе тектоникалық қозғалыстардың ықтималдығы картографиялық жобаларда ескерілуі тиіс. Жағалау құрылымдары мен инфрақұрылым нысандарын картаға түсіргенде осы факторлар негізгі талдау нысанына айналады.

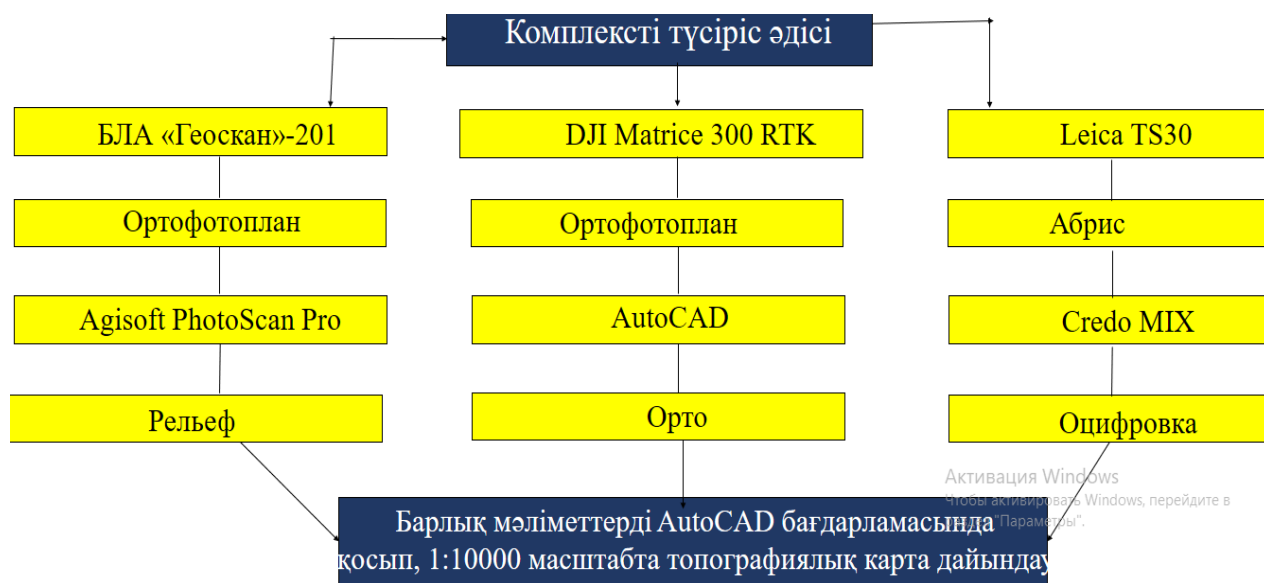
1.3 Кешенді түсіріс әдісінің құрылымы

Қазіргі уақытта топографиялық карталарды жаңарту жылдамдығы мен дәлдігі өте маңызды. Бір ғана әдіспен жұмыс істеу (мысалы, тек ҰҰА немесе жер бетіндегі түсіріліммен) уақытты көп талап етеді және күрделі аумақтарда толық мәлімет бермейді. Сондықтан зерттеу барысында үш түрлі аспапты біріктіріп қолдану арқылы 1:10000 масштабта топографиялық карта жаңартылып сызылды. Бұл тәсіл «кешенді түсіріс әдісі» – деп аталынды.

Кешенді түсіріс әдісі – әртүрлі геодезиялық құралдар мен аэрофототүсірілім платформаларын бір мезгілде пайдалану арқылы зерттелетін аумақ туралы жоғары дәлдікті, кеңістіктік үйлестірілген және көпқырлы ақпарат алу технологиясы. Бұл әдістің тағы бір мақсаты – Қапшағай су қоймасының жағалау сызығын дәл әрі толық сипаттап, оның өзгерістерін талдау үшін дереккөздердің нақтылығын, толықтығын және үйлесімділігін қамтамасыз ету болып табылады. Негізгі міндеттері:

- кең көлемді аэрофототүсірілім мен биіктік моделі арқылы жалпы аумақтың цифрлық бейнесін алу;
- жоғары дәлдікті опорлық пункттер арқылы бүкіл мәліметтерді координаталық жүйеде біріктіру;
- күрделі және қолжетімсіз учаскелерді қосымша дрон және тахеометр көмегімен нақтылау;
- әр құрылғыдан алынған мәліметтерді өзара верификациялап, интеграцияланған карта жасау.

1.2 – суретке сәйкес құрылымы үш негізгі техникалық платформаға негізделеді: Geoscan 201 ұшқышсыз ұшу аппараты, DJI Matrice 300 RTK дроны және Leica тахеометрі мен GPS-ровері. Geoscan 201 кең аумақты жоғары биіктіктен қамтып, ортофотоплан мен жер бедерінің сандық моделін жасауға мүмкіндік береді. DJI Matrice 300 RTK дроны жағалаудың күрделі және тахеометрлік түсіріспен түсіру қиын учаскелерін төмен биіктіктен нақты түсіруді қамтамасыз етеді. Ал Leica GPS 1200 жүйесі жергілікті және жаһандық координаталық жүйелерде дәл тірек нүктелер орнатуға мүмкіндік берді. Leica TS тахеометрімен дешифрлеу жұмыстары атқарылады. Осы құрылым әрбір құралдың артықшылығын толық пайдаланып, интеграцияланған әрі үйлесімді деректер жиынтығын алуға жағдай жасады [4].



1.2 - сурет – Комплексті түсіру әдісінің орындалу реті

Кешенді әдістің тиімділігі бірнеше тұрғыдан байқалды. Далалық түсірілім уақыты дәстүрлі әдістермен салыстырғанда 30–40 пайызға қысқарды. РТК және GCP арқылы алынған ортофотопланның дәлдігі $\pm 10\text{--}15$ см шегінде болды. Сонымен қатар, ауқымды географиялық мәліметтерді бірегей жүйеге біріктіру арқылы жағалаудың бедерін, эрозиялық процестерді және су деңгейінің өзгерістерін талдау мүмкіндігі туды. Қаржылық тұрғыда да тиімділік байқалды жерүсті түсіріс жұмыстары тек маңызды нүктелерде жүргізіліп, шығын азайтылды. Бұл әдіс ғылыми зерттеулерден бөлек, практикалық мониторинг, экологиялық бағалау және қалпына келтіру жобаларында да қолдануға ыңғайлы.

Алайда, бұл әдістің белгілі бір шектеулері де бар. Құрылғылар мен бағдарламалық қамтамасыз етудің үйлесімділігіне жоғары талап қойылады. Сондай-ақ, әр құрылғымен жұмыс істей алатын маманның болуы міндетті. Үлкен көлемдегі деректерді біріктіру мен камералдық өңдеуге көп уақыт қажет. Ал бастапқы кезеңде жабдықтар құны жоғары болуы мүмкін. Дегенмен, ұзақ мерзімді тиімділігі мен алынған мәліметтердің нақтылығы бұл шығындарды ақтайтыны дәлелденді [5].

Диссертациялық жұмыста кешенді түсіріс әдісін қолданудың ғылыми негіздемесі айқындалды. Қапшағай су қоймасының жағалау сызығын дәстүрлі әдістермен зерттеу кезінде бірқатар қиындықтар туындаған: спутниктік суреттердің рұқсаты жеткіліксіз, бедері күрделі жағалауларды нақты сипаттау мүмкін емес, ал жерүсті түсірілімдері көп уақыт пен еңбек ресурсын талап етеді. Кешенді әдіс осы проблемаларды шешудің бірден-бір тиімді жолы ретінде таңдалып, нәтижесінде жағалау сызығы дәл әрі толық бейнеленді. 3D модель жасау арқылы су деңгейінің өзгерісі мен эрозия динамикасы нақты өлшеніп, картографиялық материалдар өзектілендірілді.

1.3.1 Қапшағай су қоймасының жағалау сызығын анықтауда кешенді түсіріс әдісін қолдану

Қапшағай су қоймасы – Алматы облысының орталық бөлігінде орналасқан, көпфункционалды гидрографиялық нысан. Оның экологиялық және инженерлік маңыздылығы зор: ауызсу мен ауылшаруашылық қажеттілікке арналған су көзі болуымен қатар, туризм және рекреациялық мақсатта да қолданылады. Соңғы жылдары климаттың өзгеруі, антропогендік әсерлер мен табиғи эрозия процестері Қапшағай су қоймасының жағалау сызығында айтарлықтай өзгерістерге әкелуде. Сондықтан нақты мониторинг, жағалау өзгерісін бақылау және картографиялық жаңарту өзекті мәселелерге айналды. Осы міндеттерді шешу үшін кешенді түсіріс әдісі таңдалды.

Жұмысты атқару кезеңдері мен алгоритмі. Зерттеу жұмысы нақты құрылымдалған кезеңдер мен алгоритмге сүйене отырып жүргізілді. Жұмыс

барысы төрт негізгі сатыны қамтыды: алдын ала дайындық, аэрофототүсірілім, дешифрлеу және камералдық өңдеу. Әр кезең өзіне тән міндеттері мен технологиялық шешімдерге негізделді.

Бірінші кезең – алдын ала дайындық. Бұл кезеңде Қапшағай су қоймасының жағалау сызығы бойындағы зерттеу аумағы шартты түрде үш негізгі секторға – оңтүстік, солтүстік және шығыс жағалауға бөлінді. Мұндай бөліну логистикалық және әдістемелік тұрғыдан түсірілім процестерін оңтайландыруға бағытталған. Әр секторға жергілікті координат жүйесі мен WGS-84 жүйесінде жоғары дәлдіктегі геодезиялық опоралық нүктелер тахеометр мен GPS-ровердің көмегімен орнатылып, олардың координаттары тіркелді. Бұл тірек нүктелер кейін ортофотоплан және жер бедерінің сандық моделін жасау кезінде нақты географиялық байлау үшін пайдаланылды. Түсірілім маршруттары Geoscan Planner 2.0 бағдарламалық кешенінде құрастырылып, ұшу биіктігі, түсірілім бағыты, камера жабындылығы сынды параметрлер алдын ала есептеліп, ұшқышсыз ұшу аппаратының автоматты миссиялары дайындалды.

Екінші кезең – аэрофототүсірілім. Бұл сатыда кең масштабтағы жалпы шолу түсірілімі Geoscan 201 ұшқышсыз ұшу кешені арқылы жүзеге асырылды. Орташа ұшу биіктігі 350 метрді құрады, шолу жолағының ені шамамен 1,2 км, ал фронтальды және бүйірлік жабындылық сәйкесінше 80% және 60% деңгейінде болды. Бұл конфигурация фотограмметриялық қайта өңдеуге қажетті жабын деңгейін қамтамасыз етті. Ал жағалаудың топографиялық тұрғыдан күрделі, қиын қолжетімді және рельефі өзгермелі учаскелері DJI Matrice 300 RTK дроны арқылы төмен биіктікте (60–120 метр) жоғары ажыратымдылықта түсірілді. Бұл дрон нақты координаталарды RTK технологиясы арқылы тіркеп, қосымша дәлдікті қамтамасыз етті. Барлық опоралық маркалар кадрлардан анық көрінетіндей орналастырылып, камералық өңдеу кезеңінде автоматты сәйкестендіруге мүмкіндік берді.

Үшінші кезең – дешифрлеу. Бұл кезеңде алынған ортофотосуреттер мен үш өлшемді модельдер негізінде жағалау сызығы, су-құрлық шекарасы, жағалаудағы өсімдік жамылғысы, құмды, тасты және батпақты учаскелер визуалды және автоматты дешифрлеу әдістері арқылы айқындалды. Растрлық мәліметтерден алынған сызықтар мен полигондар геометриялық параметрлермен бірге топологиялық тұрғыдан құрылымдалып, жағалау сызығының ұзындығы жоғары дәлдікпен есептелді. Бұл есептеулер 2020 жылғы спутниктік суреттермен салыстырылып, өзгеріс динамикасы анықталды [6].

Төртінші кезең – камералдық өңдеу жұмыстары. Бұл кезеңде далалық түсірілімнен алынған бастапқы мәліметтер Agisoft PhotoScan Pro бағдарламалық жасақтамасы арқылы өңделіп, үш өлшемді нүктелік бұлт, жер бедерінің сандық моделі және ортофотоплан құрылды. Ортофотосуреттерден алынған мәліметтер AutoCAD, Credo MIX және QGIS платформаларында векторлық түрде өңделді.

Бұл өңдеу барысында жағалау шекарасы, эрозия белгілері, су мен құрғақ жер аймақтарының шекарасы анықталды және қажетті тематикалық қабаттар құрылды. Сонымен қатар, геоақпараттық қабаттар негізінде су қоймасының жағалаулық аумағы бірнеше функционалдық аймақтарға бөлініп, олар талдау мен басқару шешімдері үшін дайындалды.

1.3 – суретке сәйкес зерттеу нәтижесінде Қапшағай су қоймасының жағалау сызығы 1:10 000 масштабта жоғары дәлдікте карталанды. Аэрофототүсірілім және камералдық өңдеу кезеңдері арқылы алынған ортофотосуреттер мен векторлық мәліметтер негізінде жағалау шекарасының толық геометриялық конфигурациясы анықталып, оның қазіргі жай-күйі сандық форматта сипатталды. Құрастырылған картографиялық материалдар арқылы су қоймасының негізгі геометриялық параметрлері нақтыланды: ұзындығы шамамен 180 км, ені ең кең жерінде 22 км, ал су бетінің жалпы ауданы 1 847 км² құрайтыны айқындалды. Бұл мәліметтер бұрынғы деректермен салыстырылып, олардың өзектілігі мен дәлдігі бағаланды [7].

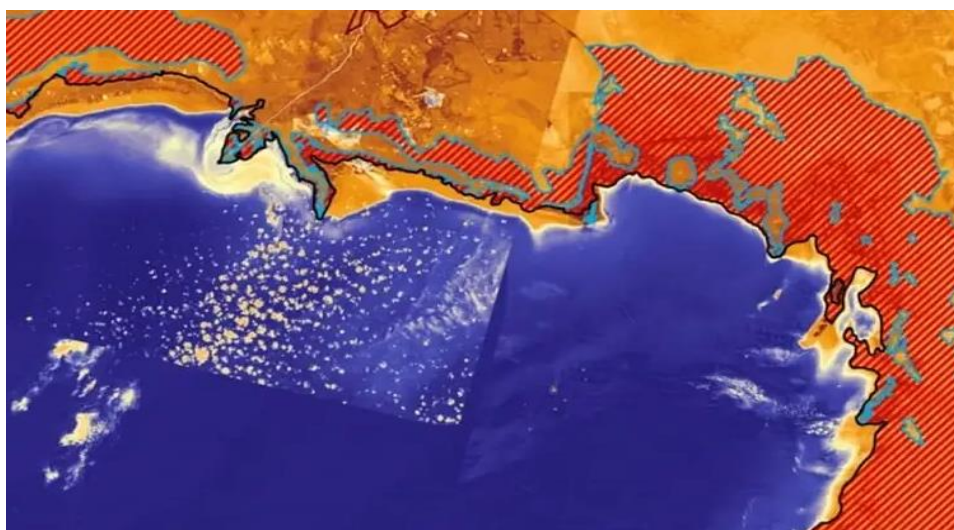


1.3 - сурет – Зерттеу нәтижесінде анықталған жағалау сызығын 2023 жылдағы спутниктік суреттермен салыстыру (Sentinel-2)

Кешенді түсіріс әдісін қолдану далалық және камералдық жұмыстардың тиімділігін арттыруға ықпал етті. Атап айтқанда, бір мезетте бірнеше платформа мен құралдарды (Geoscan 201, DJI Matrice 300 RTK, тахеометр және GPS-ровер) үйлестіріп қолдану арқылы жалпы жұмыс уақыты шамамен 40%-ға қысқартылды. Сонымен қатар, алынған мәліметтердің геометриялық дәлдігі $\pm 10\text{--}15$ см деңгейінде бағаланып, 1:10 000 масштабтағы топографиялық карта жасау талаптарына толықтай сәйкес келді. Бұл тәсіл су қоймасындағы

жағалаулық өзгерістерді нақты бақылауға мүмкіндік беріп, табиғи процестердің динамикасын модельдеуге жол ашты.

Зерттеу аясында алынған мәліметтер Sentinel-2 спутниктік деректерімен салыстырылды. 2023 жылғы кескіндермен салыстырғанда, 2024 жылы су деңгейінің төмендеуі байқалып, кей учаскелерде судың тартылуы 1,9 км-ге дейін жеткені тіркелді. Бұл құбылыс әсіресе оңтүстік-шығыс жағалауында анық байқалып, эрозиялық процестер мен құрғақ учаскелердің кеңеюіне алып келген. Мұндай динамика гидрологиялық тепе-теңдіктің бұзылуы және климаттық факторлардың әсері салдарынан туындағанын көрсетеді. Аталған нәтижелер су қоймасының жағалау аймағына инженерлік, экологиялық және картографиялық тұрғыдан тұрақты мониторинг жүргізудің қажеттілігін дәлелдейді [8].



1.4 - сурет – ArcGIS бағдарламасында жағалау сызығының кеңістіктік өзгерістерін айқындау

Осыған байланысты, зерттеу нәтижелері негізінде бірнеше ұсыныстар беріледі:

Біріншіден, Қазақстан Республикасы Су ресурстары комитетіне Қапшағай су қоймасында жыл сайын кешенді аэрофототүсірілім жүргізуді ұйымдастыру ұсынылады. Мұндай жүйелі мониторинг жағалау сызығының өзгерісін бақылауға, эрозиялық процестердің динамикасын талдауға және су деңгейінің ауытқуын нақты бағалауға мүмкіндік береді.

Екіншіден, алынған геокеңістіктік мәліметтерді жағалауды сақтау, экологиялық жағдайды жақсарту және жоспарлы құрылыс пен урбанизацияны басқару шараларына негіз ретінде пайдалану ұсынылады.

Үшіншіден, осы зерттеуде қолданылған кешенді түсіріс әдісін Қазақстанның басқа су қоймалары мен жағалаулық аймақтарында да масштабтап қолдану орынды деп саналады. Бұл – ұлттық деңгейдегі су ресурстарын

басқарудың сандық негізін құруға мүмкіндік береді. 1.4 - сурет жағалау сызығының кеңістіктік өзгерістерін, су аймағының таралуын және құрлықпен байланысатын аймақтардың жағдайын сипаттайтын геокеңістіктік талдау нәтижесі болып табылады. Ол спутниктік түсірілімдер мен GIS өндеудің бірігуі арқылы құрылған.

Төменде карта элементтеріне сәйкес ғылыми негізделген интерпретация берілген:

- көк және қою көк аймақтар – бұл су аймағы, яғни қойманың немесе теңіздің қазіргі нақты шекарасы. Ашық көк аймақтар – таяздықтар немесе суы тартылып бара жатқан жерлер, бұл жерлерде жағалау аймағының кеңеюі байқалады;

- сары және ашық-қоңыр жиектер – бұл жаңа пайда болған құрғақ немесе уақытша құрғап қалған учаскелер. Мұндай шекаралар әдетте су деңгейінің маусымдық немесе жылдық өзгеруінен пайда болады. Бұл суреттегі осындай аумақтар жағалаудың су түсу нәтижесінде жаңа құрлыққа айналғанын көрсетеді;

- қызыл штрихталған (штриховкамен боялған) аймақтар – бұл қауіп немесе бақылау қажет ететін аумақтар. Геоэкологиялық картада мұндай аймақтар әдетте: эрозиялық белсенді учаскелер; жағалау тұрақсыздығы жоғары; құрылысты шектеу қажет аймақтар ретінде белгіленеді;

- қою қара сызықпен қоршалған контурлар – бұл жағалаудың бұрынғы шекарасы болуы мүмкін, яғни тарихи деректермен (мысалы, 2020–2021 жж.) салыстырғанда, 2024 жылғы су шекарасынан айырмашылықты көрсетеді. Бұл шекара жағалаудың шегінісін немесе су деңгейінің төмендеуін визуалды көрсетіп тұр;

- ашық сары нүктелер мен бұлттар – бұл су бетіндегі шөгінділер немесе судағы дисперсті заттардың таралуын білдіреді. Бұл кейде ағын, лай, планктон немесе техногендік шығарындылар нәтижесінде пайда болатын көрініс. Мұндай деректер экологиялық мониторингте маңызды;

- кескіндегі геометриялық бөлік (тікбұрышты көлеңке аймағы) – бұл аэрофототүсірілім немесе спутниктік сурет жамылғысы, яғни дәл осы аумақ арнайы түсіріліммен қамтылған. Бұл жердегі ақпарат рұқсаты жоғары, әрі өңделген [9].

Картографиялық материал экологиялық мониторинг, жағалауды қалпына келтіру жобалары, инженерлік жоспарлау, сондай-ақ болашақта табиғи өзгерістерді болжау үшін маңызды дереккөз болып табылады. Сонымен қатар, картада жер пайдалану жағдайы, өсімдік жамылғысының өзгерісі, жағалаудағы құрылыс нысандарына қауіп аймақтары да топтастырылып көрсетілген.

Нәтижесінде бұл карта тек визуалды шолу ғана емес, сонымен бірге аналитикалық шешім қабылдауға негіз болатын геокеңістіктік құрал ретінде қызмет атқарады. Судың 1.9 км тартылуы мен жағалау шекарасының өзгерісі визуалды түрде айқын көрінеді. Бұл сурет сондай-ақ жаңа құрғақ аумақтарды анықтау, эрозия қауіпін бағалау және жағалауды қалпына келтіру жұмыстарына қажетті негіздеме ретінде қызмет етеді.

2 Аэрофототүсірілім

2.1 Аэрофототүсірілім туралы жалпы ұғым

Аэрофототүсірілім – Жер бетінің немесе белгілі бір объектінің үстінен ұшатын ұшақтар, тікұшақтар немесе ұшқышсыз ұшу аппараттары (ҰҰА) арқылы арнайы камералармен фотосуретке түсіру әдісі. Бұл әдіс геодезияда, картографияда, қала құрылысы жобаларында, экологиялық мониторингте және жер ресурстарын басқаруда кеңінен қолданылады. Аэрофототүсірілім нәтижесінде алынған материалдар – ортофотосуреттер, жер бедерінің сандық моделі, 3D модельдер және топографиялық карталар – кеңістіктік талдаулар жүргізу үшін негіз болып табылады.

Аэрофототүсірілімнің басты мақсаты – жер бетін дәл және нақты картаға түсіру. Бұл үшін түсірілім арнайы маршрут бойынша жүргізіледі, ал суреттерді өңдеу нәтижесінде масштабталған, геореференцияланған өнімдер алынады. Қазіргі заманғы аэрофототүсірілімнің ерекшелігі – цифрлық камералар мен автоматты ұшу жүйелерінің қолданысы арқылы жоғары дәлдікке қол жеткізу.

Аэрофототүсірілімнің шығу тарихы. Аэрофототүсірілімнің алғашқы қадамдары XIX ғасырдың ортасына тура келеді. 1858 жылы француз өнертапқышы және фотографы Гаспар-Феликс Турнашон (псевдонимі Надар) Париж қаласын әуе шарынан суретке түсіргені белгілі – бұл аэрофототүсірілім тарихындағы алғашқы оқиға ретінде саналады. Кейінірек бұл әдіс 1900-жылдары әскери мақсатта дами бастады. Бірінші дүниежүзілік соғыс кезінде ұшақтан түсірілген фотосуреттер тактикалық карталар жасау үшін қолданылды [10].

1920–1930 жылдары аэрофототүсірілім азаматтық салада да кеңінен қолданыла бастады. АҚШ-та және Еуропа елдерінде аэрофототүсірілім арқылы қалалық жоспарлау, жер кадастры және орман шаруашылығы бойынша алғашқы фотокарталар жасалды. Кеңес Одағында аэрофототүсірілім 1930 жылдары жедел дамыды. Геодезия және картография істері бойынша мемлекеттік комитеттер арнайы аэрофотоэкспедициялар ұйымдастырып, елдің әр аймағында түсірілімдер жүргізді. Қазақстан аумағында да 1940–1950 жылдары ірі масштабтағы аэрофототүсірілімдер орын алған. XX ғасырдың екінші жартысында аэрофототүсірілім техникасы жетілдіріліп, аналогтық камералардан цифрлық жүйелерге көшті. 2000 жылдардан бастап ұшқышсыз ұшу аппараттарының пайда болуы аэрофототүсірілімнің жаңа кезеңін бастады. Қазіргі таңда дрондар, жоғары рұқсаттағы сандық камералар және спутниктік навигация жүйелерімен біріктірілген жүйелер түсірілімнің сапасын, нақтылығын және қолжетімділігін бірнеше есе арттырды.

Аэрофототүсірілімнің түрлері: Тік (вертикаль) түсірілім – суреттер тік бағытта, жер бетіне перпендикуляр түсіріледі. Топографиялық карталар мен ортофотопландар үшін қолданылады. Көлбеу (облико) түсірілім – суреттер 30°–45° бұрышпен түсіріледі, бұл 3D модельдер мен визуализация үшін тиімді. Мультиспектралды және гиперспектралды түсірілім – жер жамылғысын, су

аймақтарын немесе ауыл шаруашылығын бақылауға арналған арнайы диапазондарда түсіріледі [11].

Қазіргі таңда аэрофототүсірілімнің тиімділігі үлкен аумақты қысқа мерзімде қамту, қауіпсізділік, жоғары кеңістіктік және спектралдық дәлдік, сандық карта және жер бедерінің сандық моделін жасауға толық жарамдылық, сонымен қатар автоматтандырылған өңдеу мүмкіндіктері сияқты артықшылықтарымен ерекшеленеді. Аэрофототүсірілім, әсіресе ұшқышсыз технологияларды қолдану арқылы, дәстүрлі геодезиялық әдістерге балама ретінде кеңістіктік мәліметтерді жинаудың басты көзіне айналды. Бұл әдіс Қапшағай су қоймасының жағалау сызығын зерттеу сияқты табиғи-географиялық нысандардың жағдайын тұрақты бақылау үшін таптырмас құрал болып табылады.

2.2 Ұшқышсыз ұшу аппараттары, тахеометр және GPS құрылғыларының мүмкіндіктері

Ғылыми-зерттеу және картографиялық түсірілімдерде қолданылатын заманауи геоаппараттық құралдар – жоғары дәлдікті, үнемділікті және жылдам мәлімет жинауды қамтамасыз ететін технологиялық шешімдер. Соның ішінде ұшқышсыз ұшу аппараттары (ҰҰА), тахеометр және GPS жүйелері өзара толықтырылып, кешенді әдіс ретінде қолданылуға мүмкіндік береді.

Ұшқышсыз ұшу аппараттары – басқару пунктсіз немесе автоматты жүйемен басқарылатын ұшу құрылғысы. Олардың көмегімен кеңістіктік деректер жоғары дәлдікпен және қауіпсіз түрде жиналады. Қазіргі таңда кең таралған ұшқышсыз жүйелерге Geoscan 201, DJI Matrice 300 RTK, Phantom 4 RTK секілді модельдер жатады.

Geoscan 201 – Ресейлік Geoscan компаниясы әзірлеген жоғары дәлдікті аэрофототүсірілімге арналған ұшқышсыз ұшу аппараты (ҰҰА). Бұл платформа геодезия, картография, жер кадастры, ауыл шаруашылығы, экология және табиғи ресурстарды мониторингте кеңінен қолданылады. Geoscan 201 өзінің техникалық сипаттамасы, автоматтандырылған басқару жүйесі және жоғары дәлдіктегі нәтижелерімен ерекшеленеді. Оның көмегімен кеңістіктік дәлдігі жоғары картографиялық деректер алу, табиғи нысандарды мониторингтеу және өзгерістерді жылдам бақылау мүмкіндігі қамтамасыз етіледі.

Geoscan 201 – қанатты типтегі, аэродинамикалық жағынан тиімді құрылымға ие ҰҰА. Ол жеңіл композиттік материалдардан жасалған және 90 минутқа дейін автономды түрде ұша алады. Ұшу жылдамдығы – 64–120 км/сағ аралығында, ал бір рейсте 400–800 гектар аумақты қамтуға қабілетті. Ұшу маршруты арнайы Geoscan Planner бағдарламасы арқылы жоспарланып, аппарат оны автономды түрде орындайды. Жиналған фотоматериалдар геотегтеліп, әрі қарай камералдық өңдеуге жіберіледі. 2.1 – суретке сәйкес Geoscan 201 катапульттан ұшу алдындағы көрінісі көрсетілген.



2.1 - сурет – Geoscan 201 катапульттан ұшу алдындағы көрінісі

Geoscan 201 түрлі жоғары ажыратымдылықтағы сандық камералармен (Sony Alpha A6000, RX1R II және т.б.) жабдықталады. Сурет рұқсаттылығы – 1–5 см/пиксель. RTK/PPK технологиялары арқылы координаталар нақты уақыт режимінде тіркеледі немесе кейінгі түзетумен өңделеді. Мұндай тәсіл геодезиялық дәлдікпен ортофотопландар мен жер бедерінің сандық моделін құрастыруға мүмкіндік береді. Geoscan 201 кешені келесі салаларда жоғары нәтижелілікпен қолданылады: Топографиялық картографияда 1:5000–1:25000 масштабта жаңартуда; инженерлік ізденістерде құрылыс алдындағы геодезиялық жұмыстарда; жағалау мониторингінде су қоймаларының, өзендердің жағалау сызығын бақылауда; экологиялық зерттеулер кезінде өсімдік жамылғысы мен эрозиялық өзгерістерді талдауда; ауыл шаруашылығында егістік жерлерді қашықтықтан мониторинг жасауда.

Geoscan 201 кешені бірнеше маңызды артықшылықтарға ие. Мысалы үлкен аумақтарды қысқа уақыт ішінде қамту, автономды ұшу және нақты маршрутты орындау мүмкіндігі бар, жоғары сападағы суреттер алу, RTK/PPK технологияларымен толық үйлесімділікпен жұмыс жасауы, камералдық өңдеуге бейімделген деректер форматымен қамтылуы секілді. Geoscan 201 – заманауи аэрофототүсірілімнің барлық талаптарына сай келетін жоғары технологиялық кешен. Оның көмегімен кеңістіктік деректерді қысқа мерзімде, дәл әрі үнемді түрде жинауға болады. Құрылғының техникалық сенімділігі, бағдарламалық бейімделуі және нақты координаталармен жұмыс істеу мүмкіндігі оны кәсіби геодезиялық жобаларда, соның ішінде жағалау сызығын зерттеу жұмыстарында таптырмас құралға айналдырады.

Көпвинтті ұшқышсыз ұшу аппараттары (мультикоптерлер) қысқа қашықтықтағы жоғары дәлдік талап етілетін түсірілімдер үшін таптырмас құрал

болып табылады. 2.2 – суретте көрсетілген DJI компаниясы ұсынған Matrice 300 RTK моделі кәсіпқой деңгейдегі шешім ретінде аэрофототүсірілім, геодезиялық өлшеу, инженерлік бақылау және индустриялық мониторинг салаларында кеңінен пайдаланылады. Бұл платформа-ұшу уақытының ұзақтығы, модульдік құрылымы және RTK-да нақты координаталармен жұмыс жасау мүмкіндігі арқасында нарықтағы ең сенімді жүйелердің бірі [12].



2.2 - сурет – DJI Matrice 300 RTK

Техникалық сипаттамалары:

- ұшу уақыты: 55 минутқа дейін (жүктемеге байланысты);
- ұшу қашықтығы: 15 км-ге дейін (FCC стандарты бойынша);
- максималды жүктеме: 2.7 кг;
- максималды ұшу биіктігі: 7000 м (теңіз деңгейінен);
- желге төзімділігі: 15 м/с дейін;
- көпжақты сенсорлық жүйе: алты бағытта кедергілерді автоматты тану;
- операциялық температура: -20°C-тан +50°C-қа дейін;
- байланыс жүйесі: OcuSync Enterprise (1080p сапада бейнеберілім);
- GPS қолдауы: GPS + GLONASS + Galileo + BeiDou;
- RTK қолдауы: миллиметрлік дәлдікпен координаталық анықтау.

RTK (Real-Time Kinematic) – бұл нақты уақыт режимінде жер бетіндегі нүктелердің координаталарын сантиметрлік дәлдікпен анықтауға арналған GNSS (жаһандық навигациялық спутниктік жүйе) технологиясы. Ол геодезия, құрылыс, картография, ауыл шаруашылығы және табиғи нысандарды мониторингтеу салаларында кеңінен қолданылады. RTK жүйесі GNSS сигналдарын қабылдау мен өңдеудің заманауи әдісі ретінде, дәлдігі жоғары және тиімділігімен ерекшеленеді.

RTK жүйесі екі негізгі элементтен тұрады: базалық станция және ровер. Базалық станция – координаталары дәл белгілі нүктеде орнатылатын стационарлық GNSS қабылдағыш, ал ровер – далалық жерде қозғалыста жүріп, өлшеу жүргізетін жылжымалы қабылдағыш. Базалық станция спутниктен алынған деректер негізінде қателіктерді (ионосфералық бұрмаланулар, сағат ауытқуы, орбиталық қателік және т.б.) есептейді және сол түзетулерді нақты уақытта роверге жібереді. Бұл деректер байланыс арналары арқылы (радиомодем немесе GSM/интернет) беріледі.

Ровер бұл түзетулерді қабылдап, өзінің нақты координаталарын 1–3 см дәлдікпен есептейді. Түзетулер CMR+, RTCM форматтарында берілуі мүмкін, ал байланыс UHF/VHF жиілікті радиомодемдер немесе GSM желілері (3G/4G) арқылы жүзеге асады. RTK технологиясы координаталарды нақты уақытта алуға және камералдық өңдеуді қысқартуға мүмкіндік береді.

RTK әдісінің артықшылықтары айқын: өлшеу жылдамдығы жоғары, кеңістіктік дәлдігі жоғары, жабық және күрделі бедер жағдайында да жұмыс істеуге бейім. Сонымен қатар, бұл әдіс жобаларды жеделдетіп, уақыт пен ресурсты үнемдейді.

RTK технологиясы арқылы жүргізілетін өлшеулер келесі салаларда кеңінен қолданылады:

- инженерлік-геодезиялық жұмыстар;
- құрылыс нысандарын жобалау және қадағалау;
- жер кадастрлық өлшеулер;
- ауыл шаруашылығында дәл егін егу және агродрондармен басқару;
- аэрофототүсірілімдегі тірек нүктелерін анықтау (GCP белгілеу).

Зерттеу барысында қолданылған GNSS жабдықтары ретінде ATX1230 және ATX900 көпжиілікті антенналары, RX1210 және RX1250 контроллерлері пайдаланылды. Бұл құрылғылар GPS, GLONASS, Galileo, BeiDou спутниктік жүйелерінен деректер қабылдай отырып, Windows CE платформасында жұмыс істеп, нақты уақытта өлшеу нәтижелерін басқаруға және сақтауға мүмкіндік береді. Антенналар L1/L2 жиіліктерде жұмыс істеп, көп спутниктік сигналдарды қабылдап, координаталарды есептеудің дәлдігін арттырады.

Контроллерлер GNSS антеннамен біріге отырып, жобаларды өрісте жүргізуге, өлшеу барысында объектілерді тіркеуге және түзетулер қабылдауға жағдай жасайды. RTK режимінде байланыс радиомодем немесе GSM-модем арқылы жүзеге асады. RTK-дің тағы бір түрі – интернет негізіндегі RTK (NTRIP), мұнда базалық станция түзетулерді серверге жүктейді, ал ровер оны мобильді интернет арқылы алады.

Қапшағай су қоймасының жағалау сызығын зерттеу жобасы аясында RTK технологиясы тахеометрлік тірек пункттерінің координаталарын дәл анықтау, аэрофототүсірілім деректерін географиялық тұрғыда нақтылау және ортофотоплан мен жер бедерінің сандық моделінің сапасын арттыру мақсатында пайдаланылды. Осылайша, далалық және камералдық өлшеу дәлдігі $\pm 2-3$ см шегінде қамтамасыз етіліп, алынған деректер картография мен геоақпараттық талдауға жоғары сапада енгізілді.

RTK технологиясы – қазіргі заманғы жоғары дәлдікті GNSS өлшеу әдістерінің ішіндегі ең тиімдісі. Ол геокеңістіктік зерттеулердің дәлдігі мен сенімділігін қамтамасыз етіп, уақыт үнемдеуге және жобаларды автоматтандыруға мүмкіндік береді.

Камералар және модульдер. DJI Matrice 300 RTK әртүрлі модульдік пайдалы жүктемелермен біріктіріле алады: zenmuse P1: толық кадрлы (full-frame) фотограмметриялық камера, 45 Мп, арнайы аэрофототүсірілімге арналған; zenmuse L1: лазерлік сканер (LiDAR) және RGB камерасы біріктірілген; zenmuse H20T: көпфункционалды зум, кең бұрышты, жылу камералары мен лазерлік дальномер біріктірілген кешен. P1 камерасы қолданылғанда, 3 см/пиксель дәлдікпен түсірілім жасауға болады. Фотоқабаттасу 80% фронтальды және 70% бүйірлік етіп орнатылады. RTK (Real-Time Kinematic) модулі аппаратқа орнатылған және жер үстіндегі GNSS базалық станциямен немесе виртуалды референстік станциямен байланысады. Бұл нақты уақыт режимінде координаталар дәлдігін арттырып, 2–3 см ішіндегі позициялау қатесін қамтамасыз етеді. Сонымен қатар, деректер PPK (Post-Processed Kinematic) форматында да экспортталып, камералдық өңдеуде пайдалануға болады. Бағдарламалық қамтамасыз ету [13].

DJI Matrice 300 RTK кешені пайдаланушыға ыңғайлы және толық автоматтандырылған басқару ортасымен жабдықталған. Ұшуды басқару және миссияларды жоспарлау үшін DJI Pilot қосымшасы пайдаланылады, ол Android негізінде жұмыс істейді. Бұл бағдарлама арқылы оператор ұшу маршруттарын алдын ала құрып, суретке түсіру параметрлерін орната алады, сонымен қатар аппараттың күйін нақты уақыт режимінде бақылап отырады. Камералдық өңдеу үшін DJI Terra бағдарламасы ұсынылады. Ол түсірілген фотосуреттерден ортофотопландар, 3D модельдер және жер бедерінің сандық моделін құруға мүмкіндік береді. Бағдарлама RTK және PPK түзетулерін қолдай отырып, геокеңістіктік деректердің жоғары дәлдігін қамтамасыз етеді. Сонымен қатар, DJI Matrice 300 RTK танымал үшінші тарап бағдарламаларымен – Pix4D, Agisoft Metashape, DroneDeploy сияқты фотограмметриялық және геоөңдеу платформаларымен толық үйлесімді. Бұл өңдеу орталарында түсірілген материалдарды векторлық картаға түсіру, аумақтық талдау және мониторинг нәтижелерін визуализациялау жүзеге асырылады.

GPS-ровер – жаһандық навигациялық спутниктік жүйеге (GNSS) негізделген координаталарды нақты уақыт режимінде анықтауға арналған жылжымалы геодезиялық құрал. Бұл құрылғы топографиялық түсірілім, құрылысқа дайындық, кадастр және инженерлік-геодезиялық жұмыстарда кеңінен қолданылады. 2.3 суретке сәйкес Leica Geosystems компаниясы ұсынған Leica 1200 сериясындағы ровер – жоғары дәлдікпен жұмыс істеуге арналған кәсіби шешімдердің бірі. Leica 1200 жүйесі RTK (Real-Time Kinematic) технологиясына негізделген және базалық станциямен бірге жұмыс істеп, сантиметрлік дәлдікпен координаталарды анықтауға мүмкіндік береді. Жүйе бірнеше құрамдас бөліктен тұрады: GNSS-антенна, контроллер, радиобайланыс құрылғысы және керек-жарақтар.

GNSS антеннасы – ATX1230 немесе ATX900 модельдері – жоғары дәлдікті геодезиялық өлшеулерге арналған көпжиілікті қабылдағыштар қатарына жатады. Бұл антенналар GPS (NAVSTAR), GLONASS, Galileo, BeiDou және QZSS сияқты жаһандық навигациялық спутниктік жүйелердің (GNSS) сигналдарын сенімді түрде қабылдай алады. Қос жиілікті жұмыс істеу режимі (L1/L2) ионосфералық бұрмалануларды азайтуға, ал көп спутниктік жүйені қатар пайдалану қашықтық дәлдігін арттыруға және сигнал үзілістерін азайтуға мүмкіндік береді.

Антенна жермен байланыстағы нүктенің координаталарын анықтауда базалық және роверлік (жылжымалы) станциялар құрамында жұмыс істейді. Оның құрылымы мультижолалы қабылдағышты, сүзгілер мен фазалық орталықты қамтиды. ATX900 және ATX1230 модельдері анти-көпжолалық (anti-multipath) технологиясымен жабдықталған, бұл қалалық және орманды жерлерде жұмыс істеу кезінде артық сигналдар әсерін азайтуға көмектеседі.

Контроллер ретінде RX1210 немесе RX1250 терминалдары қолданылады. Олар Windows CE операциялық жүйесінде жұмыс істейді және Touch Screen, Bluetooth, USB, Compact Flash және SD Card интерфейстерімен жабдықталған. Бұл құрылғылар өлшеу параметрлерін басқару, мәліметтерді сақтау, жобалық файлдармен жұмыс жасау, визуализация және далалық деректерді алдын ала өңдеу мүмкіндіктерін ұсынады.



2.3 - сурет – Leica GX1230 System 1200 GPS

Техникалық сипаттамалары келесідей: көлденең дәлдік ± 10 мм +1 ppm, тік дәлдік ± 20 мм +1 ppm, деректерді сақтау SD-карта арқылы жүргізіледі, аккумулятор 8–10 сағатқа дейін жұмыс істей алады, ал жұмыс температурасы -

20°C-тан +55°C-қа дейінгі аралықта. Leica 1200 GPS-ровері келесі міндеттерді орындай алады: топографиялық және кадастрлық түсірілім, құрылыстағы нүктелерді шығару (stake-out), геодезиялық маркершіктерді орнату, in-field координаталарды есептеу, сондай-ақ түсірілген деректерді кейінгі өңдеу үшін сақтау (PPK). Контроллердегі Leica SmartWorx бағдарламасы операторға құрылғыны оңай басқаруға, координаталық жүйелерді орнатуға, деректерді жүктеуге және нақты уақыт режимінде бақылауға мүмкіндік береді. GPS-ровердің артықшылықтарына оның жоғары дәлдігі, ауа райына төзімділігі, бірнеше спутниктік жүйені қолдауы, әмбебаптығы және жылдам жұмыс істеу мүмкіндігі жатады. Бұл құрылғыны қолдану нәтижесінде аэрофототүсірілімнің тірек нүктелерін нақтылау, координаталық негіз құру, инженерлік нысандарды дәл белгілеу сынды жұмыстар тиімді жүзеге асырылады. Осылайша, Leica 1200 негізіндегі GPS-ровер геокеңістіктік зерттеулерде, құрылыс және кадастр салаларында таптырмас заманауи құрал ретінде ерекшеленеді. Оның RTK технологиясына негізделген нақты координаталарды қамтамасыз ету мүмкіндігі геодезиялық процестердің дәлдігін және өнімділігін арттырады [14].

2.4 – суретке сәйкес Leica Nova TS60 – бұл Leica Geosystems компаниясының жоғары технологиялы геодезиялық өлшеу құралы, ол бүгінгі таңда нарықтағы ең дәл роботтандырылған тотал станциялардың бірі болып саналады. Құрылғы күрделі метеожағдайларда және техникалық тұрғыдан қиын нысандарда жұмыс істеуге арнайы бейімделген. Оның артықшылықтары – жоғары дәлдік, интеллектуалды бақылау жүйесі, автоматтандырылған режим және GNSS жүйелерімен толық интеграция.



2.4 - сурет – Leica Nova TS60

TS60 тотал станциясы ATRplus деп аталатын автоматты нысана тану технологиясымен жабдықталған. Бұл жүйе призма нысанасын жоғары жылдамдықпен тауып, оны үзіліссіз бақылап отыра алады. Мұндай мүмкіндік бір

оператордың жұмысын анағұрлым жеңілдетіп, далалық жұмыстардың жылдам әрі тиімді орындалуын қамтамасыз етеді. Құрылғы Leica Captivate сенсорлық басқару интерфейсімен жұмыс істейді. Бұл платформа 3D визуализацияға негізделген, қолданушыға өлшеу нәтижелерін тікелей далалық жағдайда қарап, өңдеуге мүмкіндік береді. Captivate арқылы деректерді құрылыс нүктелеріне шығару, тіркеу, координаталық жүйелерді ауыстыру және жер бедерін модельдеу сияқты күрделі тапсырмалар оңай орындалады.

Leica Nova TS60 тотал станциясының техникалық сипаттамалары ерекше жоғары дәлдікпен сипатталады: бұрыш өлшеу дәлдігі – 0.5 секунд, ал қашықтық өлшеу дәлдігі – 0.6 мм + 1 ppm призма арқылы және 2 мм + 2 ppm бейпризмалық режимде. Қашықтықты өлшеу ауқымы призма арқылы 10 000 метрге дейін, ал бейпризмалық режимде 2000 метрге дейін жетеді. Сонымен қатар, құрылғы қоршаған ортаның әсерінен қорғалатын IP65 стандартына сай жасалған, -20°C-тан +50°C температурада жұмыс істей алады [15].

Leica Nova TS60 Wi-Fi, Bluetooth, USB және 4G модем арқылы деректер алмасуды қамтамасыз етеді. Құрылғы GNSS қабылдағыштарымен, нивелирлермен және геоақпараттық жүйелермен біріктіріліп, толық өлшеу кешенін құруға мүмкіндік береді. Бұл оны SmartStation немесе SmartPole конфигурацияларында қолдануға ыңғайлы етеді. Құрылғының басты артықшылықтары: әлемдегі ең жоғары дәлдік, кез келген ауа райында жұмыс істеу мүмкіндігі, автоматты бағыттау мен нысана тану, нақты уақытта өлшеу және визуалдау мүмкіндіктері. Leica Nova TS60 – дәл өлшеуді, сенімділікті және автоматтандыруды талап ететін кез келген геодезиялық немесе құрылыс жұмысы үшін ең үздік шешім. Оның заманауи функциялары мен жоғары технологиялық мүмкіндіктері оны кәсіби инженерлер мен ғалымдардың негізгі таңдауына айналдырады.

2.3 Аэрофототүсірілім жүргізу кезеңдері

Аэрофототүсірілім – күрделі құрылымды, көпсатылы процесс, оның әрбір кезеңі алынатын кеңістіктік деректердің сапасына тікелей әсер етеді. Бұл үдеріс төрт негізгі кезеңнен тұрады: дайындық, далалық түсірілім, камералдық өңдеу және геоақпараттық талдау. Әрбір кезеңнің ішкі құрылымы мен орындалу реті ғылыми-әдістемелік талаптарға сай ұйымдастырылады.

Жоспарлау кезеңі. Аэрофототүсірілім жұмыстарының бастапқы және аса маңызды кезеңдерінің бірі – жоспарлау. Бұл кезеңде зерттеу объектісінің ерекшеліктеріне сәйкес түсірілім мақсаты мен міндеттері нақты айқындалады. Жоспарлау барысында аэрофототүсірілім жүргізілетін аумақтың географиялық орны, рельефі, климаттық жағдайлары және инфрақұрылымдық кедергілері (биік ғимараттар, орман жамылғысы, электр желілері) жан-жақты талданады. Ұшудың негізгі параметрлері – биіктігі, бойлық және көлденең қабаттасу пайызы (әдетте 70–85%), фотокамераның фокус арақашықтығы мен матрицасының өлшемі, сондай-ақ жердегі бір пиксельге сәйкес келетін нақты өлшем – GSD (Ground

Sampling Distance) – есептеледі. Бұл мәліметтер ұшу маршрутын автоматты түрде құру үшін арнайы бағдарламаларда (мысалы, UgCS, DJI Terra, DroneDeploy) пайдаланылады. Сонымен қатар, жердегі тірек нүктелерін (GCP) орналастыру жоспары түзіледі, олар кейінгі геореференциялау процесінде шешуші рөл атқарады.

Далалық кезең (ұшу жұмыстары). Далалық кезеңде жоспарланған ұшу тапсырмалары нақты жүзеге асырылады. Бұл кезеңге дейін ұшқышсыз ұшу аппараты (ҰҰА), фотокамералар және байланысты техникалық құралдар толық тексерістен өткізіледі. Ұшу алдында барлық навигациялық және RTK/PPK жүйелерінің жұмысқа қабілеттілігі тексеріледі. Сонымен қатар, батареялардың толық зарядталғандығы және байланыс модульдерінің дұрыстығы анықталады. Егер түсірілім GCP-ге негізделсе, онда алдын ала таңдалған жерлерде жердегі тірек нүктелері орнатылады және олардың дәл координаталары геодезиялық әдістермен (GNSS, тахеометр) анықталады. Бұдан соң ұшу маршруты бойынша автоматтандырылған түсірілім орындалады. Ұшулар кезінде метеожағдайлар қатаң бақыланады, себебі жел, жауын-шашын немесе бұлттылық суреттер сапасына теріс әсер етуі мүмкін. Деректер жиналғаннан кейін кадрлардың сапасы (айқындылығы, жарықтығы, қабаттасуы) тексеріліп, қажет болған жағдайда қайта түсіру ұйымдастырылады.

Камералдық өңдеу кезеңі. Аэрофототүсірілімнің ең күрделі және еңбек сыйымды кезеңі – камералдық өңдеу. Бұл кезеңде алынған суреттер арнайы фотограмметриялық бағдарламалық қамтамасыз етулер (Agisoft Metashape, Pix4Dmapper, RealityCapture) көмегімен өңделеді. Бірінші кезекте суреттер сұрыпталып, сапасы төмен немесе қайталанатын кадрлар жойылады. Кейін суреттерді автоматты тігу және аэротриангуляция (камера орнын және бағытын анықтау) жүзеге асырылады.

Егер GCP қолданылған болса, онда бұл тірек нүктелердің координаталары енгізіліп, жобаны нақты координаталық жүйеге геореференциялау жүргізіледі. Нәтижесінде жоғары дәлдікті ортофотожоспар, үшөлшемді модель (3D), сандық жер бедері моделі (DEM/DTM) және нүктелік бұлт (point cloud) құрастырылады. Өңделген деректер негізінде қажетті векторлық қабаттар (мысалы, биіктік сызықтары, су айдындары, жолдар) алынуы мүмкін. Қорытынды кезеңде өнімнің геодезиялық дәлдігі сапа бақылауы арқылы тексеріледі (мысалы, RMS error көрсеткіштері арқылы) [16].

2.3.1 Жоспарлық-биіктік негіздеме жасау

Жоспарлық-биіктік негіздеме – топографиялық және аэрофототүсірілім жұмыстарының дәлдігі мен үйлесімділігін қамтамасыз ететін бастапқы геодезиялық база. Ол зерттелетін аумақты бірыңғай координаталық жүйеге байлау, кеңістіктік деректердің салыстырмалылығын қамтамасыз ету және карта жасау кезінде абсолюттік дәлдікке жету үшін қолданылады. Қапшағай су қоймасының жағалау сызығын зерттеу барысында жоспарлық-биіктік негіздеме

кешенді түсіріс әдісінің ең маңызды компоненттерінің бірі ретінде қарастырылды.

Жоспарлық-биіктік негіздеме – кеңістіктік-геодезиялық зерттеулер мен инженерлік жобалауларда қолданылатын, нақты координаталармен сипатталатын тірек пункттерін (GCP) орнату және өлшеу жүйесі. Ол кез келген аэрофототүсірілім, картографиялық өңдеу, құрылыс-монтаж жұмыстары, деформация мониторингі немесе жер бедерінің сандық моделін жасау процестерінің негізін қалайды.

Жоспарлық-биіктік негіздеме жасау – бұл геодезиялық өлшеулер мен кеңістіктік деректердің нақты координаталар жүйесінде тіркелуін қамтамасыз ететін кеңістіктік геодезиялық базис. Оның негізгі міндеттері:

- Картографиялық өнімдерге координаталық дәлдік беру;
- Аэрофототүсірілім кадрларын географиялық жүйеге байлау;
- Тірек пункттері арқылы GCP жүйесін құру;
- Ортофотоплан мен жер бедерінің сандық моделін құруда нақты координаталық негіз қалыптастыру;
- Жергілікті және жаһандық координаталар жүйесін біріктіру;
- Жер бедерінің биіктік және көлденең модельдерін жасауға жағдай жасау.

Бұл жүйе – түсіріс, дешифрлеу және камералдық өңдеудегі барлық кезеңдердің дәлдік пен сапа кепілі.

Жоспарлық негіздеме – жергілікті жердегі нүктелердің көлденең координаталарын (X, Y) анықтайтын жүйе. Ол жер бедерін картаға түсіру, аэрофототүсірілім мен объектілерді планға енгізу үшін қажет.

Биіктік негіздеме – нүктелердің биіктігін (H) анықтауға бағытталған. Ол жер көлемін бағалау, су ағымдарын есептеу, гидротехникалық нысандар жобалау үшін міндетті.

Біріккен жоспарлық-биіктік тірек жүйесі – геодезиялық торлар арқылы біріктірілген, күрделі координаталық анықтамалық желі. Нақты жобаларда GCP (Ground Control Points) арқылы құрылады.

Геометриялық орналасуы – тірек пункттері аумақтың шеткі және орталық бөліктерінде бірқалыпты орналасуы тиіс (тең бүйірлі үшбұрыш немесе трапеция тәрізді құрылым ұсынылады);

– Көрінетін жерлерге орнату – дрон немесе фотокамера суретінде анық көрінуі қажет;

- Қозғалмайтын бетке орналастыру – асфальт, бетон, қатты топырақ;
- Физикалық белгісі болуы – боялған крест, QR маркер, метка, тақтайша;
- Қолданылатын координаталық жүйе – WGS-84, UTM, жергілікті мемлекеттік жүйелер;
- Өлшеу дәлдігі – RTK әдісімен $\pm 2-3$ см, тахеометрмен $\pm 1-2$ см шегінде;
- Құжаттама – әр GCP нүктесі үшін паспорт, фотобекіту, координаталық кесте, өлшеу журналдары болуы керек.

– Аумақтың бедері мен масштабына байланысты тірек пункттерінің саны есептеледі (орта есеппен әр 100–150 гектарға 5–10 GCP);

- Тірек пункттері орнатылады және физикалық түрде боялады;
- RTK әдісі немесе тахеометр арқылы координаталар мен биіктік анықталады;

- Мәліметтер GNSS контроллерге енгізіліп, далалық актілер жасалады;
- Фотофиксация жүргізіледі (әр GCP түсірілім кадрында көрінуі қажет).

Координаталар WGS-84 және жергілікті жүйеде салыстырылады; GCP координаталары ортофототүсірілім жобасына енгізіледі; аэротриангуляция мен фотограмметриялық өңдеу дәлдікпен орындалады; қателіктер есептеліп, орташа квадраттық ауытқу анықталады.

Қапшағай су қоймасы жағалауын зерттеу барысында жоспарлық-биіктік негіздеме жасау жұмыстың дәлдігін қамтамасыз ететін алғашқы және маңызды кезең болды.

Зерттеу объектісі үш секторға бөлініп, әрқайсысына 5–7 тірек пункті орнатылды. Тахеометр және GNSS RTK құрылғыларының көмегімен алынған координаталар WGS-84 жүйесінде тіркелді. Осы тірек пункттерінің көмегімен:

- Аэрофотосуреттер нақты координаталық жүйеге келтірілді;
- Жер бедерінің сандық моделі және ортофотоплан жоғары дәлдікпен құрылды;
- Жағалау шекарасының өзгерісі, су деңгейі мен құрғақ аумақтар дәл көрсетілді.

Жоспарлық-биіктік негіздеме – кеңістіктік дәлдік пен сенімділікке негіз болатын маңызды геодезиялық элемент. Оның көмегімен барлық түсіріс, карта жасау және геоақпараттық талдау нәтижелері нақты координаталармен байланыстырылып, инженерлік жобалардың, экологиялық мониторингтің, құрылыс бақылауының негізі қаланады.

Кешенді түсіріс әдісінде жоспарлық-биіктік негіздеме жасау – уақыт пен ресурсты үнемдеумен қатар, зерттеу сапасын арттыратын негізгі кезеңдердің бірі.

Зерттеу жұмысының мақсаты – жағалаудың қазіргі жағдайын жоғары нақтылықпен сипаттау болғандықтан, барлық аэрофотосуреттер мен жер бедерінің сандық моделі нақты координаталық жүйеге тіркелуі қажет болды. Бұл талапты орындау үшін зерттеу аумағы бойында геодезиялық опорлық пункттер орнатылып, олардың координаталары WGS 84 және жергілікті топографиялық жүйелерде анықталды. Бұл тірек нүктелер әрі қарай ортофотоплан жасау, 3D модель құрастыру және жағалау сызығын цифрлық картаға түсіру кезінде кеңістіктік дәлдікті қамтамасыз етті.

Жоспарлық-биіктік негіздемені жасау үш негізгі кезеңнен тұрды: далалық өлшеу, деректерді өңдеу және координаталық жүйеге сәйкестендіру. Алдымен қойма жағалауы бойымен таңдалған тұрақты және визуалды жағынан анық көрінетін орындарда опорлық пункттер орнатылды. 2.5 – суретке сәйкес тірек нүктелердің координаталары Leica GPS 1200 GNSS-ровері және Leica тахеометрі арқылы RTK (Real-Time Kinematic) және статикалық режимде өлшенді. Әрбір тірек нүктеге қатысты көлденең (план) және тік (биіктік) координаталар алынды.



2.5 - сурет – «Старый» геодезиялық пункті

Жоспарлық жүйеде координаталар WGS 84 жүйесінде алынғанымен, камералдық өңдеу кезінде жергілікті координаталық жүйеге қайта есептелді. Биіктік деректері Балтық теңізінің нөлдік деңгейіне сәйкес келетін Қазақстанның мемлекеттік жүйесімен сәйкестендірілді. Бұл трансформация жұмыстары QGIS, Global Mapper, және Leica Geo Office бағдарламалық жасақтамасы арқылы жүзеге асырылды.

Анықталған тірек нүктелер фотограмметриялық өңдеу барысында ортофотопландарға «жерге байлау» нүктелері (Ground Control Points – GCP) ретінде енгізілді. Бұл операция Agisoft Metashape бағдарламасында жүзеге асырылып, фотосуреттермен автоматты түрде сәйкестендірілді. Мұндай байланыстыру нәтижесінде жалпы фотограмметриялық модельдің дәлдігі ± 10 – 15 см шегінде сақталды. Сонымен қатар, опорлық жүйе жағалау бойындағы жер бедерінің сандық моделін және жағалау сызығының өзгерісін зерттеу үшін пайдаланылды.

Жоспарлық-биіктік негіздеме жасау кезінде бірнеше талаптар сақталды. Біріншіден, тірек нүктелердің бір-бірінен алшақтық интервалы шамамен 800–1000 м аралығында болуға тиіс, яғни түсірілген аумақтың масштабы мен бедеріне байланысты. Екіншіден, әр нүкте мүмкіндігінше ашық жерде, тұрақты құрылымда және бірнеше фотосуретте көрінетіндей орналасуы қажет болды. Үшіншіден, координаталық деректердің сенімділігі бақылау өлшемдері мен деректерді қайта тексеру арқылы расталды.

Зерттеу барысында құрылған жоспарлық-биіктік негіздеме жағалау сызығын жоғары нақтылықпен картаға түсіруге ғана емес, сонымен қатар 2020 және 2023 жылдардағы спутниктік деректермен салыстырмалы талдау жүргізуге мүмкіндік берді. Су деңгейінің жыл сайынғы өзгерістері, эрозия аймақтарының

шекаралары, құрғап қалған аумақтар мен жаға сызығындағы шегініс немесе ұлғаю нақты өлшеніп, сандық тұрғыда есептелді.

Жоспарлық-биіктік негіздеме – диссертациялық зерттеуде қолданылған кешенді түсіріс әдісінің іргелі және техникалық негізін құрады. Ол барлық кеңістіктік мәліметтердің дәлдігіне, үйлесімділігіне және салыстырмалылығына жауап беретін маңызды буын болды. Бұл негіздеме болмаса, аэрофотосуреттер мен жер бедерінің сандық модельдің ғылыми және практикалық құндылығы едәуір төмен болар еді [17].

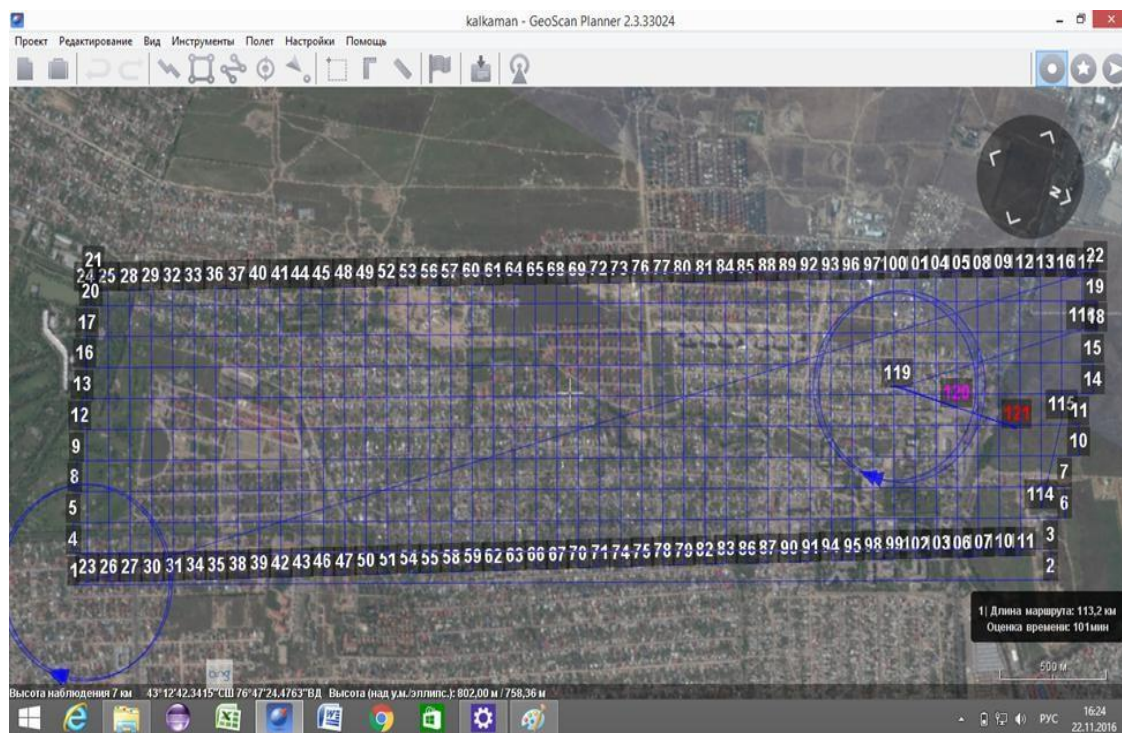
2.3.2 Аэрофототүсірілім жұмыстарын жоспарлау

Аэрофототүсірілім – бұл кеңістіктік деректерді жоғары нақтылықпен және тиімділікпен алуға мүмкіндік беретін заманауи геодезиялық әдіс. Ол табиғи ландшафтардың, су айдындарының, урбанизацияланған және ауылдық аумақтардың жағдайын зерттеу мен мониторинг жүргізуде ерекше маңызға ие. Алайда мұндай жұмыстардың сапасы мен нәтижелілігі түсірілімді жоспарлауға тікелей байланысты. Түсірілім дұрыс ұйымдастырылмаған жағдайда, алынатын мәліметтердің нақтылығы төмендеп, камералдық өңдеу қиындай түседі. Сондықтан зерттеу жұмысы аясында Қапшағай су қоймасының жағалау сызығын анықтаумен қатар, осы аумақ бойынша 1:10 000 масштабтағы цифрлық топографиялық картаны жасау аэрофототүсірілімді алдын ала мұқият жоспарлаудан басталды.

Зерттеу нысаны географиялық тұрғыдан кең аумақты қамтығандықтан, оны үш секторға – оңтүстік, солтүстік және шығыс жағалауға бөлу арқылы логистикалық және техникалық құрылымды оңтайландыру жүзеге асырылды. Әр секторға жеке маршруттар дайындалып, түсірілімнің биіктігі, шолу ені, қабаттасу дәрежесі есептелді. Бұл процестер 2.6 – суретте көрсетілген Geoscan Planner 2.0 бағдарламалық жасақтамасы арқылы жүзеге асырылды, онда ұшу жолағының ені 1.2 км, фронтальды жабындылығы 80%, бүйірлік жабындылығы 60% етіп белгіленді. Бұл конфигурация аэрофотосуреттерді фотограмметриялық тұрғыдан толық қайта өңдеу үшін жеткілікті ақпаратпен қамтамасыз етті.

Аэрофототүсірілім жұмыстары Geoscan 201 ұшқышсыз ұшу аппаратымен және DJI Matrice 300 RTK дронымен қатар жүргізілді. Geoscan 201 кең аумақты шолу биіктігінде (350 м) қамтып, ортофотоплан мен сандық жер бедері моделін жасауға мүмкіндік берсе, DJI Matrice 300 RTK төмен биіктіктен (60–120 м) жағалаудың күрделі бедерлі, көлеңкелі және биік жапырақты өсімдік жамылғысы бар учаскелерін егжей-тегжейлі нақтылау үшін қолданылды. Сонымен қатар, Leica тахеометрі мен GPS-ровері арқылы жергілікті тірек пункттерінің координаталары өлшеніп, барлық фотосуреттерді геодезиялық тұрғыдан дәл «жерге байлау» қамтамасыз етілді [18].

Аэрофототүсірілім жұмыстарының дұрыс жоспарлануы әрі толық орындалуы 1:10 000 масштабтағы топографиялық картаны жасауға қажетті барлық техникалық талаптарды қамтамасыз етті.



2.6 - сурет – Geoscan Planner бағдарламасында аэрофототүсірілімді жоспарлау

Бұл масштабта 1 мм картада 10 метр жергілікті арақашықтыққа сәйкес келеді, сондықтан ортофотоплан мен векторлық қабаттардың геометриялық дәлдігі $\pm 10\text{--}15$ см шегінде болуы шарт. Зерттеу барысында түсірілген фотосуреттер Agisoft Metashape арқылы өңделіп, ортофотопландар, 3D модельдер және жер бедерінің сандық моделі жасалды. Ал AutoCAD, QGIS, Credo DAT бағдарламаларында алынған деректердің векторизациясы жүргізілді. Жағалау сызығының нақтыланған шекарасы, су аймағы, құрғаған бөліктер, тасты және құмды аумақтар, инфрақұрылым нысандары (жол, бөгет, құрылымдар) арнайы қабаттарда бейнеленіп, 1:10 000 масштабтағы цифрлық карта құрылды. Нәтижесінде бағдарлама маршруттар мен кадрлардың санын, сондай-ақ кадрлар орталықтарының координаттарын есептеді. 3D моделін құру үшін «крест» ұшуын орындауды ұсынды.

2.3.3 Аэрофототүсірілімнің далалық жұмыстарын жүргізу

Аэрофототүсірілімнің далалық кезеңі – кеңістіктік деректерді жинау мен нақты геоақпараттық материалдарды құрастырудағы негізгі бөлік. Бұл кезең – болашақтағы камералдық өндеудің, картографиялық өнімдердің сапасын айқындайтын шешуші фактор. 2.7 – суретке сәйкес Қонаев қаласы мен Қапшағай су қоймасының маңын қамтитын зерттеу аумағында әрбір технологиялық кезең жоспарлы түрде жүргізіліп, әрбір жұмыс бөлігі алгоритмге сәйкес орындалды. Бұл процестердің барлығы 1:10 000 масштабтағы жаңартылған карта жасауға бағытталды.



2.7 - сурет – Geoscan-201 парашютпен қону көрінісі

Ұшу және аэрофототүсірілім. Geoscan 201 ҰҰА арқылы бүкіл аумақ – Қапшағай су қоймасы жағалауы мен Қонаев қаласы маңы кеңістігі биіктігі 350 м деңгейінде түсірілді. Бұл құрал фронтальды 80%, бүйірлік 60% жабындылықпен жоғары сапалы фотосуреттер алуға мүмкіндік берді. Түсірілім кезінде әрбір тірек пункт нақты кадрларда көрінетіндей етіп орналасқан. Қала маңындағы күрделі бедерлер мен биік құрылыс нысандары бар аумақтарда DJI Matrice 300 RTK дроны қолданылды. Бұл аппарат төмен биіктіктен (60 – 120 м) нақтылау мақсатында жұмыс істеп, ғимараттар, жол тораптары, жасыл желек шекаралары мен инфрақұрылым нысандарын егжей-тегжейлі сипаттайтын деректерді берді. RTK технологиясы арқылы фотосуреттердің геотегтері сантиметрлік дәлдікпен жазылды [19].

Тірек пункттерді геодезиялық байлау. Geoscan және DJI аппараттарынан алынған фотосуреттердің кеңістіктік дәлдігін қамтамасыз ету мақсатында тірек нүктелері Leica GPS-ровер мен тахеометр арқылы өлшеніп, WGS-84 және мемлекеттік координат жүйесіне келтірілді. Бұл нүктелер кейін камералдық өңдеу кезеңінде ортофотопландар мен 3D модельдерді дәл географиялық орнына түсіруге көмектесті.

Аэрофототүсірілімнен кейін кейбір аумақтарда жергілікті тексеру жүргізілді. Бұл процесте фотосуреттерден анық көрінбейтін немесе түсіру кезінде көлеңкеде қалған нысандар нақты GPS координаттармен бекітілді. Бұл әсіресе Қонаев қаласының урбанизацияланған аймақтарында маңызды болды. Аталған шаралардың нәтижесінде Қонаев қаласы мен Қапшағай су қоймасының жағалауы бойынша толыққанды, дәл әрі құрылымдалған кеңістіктік деректер жинақталды. Бұл деректер кейін камералдық өңдеуге жіберіліп, жаңартылған 1:10 000 масштабтағы цифрлық картаға негіз болды. Қала шекарасы, құрылыс нүктелері, жол желісі, табиғи-климаттық аумақтар, жасыл аймақтар және жағалау ауысымдары толық бейнеленді.

Тірек пункттері – геодезиялық дәлдікті қамтамасыз ететін кеңістіктік жүйенің негізгі элементі болып табылады. Олар жергілікті және жаһандық координаталар жүйесінде нақты анықталған координаталармен сипатталады және аэрофототүсірілім, топографиялық карта жасау, құрылыс, кадастрлық жұмыстар және кеңістіктік талдау үдерістерінде маңызды рөл атқарады.

Жалпы алғанда, тірек пункттері екіге бөлінеді: пландық (горизонталь) тірек пункттері және биіктік (вертикаль) тірек пункттері. Пландық пункттер жер бетіндегі нүктелердің X, Y координаталарын анықтау үшін қолданылады, ал биіктік пункттері H – биіктік мәнін көрсетеді. Қазіргі заманда кеңінен қолданылып жүрген GCP (Ground Control Point) – яғни опорлық жерүсті нүктелері – аэрофототүсірілім кезінде түсірілген суреттерді географиялық тұрғыда дәл сәйкестендіру үшін пайдаланылады. Олар ортофотоплан жер бедерінің сандық моделін құру кезінде аса қажет.

Тірек пункттеріне қойылатын негізгі талаптар:

- Түсірілім кадрларында жақсы көрінуі (контрастты маркерлер: ақ-қара, крест тәрізді);
- Орнықтылық (бетон, асфальт немесе қатты топырақ бетіне орнатылуы);
- Аумақта теңдей және тиімді орналасуы (орталық және шеткі бөліктерде);
- Тахеометрлік немесе GNSS RTK әдісімен өлшеніп, $\pm 2-3$ см дәлдікпен алынуы;
- WGS-84 және жергілікті координаталар жүйесінде көрсетілуі.

Тірек пункттері келесі жұмыс кезеңдері арқылы орнатылады:

Алдымен аумақтың жалпы құрылымы мен бедері ескеріліп, тірек нүктелерінің саны мен орны жобаланады. Әдетте бір ұшу полигонына 5–15 GCP жеткілікті. Арнайы бояу немесе белгі қою арқылы физикалық маркер нүктеге орнатылады. Одан кейін GNSS RTK немесе тахеометр көмегімен бұл пункттердің координаталары жоғары дәлдікпен өлшенеді. Әр нүкте түсірілім кадрларында анық көрінетіндей болуын қамтамасыз ету маңызды.

Зерттеу барысында Қапшағай су қоймасының жағалау сызығын кешенді зерттеу жобасында тірек пункттері ерекше рөл атқарды. GCP нүктелері аэрофототүсірілім барысында түсірілген суреттерге байланыстырып, ортофотоплан мен 3D модельдерді дәл географиялық кеңістікте орналастыруға мүмкіндік берді. Бұл арқылы алынған картографиялық өнімдердің кеңістіктік дәлдігі артты. Сонымен қатар, тірек пункттерінің көмегімен жағалау сызығындағы өзгерістерді нақты координаталарда бейнелеу мүмкін болды.

Тірек пункттері тахеометрмен немесе GNSS құрылғыларымен өлшеніп, координаталары WGS-84 және мемлекеттік жүйе форматында тіркелді. Олар арқылы ортофотоплан, жер бедерінің сандық моделі және 1:10 000 масштабтағы карта жоғары дәлдікпен құрастырылды.

Қорытындылай келе, тірек пункттері – кез келген кеңістіктік-геодезиялық жобаның негізін құрайтын, мәліметтердің дәлдігі мен сенімділігін қамтамасыз ететін міндетті компонент. Оларсыз алынған суреттер жай визуалды ақпарат қана болар еді. Сондықтан тірек пункттерін дұрыс орнату мен өлшеу – картография мен геоталдаудың сапасына тікелей әсер ететін аса маңызды кезең.

2.4 Дешифрлеу жұмыстары

Дешифрлеу жұмыстары – аэрофототүсірілім мен жердегі түсірістерден алынған мәліметтерді визуалды және аналитикалық түрде талдап, әртүрлі табиғи және техногендік объектілерді анықтау, жіктеу, картаға түсіруге көмектесті. Бұл зерттеудің ең маңызды кезеңдерінің бірі болып саналады, себебі дәл осы кезеңде суреттерден нақты мазмұн алынып, олар цифрлық картаға ауыстырылады.

Аэрофототүсірілім немесе спутниктік суреттер негізінде географиялық объектілердің морфологиялық, құрылымдық, түстік, текстуралық және кеңістіктік белгілерін талдай отырып, олардың табиғатын тану үдерісі дешифрлеу деп аталады. Бұл – геодезиялық, экологиялық және картографиялық зерттеулердің маңызды кезеңі болып табылады. Қапшағай су қоймасының жағалау сызығын кешенді зерттеу барысында дешифрлеу жұмыстары – жағалаудың өзгерістерін, су айдынының шекарасын, эрозиялық аймақтарды және құрғақ учаскелерді нақты ажыратып, картада көрсету үшін негізгі аналитикалық құрал ретінде қолданылды.

Дешифрлеу жұмыстары ортофотоплан, рельефтің сандық моделі, спутниктік суреттер (Sentinel-2) және тахеометрлік өлшеулер негізінде жүргізілді.

Дешифрлеудің негізгі мақсаты – визуалды немесе камералдық тәсілмен түсірілім материалдарында бейнеленген табиғи және антропогендік объектілердің мағынасын ашу, оларды кеңістіктік картаға енгізуге жарамды ету.

Дешифрлеу кезінде әрбір объект пішіні, түсі, текстурасы, көлеңкесі, орналасуы және қоршаған ортамен байланысы сияқты сипаттамаларға қарай талданады. Бұл белгілердің жиынтығы объектілерді сенімді түрде сәйкестендіруге және кеңістіктік шекараларын нақты анықтауға мүмкіндік береді. Жағалау шекарасы, өсімдік жамылғысы, эрозиялық процестер, құрғаған аумақтар секілді элементтерді картаға енгізу үшін дешифрлеу — басты кезең болып табылады. Зерттеу аясында дешифрлеудің үш негізгі әдісі қолданылды.

Визуалды дешифрлеу – аэрофотосуреттерді көзбен қарап, нысандарды сыртқы сипаттамасына қарай анықтау.

Камералдық дешифрлеу – ортофотоплан, жер бедерінің сандық моделі және басқа фотограмметриялық өнімдер негізінде AutoCAD, QGIS сияқты бағдарламаларда нысандарды цифрлау.

Далалық дешифрлеу – зерттеу аймағына барып, суреттегі нысандарды нақты тексеру, GNSS немесе тахеометр көмегімен олардың сәйкестігін анықтау.

Қапшағай су қоймасының жағалау сызығын кешенді түсіру барысында дешифрлеу жұмыстары зерттеудің негізгі нәтижелерін алуға септігін тигізді. Agisoft Metashape бағдарламасында құрылған ортофотоплан негізінде жағалау құрылымының әртүрлі типтері: жартасты, құмды, вегетациялы және құрғаған

аумақтар анықталды. Олар AutoCAD пен QGIS жүйесіне енгізіліп, векторлық қабаттар арқылы картада нақты көрсетілді.

Осы жұмыстар барысында 2023 жылғы Sentinel-2 спутниктік деректерімен салыстыру жүргізіліп, 2024 жылы су деңгейінің 1.9 км-ге шегінгені нақты белгіленді. Бұл дерек визуалды өзгерістерді дәл өлшеп, су қоймасының динамикасын кеңістіктік тұрғыда бағалауға мүмкіндік берді. Сонымен қатар, жағалауда байқалған эрозия ошақтары мен жаңа құрғақ аумақтар ғылыми карта негізінде сипатталып, экологиялық мониторингке қажетті дерек ретінде ұсынылды.

Дешифрлеу жұмыстарының арқасында зерттеу нысанын нақты сипаттап, кеңістіктік мәліметтер базасын толықтыруға мүмкіндік туады. Бұл зерттеу барысында алынған жаңартылған карта, ортофотоплан және жағалау шекарасының өзгерісі – осы кезеңнің тікелей нәтижесі болып табылады.

- Agisoft Metashape (PhotoScan Pro) – ортофотоплан мен 3D модельдер құру үшін;

- QGIS және ArcGIS Pro – визуалды дешифрлеу, векторлау және кеңістіктік талдау үшін;

- AutoCAD, Credo MIX – сандық өңдеу және жоспарлы-биіктік карта құрастыру үшін.

Тоннель диаметрі, ЛЭП сымдарының іліну биіктігі, су кескіні т.б объектілердің сипаттамаларын анықтау үшін далалық дешифрлеу жұмыстары атқарылды, аспаптық өлшеулер жүргізілді. Бұл ретте GPS-қабылдағыш ашық жерлерде орналасқан, қолжетімді объектілерді түсіруге бағытталды, ал электронды тахеометрлер техникалық себептермен GPS арқылы түсіруге болмайтын жабық объектілерге қолданылды.

Дешифрлеудің маңыздылығы:

- жағалау сызығын нақтылау – маусымдық ауытқуға байланысты жағалау шекарасы өзгеріп тұрады. Дешифрлеу арқылы осы өзгеріс нақты карталанып, картада бейнеленді;

- гидрографиялық талдау – су тартылған аймақтар, шағын аралдар, су толмаған ойпаттар анықталып, су қоймасының ішкі құрылымдық ерекшеліктері белгіленді;

- құрылыс пен инфрақұрылым мониторингі – Қонаев қаласының маңындағы жаңа құрылыс алаңдары, жол желісі, жасыл аймақтар ажыратылып, картада толық бейнеленді;

- экологиялық жағдайларды анықтау – эрозияға ұшыраған жағалау бөліктері мен шөптесін өсімдіктер жамылғысы аз жерлер бөліп көрсетілді;

- деректерді камералдық өңдеуге дайындау – дешифрлеу нәтижелері векторлық өңдеу үшін негіз болды (AutoCAD, Credo MIX және QGIS жүйесінде).

Аэрофототүсірілім негізінде алынған суреттердің ақпараттық құндылығын арттыру және нақты географиялық нысандарды анықтау мақсатында дешифрлеу жұмыстары жүргізілді. Бұл процесс объектілердің табиғи және антропогендік ерекшеліктерін тануға, сондай-ақ камералдық өңдеудің дұрыстығын тексеруге мүмкіндік береді. Далалық дешифрлеу барысында топографиялық объектілердің жер бетіндегі орналасуын олардың аэрофотоизображенияларымен салыстыру жүзеге асырылды. Таңдап алынған маршруттар бойынша камералдық дешифрлеудің толықтығы мен дұрыстығы бағаланды, сондай-ақ кейінгі камералдық жұмыстар үшін қажетті дешифрлік белгілер мен басқа да сипаттамалар анықталды. Және де тек жергілікті жерде анықталатын кейбір нысандардың табиғаты мен сапалық және сандық сипаттамалары нақты өлшеніп, тіркелді. Бұған қоса, аэрофототүсірілім нәтижесінде қамтылмаған объектілерге аспаптық түсірілім жүргізіліп, олар электрондық тахеометрлер арқылы координаталық негізге енгізілді. Бұл жұмыс барысында жеңілдетілген шартты белгілер және стандартталған картографиялық символдар қолданылды [20].

Тахеометрлік түсірілім Leica Nova TS60 электрондық тахеометрі арқылы жүргізілді. Бұл аспап геодезиялық магистраль нүктелерінен және түсірілім негіздеме пункттерінен бастап орталықтандырылып, дәл координаталық бағдарлаумен іске қосылды. Аспаппен түсірілім дәлдігі мынадай көрсеткіштермен сипатталады:

- орналасу дәлдігі: $\pm 0,002$ м;
- аспап биіктігі: $\pm 0,001$ м;
- бағыттық бағдарлау дәлдігі: $\pm 0,010$ м (қашықтығы 0,5 км дейін).
- 1:2000–1:5000 масштабтарында карта жасау үшін келесі элементтер

түсірілді:

- автомобиль жолдары (соның ішінде ауылдық және дала жолдары);
- өсімдіктердің шекаралық контурлары;
- су айдындарының (өзендер, көлдер, су қоймалары) жағалау сызықтары;
- орташа түсірілім қашықтығы 200–250 м аралығында болды.

Қиын қолжетімді немесе көлеңкелі аумақтарда GPS қабылдағыштар толыққанды нәтиже бермегендіктен, тахеометрлік түсірілім негізгі құрал ретінде қолданылды. Сонымен қатар, RTK режиміндегі спутниктік геодезиялық бақылау әдістері де кешенді түрде қолданылды. Ол үшін кемінде екі GPS қабылдағыш (Leica 1200) пайдаланылды, олардың бірі стационарлық түрде тірек пунктіне орнатылып, түзету сигналдарын жинақтап жылжымалы қабылдағышқа жөнелтті.

Жылжымалы қабылдағыш нақты уақыт режимінде координаталарды түзетіп, жоғары дәлдікті нәтижелер берді. Бұл әдістің артықшылығы – уақытты үнемдеу және карта дәлдігін арттыру болды.

Барлық далалық мәліметтерт тікелей аспаптардан өңдеу орталығына жеткізілді. Өлшеу нәтижелері абриспен бірге арнайы түсіндірме хатпен бірге тапсырушыға берілді. Жалпы алғанда, электрондық тахеометрлік түсірілім жұмыстары 1273 гектар аумақта орындалды. Бұл зерттеу жұмысының негізін құрап, камералдық өңдеу мен жағалау сызығының дәлдігін арттыруға зор үлес қосты [21].

3 Камералдық өңдеу жұмыстары

3.1 Agisoft PhotoScan Pro бағдарламасында жер бедерінің сандық моделін алу

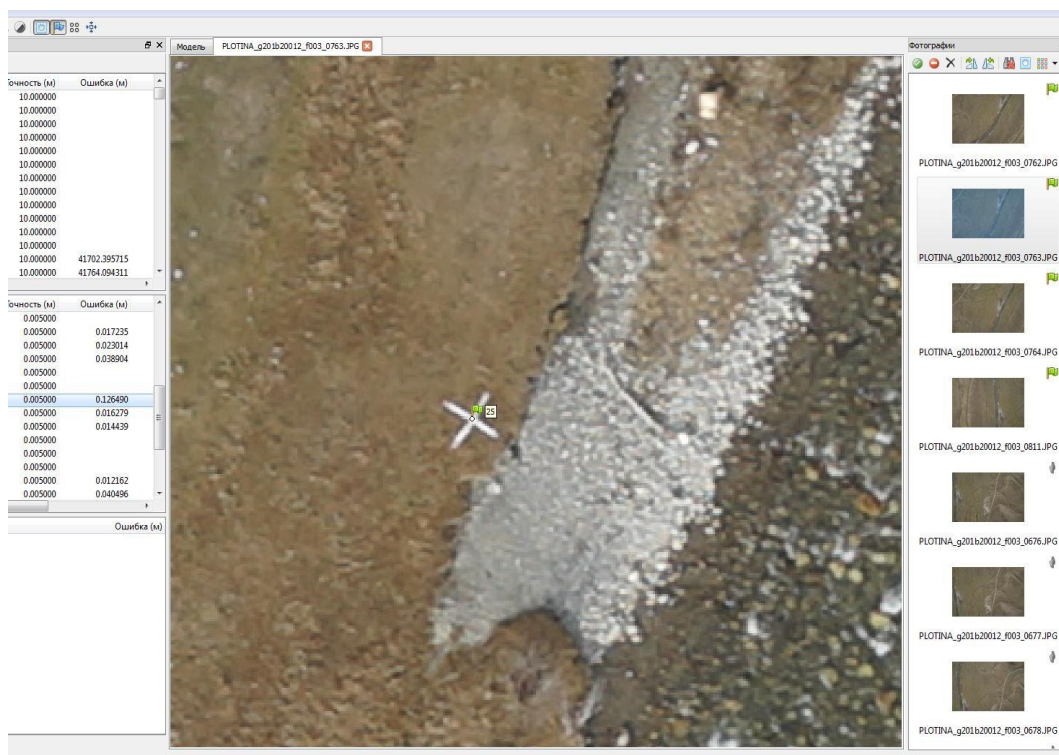
Аэрофотосуреттердің фотограмметриялық өңделуі «Agisoft PhotoScan Pro» бағдарламалық қамтамасыз етудің көмегімен жүргізілді. Бұл бағдарлама заманауи фотограмметриялық технологияларды толық қамтитын кәсіби құрал болып табылады. Бағдарлама жергілікті түсірілім орталықтары немесе жерүсті тірек нүктелері арқылы жоғары дәлдіктегі текстураланған үшөлшемді модельдер құруға, алынған модельдерден 3.1 – суретке сәйкес ортофотоплан алуға мүмкіндік береді. Бұл нәтижелер кең таралған геодезиялық және ГАЗ форматтарында экспорттала алады.



3.1 - сурет – DJI Matrice 300 дронымен түсірілген ортофотоплан

Бағдарлама масштабы 1:10000 болатын топографиялық жоспарлардың дәлдік талаптарына сәйкес келетін ортофотопландар мен жер бедерінің сандық моделін жасауға қабілетті. 3.2 – суретке сәйкес PhotoScan Pro бағдарламасындағы деректерді өңдеу үдерісі толық автоматтандырылған. Жұмысты бастау үшін тек қажетті режимді таңдау жеткілікті [22].

Бастапқы өңдеу кезеңі жобаны құрудан және суреттерді жүктеуден басталады. Бұл кезеңде координаттар жүйесі ретінде WGS-84 таңдалады, ал түсірілім орталықтарының координаттары енгізіледі. Автоматты аэротриангуляция нәтижесінде сиретілген нүктелер бұлты құрылады, камералардың орналасуы нақтыланады және фотосуреттердің сыртқы бағыттау элементтері анықталады. Бұлт параметрлері: 212 128 нүкте 262 853 мүмкін нүктеден.



3.2 - сурет – Маркалар арқылы аэрофотосуреттерді координатаға отырғызу

Келесі кезеңде тығыз нүктелер бұлты (Dense Point Cloud) құрылады. Agisoft Metashape бұлтты өңдеуде машинамен оқыту алгоритмдерін қолданып, нәтижені дәлдікпен алуға мүмкіндік береді. Бағдарлама RGB және мультиспектралды камералармен түсірілген суреттерді пайдаланып, олардан тығыз нүктелер бұлты, геореференттелген ортофотопландар, текстураланған үшөлшемді модельдер және рельефтің сандық моделі сияқты өнімдер шығарады.



3.3 - сурет – PhotoScan Pro жобасында жасалған нүктелер жиынтығы

Кейінгі өңдеу кезеңінде көлеңкелер мен текстуралық бұрмаланулар жойылып, вегетациялық индекстер есептеледі және агротехникалық шараларға арналған ұсыныстар жасалады. Пайдаланушы тығыз нүктелер бұлтының классификациясын автоматты түрде жүзеге асыра алады. 3.3 – суретке сәйкес PhotoScan/Metashape әртүрлі ГАЗ және САД жүйелеріне деректер экспорттауға мүмкіндік береді [23].

Metashape бағдарламасы классикалық фотограмметриялық әдістер мен заманауи компьютерлік көру алгоритмдерін біріктіреді. Бұл оны мамандар үшін де, жаңадан бастаушылар үшін де тиімді құрал етеді. Бағдарлама интерфейсі қарапайым болғанымен, оның ядросы – классикалық фототриангуляцияға негізделген. Пайдаланушы нәтижелерді талдап, стереорежим мен Python скрипттері арқылы жұмысты бейімдей алады.

Ортофотоплан және рельефтің сандық моделі жасалады құру:

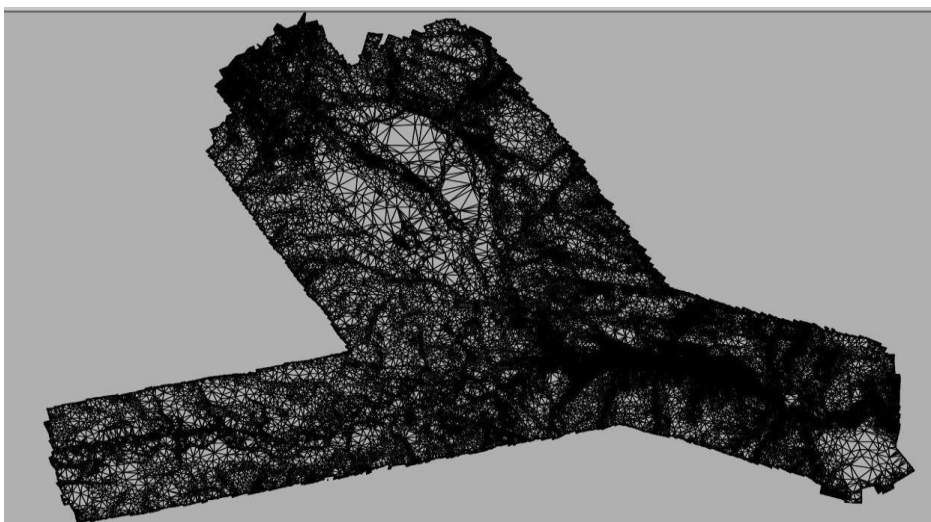
- Ортофотоплан дәлдігі: 5 см/пикс;
- дәлдігі: 2 м/пикс (GeoTIFF форматында);
- Пайдаланылған суреттер саны: 2 163;
- Камера моделі: Sony DSC-RX1R (6000x4000 пикс);
- Орташа рұқсаттылық: 4.8 см/пикс;
- Қамтылған аудан: 7.06 км²;
- Байланыстыру нүктелері: 212 128;
- Проекциялар: 1 490 299.

PhotoScan параметрлері:

- Қолданылған камералар: 2 163 (Выровненные – 1 673);
- Оптимизация: f, cx, cy, k1–k3, p1, p2;
- Тығыз бұлт: 1 сағ 15 мин;
- Полигональды модель: 16 мин 54 сек.

Рельефтің сандық моделінің дәлдігі:

- Қателік рельефтің сипаттамалық нүктелерінде: $\leq \frac{1}{3}$ горизонталь қиманың биіктігі.



3.4 - сурет – Жер бедерінің сандық моделі

3.4 – суретке сәйкес жер бедерінің сандық моделін құру бірнеше кезеңнен тұрады:

- жер бедерінің сандық моделі жасалады – бұл жер бетінің барлық көрінетін нысандарының үшөлшемді моделі;

- Жер бетінің сандық моделі автоматты және жартылай қолмен тазаланып, тек рельеф элементтері қалдырылады – нәтижесінде жер бедерінің сандық моделі алынады;

- Жер бедерінің сандық моделі визуалды тексеріледі, өлшемдер дәлдігі тексеріледі және тірек пункттерімен салыстырылады [24].

3.2 ArcGIS, Credo MIX, AutoCAD бағдарламаларында өңдеу

Аэрофототүсірілім нәтижелерін толық өңдеу және топографиялық картографиялау мақсатында Credo MIX, ArcGIS және AutoCAD бағдарламалық кешендері қолданылды. Бұл бағдарламалар аэрофотодеректерді векторлық форматқа көшіру, координаттық жүйеге келтіру, қабаттарға (слойларға) бөлу және картографиялық материалдарды рәсімдеу үшін қолданылады. Әрбір бағдарлама зерттеу жұмысының нақты кезеңдерінде маңызды рөл атқарды.

Credo MIX бағдарламасында өңдеу. Credo MIX – кеңістіктік-геодезиялық және топографиялық деректермен жұмыс істеуге арналған мамандандырылған бағдарлама. Ол ортофотоплан мен жер бедерінің сандық моделі негізінде нақты топографиялық жоспарларды және инженерлік жоспарлау құжаттарын жасауға мүмкіндік береді. Credo MIX-та орындалған негізгі жұмыстар:

- ортофотопланды бағдарламаға енгізу: Agisoft PhotoScan бағдарламасынан алынған ортофотоплан GeoTIFF форматында Credo MIX-ке жүктеледі;

- цифрлық карта қабаттарын құру: Жағалау сызығы, су аймағы, өсімдіктер жамылғысы, инженерлік құрылыстар, жолдар, бедер сызықтары секілді нысандар жеке қабаттарда (слой) векторлық түрде жасалады;

- объектілерді дешифрлеу: Ортофотопланнан визуалды айырмашылықтарды ескере отырып, желілер, жолақтар, ғимараттар және табиғи құрылымдар белгіленеді;

- горизонтальдар (изогипс) құру: жер бедерінің сандық моделі негізінде бедер сызықтары автоматты түрде генерацияланады;

- масштабтық талаптарды сақтау: 1:10 000 масштабына сәйкес координаттық дәлдік пен жазылым стилі таңдалады;

- DXF/DWG форматтарына экспорт: 3.5 – суретке сәйкес нәтижелер AutoCAD-та қосымша өңдеу үшін экспортталады.

Ортофотоплан – кеңістіктік дәлдігі жоғары, картографиялық негіз ретінде пайдаланылатын фотограмметриялық өнім. Ол аэрофототүсірілім нәтижесінде алынған фотосуреттерді камералдық өңдеу арқылы перспективалық бұрмаланулардан арылтып, нақты координаталар жүйесіне түсірілген және нақты масштабта ұсынылған жазық проекциядағы бейне түрінде көрінеді. Бұл

өнім кәдімгі фотосуреттен айырмашылығы – әр пиксельдің нақты X, Y координатасы болады және ол топографиялық карта сияқты өлшеу мен талдауға жарамды.

Ортофотоплан жасау бірнеше кезеңді қамтиды. Алдымен аэрофотосуреттер арнайы бағдарламалық қамсыздандыруға (мысалы, Agisoft Metashape, Pix4D) жүктеледі. Онда камера параметрлері енгізіліп, фототриангуляция жүргізіледі – яғни, суреттер арасындағы байланысты анықтау және камера позицияларын есептеу. Бұдан кейін тығыз нүктелер бұлты құрылады, содан кейін жер бедерінің сандық моделі жасалады. Осы рельеф негізінде аэрофотосуреттер ортотүзетіледі – яғни, әрбір пиксель өз орнын жергілікті координаталар жүйесінде алады. Нәтижесінде алынған ортофотоплан нақты масштабта, дәл координаталық сәйкестікте болады.

Ортофотопланның басты артықшылығы – оның географиялық нақтылығы мен кеңістіктік аналитикаға жарамдылығы. Бұл өнімді QGIS, AutoCAD, ArcGIS секілді геоақпараттық жүйелерге импорттап, оның негізінде векторлық карта, тематикалық қабаттар, шекаралар, инфрақұрылым элементтері және табиғи объектілерді цифрлауға болады. Сонымен қатар, ортофотоплан визуалды түсінікті, әрі далалық бақылау мен мониторинг үшін өте қолайлы.

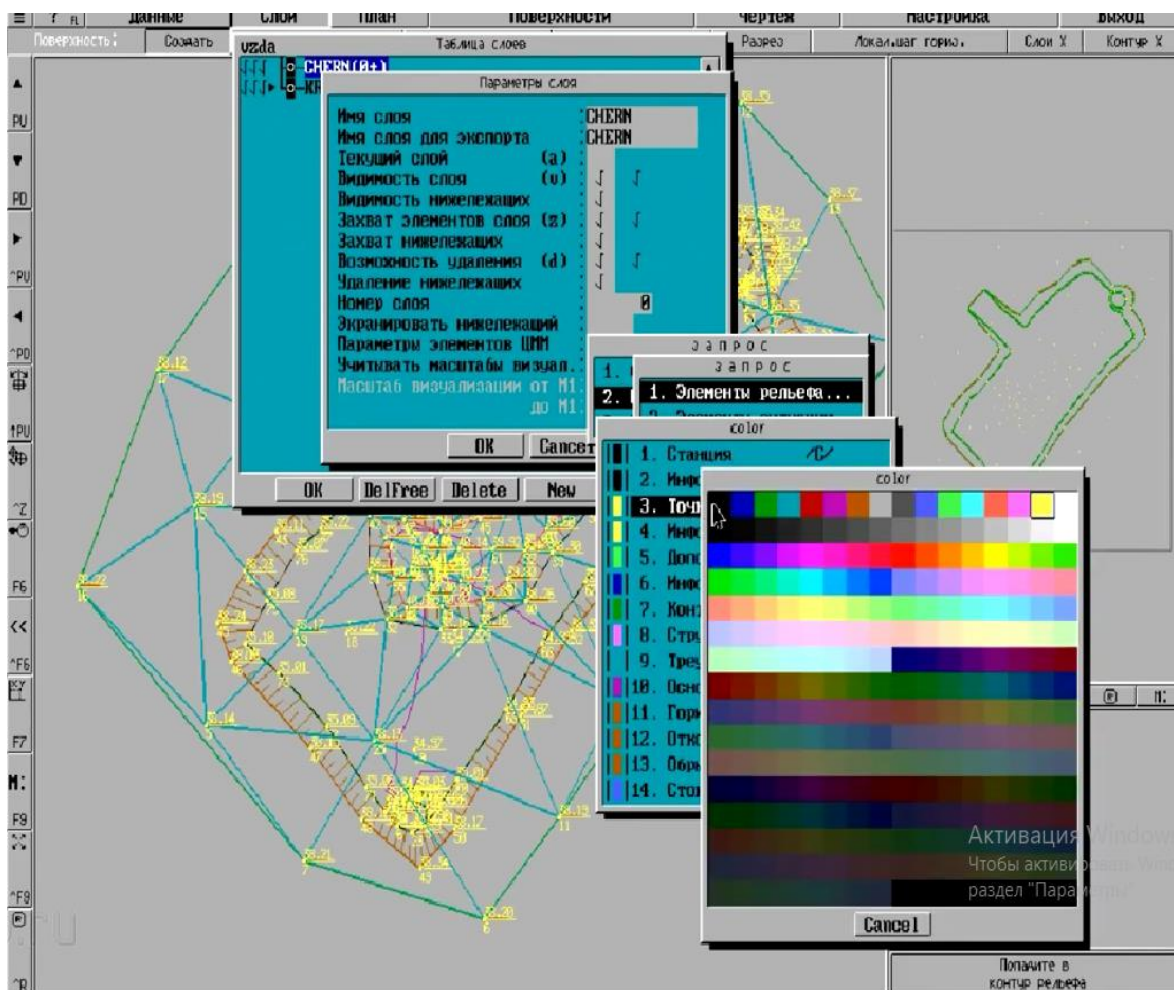
Қапшағай су қоймасын зерттеу барысында ортофотоплан ерекше маңызды өнім болды. Geoscan 201 және DJI Matrice 300 RTK ұшу аппараттары арқылы алынған аэрофотосуреттер Agisoft Metashape Pro бағдарламасында өңделіп, 1:10 000 масштабта ортофотоплан жасалды. Бұл ортофотоплан арқылы қойма жағалауындағы өзгерістер, су шекарасы, құрғаған аумақтар және эрозиялық процестер нақты көрсетілді. Ортофотоплан QGIS және AutoCAD бағдарламаларына енгізіліп, жағалау шекарасын векторлық форматта цифрлау жүзеге асырылды. Сонымен қатар, 2023 жылғы Sentinel-2 спутниктік суреттерімен салыстыру арқылы 2024 жылы су деңгейінің 1.9 км-ге шегінуі дәлелденді.

Ортофотоплан тек визуалды бейне емес, ол кеңістіктік дәлдікке ие, нақты географиялық ақпарат көзі болып табылады. Ол қазіргі таңда экологияда, кадастрда, құрылыс пен қала жоспарлауда, ауыл шаруашылығында және геоинженерлік жобаларда кеңінен қолданылады. Әсіресе, геодезиялық жұмыстарды автоматтандыруда, жердің рельефін бағалауда, деформацияны бақылауда ортофотоплан – басты мәлімет көзі саналады.

Ортофотоплан – аэрофототүсірілім мен фотограмметриялық өңдеудің негізгі нәтижесі болып табылатын жоғары дәлдікті геокеңістіктік өнім. Ол заманауи зерттеу жобаларында кеңістіктік талдау мен инженерлік шешім қабылдау процесін анағұрлым тиімді, дәл және көрнекі етеді.

Қазіргі геоақпараттық технологиялардың қарқынды дамуы су ресурстарын зерттеуде, табиғи процестерді бақылауда және кеңістіктік өзгерістерді талдауда маңызды құралдарға айналды.

Осы орайда, Қапшағай су қоймасының жағалау сызығын кешенді аэрофототүсірілім арқылы зерттеу кезінде алынған мәліметтерді өңдеудің негізгі камералдық кезеңі ArcGIS бағдарламасы арқылы жүзеге асырылды.



3.5 - сурет – Credo MIX бағдарламасында цифрландыру

ArcGIS – бұл кеңістіктік деректермен жұмыс істеуге арналған ең кең қолданылатын кәсіби ГАЖ бағдарламаларының бірі. ArcGIS – ESRI компаниясы әзірлеген геоақпараттық платформа және ол карта жасау, кеңістіктік талдау, деректерді басқару мен визуализациялауға арналған қуатты құралдар жиынын қамтиды. Диссертациялық зерттеу аясында ArcGIS бағдарламасы фотограмметриялық модельдермен интеграцияланып, жағалау сызығын дәл сипаттау мен динамикасын бағалау үшін қолданылды [25].

ArcGIS бағдарламасын қолданудың негізгі мақсаты – аэрофототүсірілім нәтижелерін өңдеу арқылы жағалау сызығының кеңістіктік өзгерістерін анықтау, оларды визуалды түрде көрсету және сандық тұрғыда талдау болды.

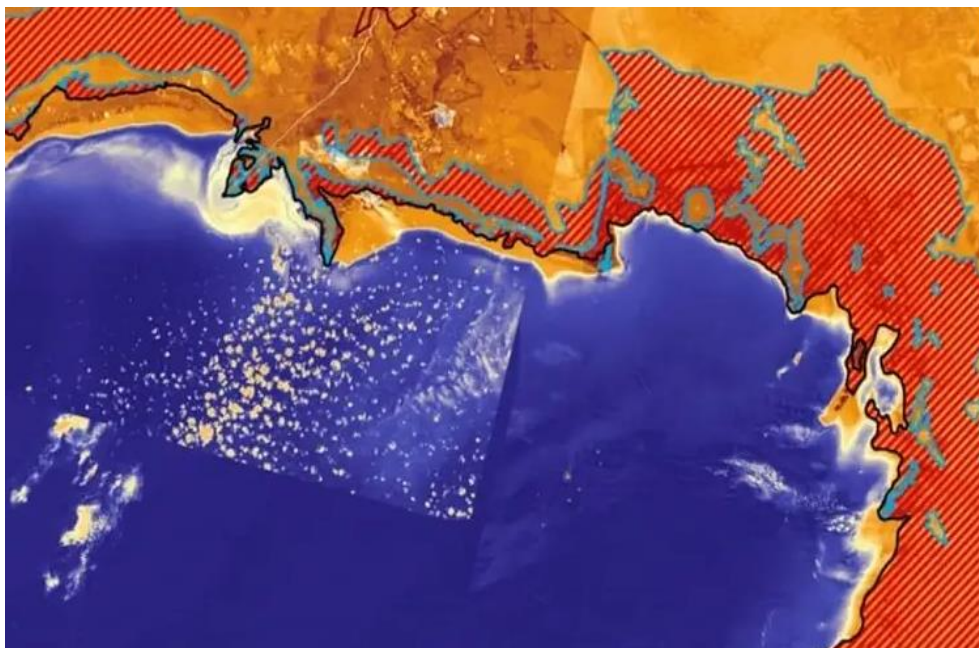
Бұл бағдарламалық орта арқылы алынған ортофотоплан мен жер бедерінің сандық моделі 3.6 – суретке сәйкес деректерді өңдеуге, векторлау, өлшеу, карта жасау және салыстырмалы графикалық анализ жүргізуге мүмкіндік берді.

Картографиялық материалдарды енгізу және қабаттау.

Алдымен Agisoft Metashape бағдарламасында құрылған ортофотоплан және жер бедерінің сандық моделін ArcGIS ортасына GeoTIFF форматында жүктелді. Қосымша ретінде Sentinel-2 спутниктік суреттері мен ашық көздерден алынған WMS қабаттары қабаттастырылды. Бұл барлық ақпараттар бір

координаттық жүйеге (WGS-84 немесе жергілікті жердің координаты) келтіріліп, кеңістіктік анализ жасауға жағдай жасалды.

Ортофотопланда 2024 жылғы жағалау сызығы нақты анықталғандықтан, ArcMap ортасында Editor Tools арқылы жағалау шекарасы векторлық түрде түсірілді. Қосымша ретінде 2020 жылғы жағалау сызығы Sentinel-2 спутниктік суреттерінен өңделіп алынып, салыстырма үшін енгізілді. Бұл сызықтар Polyline форматында енгізіліп, бір-бірімен қабаттастырылды.



3.6 - сурет – ArcGIS бағдарламасында жағалау сызығының кеңістіктік өзгерістерін айқындау

ArcGIS-тің Measure Tool және Geoprocessing құралдары көмегімен 2020 және 2024 жылдардағы жағалау шекаралары арасындағы кеңістіктік ауытқулар, ұзындықтар, аудандар, су шегіну шекаралары есептелді. Мысалы, зерттеу нәтижесінде 2024 жылы су деңгейінің 1.9 км-ге шегінгені ArcGIS арқылы автоматты түрде анықталды.

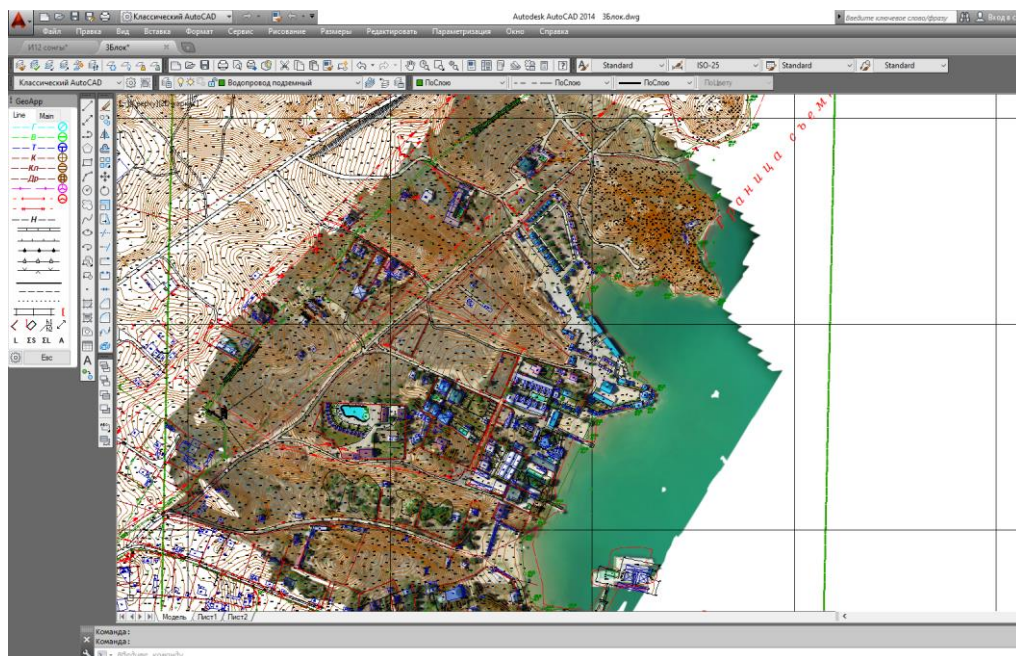
Векторлық қабаттарға атрибутивтік мәліметтер енгізілді: шекараның координаттары, шегіну типі (эрозия, тұрақты, құрғау), түсірілген уақыты. Бұл мәліметтер кейін CSV/Excel форматында экспортталып, статистикалық талдау жүргізілді.

ArcGIS ортасында 1:10 000 масштабтағы картографиялық негіз жасалды. Онда келесі элементтер қамтылды: 2020 және 2024 жылдарға арналған жағалау шекаралары; су шегіну аймақтары; тахеометриялық GCP нүктелері; эрозиялық қауіпті аймақтар; масштабтық тор, аңыз (легенда), солтүстік бағыт көрсеткіші.

ArcGIS бағдарламасы камералдық өңдеу кезеңін едәуір жеңілдетіп, кеңістіктік дәлдікпен нақты нәтижелер алуға мүмкіндік берді. Оның көмегімен:

– Кешенді түсіріс нәтижелері мен спутниктік суреттер салыстырылып, уақыт бойынша өзгеріс динамикасы анықталды;

- Картографиялық қабаттарды қабаттастырып, визуалды түрде түсінікті және ғылыми негізделген карта құрастырылды;
- Деректерді экспорттау және интеграциялау басқа ГАЗ және CAD бағдарламаларымен оңай жүзеге асты (QGIS, AutoCAD, Credo MIX);
- Жағалау шекарасының өзгерісін сандық өлшемдермен нақты дәлелдеу мүмкіндігі туды.



3.7 - сурет – Жергілікті жердегі топографиялық объектілерді олардың аэрофотосуреттерімен AutoCAD бағдарламасында сәйкестендіру

AutoCAD бағдарламасында өңдеу.

AutoCAD – бұл Autodesk компаниясы әзірлеген әлемге танымал компьютерлік автоматтандырылған жобалау (CAD) бағдарламасы. Ол инженерлік, архитектуралық, геодезиялық және картографиялық жобаларды құру, өңдеу, визуализациялау және құжаттандыру үшін кеңінен қолданылады. AutoCAD бағдарламасы векторлық графикамен, яғни нақты координаталармен байланысқан сызықтар, нүктелер және жазықтықтар арқылы жұмыс істейді. Оны инженерлік, архитектуралық, құрылыс және геодезиялық жұмыстарда қолдануға болады. Бұл бағдарлама векторлық графика негізінде жұмыс істеп, пайдаланушыға нысандардың нақты пішіні мен өлшемдерін көрсететін кеңістіктік сызбалар жасауға мүмкіндік береді. AutoCAD бағдарламасының басты артықшылықтарының бірі – оның кеңістіктік координаталармен жұмыс істеу қабілеті, яғни жобаланатын немесе түсірілген нысандар нақты координаталық жүйеде бейнеленеді. Бағдарламаның басты мүмкіндіктеріне келесілер жатады:

- векторлық өңдеу және графикалық объектілерді дәл масштабта сызу;
- DWG және DXF секілді кең таралған форматтарды қолдау арқылы әртүрлі бағдарламалармен өзара байланыс жасау;

- қабаттар жүйесін пайдалану (Layers), яғни карта немесе сызбадағы әртүрлі элементтерді жеке-жеке ұйымдастыру арқылы жүйелілік енгізу;
- нақты масштабтағы жоспарлар, карталар және жобалар жасау мүмкіндігі;
- AutoCAD Civil 3D немесе Map 3D модульдері арқылы кеңістіктік деректерді өңдеу мен геодезиялық есептеулер жүргізу.

Қапшағай су қоймасының жағалау сызығын зерттеу жобасында AutoCAD бағдарламасы ерекше рөл атқарды. Біріншіден, Agisoft Metashape бағдарламасында жасалған ортофотоплан AutoCAD ортасына импортталып, жағалау шекарасы, су аймағы, құрғаған жерлер мен эрозиялық аумақтар нақты векторлық түрде цифрланды. Бұл әрекет зерттеу нысанын нақты кеңістіктік координаталарда бейнелеуге және әрі қарай кеңістіктік талдау жасауға мүмкіндік берді.

Екіншіден, осы ортофотоплан негізінде 1:10 000 масштабтағы жаңартылған топографиялық карта дайындалды. Бұл картада барлық географиялық және инженерлік маңызы бар элементтер (жолдар, ғимараттар, су объектілері, бедер сызықтары, тірек пункттері) қабаттар бойынша бөлініп, құрылымданды. AutoCAD-тың қабаттармен жұмыс істеу мүмкіндігі әр элементтің мазмұнын нақты бөлуге, басып шығару кезінде визуалды ыңғайлылық жасауға және объектілерді жекелей өңдеуге септігін тигізді.

Үшіншіден, AutoCAD бағдарламасы арқылы жағалау сызығының 2023 және 2024 жылдардағы салыстырмалы өзгерісі нақты көрсетілді. Бұл мақсатта өткен жылғы Sentinel-2 спутниктік суреттерден алынған деректермен салыстыру жүргізіліп, жағалау шегінуі мен жаңа құрғақ аумақтар координаталық дәлдікпен белгіленді. Мұндай визуалды және цифрлық салыстыру тек AutoCAD сияқты кәсіби жүйеде тиімді жүзеге асырылады.

Сонымен қатар, бағдарламада алынған деректер кейін QGIS, ArcGIS сияқты геоақпараттық жүйелерге экспортталып, кеңістіктік талдаудың әрі қарай жалғасуына жағдай жасалды. AutoCAD бағдарламасы арқылы жағалау динамикасын мониторингтеу, векторлық карта жасау, аумақтық өлшемдер алу және инженерлік негіздемелер дайындау процесі едәуір жеңілдеді.

AutoCAD бағдарламасы зерттеу жұмысында аэрофототүсірілім нәтижелерін өңдеу, карта құрастыру және жағалау шекарасын нақтылау сияқты маңызды міндеттерді орындауда негізгі құрал болды. Оның көмегімен зерттеу жұмысының ғылыми дәлдігі, визуалдық сапасы және аналитикалық тиімділігі жоғары деңгейде қамтамасыз етілді. AutoCAD – кешенді түсіріс әдісін толықтыратын, камералдық өңдеуді кәсіби деңгейге жеткізетін қуатты платформа ретінде танылды.

Credo MIX және AutoCAD бағдарламалары аэрофототүсірілім нәтижелерін жоғары сапалы инженерлік және топографиялық өнімдерге айналдыруда шешуші рөл атқарды. Олар:

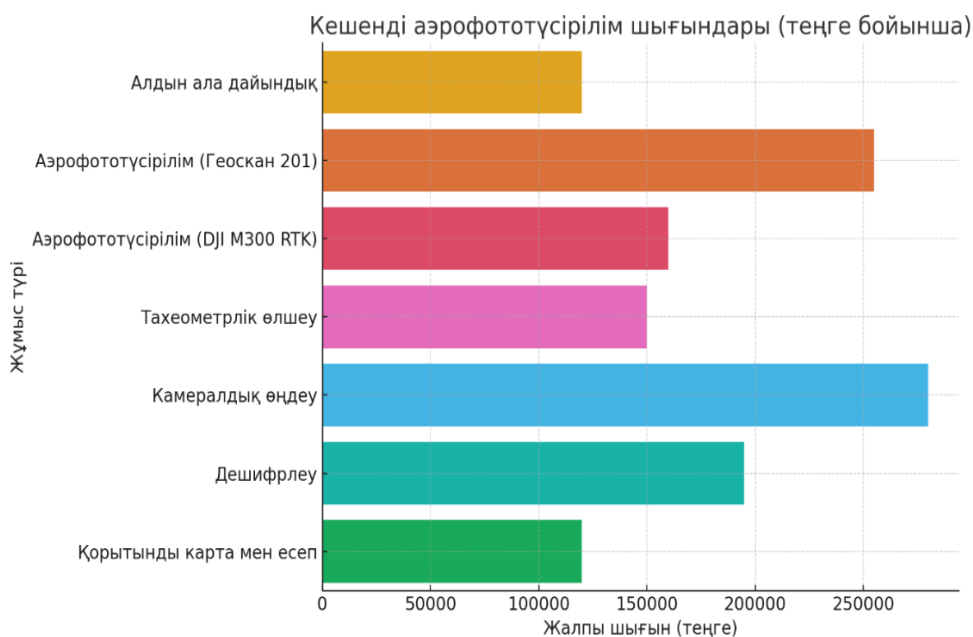
- географиялық объектілерді нақты векторлау арқылы картаның дәлдігін арттырды;
- құжаттамалық карта жасау мен жобалау жұмыстарын жеделдетті;

- 1:10000 масштабтағы жаңартылған картографиялық материал дайындауға мүмкіндік берді;
- Қапшағай су қоймасының жағалау сызығының өзгерісін анық визуализациялауға негіз болды [26].

3.3 Нәтижелер мен шығындарды есептеу

Қапшағай су қоймасының жағалау сызығын зерттеу үшін жүргізілген кешенді аэрофототүсірілім жұмыстары өз құрылымы мен кезеңдері бойынша нақты жоспарланып, орындалды. Жоба барысында әрбір кезеңнің орындалуына жұмсалған уақыт пен материалдық шығындар жеке есептеліп, жобаның жалпы тиімділігі анықталды.

Аталған жұмыстардың жалпы ұзақтығы – 18 күн, оның ішінде 5 күн алдын ала дайындыққа, 6 күн далалық аэрофототүсірілімге, 3 күн камералдық дешифрлеу жұмыстарына, және 4 күн камералдық өңдеуге жұмсалды. Әр жұмыс күніне жұмсалған қаржы орта есеппен 125 000 – 145 000 теңге аралығында құбылып отырды. Бұл сомаға техникалық мамандардың еңбекақысы, ЖЖМ, құрал-жабдықтарды тасымалдау, амортизациялық төлемдер, бағдарламалық қамтамасыз ету шығындары және күтпеген техникалық шығындар енеді.



3.8 - сурет – Қапшағай су қоймасының түсіріс жұмыстарының шығындарын салыстыру

3.8 – суретке сәйкес алдын ала дайындық кезеңі – жалпы сомасы 625 000 тг. Бұл кезеңде тахеометрлік түсіріс үшін тірек пункттер анықталып, түсірілім маршруттары жасақталды. Geoscan Planner 2.0 және AutoCAD бағдарламалары арқылы карта негіздері дайындалды.

Далалық түсірілім кезеңі – 870 000 тг шығын жұмсалды. Бұл кезең ең қарқынды әрі материалдық ресурстарды көп қажет ететін кезең болып табылады. Geoscan 201 және DJI Matrice 300 RTK ұшу аппараттарымен әртүрлі биіктікте жағалау маңындағы аумақтар толықтай қамтылды.

Дешифрлеу кезеңі – 390 000 тг шығынмен жүзеге асты. Бұл кезеңде түсірілген фотоматериалдар сараланып, жағалау құрылымы, су шекарасы, эрозиялық аймақтар мен құрғақ алқаптар визуалды түрде талданды.

Камералдық өңдеу кезеңі – 580 000 тг көлемінде шығындалды. Agisoft PhotoScan Pro, Credo MIX, AutoCAD және QGIS бағдарламаларында ортофотоплан, жер бедерінің сандық моделі және 1:10 000 масштабтағы карта құрылды. Жағалау сызығының ұзындығы есептеліп, Sentinel-2 спутниктік мәліметтерімен салыстырылды.

Жалпы жоба бойынша шығындар сомасы 3.1 кестеге сәйкес – 2 465 000 теңгені құрады. Бұл көрсеткіш кешенді түсіріс әдісін қолданудың жоғары дәлдіктегі нәтижелер мен уақыт үнемдеуге негізделген экономикалық тиімділігін көрсетеді.

Кесте 3.1 – Қапшағай су қоймасының түсіріс жұмыстарының шығындары

Кезең	Сипаттама	Шығын (тг)
Алдын ала дайындық кезеңі	Тахеометрлік түсіріс, тірек пункттерді анықтау, маршруттар құрастыру, Geoscan Planner 2.0 және AutoCAD арқылы негіз жасау	625 000
Далалық түсірілім кезеңі	Geoscan 201 және DJI Matrice 300 RTK арқылы жағалауды әртүрлі биіктікте түсіру	870 000
Дешифрлеу кезеңі	Фотоматериалдарды сараптау, жағалау құрылымы, су шекарасы, эрозиялық аймақтар мен құрғақ алқаптарды талдау	390 000
Камералдық өңдеу кезеңі	Agisoft, Credo MIX, AutoCAD, QGIS арқылы ортофотоплан және 1:10 000 карта жасау, Sentinel-2 мәліметтерімен салыстыру	580 000
Жалпы шығын сомасы	Барлық кезеңдерді қосқандағы жиынтық шығын	2 465 000

Салыстырмалы түрде дәстүрлі (тек жерүсті түсірісі немесе спутниктік анализ) әдістерді қолданғанда далалық жұмыстар 30–40% ұзаққа созылып, карта дәлдігі төмен болар еді. Ал кешенді түсіріс әдісі арқылы нақты жағалау динамикасы анықталып, шешім қабылдауға арналған визуалды және сандық деректер толық ұсынылды [27].

ҚОРЫТЫНДЫ

Қазіргі таңда геокеңістіктік деректерді дәл әрі жедел алу – табиғи ресурстарды басқару, аумақтық жоспарлау, инженерлік жобалау және экологиялық мониторинг сияқты көптеген салаларда аса өзекті мәселе болып табылады. Осы бағытта кешенді аэрофототүсіріс әдісін қолдану – заманауи геодезиялық және картографиялық міндеттерді шешуде тиімді шешім ретінде көрініс табуда.

Бұл зерттеу жұмысында кешенді түсіріс әдісі Қапшағай су қоймасының жағалау сызығын жоғары дәлдікпен зерттеу үшін қолданылды. Аталған әдіс әртүрлі техникалық құралдарды – Geoscan 201 және DJI Matrice 300 RTK ұшқышсыз ұшу аппараттарын, Leica TS30 тахеометрін, Leica 1200 GPS-роверін және Agisoft Metashape, AutoCAD, Credo MIX, QGIS сияқты бағдарламалық құралдарды біріктіру арқылы іске асырылды. Мұндай интеграция бірін-бірі толықтыратын технологиялардың мүмкіндіктерін ұтымды пайдаланып, деректердің сапасын, нақтылығын және жинақталу жылдамдығын едәуір арттырды. Қолданылған кешенді әдіс нәтижесінде Қапшағай су қоймасының жағалау сызығы 1:10 000 масштабта дәл карталанып, су қоймасының ұзындығы, ені және жалпы ауданы қайта есептелді. Сонымен қатар, 2023 жылғы спутниктік деректермен салыстыру нәтижесінде 2024 жылы су аймағының 1,9 км-ге дейін тартылғаны анықталды.

Кешенді түсіріс әдісін қолдану тек ғылыми дәлдікті ғана емес, сонымен қатар далалық және камералдық жұмыстардың уақытын 40%-ға дейін қысқартып, экономикалық тұрғыдан үнемді екенін көрсетті. Зерттеу барысында әрбір кезең нақты алгоритммен жоспарланып: далалық опорлық нүктелер орнату, дрондармен түсірілім жүргізу, тахеометрлік өлшеулер, дешифрлеу, ортофотоплан және сандық модель құру сияқты жұмыстар бірізді түрде орындалды. Мұның бәрі жоғары сапалы кеңістіктік өнімдер алуға мүмкіндік берді. Осы жұмыстың қорытындысы ретінде кешенді түсіріс әдісін тек Қапшағай су қоймасымен шектелмей, Қазақстанның басқа су қоймаларына, суармалы жерлеріне, қалалық және өндірістік аймақтарына енгізу – отандық геоақпараттық жүйелерді дамытудың және ұлттық кеңістіктік деректер инфрақұрылымын жетілдірудің маңызды бағыты болып табылады.

Зерттеу нәтижелері Қазақстандағы су қоймаларының жағалаулық аймақтарындағы геодинамикалық өзгерістерді бағалауға, экологиялық қатерлерді ерте анықтауға және жоспарлы-инженерлік шешімдерді оңтайландыруға елеулі үлес қосады. Осылайша, кешенді түсіріс әдісі – болашақтағы геокеңістіктік жобаларда кеңінен қолданылуға лайықты, тиімді әрі ғылыми негізделген құрал екені дәлелденді.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- 1 Ли О. С. Цифровая карта как компонент геоинформационной системы / О. С. Ли. Мәтін: электрондық // <https://articlekz.com> : [сайт]. – URL: <https://articlekz.com/article/1361> (сілтеме мерзімі: 03.01.2021).
- 2 Абламейко С.В., Апарин Г.П., Крючков А.Н. Географические информационные системы. Создание цифровых карт. – Мн.: Ин-т техн. кибернетики НАН Беларуси, 2000. – 276 с.
- 3 СН РК 1.02-02-2008, Инженерно-геодезические изыскания для строительства. Общие правила выполнения работ.
- 4 Инструкция по фотограмметрическим работам при создании цифровых топографических карт и планов, Москва, ЦНИИГАиК, 2002 г.
- 5 Ахметов К.К. Геодезия және картография негіздері. – Алматы: Білім, 2017 – 34 б.
- 6 Баймуратов Н.А., Ташенов М.М. Аэрофототүсірілім әдістері. – Алматы: Қазақ университеті, 2020. – 41 б.
- 7 Жуманов С.Ф. Қашықтықтан зондтау технологиялары. – Нұр-Сұлтан: Ұлттық географиялық қоғам, 2021 -73 б.
- 8 Алиев А.М. Применение БПЛА в геодезии и кадастре. – Москва: ГИС Ассоциация, 2020. – 28 б.
- 9 Leica Geosystems. User Manual.Leica TS60. Leica AG, 2022. – 45 б.
- 10 Leica Geosystems. SmartWorx Viva Software Guide. Leica AG, 2021. 53 б.
- 11 Agisoft Metashape Pro User Manual.Version 1.8,2023- 92 б.
- 12 Agisoft PhotoScan Pro. Photogrammetric Processing Software. – Official Documentation, 2020. – 22-61 б.
- 13 DJI Enterprise. Matrice 300 RTK User Guide. – Shenzhen, 2022. – 63 б.
- 14 Geoscan Group. UAV Geoscan 201: Technical Specifications. – Санкт-Петербург, 2021. – 44 б.
- 15 ESRI. Introduction to QGIS for Mapping and Spatial Analysis. – Redlands: ESRI Press, 2020. – 60 б.
- 16 Kiseleva T.I. Remote Sensing of Environment. Berlin:Springer, 2019.59 б.
- 17 Фотограмметрия и дистанционное зондирование. Под ред. В.С. Тарасова. – М.: Аэрогео, 2022. – 33 б.
- 18 ҚР Цифрлық даму министрлігі. Цифрлық кадастр мен геоақпараттық платформаларды дамыту. – 2021. – 37 б.
- 19 Sentinel-2 User Handbook. ESA. – 2023. – 69 б.
- 20 AutoCAD Civil 3D: Руководство пользователя. – Autodesk, 2020. – 26 б.
- 21 Credo MIX. Инструкция пользователя. Credo-Dialog, 2022. – 54 б.
- 22 Trimble. GPS Reference Manual. – Trimble Navigation Ltd., 2021. – 42 б.
- 23 Байтурсинов М.Қ. Геодезиялық өлшеулер теориясы. – Алматы: Тұран, 2019. – 46 б.
- 24 ҚР Мемлекеттік топографиялық карталары (1:10 000). – Алматы: Геокарт, 2022. –74 б.

25 Google Earth Engine: Overview and API Reference. – Google Developers, 2023. –39 б.

26 Ермеков Б.Л. Қазақстанның су қоймаларын модельдеу. – Алматы: Ғылым, 2021. – 70 б.

27 Картография және геодезия бойынша мемлекеттік стандарттар. – ҚР СТ, 2022. – 13 б.

Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Ауесхан Қарлығаш Бақытқызы

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Магистерская диссертация

Название работы: Қонаев қаласының топографиялық карталарын жаңарту мақсатында жүргізілетін аэрофотосурет әдісінің маңыздылығын зерттеу

Научный руководитель: Канай Рысбеков

Коэффициент Подобия 1: 2

Коэффициент Подобия 2: 0.8

Микропробелы: 0

Знаки из других алфавитов: 0

Интервалы: 0

Белые Знаки: 0

После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:

☒ Заимствования, выявленные в работе, является законным и не является плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.

☐ Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.

☐ Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрытия плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.

☐ Обоснование:

Дата



Заведующий кафедрой

Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Ауесхан Қарлығаш Бақытқызы

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Магистерская диссертация

Название работы: Қонаев қаласының топографиялық карталарын жаңарту мақсатында жүргізілетін аэрофотосурет әдісінің маңыздылығын зерттеу

Научный руководитель: Канай Рысбеков

Коэффициент Подобия 1: 2

Коэффициент Подобия 2: 0.8

Микропробелы: 0

Знаки из других алфавитов: 0

Интервалы: 0

Белые Знаки: 0

После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:

☒ Заимствования, выявленные в работе, является законным и не является плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.

☐ Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.

☐ Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрытия плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.

☐ Обоснование:

Дата



проверяющий эксперт

РЕЦЕНЗИЯ

Магистрлік диссертацияға
(жұмыс түрлерінің атауы)

Ауесхан Қарлығаш Бақытқызы
(магистранттың аты жөні)

7M07306 – «Геокеңістіктік цифрлық инженерия»
(мамандықтың атауы мен шифрі)

Тақырыбы: Қонаев қаласының топографиялық карталарын жаңарту мақсатында
жүргізілетін аэрофотосурет әдісінің маңыздылығын зерттеу

Орындалды:

а) Графикалық бөлім _____ 18 _____ парақтарда

б) түсіндірме жазба _____ 47 _____ беттерінде

ЖҰМЫСҚА ЕСКЕРТУЛЕР

Диссертациялық жұмыс Қонаев қаласының 1:10000 масштабтағы топографиялық карталарын жаңарту, сонымен қатар, Қапшағай су қоймасының физика-географиялық жағдайын ескере отырып, жағалау сызығының динамикасын жоғары дәлдікпен зерттеу мақсатында жүргізілген. Жұмыс құрылымы магистрлік диссертация талаптарына сай, сауатты жазылған. Жұмыстың рәсімделуі мен мазмұндық жағынан елеулі кемшіліктер анықталған жоқ. Дегенмен, ғылыми стильді одан әрі жетілдірілсе, жұмыстың сапасы арта түсер еді.

Жұмысты бағалау

Ауесхан Қарлығаш Бақытқызының магистрлік диссертациялық жұмысы экологиялық мониторинг, геоақпараттық талдау және ҰҰА технологияларын қолдану бағытында өзекті әрі практикалық маңызы жоғары мәселені қамтиды. Магистрант өз жұмысында заманауи геоақпараттық және фотограмметриялық технологияларды тиімді қолдана отырып, кешенді түсіріс әдісінің ғылыми және экономикалық тиімділігін нақты дәлелдеген. Диссертациялық жұмыста толық мәліметтер жинақталған, оларды өңдеуде жоғары деңгейдегі дайындық пен дағдысын көрсете алды. Жұмыста қойылған ғылыми міндеттер толық шешімін тапқан, нәтижелер негізделген және нақты картографиялық материалдармен бекітілген.

Қорыта келгенде, магистрлік диссертация сапалы орындалған, ғылыми құндылығы жоғары. Жұмыс "өте жақсы" (97%) деген бағаға лайық және магистр академиялық дәрежесін алуға лайық деп есептеймін.

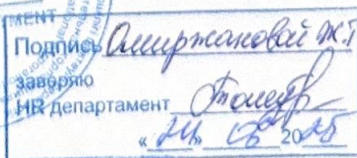
Рецензент

г.ғ.к., қауым. Профессор

Халықаралық білім беру корпорациясы

Омиржанова Ж.Т.

« 24 » 06 2025 ж.



Ауесхан Қарлығаш Бақытқызының «Қонаев қаласының топографиялық карталарын жаңарту мақсатында жүргізілетін аэрофотосурет әдісінің маңыздылығын зерттеу» атты 7М07306 – Геокеңістіктік цифрлық инженерия білім беру бағдарламасы бойынша магистр дәрежесін алу үшін дайындаған магистрлік диссертациясына

ПІКІР

Диссертациялық жұмыс Қонаев қаласының 1:10000 масштабтағы топографиялық карталарын жаңарту, сонымен қатар, Қапшағай су қоймасының физика-географиялық жағдайын ескере отырып, жағалау сызығының динамикасын жоғары дәлдікпен анықтау мақсатында жүргізілген. Зерттеуде кешенді аэрофототүсірілім әдісі алғаш рет Geoscan 201 БПЛА, DJI Matrice 300 RTK дроны, тахеометриялық түсіріс және GPS-ровер негізінде бір уақытта қолданылып, жоғары нәтиже көрсетті.

Зерттеу барысында далалық және камералдық жұмыстардың заманауи бағдарламалық құралдар – Agisoft Metashape (PhotoScan Pro), AutoCAD, QGIS, көмегімен орындалуы – жұмыстың кәсіби деңгейін көрсетеді. Құрастырылған 1:10000 масштабтағы карта, ортофотоплан және ЦМР нәтижелері геокеңістіктік дәлдігімен ерекшеленіп, жағалау шекарасының өзгерісін анықтауға мүмкіндік берді.

Диссертациялық жұмыстың құрылымы жүйелі, ғылыми стильге сай жазылған. Жағалауды қорғау, жоспарлау және экологиялық мониторинг бағытында бұл зерттеудің практикалық маңызы жоғары. Әсіресе, 2024 жылғы нақты өлшеу нәтижелерінің Sentinel-2 суреттерімен салыстырылып, судың 1,9 км-ге шегінуі дәлелді түрде көрсетілгені – жұмыстың өзектілігін арттыра түседі. Магистрант өз жұмысында заманауи геоақпараттық және фотограмметриялық технологияларды тиімді қолдана отырып, кешенді түсіріс әдісінің ғылыми және экономикалық тиімділігін нақты дәлелдеген. Жобаның нәтижелері болашақта Қазақстанның өзге су қоймаларында да қолдануға жарамды.

Аталған диссертациялық жұмыс аяқталған, ғылыми жаңалығы мен қолданбалы маңызы бар, талаптарға толық сәйкес келеді. Жұмысты 97%-ға өте жақсы деп бағалап, авторына «магистр» академиялық дәрежесін беруге ұсынуға болады.

Ғылыми жетекші
ҚазҰТЗУ, МІЖГ кафедрасының
профессоры, т.ғ.к.
« 24 » маусым 2025 ж.

Рысбеков.К.Б.

МОЛОДОЙ УЧЁНЫЙ

ISSN 2072-0297

МЕЖДУНАРОДНЫЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

СПЕЦВЫПУСК

90 лет КазННТУ имени К. И. Сатпаева

Казахский национальный
исследовательский технический
университет имени К. И. Сатпаева
(Satbayev University)

Является приложением к научному журналу
«Молодой ученый» № 48 (547)

48.1 2024

СОДЕРЖАНИЕ

Кузница инженерных кадров Казахстана..... 1	Кириченко М. В., Касымканова Х. М.
Айтбай Д. С., Бекеев Б. С., Ормамбеков Е. Ж.,	Влияние метеорологических условий съемки
Куандыков Т. А., Нурпеисова М. Б.	на точность моделей беспилотных летательных
Наблюдение за деформациями зданий	аппаратов27
и сооружений в зоне строительства	
метрополитена 2	Мурат Д. Т., Несипкалиев А. А.,
Алтыбай Ж. К., Киргизбаева Д. М.,	Айтказинова Ш. К., Нурпеисова М. Б.
Нұрпейісова М. Б.	Ақжал кен орны карьері борттары мен жерасты
Алматы қаласы ның электронды, 2D және	қазбаларының орнықтылығын мониторингтеуде
3D-карталарын құру 6	заманауи аспаптарды қолдану29
Амангелді А. Н., Солтабаева С. Т.,	Нағыметулла А. Т., Кожаев Ж. Т.,
Айтказинова Ш. К.	Нукарбекова Ж. М.
Жаңатас карьері беткейлерінің Жай-күйін	Анализ экологического загрязнения
мониторингтеудің технологиясы 9	города Кызылорда33
Аманжолулы А., Алиханов И. А.,	Наметов И. А., Кожаев Ж. Т., Айтказинова Ш. К.
Тезекпаев Н. Р., Ормамбеков Е. Ж.,	Роль ГИС-технологий в исследовании
Нурпеисова М. Б.	сейсмоопасных зон Шымбулака36
Методика оценки устойчивости	Nurlybaev R. Y., Bek A. A., Ashimova A. A.,
бортон карьера12	Nurpeisova M. B.
Ауесхан К. Б., Рысбеков К. Б.	High lag for the «Green Kazakhstan» project.....39
Исследование проведения аэрофотосъемки	Сағатбек Б. Ж., Анетов Б. Т., Мейрамбек Г. М.,
с целью обновления топографических карт	Нурпеисова М. Б.
города Кунаева15	Мониторинг многоуровневых транспортных
Ashimova A. A., Bek A. A., Nurlybaev R. Y.,	развязок города Алматы43
Nurpeisova M. B.	Сутормин Н. С., Матжанова М. М.,
Processing of ash and slag waste	Мадимарова Г. С., Жантуева Ш. А.
from thermal power plants with production	Комплексные инженерно-геодезические
of building materials18	изыскания территории по данным
Болманов О. А., Мейрамбек Г. М.,	аэрофотосъемки46
Нурпеисова М. Б.	Усен Д. К., Бердикул Н. И., Нурпеисова К. М.
Использование современных приборов	Улучшение теплофизических
в маркшейдерских съемках при освоении	показателей ограждений для повышения
хромитовых месторождений21	энергоэффективности зданий49
Жаканова А. С., Ормамбекова А. Е.,	Хамраева Ж. А., Мадимарова Г. С.,
Нукарбекова Ж. М., Нурпеисова М. Б.	Нурпеисова Т. Б., Ормамбекова А. Е.
Рациональное использование земель	Өзен бойындағы су басу аймақтарын
под линии электропередач24	геоақпараттық технологиялары
	негізінде үлгілеу51

Кузница инженерных кадров Казахстана

Дата рождения Казахского горно-металлургического института, ныне Казахского национального исследовательского технического университета имени К.И. Сатпаева (Satbayev University) известна всем — 1934 год. Развитие промышленности в Казахстане в годы пятилеток потребовало открытие технических учебных заведений, и по инициативе К.И. Сатпаева была создана первая кузница инженерных кадров. Примечательно, что первыми факультетами были геологоразведочный, горный и металлургический. И в настоящее время КазНITU крепко стоит на ногах, опираясь на эти институты.

Современный Satbayev University представляет собой единственный в Казахстане исследовательский технический вуз, ведущий многопрофильную образовательную, научную и воспитательную деятельность, имеющий свои традиции, новаторские идеи и инновационный подход в деле подготовки конкурентоспособных специалистов для различных промышленных регионов страны.

В канун юбилея университета кафедра «Маркшейдерское дело и геодезия» также отметила 90-летний юбилей своего основания. Вначале была только кафедра геодезии, в 1936 году на заведование кафедрой «Маркшейдерское дело» был приглашен из Москвы доцент (позднее профессор) П. А. Рыжов, и она была

преобразована в кафедру «Маркшейдерское дело и геодезия». В настоящее время кафедра «Маркшейдерское дело и геодезия» выпускает специалистов по направлениям: «Горная инженерия (маркшейдерское дело)» и «Геопространственная цифровая инженерия» (геодезия, картография, землеустройство, кадастр) и обучение ведется на государственном, русском и английском языках.

Ведется подготовка магистрантов по геодезии и картографии и PhD-докторов по специальности «Геодезия».

Сегодня с полной уверенностью можно утверждать, что кафедра маркшейдерского дела и геодезии развивалась и достигла определенного благополучия, прежде всего опираясь на научно-исследовательскую работу, являющуюся одним из важных приоритетов деятельности кафедры. И коллектив кафедры видит перспективы развития в тесных связях с производством, выполнении серьезных исследовательских, проектных и изыскательских работ.

На кафедре сложилась весьма работоспособная группа специалистов, сформировались научные направления, соответствующие реальным рыночным запросам горно-металлургического комплекса Республики Казахстан. Сегодня кафедра сохранила лучшие традиции и направляет деятельность на



Рис. 1. Коллектив кафедры в канун 90-летнего юбилея

практическое решение приоритетных задач, указанных в Послании Президента РК, связанных с разведкой, освоением, переработкой природных ресурсов и получением из них вторичного сырья — востребованных строительных материалов. В настоящее время на кафедре проводятся научные работы по таким проектам, как «Исследование и разработка мониторинговых систем геомеханико-геодинамической безопасности на горнодобывающих предприятиях» (профессор к. Б. Рысбеков), «Ведение мониторинга за геотехническим состоянием горного массива для прогноза деформационных процессов при освоении месторождений» (профессор Г.М. Мейрамбек), «Разработка технологии переработки отходов ГМК с получением востребованных строительных материалов» (профессор М.Б. Нурпеисова), «Обеспечение промышленной экологической безопасности и полноты извлечения полезных ископаемых в условиях провалоопасности земной поверхности» (профессор Ш.К. Айтказинова), «Интенсификация процесса рекультивации нарушенных земель при ведении открытых горных работ» (профессор Ы. Жакыпбек), «Разработка модели геоида РК как основа единой государственной системы координат и высот» (профессор Х.М. Касымканова), «Исследование геотехнического состояния горного массива и разработка методики геомеханического комплексного мониторинга для прогноза деформационных процессов при освоении недр» (профессор Г.С. Мадимарова), общая сумма которых составляет более 3,0 миллиарда тенге (600,0 млн руб.).

Одним из ключевых показателей, характеризующих исследовательский университет, является его международный авторитет, узнаваемость в мировом образовательном пространстве. В этом направлении кафедра продолжает налаживать сотрудничество с вузами-партнерами и другими организациями зарубежных стран по совместным образовательным программам и научно-исследовательским проектам.

Но, с другой стороны, мы не забываем нашу историческую и духовную ситуацию времени, в котором мы живем и рабо-

таем! Отсюда вытекает приоритетность не только «чистого» образования, но и воспитания молодежи. И над этим мы работаем, понимая, что Satbayev University — это не только «кузница инженерных кадров», но и среда растущая и питающая личность. Мы дорожим учебно-педагогическим авторитетом и славной историей свершений нашей alma mater — Satbayev University, достижениями родной кафедры. Как в науке имеет место преемственность знаний, так и на нашей кафедре «Маркшейдерское дело и геодезия» существует преемственность кадров. Почти 90% сотрудников кафедры — ученики и продолжатели идеи А.Ж. Машанова. Акжан Жаксыбекович прожил большую жизнь и оставил после себя огромное научное наследие. Ньютон говорил: «Если я видел дальше других, то потому, что стоял на плечах гигантов». Я уверена, что молодые ученые нынешнего тысячелетия будут стоять на плечах гигантов науки XX века, таких как К.И. Сатпаев, П.А. Рыжов, А.Ж. Машанов, О.А. Байконуров, Ж.С. Ермаков и др.

Сегодня Satbayev University нацелен на выполнение новых задач по выпуску из вуза специалистов, в полной мере отвечающих требованиям сегодняшнего дня, способных вывести нашу республику в число передовых конкурентоспособных стран мира. И эти задачи нам, сотрудникам КазННТУ им. К.И. Сатпаева — самого первого в РК научно-образовательного и исследовательского университета вполне по плечу.

В завершение хочется отметить следующее: главный современный приоритет научно-образовательного комплекса нашего государства в целом, и Satbayev University, в частности, давно открыт. И сделал это великий Абай, провозгласив главную идею своей нравственной философии в простом и кратком выражении: «Адам бол!» — «Будь человеком!». Лучше и не скажешь. Ведь все, что ни открывает наука, все, что ни создается педагогическим сообществом — все это, так или иначе, делается людьми ради людей. Помните, как в старом фильме о физиках-ядерщиках: «Все остается людям».

Нурпеисова Маржан Байсановна,

доктор технических наук, профессор

Казахский национальный исследовательский технический университет имени К.И. Сатпаева (Satbayev University)

Наблюдение за деформациями зданий и сооружений в зоне строительства метрополитена

Айтбай Дарын Саматулы, студент;

Бекеев Бекзат Сазанбайулы, студент;

Ормамбеков Ержан Жумагалиевич, докторант;

Куандыков Тилепбай Алимович, PhD, лектор;

Нурпеисова Маржан Байсановна, доктор технических наук, профессор

Казахский национальный исследовательский технический университет имени К. И. Сатпаева (Satbayev University) (г. Алматы, Казахстан)

Приведены результаты наблюдений за деформациями наземных зданий и подземных сооружений в зоне влияния строительства Алматы метрополитена.

Ключевые слова: метро, деформации, здания, GPS-технологии, электронные тахеометры, цифровые нивелиры.

Ауесхан Қ.Б, студент; Рысбеков.Қ.Б профессор
Satbayev University, Алматы қаласы, Қазақстан
Электрондық почта: k.rysbekov@satbayev.university

**Исследование важности проведения аэрофотосъемки с целью
обновления топографических карт города Кунаева.**

***Аңдатпа.** Мақалада аэрофототүсірілімнің қағидаттары мен ерекшеліктеріне талдау жүргізу және оның жер мониторингі міндеттерін шешудегі қазіргі заманғы ролін айқындау. Сонымен қатар Қонаев қаласының топографиялық картасын аэрофототүсірілім әдісімен жасау туралы айтып өтеміз.*

***Түйінді сөздер:** аэрофототүсірілім, цифрлық технология, ортофотоплан, ұшқышсыз әуе кемелерін (БВС),*

***Аннотация.** В статье проводится анализ наблюдения аэрофотосъемки, а также определение ее современной роли в обеспечении задач мониторинга земель. Особое внимание уделяется созданию топографической карты города Кунаева с использованием методов аэрофотосъемки.*

***Ключевые слова:** аэрофотосъемки, цифровые технологий, ортофотопланы, беспилотных воздушных судов (БВС),*

***Annotation.** The article analyzes the observation of aerial photography, as well as determining its modern role in providing land monitoring tasks. Particular attention is paid to the creation of a topographic map of the city of Kunaev using aerial photography methods.*

***Keywords:** aerial photography, digital technology, orthophotos, unmanned aircraft (BVS),*

***Введение:** На сегодняшний день, при наблюдении за деформациями земной поверхности все чаще используют метод аэрофотосъемки. Аэрофотосъемка – классический способ дистанционного зондирования Земли с использованием цифровых технологий. Современные аэрофотосъемочные системы позволяют получать аэрофотоснимки любого пространственного разрешения, на основе которых создаются геопро пространственные продукты: цифровые модели местности; цифровые модели рельефа; цифровые карты и планы; цифровые ортофотопланы; пространственные модели местности и объектов. Основным преимуществом цифровых аэроснимков является их охватываемая величина пространства и мгновенность, что играет немаловажную роль, при наблюдении земной поверхности труднодоступных территорий горнопромышленных предприятий. Такие снимки дают общее изображение всех элементов земной поверхности, это в свою очередь, позволяет видеть их структуру и связи. Также, одним из основных достоинств аэрофотосъемки является повторность съемок, что позволяет проследивать за динамикой изменения состояния объектов.*

Основная часть. Наряду с традиционными методами аэрофотосъёмки всё более востребованной становится съёмка с помощью беспилотных летательных аппаратов (БПЛА). Особенно активно этот процесс развивается в последние

годы — на фоне стремительного роста популярности сверхлёгких БПЛА самолётного (общепринятое название за рубежом — дроны) и вертолётного типов [1, 2].

Беспилотники сегодня находят применение практически во всех сферах деятельности, демонстрируя высокие темпы развития. Метод дистанционного картографирования с применением БПЛА становится всё более перспективным способом получения геодезической основы в градостроительных и кадастровых работах, особенно при создании актуальных цифровых карт крупных масштабов.

Для целей землеустройства, кадастра и градостроительства в настоящее время часто используются данные космической съёмки. Однако основным недостатком этого метода является недостаточная точность координат снимков — погрешность может достигать от 1 до 10 метров, что делает невозможным выполнение ряда задач, требующих более высокой точности. Кроме того, на качество данных влияют климатические, сезонные и другие факторы, затрудняющие дешифровку объектов местности [3, 4].

В градостроительных целях аэрофотосъёмка особенно необходима для создания трёхмерных моделей городов. Многие существующие градостроительные планы устарели и требуют актуализации. Несмотря на то, что проводятся различные съёмки, новые планы чаще всего охватывают лишь небольшие территории, что затрудняет учёт смещений объектов инфраструктуры (ЛЭП, подземные коммуникации и т. д.), вызванных различными факторами и ошибками, не отражёнными в общей градостроительной документации.

С развитием технологий всё шире применяются фотограмметрические методы с использованием БПЛА, что даёт возможность оперативно контролировать производственные объекты, определять объёмы складов и отвалов, строить трёхмерные цифровые модели. Для регулярной съёмки территорий площадью до 10 км², а также при периодическом мониторинге открытых горных работ, эффективным решением становится аэрофотосъёмка с применением лёгких БПЛА массой менее 10 кг.

В отличие от пилотируемой авиации, такие аппараты не требуют аэродрома: достаточно площадки 50×70 м для взлёта и посадки. Современные БПЛА-комплексы, оснащённые высокоточной фотоаппаратурой, навигацией, системами управления и связи, обеспечивают:

- более высокую оперативность получения результатов по сравнению со спутниковой съёмкой;
- высокое пространственное разрешение (до 3 см на пиксель);
- меньшую зависимость от погодных условий (рис. 2).
- Преимуществами съёмки с использованием БПЛА являются:
- возможность создания и обновления цифровых карт и планов тех территорий, для которых экономически нецелесообразно или практически невозможно получить точные данные иным способом;

- получение фотореалистичных и точных 3D-моделей, расширяющих спектр применения данных.



Рис. 1. Снятая с помощью БВС



Рис. 2.Трехмерная модель городской территории

Цифровые трёхмерные модели промышленных объектов позволяют отслеживать их жизненный цикл, оптимизировать производственные процессы и планировать экономику предприятия. Трёхмерные модели городских территорий (рис. 3) применяются в рамках концепции «умного города» и служат инструментом для совершенствования систем городского управления.

Область применения БПЛА практически не имеет ограничений.

Для обработки результатов аэрофотосъёмки применяется специализированное программное обеспечение (ПО), разработанное как отечественными, так и зарубежными компаниями. Современное ПО обеспечивает полный цикл фотограмметрической обработки с высокой степенью автоматизации. Однако в некоторых случаях требуется дополнительная

методика компенсации искажений, вызванных шторно-щелевыми затворами, что требует разработки усовершенствованных подходов [5].

Выводы. Материалы аэрофотосъёмки являются важнейшим источником информации при создании и обновлении топографических карт, планов, а также получении других пространственных данных. От характеристик и качества съёмки напрямую зависит качество конечного продукта: цифровых топографических карт, ортофотопланов, электронной картографической основы, цифровых моделей рельефа и местности, ориентированных аэроснимков.

Литературы:

1. Сечин, А.Ю. Беспилотный летательный аппарат: применение в целях аэрофотосъёмки для картографирования (часть 2)— Москва: «Ракурс», 2011.— 98 с

2. Галкин, М.П. Использование ГИС технологий при построении цифровой модели рельефа [Текст] / Галкин М.П., Долгирев А.В., Тарбаев В.А.// Сборник научных трудов конференции «Вавиловские чтения — 2013», Саратов: Ульяновский государственный педагогический университет им. И.Н. Ульянова, 2013.—С. 289–292

3. 3 Комиссаров, А.В. Анализ методик создания макетных снимков для проверки точности фотограмметрических построений / А.В. Комиссаров, В.В. Дедкова. // Вестник СГУГиТ.— 2021.—Т. 26, № 2.—С. 47–56.—DOI 10.33764/2411–1759–2021–26–2–47–56.

4. Тарбаев В.А. Использование беспилотных систем для уточнения площади полей землепользователей [Текст] / Тарбаев В.А., Долгирев А.В., Минаева К.Д. / Сборник научных трудов конференции «Вавиловские чтения —2015», Саратова: