

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН
СӘТБАЕВ УНИВЕРСИТЕТІ

Институт Горно – металлургический имени О.А. Байконурова

Кафедра «Маркшейдерское дело и геодезия»

Куатбеков Алмаз

ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ

На тему: «Обработка аэроснимков с помощью современных программных
обеспечений для создания ЦММ»

5B071100 – Геодезия и картография

Алматы 2019

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН
СӘТБАЕВ УНИВЕРСИТЕТІ

Кафедра: «Маркшейдерское дело и геодезия»

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой МДиГ

доктор
Б.В. Иманбаева
2019 г

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ
НАС. КАЗНИТУ им. Б.В. Иманбаева
Горно-металлургический
институт им. О.А. Байконурова

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

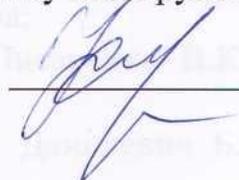
к дипломному проекту

На тему: «Обработка аэроснимков с помощью современных программных обеспечений для создания ЦММ»

5В071100 – Геодезия и картография

Выполнил  Куатбеков А.

Научный руководитель

 Кыргызбаева Г.М

« 13 » 05 2019 г

Алматы 2019

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН
СӘТБАЕВ УНИВЕРСИТЕТІ

Институт: Горно – металлургический имени О.А. Байконурова

Кафедра: «Маркшейдерское дело и геодезия»

Шифр и наименование специальности: 5В071100 – «Геодезия и картография»



УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой МДиГ

PhD доктор

Б.Б. Имансакипова

05 2019 г

ЗАДАНИЕ

на выполнение дипломного проекта

студенту Куатбекову А..

Тема: «Обработка аэроснимков с помощью современных программных обеспечений для создания ЦММ»

Утверждена приказом по университету № 1113-б от «08» 10.2018 г.

Срок сдачи законченного проекта «14» 05 2019 г

Исходные данные к дипломному проекту:

1. Технические характеристики вертолета К-26
2. Технические характеристики вертолета Beechcraft King Air
3. Технические характеристики без пилотника Air-Con 2

Перечень подлежащих разработке в дипломном проекте вопросов или краткое содержание дипломной работы:

- а) Технология производства цифровой аэрофотосъемки
- б) Обработка аэроснимков с помощью современных программных обеспечений для создания ЦММ (ортофотоплан и геомозайка)
- в) Сравнительный анализ обработки аэрофотоснимков в различных программных продуктах

Рекомендуемая основная литература:

1. Климов О.Д., Калугин В.В., Писаренко В.К. Практикум по прикладной геодезии - М.: Недра, 1991;
2. Багратуни Г.В., Ганьшин В.Н., Данилевич Б.Б. Инженерная геодезия М.: Недра, 1984
3. Курченко Н.Ю., Ильченко Я.А., Труфляк Е.В. Разработка программного обеспечения для обработки снимков, полученных с беспилотных летательных аппаратов. Краснодар. 2019. С.11-13.
4. Власова Н.В., Воробьева И.Б. Возможности применения БПЛА при мониторинговых исследованиях природных комплексов на законсервированных участках горных работ. Материалы Всероссийской научно-практической конференции Иркутск, 2018 г. С.34-37.

ГРАФИК

подготовки дипломного проекта

Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Срок представления научному руководителю	Примечание
Геодезия	29.04.2019	
Обработка аэроснимков с помощью современных программных обеспечений для создания ЦММ (ортофотоплан и геомозайка)	29.04.2019	

Подписи

консультантов и нормоконтролера на законченный дипломный проект с указанием относящихся к ним разделов проекта

Наименование разделов	Научный руководитель, И.О.Ф. (уч. степень, звание)	Дата подписания	Подпись
Геодезия	Г.М.Кыргызбаева, к.т.н., ассис.профессор	13.05.2019	
Обработка аэроснимков с помощью современных программных обеспечений для создания ЦММ (ортофотоплан и геомозайка)	Г.М.Кыргызбаева, к.т.н., ассис.профессор	13.05.2019	
Нормоконтролер	Ж.М.Нукарбекова, м.т.н., ассистент	13.05.19	

Заведующий кафедрой _____

Б. Б. Имансакипова

Научный руководитель _____

Г.М.Кыргызбаева

Задание принял к исполнению обучающийся _____

Куатбеков А.

Дата

« 13 » 05 2019 г.

АҢДАТПА

Дипломдық жұмыста жердің сандық модельдерін құру үшін заманауи бағдарламалық өнімдерді қолдана отырып, аэротүсірілімдерді өңдеу бойынша кешенді міндеттер қарастырылған.

Ұшқышсыз ұшу аппараттары жүзеге асыратын жерді өлшеу және аэрофототүсіру бүгінгі күні геодезия және картография саласындағы көптеген мәселелердің өзекті және тиімді шешімі болып табылады.

Геодезиядағы ұшқышсыздан алынған деректер мамандандырылған бағдарламалық қамтамасыз етуде өңделеді және құрылысты жобалауда, сандық және электрондық карталарды жасауда, жергілікті жердің топографиялық жоспарларын құрастыруда негіз болып табылады.

АННОТАЦИЯ

В дипломной работе рассмотрен комплекс задач по обработке аэроснимков с применением современных программных продуктов для создания цифровых моделей местности.

Измерения и аэрофотосъемка местности, осуществляемые беспилотными летательными аппаратами, на сегодняшний день являются актуальным и рентабельным решением большинства вопросов в области геодезии и картографии.

Полученные данные с беспилотника в геодезии обрабатываются в специализированном программном обеспечении и являются основой в проектировании строительства, создании цифровых и электронных карт, составлении топографических планов местности.

ANNOTATION

In the diploma work is considered a set of tasks to process aerial images using advanced software for creating digital terrain models.

Measurements and aerial photography of the terrain, carried out by unmanned aerial vehicles, are today a topical and cost-effective solution to most issues in the field of geodesy and cartography.

The data obtained from a drone in geodesy are processed in specialized software and are the basis in the design of construction, the creation of digital and electronic maps, and the preparation of topographical plans of the area.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	9
1 Аэрофотосъемка	10
1.1 Технология производства цифровой аэрофотосъемки	10
1.2 Аэрофотосъемочное оборудование	12
1.3 Воздушные суда	13
1.3.1 Аэрофотосъемочный самолет Ан-30	14
1.3.2 Самолет Ан-2	15
1.3.3 Самолет KingAir	16
1.3.4 Вертолет Ка-26	17
1.3.5 Беспилотник Air-Con 2	18
1.3.6 Беспилотник Air-Con 4	19
2 Обработка аэроснимков с помощью современных программных обеспечений для создания ЦММ (ортофотоплан и геомозайка)	21
2.1 Основные этапы процесса аэрофотосъемки с использованием БПЛА	21
2.2 Обработка данных аэрофотосъемки средствами открытого пакета OpenDroneMap	27
2.3 Обработка данных аэрофотосъемки в программном обеспечении PHOTOMOD	30
2.4 Обработка данных аэрофотосъемки средствами открытого пакета DroneDeploy 3D	32
2.5 Обработка данных аэрофотосъемки в программном обеспечении Pix4Dmapper	33
2.6 Сравнительный анализ обработки аэрофотоснимков в различных программных продуктах	35
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	
Приложение А	
Приложение Б	
Приложение В	
Приложение Г	
Приложение Д	
Приложение Е	
Приложение Ж	
Приложение З	
Приложение И	

ВВЕДЕНИЕ

За последние 10-15 лет в Казахстане и в ряде зарубежных стран активное применение получили продукты аэрофотосъемки, получаемые при помощи беспилотных летательных аппаратов (БПЛА).

Измерения и аэрофотосъемка местности, осуществляемые беспилотными летательными аппаратами, на сегодняшний день являются актуальным и рентабельным решением большинства вопросов в области геодезии и картографии.

БПЛА для геодезии, пролетая по заданному маршруту как в автоматическом, так и полуавтоматическом режиме, получает точные и достоверные фото и видеоматериалы об особенностях рельефа местности, на которой будут проводиться строительные работы, совершает наземное лазерное сканирование, проводит геологоразведку, мониторинг зданий и сооружений. Полученные данные с беспилотника в геодезии обрабатываются в специализированном программном обеспечении и являются основой в проектировании строительства, создании цифровых и электронных карт, составлении топографических планов местности.

Значительный вклад БПЛА вносят в проведение инженерно-геодезических изысканий для строительства. Беспилотник для геодезии предоставляет специалистам данные, позволяющие изучить рельеф интересующей местности и разработать проектирование строительства с учетом рационального использования и охраны окружающей среды, прогнозировать изменения природной среды участка под воздействием строительства и эксплуатации предприятий.

1 Геодезия

1.1 Технология производства цифровой аэрофотосъемки

Цифровая аэрофотосъемка – классический способ дистанционного зондирования Земли с использованием цифровых технологий. Современные аэрофотосъемочные системы позволяют получать аэрофотоснимки любого пространственного разрешения, на основе которых создаются геопространственные продукты: цифровые модели местности; цифровые модели рельефа; цифровые карты и планы; цифровые ортофотопланы; пространственные модели местности и объектов, составляющие основу географических баз данных в ГИС-технологиях используемых в следующих основных направлениях [1]:

- картографическое обеспечение оборонных нужд страны, создание и обновление топографических карт и планов всего масштабного ряда;
- природоресурсный и экологический мониторинг окружающей среды, создание тематических и экологических карт, контроль недропользования;
- мониторинг зон чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, технологии управления рисками чрезвычайных ситуаций;
- сельскохозяйственный мониторинг, водный, лесной и другие виды кадастров;
- создание кадастра объектов недвижимости;
- инфраструктурные ГИС-проекты субъектов топливно-энергетического комплекса и недропользователей;
- планирование и управление территориями и т. д.

Главные достоинства цифровых аэроснимков, получаемых в ходе дистанционного зондирования – их большая обзорность и одномоментность. Они покрывают обширные, в том числе труднодоступные, территории в один момент времени и в одинаковых физических условиях. Снимки дают интегрированное и вместе с тем генерализованное изображение всех элементов земной поверхности, что позволяет видеть их структуру и связи. Очень важное достоинство – повторность съемок, т.е. фиксация состояния объектов в разные моменты времени и возможность прослеживания их динамики.

При изготовлении цифровых аэросъемочных камер приходится выпускать камеры с небольшими размерами матриц или использовать специальные приемы по объединению кадров, полученных с разных матриц. Для камер UltraCam изображения, из которых собирается снимок, получены из разных объективов, но съемка синхронизируется таким образом, что центры проекций этих изображений (положение объективов) совпадают. Следовательно, подход к комбинированию изображений у камеры Ultracam является более честным и точным с фотограмметрической точки зрения.

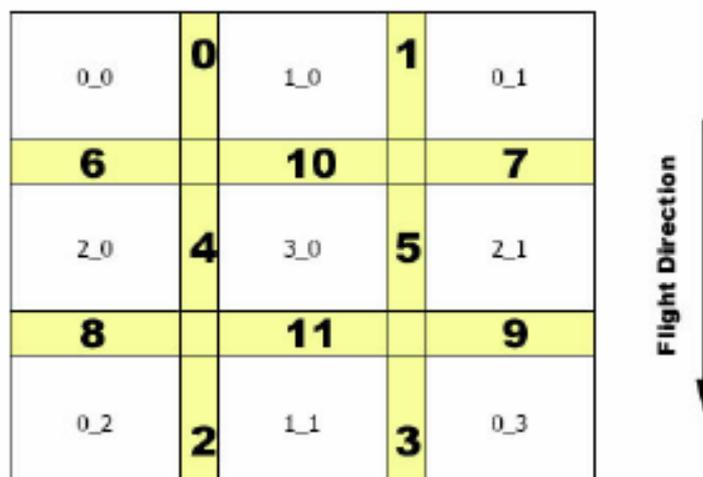


Рисунок 1. Получение виртуального снимка в камерах UltraCam

Размер кадров цифровых камер прямоугольный. Такие камеры можно по-разному монтировать на носителе (самолете). Для обеспечения большего захвата при маршрутной съемке или для экономии горючего при площадной съемке цифровые камеры монтируются длинной стороной поперек движения носителя, как показано на рисунке 2.



Рисунок 2. Съемка производится длинной стороной поперек маршрута

Важной характеристикой цифровой съемки является ее качество. Большинство современных цифровых камер позволяют получать снимки с глубиной цвета более 8 бит на канал, это позволяет рассмотреть детали в тенях,

недоступные при аналоговой съемке. Некоторые камеры позволяют получать снимки и в инфракрасных (ближнем и дальнем) диапазонах. В простейшем случае (цифровые камеры малого и среднего форматов) цветное изображение получается прямо при съемке с помощью т.н. байеровской матрицы. Светочувствительная матрица содержит 25 % красных элементов, 25 % синих и 50 % зелёных элементов.

Для получения цветного изображения используются алгоритмы (дебайеризация), использующие специальную интерполяцию и фильтры повышения четкости изображения. С точки зрения фотограмметрической точности эффект такой обработки мало изучен, но, при использовании площадных корреляторов не приводит к уменьшению точности.

Для снижения стоимости производители камер UltraCam устанавливают в камеры кроме черно-белых матриц большого разрешения цветные матрицы меньшего разрешения. Для получения цветного изображения большого разрешения в этом случае необходимо использовать алгоритм паншарпенинга (pan-sharpening), который показан на рисунке 3 [2].



Рисунок 3. Паншарпенинг

С точки зрения экономических аспектов использования современного оборудования – цифровых камер, GPS/IMU систем, лазерных сканеров, то для разных проектов и работ приобретение такого оборудования имеет разную экономическую привлекательность. Крупноформатные цифровые камеры позиционируются как полная замена старым аналоговым камерам. Среднеформатные камеры больше подходят для маршрутной съемки или съемки небольших блоков.

1.2 Аэрофотосъемочное оборудование

В аэрофотосъемочное оборудование входят.

Цифровая аэрофотокамера. Аэрофотосъемку местности производят цифровыми аэрофотоаппаратами (ЦАФА). Их устанавливают в кабинах самолетов или вертолетов вместе с дополнительным оборудованием, определяющим положение аэроснимка в момент их фотографирования в пространстве.

Гиростабилизирующая установка - это устройство для приведения оптической оси цифрового аэрофотоаппарата в отвесное положение. Он обеспечивает получение снимков с углами наклона, не превышающих 30-40'.

Система планирования полетов - это программный продукт в комплекте с GPS, позволяющий автоматизировать самолетовождение при АФС. От данной системы зависит успешное выполнение аэросъемочных проектов начинается с правильного планирования полетов, которое имеет целью определение оптимального расположения маршрутов для съемки требуемой территории.

Инерциальные системы GPS/IMU. Здесь речь идет о комплексах, которые с одинаковым успехом могут использоваться для решения, во первых, задач чисто навигационных, а, во вторых, задач геодезических, аэрогеодезических, топографогеодезических и др.

1.3 Воздушные суда

К техническим средствам аэрофотосъемки относятся воздушные суда, аэрофотосъемочное оборудование, фотоматериалы, фотолабораторное оборудование для изготовления и оценки качества негативной и позитивной продукции [3].

Выбор воздушного судна зависит, прежде всего, от спектра задач, решаемых посредством аэрофотосъемки.

Воздушное судно — летательный аппарат, поддерживаемый в атмосфере за счёт взаимодействия с воздухом, отличного от взаимодействия с воздухом, отражённым от поверхности земли или воды.

Аэрофотосъемка для различных целей производится как со специализированных аэрофотосъемочных самолетов, так и со специально оборудованных самолетов и вертолетов, находящихся на эксплуатации в гражданской авиации.

Воздушные суда, используемые для аэрофотосъемочных работ, должны обеспечивать:

- необходимые путевую скорость, высоту фотографирования, радиус действия и продолжительность съемочных работ;
- установку и удобное размещение аэрофотосъемочной и вспомогательной аппаратуры;
- хороший обзор местности для штурмана - аэрофотосъемщика и удобное место для борт-оператора;
- энергоснабжение аэрофотосъемочной аппаратуры от бортовой сети и надежную ее эксплуатацию;

- соответствующие устройства для установки аппаратуры;
- высокую эффективность (наименьшую стоимость аэрофотосъёмочных работ).

Тип воздушного судна выбирают в зависимости от требований, предъявляемых к масштабу и качеству аэрофотоснимков.

1.3.1 Аэрофотосъёмочный самолет Ан-30

Фоторазведчик Ан-30 (первоначальное обозначение Ан-24ФК) создан в 60-х годах на базе пассажирского самолёта Ан-24. Первый прототип изготовлен на заводе №49 ОКБ Г.М. Бериева в 1967 году. Ан-24ФК впервые поднялся в воздух в августе 1967 года. После прохождения госиспытаний в НИИ ВВС и ГосНИИ ГА началось освоение серийного производства Ан-30 на Киевском авиационном заводе "Труд".

Конструкция Ан-30 (рисунок 4) аналогична базовому самолёту. Отличие заключается в носовой части фюзеляжа, где расположена застеклённая кабина штурмана-аэрофотосъёмщика, в обязанности которого входит составление программы съёмки, контроль за выполнением аэрофотосъёмочных маршрутов и общее руководство аэрофотосъёмочными работами. Кабина пилотов приподнята над фюзеляжем. В салоне оборудованы рабочие места операторов. В полу имеется 5 фотолуков для установки АФА в различных комплектациях. В центроплане установлено 6 дополнительных топливных баков общей ёмкостью 1600 л [4].



Рисунок 4. Аэрофотосъёмочный самолет Ан-30

В 1975-1980 годах было выпущено 115 самолётов Ан-30 различных модификаций. 23 самолёта было поставлено на экспорт в Афганистан, Болгарию, Вьетнам, Китай, Кубу, Монголию, Румынию и Чехословакию.

Основные характеристики самолета Ан-30 указаны в таблице 1.

Таблица 1 – Летно-технические характеристики самолета Ан-30

Модификация	Ан-30А
Размах крыла, м	29.20
Длина самолета, м	24.26
Высота самолета, м	8.32
Площадь крыла, м ²	72.46
Масса, кг	
пустого самолета	15590
нормальная взлетная	20300
максимальная взлетная	23000
Топлива	4820
Тип двигателя	2 ТВД Прогресс АИ-24ВТ + 1 ТРД Союз РУ-19А-300
Мощность, л.с.	2 x 2817 + 1x7.65 кН
Максимальная скорость, км/ч	540
Крейсерская скорость, км/ч	476
Практическая дальность, км	2600
Продолжительность полета, ч	6.6
Практический потолок, м	8000
Экипаж, чел	9

1.3.2 Самолет Ан-2

Ан-2 — лёгкий транспортный самолёт, биплан с расчалочным крылом. Эксплуатируется с одним двигателем АШ-62ИР Швецова мощностью 1000 л. с. и винтом АВ-2. Номинальный полётный вес — 5250 кг [5].

Ан-2, изображенный на рисунке 15, разработан ОКБ-153 О. К. Антонова, первый полёт — 31 августа 1947 года.



Рисунок 5. Самолет Ан-2

Основные характеристики самолета Ан-2 указаны в таблице 2.

Таблица 2 – Летно-технические характеристики самолета Ан-2

Двигатели	1 поршневой винтовой двигатель АШ-62ИР мощностью 1000 л.с.
Массы и нагрузки	
Влетная масса, кг	5250
Максимальная посадочная, кг	5250
Максимальная коммерческая нагрузка, кг	1500
Максимальная без топлива, кг	4800
Пустого самолета, кг	3450
Полный запас топлива, кг	900
Летные данные	
Максимальная скорость, км/ч	- 258
Крейсерская скорость, км/ч	185
Взлетная скорость, км/ч	80
Посадочная скорость, км/ч	85
Практический потолок, м	4400
Длина разбега, м	150
Дальность полета на высоте 1000 м с коммерческой нагрузкой 500 кг, км	900

Самолёт исключительно широко эксплуатировался в СССР на местных воздушных линиях для перевозки пассажиров и грузов (часто на линиях, связывавших областные центры с районными, а также сёлами), выполнения различных народнохозяйственных, в частности, авиационных химических работ. Будучи простым в эксплуатации, пригодным для работы с неподготовленных грунтовых площадок и обладая малым разбегом и пробегом, самолёт был незаменим для работ на малоосвоенных территориях Сибири, Крайнего Севера, Средней Азии, где применялся повсеместно.

1.3.3 Самолет KingAir

Легкий турбовинтовой самолет King Air (Кинг Эйр) разработан американской компанией Beech Aircraft Corporation, сегодня являющейся подразделением более крупной компании Hawker Beechcraft (Хокер Бичкрафт). King Air, изображенный на рисунке 13, широко эксплуатируются по всему миру в качестве частных или корпоративных самолетов, в чартерных авиакомпаниях и службах аэротакси, а также для перевозки грузов и выполнения авиационных работ. Самолет также имеет множество военных модификаций.

Основные характеристики самолета Beechcraft King Air указаны в таблице 3.

Таблица 3 – Основные характеристики самолета Beechcraft King Air

Модификация	B200
Масса, кг	
пустого самолета	3419
максимальная взлетная	5670
Тип двигателя	2 ТВД Pratt Whitney Aircraft Canada PT6A-42
Мощность, л.с.	2 x 850
Максимальная скорость, км/ч	545
Крейсерская скорость, км/ч	523
Экономическая скорость, км/ч	475
Практическая дальность, км	3756
Практический потолок, м	10670
Экипаж, чел	1
Полезная нагрузка:	до 15 пассажиров или 907 кг груза

Всего построено более 3500 самолетов King Air всех модификаций. Производство моделей 200 и 300 (которые иногда также называют Super King Air) продолжается и в настоящее время. На базе модели King Air B200 был разработан более крупный самолет для местных воздушных линий Beechcraft 1900 [5].



Рисунок 6. Самолет KingAir

1.3.4 Вертолет Ка-26

Ка-26 — многоцелевой вертолет разработанный в ОКБ Камова. Первый опытный вертолет Ка-26 совершил первый полет 18 августа 1965г. Серийное производство на авиационном заводе в Улан-Удэ и авиационном заводе в Кумертау. Всего было построено 816 вертолетов, в том числе 257 поставлены в 14 стран мира. Внешний вид вертолета Ка-26 показан на рисунке 7 [6].



Рисунок 7. Вертолет Ка-26

Основные летно-технические характеристики вертолета Ка-26 отображены в таблице 4.

Таблица 4 – Основные летно-технические характеристики вертолета Ка-26

Параметр	Значение
Максимальная грузоподъемность, кг	510
Масса пустого носителя, кг	2020
Вид топлива	СБ-78
Практический потолок, м	3100
Крейсерская скорость,	140
Съемочная скорость, км/ч	60-160
Максимальная продолжительность полета, ч	3
Дальность полета, км	400

1.3.5 Беспилотник Air-Сon 2

Бюджетный беспилотный летательный аппарат для выполнения высокоточной аэрофотосъемки, создания ортофотопланов, топографической съемки. Беспилотник оснащён фотокамерой и ГНСС приёмником и способен летать до 50 минут (рисунок 8).



Рисунок 8. Беспилотник Air-Con 2

Основные летно-технические характеристики беспилотника Air-Con 2 отображены в таблице 5.

Таблица 5 – Основные летно-технические характеристики беспилотника Air-Con 2

Параметр	Значение
Тип БПЛА	самолет
Тип двигателя	электрический
Максимальное время полёта, мин	50
Максимальная дальность полёта, км	70
Максимальная высота полёта, м	5000
Максимальная скорость, м/с	25
Максимальная скорость ветра, м/с	10
Площадь съёмки за один вылет, Га	100-400
Размах крыла, м	1,2
Вес, грамм	1200
Длина, мм	550
Ширина, мм	1200
Высота, мм	200

1.3.6 Беспилотник Air-Con 4

Беспилотник для геодезии самолётного типа. Способен за вылет покрывать территорию до 400 Га.

Основные летно-технические характеристики беспилотника Air-Con 4 отображены в таблице 6.

Таблица 6 – Основные летно-технические характеристики беспилотника Air-
Cоп 4

Параметр	Значение
Тип БПЛА	самолет
Тип двигателя	электрический
Максимальное время полёта, мин	150
Максимальная дальность полёта, км	150
Максимальная высота полёта, м	5000
Максимальная скорость, м/с	25
Максимальная скорость ветра, м/с	10
Площадь съёмки за один вылет, Га	350-1200
Размах крыла, м	2,1
Вес, грамм	4200
Длина, мм	790
Ширина, мм	2122
Высота, мм	300

2 Обработка аэроснимков с помощью современных программных обеспечений для создания ЦММ (ортофотоплан и геомозайка)

2.1 Основные этапы процесса аэрофотосъемки с использованием БПЛА

В техническом плане процесс аэрофотосъемки с использованием БПЛА состоит из трех этапов: подготовительного, собственно съемки, и постобработки полученных данных [6].

1. Подготовительный этап. На данном этапе производится:

- изучение имеющихся материалов; формирование или сбор требований к материалам, которые нужно получить по результатам съемки – тип и масштаб карты, границы объекта съемки; приведение их в технические требования к съемочным материалам: разрешение, координаты контура участка съемки, перекрытие снимков, точность определения координат центров фотографирования, требования к наземной опорной сети (при комбинированной съемке, например, когда привязка фотоплана производится по точкам наземной опорной сети, требования к точности определения КЦФ вообще не предъявляются);

- формирование полетного задания для БПЛА. Выполняется программой – планировщиком полета, входящей в состав комплекса. Оператор должен выбрать используемый комплекс БПЛА (в случае, если программа позволяет работать с несколькими конфигурациями БПЛА и фотоаппаратуры), задать на карте контур участка съемки и примерное положение стартовой площадки, установить требуемое разрешение и перекрытие, после чего программа рассчитывает план полета и проверяет его выполнимость.

2. Выполнение аэрофотосъемки

По прибытии на стартовую площадку производится (рисунок 1):

- уточнение положения стартовой площадки, задание точки возвращения и ввод данных о скорости и направлении ветра на рабочей высоте, если таковые известны;

- автоматическое уточнение плана полета и повторная проверка его выполнимости;

- старт БПЛА с пускового устройства;

- выполнение съемки в автоматическом режиме;

- посадка.

Затем полученная модель используется для генерации ортофотопланов и матриц высот.

При использовании комбинированного способа выполняется определение координат опорных точек, выбранных для привязки.

Такая обработка, как правило, выполняется в той же программе – планировщике полетного задания.



Рисунок 9. Выполнение съемки местности с использованием БПЛА

При использовании комбинированного способа выполняется определение координат опорных точек, выбранных для привязки.

3. Постобработка данных

Заключается в:

- снятии данных (фотоснимки и журнал полета) с бортовых носителей информации;
- визуальной оценке качества фотографий и отбраковке "технических" кадров, если такие записаны. Под техническими кадрами понимаются снимки, сделанные вне пределов участка съемки - при подлете к участку, на дугах разворота и т.п.;
- генерация файла привязки центров фотографирования. В ходе полета аппаратура управления ведет запись различных параметров, среди которых – координаты, скорость и параметры ориентирования летательного аппарата. После окончания съемки из файла журнала полета необходимо выбрать координаты, соответствующие моментам фотографирования, и приписать их конкретным снимкам. Такая обработка, как правило, выполняется в той же программе – планировщике полетного задания.

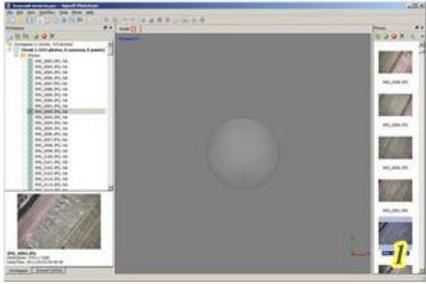
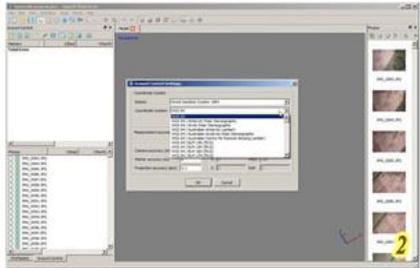
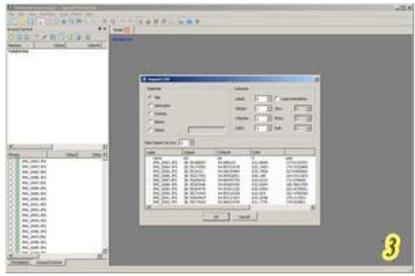
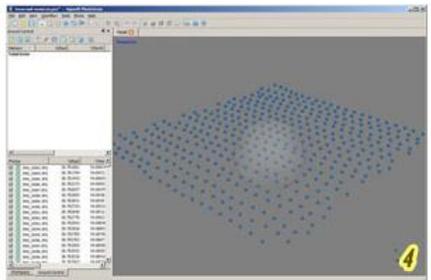
Рассмотрим обработку аэрофотоснимков в программном обеспечении Agisoft PhotoScan.

Программа Agisoft PhotoScan - универсальный инструмент для генерации трехмерных моделей поверхностей объектов съемки по фотоизображениям этих объектов. PhotoScan с успехом применяется как для построения моделей предметов и объектов разных масштабов – от миниатюрных археологических артефактов до крупных зданий и сооружений, так и для построения моделей местности по данным аэрофотосъемки и генерации матриц высот и ортофотопланов, построенных на основе этих моделей. Обработка данных в PhotoScan предельно автоматизирована – на оператора возложены лишь функции контроля и управления режимами работы программы.

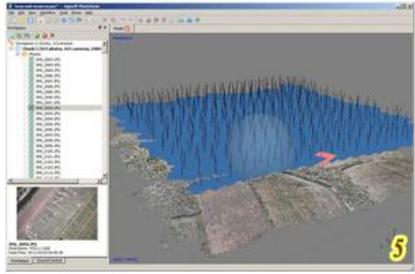
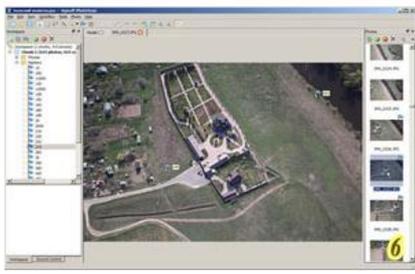
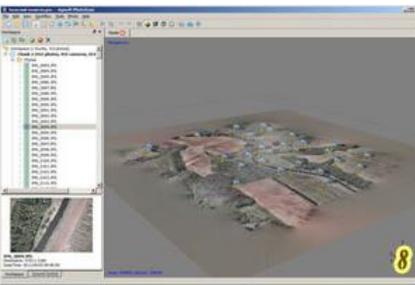
Построение и привязка модели местности в программе состоит из трех основных этапов (рисунок 10).

Затем полученная модель используется для генерации ортофотопланов и матриц высот. Рассмотрим процесс обработки аэрофотоснимков на примере съемки полигона "Заокский" [7] (таблица 7).

Таблица 7 - Процесс обработки аэрофотоснимков полигона Заокский

№	Этапы	Рисунки	Описание
1	Загрузка фотоснимков		Фотографии загружены. В свойствах проекта видно, что проект состоит из блоков (chunks) – обрабатываемых независимо частей проекта со своими фотографиями, моделью, СК, параметрами калибровки оптики и т.п. В данном проекте - один блок, состоящий из 415 фотографий. Метки NA (not aligned) рядом с фотографиями показывают, что положение этих снимков.
2	Выбор системы координат		Необходимо выбрать систему координат из текщего списка.
3	Загрузка данных телеметрии		Загрузка данных телеметрии – координат центров фотографирования (КЦФ). Программа распознает данные в форматах txt, csv, tel и позволяет указать из каких столбцов считывать данные.
4	Построение точечной модели		Метки в форме синих шариков отображают взаимное расположение точек съемки (КЦФ), после уравнивания они будут заменены метками другого вида, соответствующим положению плоскостей кадров. Программа распознает данные в форматах txt, csv, tel и позволяет указать из каких столбцов. Необходимо выбрать систему

Продолжение таблицы 7

5	Ориентирован ие фотоснимка		<p>После выполнения первого этапа обработки – первичного уравнивания и построения точечной модели, формируется облако точек, описывающее модель, и набор параметров взаимного ориентирования фотоснимков. Положение выбранного снимка отображается в области просмотра модели. Снимки, которые не удалось уравнивать, по-прежнему отображаются сферами/шариками, и в списке фотографий отмечены меткой NA (not aligned).</p>
6	Установка маркеров (меток опорных точек)		<p>Если известно положение маркеров на снимках (в системе координат снимка), можно просто импортировать эти данные в PhotoScan. Если маркеры еще не дешифрованы, придется задавать их расположение прямо в программе. Для каждого маркера достаточно отметить их положение на одном-двух снимках, и PhotoScan автоматически определяет их положение на других снимках, выделяя снимки, на которых присутствует выбранный маркер, специальными метками.</p>
7	Цифровая модель местности		<p>Маркеры расставлены. Модель готова. Ее можно экспортировать как матрицу высот и сформировать на основе этой модели ортофотоплан местности. Для каждого маркера достаточно отметить их положение на одном-двух снимках, и PhotoScan автоматически определяет их положение на других снимках, выделяя снимки, на которых присутствует выбранный маркер, специальными метками. Положение выбранного снимка отображается в области просмотра модели.</p>

8	Ортофотоплан		Ортофотоплан всего участка съемки.
---	--------------	---	------------------------------------

Основная задача, решаемая пользователями при помощи программы PhotoScan - восстановление текстурированной 3D модели объекта. Работа с проектом осуществляется в четыре этапа:

1. Определение параметров внешнего и внутреннего ориентирования камер. На этой стадии PhotoScan находит общие точки фотографий и по ним определяет все параметры камер: положение, ориентацию, внутреннюю геометрию (фокусное расстояние, параметры дисторсии и т.п.). Результатами этого этапа являются разреженное облако общих точек в 3D пространстве модели и данные о положении и ориентации камер. В PhotoScan разреженное облако точек не используется на дальнейших стадиях обработки (кроме режима построения модели на основе разреженного облака точек), и служит только для визуальной оценки качества выравнивания фотографий.

2. Построение плотного облака точек. На втором этапе PhotoScan выполняет построение плотного облака точек на основании рассчитанных на первом этапе обработки положений камер и используемых фотографий. Перед переходом на следующий этап создания 3D модели или перед экспортом модели, плотное облако точек может быть отредактировано и классифицировано.

3. Построение полигональной модели объекта. На третьем этапе PhotoScan строит трехмерную полигональную модель, описывающую форму объекта, на основании плотного облака точек. Также возможно быстрое построение модели на основании только разреженного облака точек. PhotoScan предлагает два основных алгоритмических метода для построения полигональной модели: Карта высот - для плоских поверхностей (таких как ландшафт или барельеф) и Произвольный - для любых типов поверхностей.

4. В PhotoScan доступно несколько методов построения текстуры модели, более подробно они описаны в соответствующем разделе руководства. Построение ортофотоплана и карты высот также описывается в соответствующих разделах.



Рисунок 10 - Основные этапы построения и привязки моделей местности в программе

2.2 Обработка данных аэрофотосъемки средствами открытого пакета OpenDroneMap

В качестве примера выбрали 33 фотографии, выполненных аппаратом DJI Phantom 3 Advanced с высоты 150 метров в августе 2016 года, камера работала в автоматическом режиме. В связи с бурным развитием как фотограмметрических технологий, так и индустрии простых в освоении БПЛА оснащенных фото/видео-аппаратурой, у специалистов самых разных профилей стал расти интерес к возможностям организации аэрофотосъемки и обработки получаемых данных для дальнейшей работы с географическими продуктами, такими как ортофотопланы, цифровые модели местности, трёхмерные модели. Также, параллельно начали развиваться и проекты с открытым исходным кодом. Установка и использование одного из наиболее удачных - OpenDroneMap.

OpenDroneMap - технически сложное программное обеспечение, относительно просто которое можно развернуть только в среде Linux Ubuntu. Собственно обработка данных и расчёт производных продуктов осуществляется запуском одной единственной команды. В терминале из директории размещения OpenDroneMap вызывается модуль gun.py [17].

Процесс работы с OpenDroneMap:

1. Установка Oracle VirtualBox (рисунок 11).

Oracle VirtualBox - самый популярный в мире открытый настольный гипервизор виртуальных машин, то есть специальное программное обеспечение, предназначенное для создания и запуска виртуальных машин, полноценных операционных систем, работающих внутри вашего основного окружения. Для начала нужно загрузить на свой компьютер дистрибутив операционной системы, которую необходимо установить как виртуальную машину.

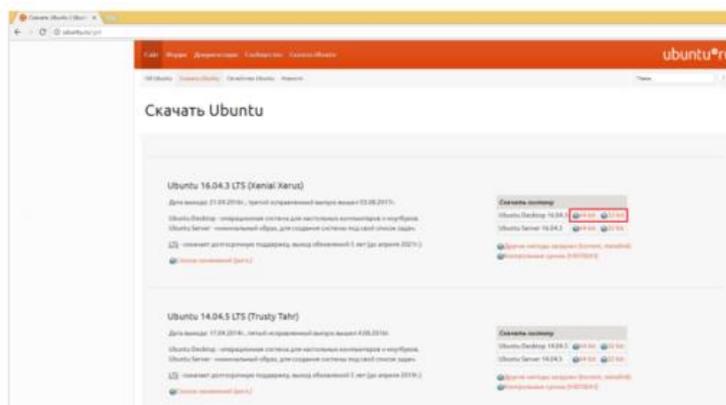


Рисунок 11. Установка Oracle VirtualBox

2. Установка Ubuntu 16.04 LTS на VirtualBox (рисунок 12).

Приступаем к созданию виртуальной машины. Нажимаем кнопку "Создать" на главной панели VirtualBox. На первом этапе необходимо задать

имя новой виртуальной машины и её тип. Примем название Ubuntu ODM (от OpenDroneMap) и выберем в списке Linux - Ubuntu (32-bit)".

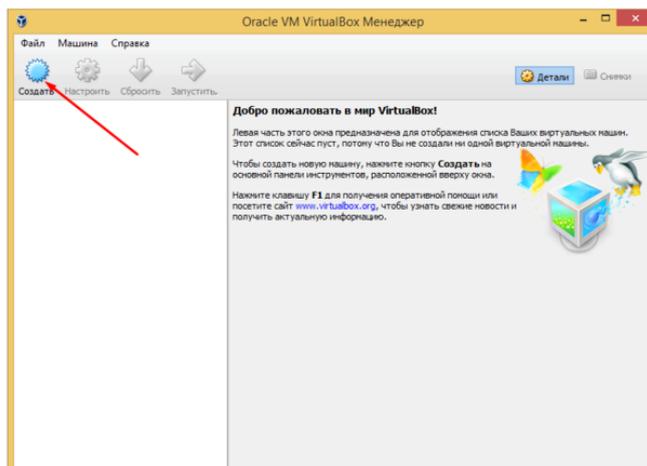


Рисунок 12. Установка Ubuntu 16.04 LTS на VirtualBox

3. Настройка Ubuntu 16.04 (рисунок 13).

Вызвать его можно, набрав в строке поиска Terminal (строка поиска вызывается нажатием на логотип Ubuntu в левом верхнем углу или по нажатию кнопки Windows на клавиатуре), либо воспользовавшись горячими клавишами: Ctrl+Alt+T.

Терминал - основное средство взаимодействия с системой.

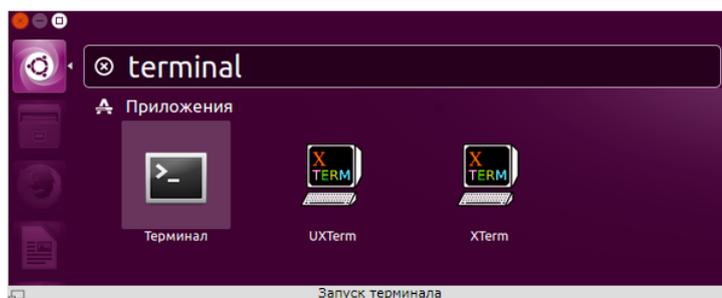


Рисунок 13. Настройка Ubuntu 16.04

4. Установка OpenDroneMap на Ubuntu 16.04 LTS (рисунок 14).

Снова откроем терминал. Создадим папку для размещения OpenDroneMap, назовём её odm:

```
mkdir odm
```

Рисунок 14. Установка OpenDroneMap на Ubuntu 16.04 LTS

И, наконец, запустим настройку и конфигурирование OpenDroneMap
5. Запуск OpenDroneMap (рисунок 15).

```
python run.py <имя проекта>
```

Рисунок 15. Запуск OpenDroneMap

Собственно обработка данных и расчёт производных продуктов осуществляется запуском одной единственной команды. В терминале из директории размещения OpenDroneMap

6. Далее, необходимо загрузить примеры данных и запустить команду для расчетов. Запуск данной программы рассмотрен на конкретном примере в тексте.

Для того, чтобы приступить к обработке, нужно подготовить папку для данных OpenDroneMap, в которой будут размещаться наборы данных. Используя визуальный файловый менеджер, создадим в домашней папке новую директорию, например `odm_projects`, в которой создадим ещё одну директорию `odm_non_gcp`, а в ней - `images`. У проектов OpenDroneMap строгая организация директорий, исходные снимки он будет искать именно в папке `images` в корневой папке конкретного проекта

Открываем терминал и переходим в директорию OpenDroneMap. Запускаем расчёты командой (рисунок 16).

```
cd odm
```

```
python run.py odm_non_gcp --project-path /home/ekazakov/odm_projects --dtm
```

Рисунок 16 - Процесс обработки аэрофотоснимков в OpenDroneMap

Здесь происходит следующее: запускается обработка с настройками по умолчанию для данных из набора `odm_non_gcp`, при этом ключом `--project-path` указывается расположение наборов данных. То есть в директории указанной после `--project-path` будет искаться директория `odm_non_gcp`, в ней `images`, и уже там - исходные фотографии. Ключ `--dtm` указан для того, чтобы сгенерировать цифровую модель местности (в данном случае только поверхности, см. также параметры `--dem` и `--dsm`).

Здесь вы сможете найти все промежуточные расчеты, преобразованные исходные фотографии, текстурные и многое другое. Особый интерес представляют следующие файлы:

`/odm_orthophoto/odm_orthophoto.tif` - ортофотоплан, сразу в GeoTiff, если ваши фотографии имели координаты в `exif`. Собственно, один из основных результатов, можно сразу открывать в любой ГИС и работать (рисунок 17).

/odm_orthophoto/odm_orthophoto.png - ортофотоплан в PNG. Открывается любым штатным просмотрщиком фотографий (рисунок 18).

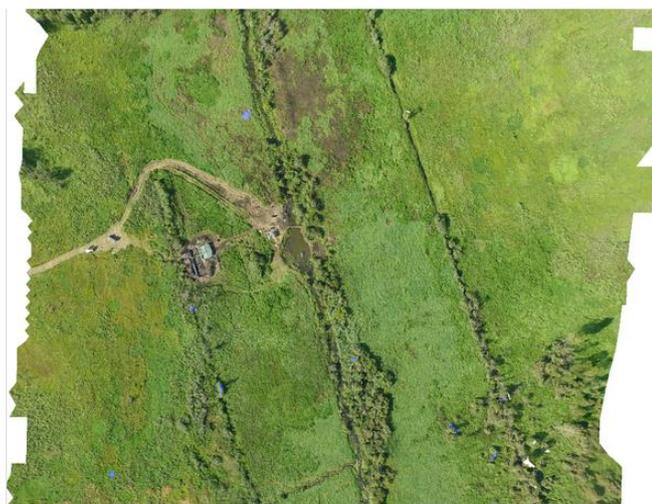


Рисунок 17 - Ортофотоплан открытый в QGIS

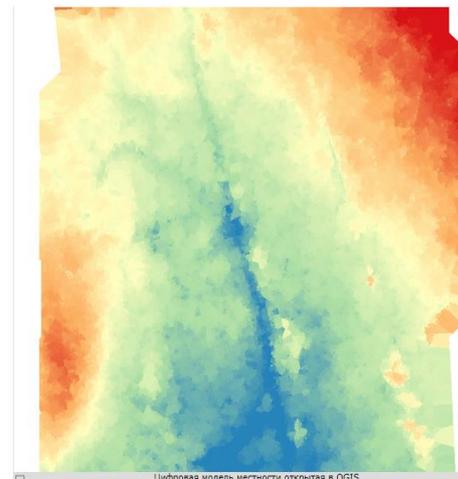


Рисунок 18 - Цифровая модель местности открытая в QGIS

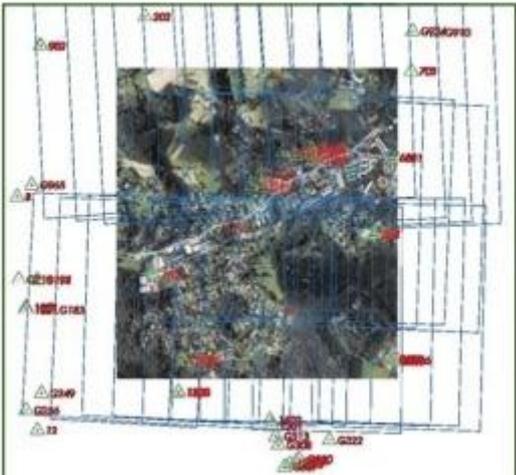
2.3 Обработка данных аэрофотосъемки в программном обеспечении PHOTOMOD

Обработка цифровых снимков с помощью ПК PHOTOMOD для создания цифрового плана включает следующие этапы (таблица 8) [9]:

Таблица 8 - Этапы создания цифрового плана в ПК PHOTOMOD

№	Этапы	Описание
1	Ввод характеристик камеры	<p>В программном модуле РНО ТОМОД Montage Desktop с помощью меню «Редактор камер» был создан файл с калибровочными параметрами камеры. Поскольку в ПК PHOTOMOD за начало координат принимается левый нижний пиксель изображения, а начало координат в системе цифровых снимков совпадает с левым верхним пикселем, координаты главной точки снимка (А) пересчитывались в систему координат PHOTOMOD по формулам: $X'0 = (Lx/2) + X0$; $Y'0 = (Ly/2) + Y0 - 1$, где значения Lx, Ly, $Y0$ и $X0$ принимаются в пикселях. Для вычисления координат главной точки снимка в мм значения $X'0$ и $Y'0$ умножались на размер пикселя в мм (0,009). Подставляя значения из файла, содержащего калибровочные параметры камеры, в формулу, получили: $X'0 = (7500/2) + 0,00 = 3750$ пикселей или $X'0 = 3750 \times 0,009 =$</p> <p>Поэтому при переходе к следующему этапу просматривалось расположение снимков в блоке и, при необходимости, расположение снимков менялось</p>

Продолжение таблицы 8

		<p>$33,75 \text{ мм}; Y^0 = (11\ 500/2) + 20 - 1 = 5769 \text{ пикселей}$ или $Y^0 = 5769 \times 0,009 = 51,921 \text{ мм}$</p> <p>Вычисленные значения координат главной точки снимка вводились в модуль PHOTOMOD Montage Desktop</p>
2	Создание проекта и формирование блока изображений	<p>В данном случае была выбрана система координат WGS–84, проекция UTM и зона 24N, соответствующая местоположению участка работ, и масштаб снимков 1:10 000. Затем осуществлялся импорт снимков с помощью модуля PHOTOMOD Montage Desktop. Контроль перекрытий снимков вдоль и поперек маршрутов проводился после импорта изображений с помощью панели меню «Формирование блока». В ПК PHOTOMOD снимки располагаются в блоке согласно названиям файлов, в которых они находятся. Поэтому при переходе к следующему этапу просматривалось расположение снимков в блоке и, при необходимости, расположение снимков менялось.</p>
3	Внутреннее ориентирование блоков	<p>Данная операция проводилась по координатам главной точки снимка, значения которых задавались в мм в окне «Камера» в системе координат ПК PHOTOMOD (33,75; 51,921). В этом случае при внутреннем ориентировании главная точка снимка принималась за начало отсчета с координатами (0;0).</p>
4	Импорт каталога координат наземных опорных точек и их измерения на снимках	<p>В данном случае пространственное ориентирование проводилось по наземным опорным точкам. Было измерено 29 опорных точек, некоторые из которых были контрольными и использовались для проверки точности измерений. На рисунке 19 показано расположение опорных точек.</p>  <p>Рисунок 19. Схема расположения опорных точек</p>
5	Уравнивание блока	<p>После автоматических и ручных измерений, а также переноса связующих и опорных точек, ПК PHOTOMOD сразу переходит в программный модуль PHOTOMOD Solver, куда заносятся параметры уравнивания.</p>
6	Обработка блока и построение ортофотоплана	<p>Создано 12 цифровых моделей рельефа (ЦМР), объединенных в модуле PHOTOMOD Montage Desktop. Локальные области с размером сетки 7 м были использованы для построения TIN. Для измерения пикетов учитывались значения корреляции, заданные по умолчанию. Применялось пять существующих</p>

	<p>алгоритмов фильтрации. Размер сетки DEM был выбран равным 2 м. В итоге по результатам обработки 12 цифровых снимков был создан цифровой ортофотоплан (рисунок 20). Размер пикселя мозаики составил 10 см.</p>  <p>Рисунок 20. Цифровой ортофотоплан</p>
--	--

2.4 Обработка данных аэрофотосъемки средствами открытого пакета DroneDeploy 3D

Программа DroneDeploy является ведущей компанией в области облачной обработки данных с беспилотных летательных аппаратов. Одним из достоинств данного программного продукта является наличие мобильной версии, которая позволяет управлять летательным аппаратом с мобильного устройства и получать карты поверхности (рисунок 21). Предназначена для работы, в основном, с летательными аппаратами компании DJI.

Можно получить данные о дистанциях, площадях и объемах. Также доступен анализ высот и нормализованного относительного индекса растительности.

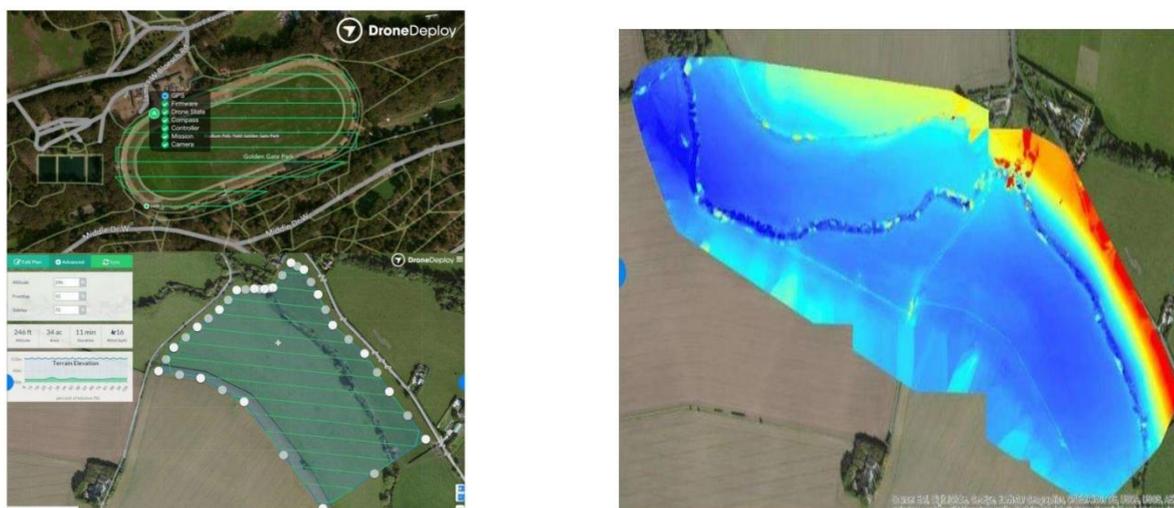


Рисунок 21 - Изображения, полученные в программе DroneDeploy

При использовании интернет-сайта DroneDeploy возможны:

- загрузка полученных данных для дальнейшей обработки и получения карт высокого разрешения;
- обработка заданных точек на поверхности для получения высокоточных карт поверхности, ограниченных этими точками;
- экспорт данных в необходимый пользователю формат.

2.5 Обработка данных аэрофотосъемки в программном обеспечении Pix4Dmapper

Программное обеспечение швейцарского разработчика Pix4D применяется для оценки объемов земляных работ, создания NDVI-карт для точного земледелия и добычи полезных ископаемых.

Программное обеспечение от Pix4D имеет широкий спектр применения в промышленных сферах. В первую очередь ПО используется в геодезии, картографии, аэрофотограмметрии, для построения точных 3D-карт. Для решения задач в этой сфере подходит Pix4Dmapper. Это инструмент с богатым функционалом. С его помощью можно преобразовать аэрофотоснимки местности в трехмерное изображение. Сам процесс обработки происходит либо на компьютере, либо в облачном хранилище Pix4D, куда необходимо отправить все собранные данные для преобразования.

Фотограмметрическая обработка в программном обеспечении Pix4D состоит из следующих этапов [10]:

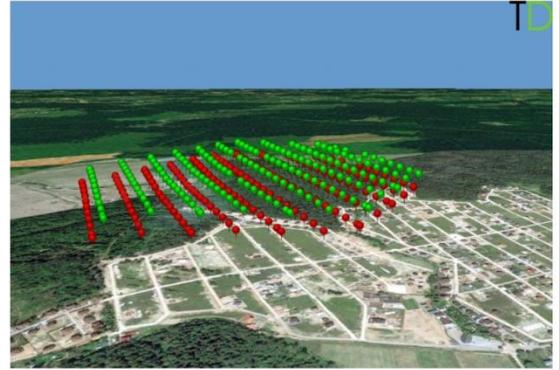
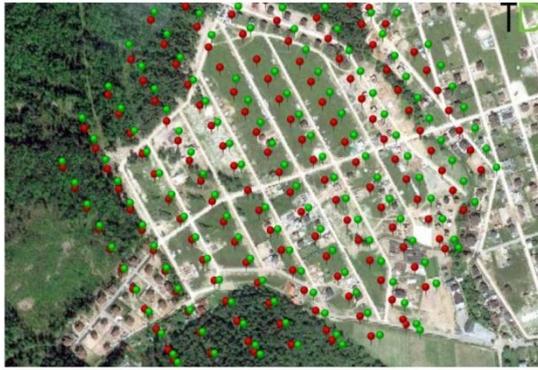
Этап 1. Загрузка изображений, предварительное уравнивание;

Этап 2. Оценка точности по наземным контрольным точкам;

Этап 3. Построение плотного облака точек, автоматическая классификация (выделение поверхности земли, отдельно стоящих зданий, растительности, дорог и других технических объектов, построение ортофотоплана).

На первом этапе мы имеем набор данных из 161-го стереоснимка с разрешением 5 см, снятых с высоты 200 метров над уровнем земли, а так же координаты центров фотографирования определённых геодезическим GNSS приемником, что позволяет с высокой точностью, в автоматическом режиме выполнить предварительное уравнивание изображений. Следует отметить, что при использовании данных с квадрокоптера DJI в стандартной комплектации это невозможно.

На рисунках 22 и 23 красным цветом показаны координаты центров фотографирования определенных стандартным GPS приемником DJI Phantom 4 PRO, а зеленым — координаты фактического местоположения снимков полученных геодезическим GNSS приемником. В среднем разница между координатами составляет от 15 до 20 метров в плане и от 25 до 30 метров по высоте.



Рисунки 22, 23. Координаты центров фотографирования

На втором этапе для оценки точности построения модели использовались шесть ранее измеренных наземных опорных точек, расположенные по всей площади района работ. Вычисленная среднеквадратическая ошибка по осям x, y и z составила 12.89 см, 13.66см, 16.10 см соответственно. (см. Таблица 9)

Таблица 9 - Отчет точности определения координат контрольных точек.

Check Point Name Accuracy XY/Z [m]	Error X [m]	Error Y [m]	Error Z [m]
point 1	-0.041	0.235	0.157
point 2	-0.077	0.187	0.108
point 3	-0.074	0.068	0.203
point 4	-0.173	0.020	0.158
point 5	-0.191	0.039	0.160
point 6	-0.142	0.124	0.166
Mean [m]	-0.116364	0.112186	0.158658
Sigma [m]	0.055455	0.077976	0.027734
RMS Error [m]	0.128902	0.136623	0.161063

На третьем этапе был выполнен процесс построения облака точек и его классификации, в результате которого получена высокоточная трехмерная модель местности состоящая из 18 937 834 точек, плотностью порядка 20 точек/м².

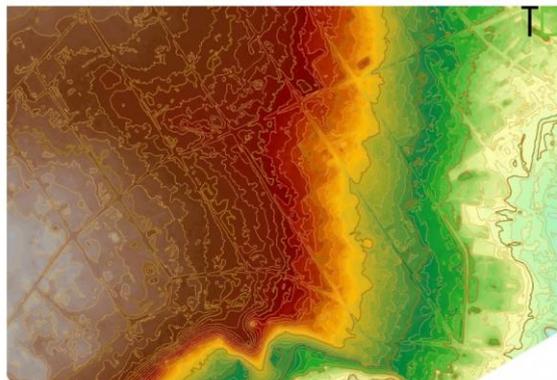


Рисунок 24. Цифровая модель рельефа

С помощью инструментов автоматической классификации выделены здания, сооружения, опоры и провода ЛЭП, а также растительность, что позволило в автоматическом режиме исключить эти объекты из поверхности и построить цифровую модель рельефа (Рисунок 24).

2.6 Сравнительный анализ обработки аэрофотоснимков в различных программных продуктах

Проанализировав все вышеизложенное, можно сделать следующий вывод: использование БПЛА в качестве аэросъемочной платформы имеет большие перспективы при съемке небольших по протяженности площадных объектов. Данные с БПЛА позволяют получать качественные картографические материалы (пространственные данные) при следующих условиях:

- выполнении определенных (вполне посильных) требований к съемочной аппаратуре и процессу съемки (гарантия достаточности перекрытий);

- строгой фотограмметрической обработке. Точность при этом возрастает в десятки раз и может составлять около GSD, как и для обычной аэросъемки и космических снимков.

- Использовать на БПЛА калиброванные камеры. • Производить съемку с выдержкой не длиннее 1/250с.

- Использовать объективы с фиксированным фокусным расстоянием. Если это невозможно, следует фиксировать увеличение (Zoom). Съемка должна производиться с фокусировкой на бесконечность и с отключенным режимом автофокусировки.

- Проектировать съемку с увеличенными перекрытиями (80% вдоль, 40% поперек маршрута).

- Желательно использовать камеры с центральным затвором.

- Желательно использовать двухдиапазонные GPS приемники на борту и дифференциальный режим измерений.

- Желательно использование на борту IMU, пусть и не имеющего высокой точности.

Сравнительный анализ различных программных продуктов для обработки аэрофотоснимков показан в таблице 10:

Таблица 10 - Сравнительный анализ различных программных продуктов для обработки аэрофотоснимков

Наименование	Лицензия	Платформа	Масштабируемость	Тип фотограмметрии	Бесплатный уровень или пробный период
Agisoft PhotoScan	патентованный	Майкрософт Виндоус	Да, несколько изображений	Антенна ближнего действия, БАС	Да, 30-дневная полнофункциональная бесплатная пробная версия
RealityCapture	патентованный	Майкрософт Виндоус	Да, несколько изображений	Антенна ближнего действия, БАС	-
PHOTOMOD	патентованный	Майкрософт Виндоус	Да, несколько изображений	Антенна ближнего действия, БАС	Да, 30-дневная полнофункциональная бесплатная пробная версия
DroneDeploy 3D.	патентованный	Майкрософт Виндоус	Да, несколько изображений	-	Да, 30-дневная полуфункциональная бесплатная пробная версия
Pix4Dmapper	патентованный	Майкрософт Виндоус	Да, несколько изображений	Антенна ближнего действия, БАС	Да, 30-дневная полуфункциональная бесплатная пробная версия
Photosynth	неизвестный	Майкрософт Виндоус	Да, несколько изображений	Крупный диапазон	-
OpenDroneMap	патентованный	Linux	Да, несколько изображений	Антенна, ближний, спутниковый	Да, бесплатно
СОКЕТ КОМПЛЕКТ	патентованный	Майкрософт Виндоус	Да, несколько изображений	Антенна, ближний, спутниковый	-

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенных исследований решены следующие задачи:

- проведен анализ современных технических средств аэрофотосъемки;
- проведен анализ технических характеристик аэрофотосъемочного оборудования и беспилотных летательных аппаратов;
- произведен сравнительный анализ современных программных продуктов для создания ЦММ с помощью аэрофотоснимков.

Корректность исследований состоит в использовании действующих нормативно-технических документов, регламентирующих требования к материалам аэрофотосъемки, используемых для целей создания и обновления топографических карт, планов и цифровых моделей местности, ортопланов, достоверных источников информации о новейших цифровых аэрофотосъемочных системах от ведущих мировых производителей данной аппаратуры, использовании для проектирования технических средств аэрофотосъемки эксплуатируемых в Республике Казахстан.

В соответствии целями и задачами дипломной работы можно прийти к выводу что использование БПЛА в качестве аэросъемочной платформы имеет большие перспективы при съемке небольших по протяженности площадных объектов. Применение БПЛА позволяет существенно повысить экономическую эффективность выполняемых работ за счет значительного снижения себестоимости и сокращения сроков производства работ.

БПЛА, пролетая по заданному маршруту, позволяет получать точные и достоверные материалы об особенностях рельефа местности, мониторинг зданий, сооружений и линейных объектов. Полученные данные являются основой в проведении инженерно-геодезических изысканий, при проектировании и строительстве, создании цифровых и электронных карт, составлении топографических планов местности, разработки генеральных планов населенных пунктов, проектов территориального землеустройства и т.п.

БПЛА позволяет получать высококачественные изображения с привязкой к географическим координатам, что дает возможность использовать их для создания и обновления цифровых топографических карт (ЦТК) масштабов 1:25 000-1:10 000, цифровых топографических планов (ЦТП) масштаба 1:5000-1:500.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

- [1] <http://1sky.kz/>
- [2] <https://kursiv.kz/news/kompanii-i-rynki/2018-07/kak-v-kazahstane-sozdayut-i-realizuyut-bespilotnye-letatelnye>
- [3] <http://terrapoint.kz/news/section/27-bespilotniki-v-selskom-khozyajstve/>
- [4] <https://mk-kz.kz/social/2018/09/19/v-kazahstane-ispolzovanie-dronov-poka-nikak-ne-reguliruetsya-a-zrya.html>
- [5] <https://sarbaz.kz/ru/country/pravila-ispolzovaniya-bpla-v-kazahstane-181511031/>
- [6] <https://gisinfo.ru/techno/photoscan.htm>
- [7] <https://www.gazprom-spacesystems.ru/ru/>
- [8] <http://gis-lab.info/qa/opendronemap-intro.html>
- [9] Боруманд М., Дуст М.Н. Обработка цифровых снимков в ПО PHOTOMOD. Журнал Геопрофи № 1. 2007 г. С.12-14.
- [10] Власова Н.В., Воробьева И.Б. Возможности применения БПЛА при мониторинговых исследованиях природных комплексов на законсервированных участках горных работ. Материалы Всероссийской научно-практической конференции Иркутск, 2018 г. С.34-37.
- [11] Воробьева И.Б., Власова Н.В., Макаров С.А., Янчук М.С. Мониторинг изменения природных комплексов юго-западного побережья Байкала по данным наземных наблюдений и аэрофотосъемки БПЛА (на примере поселка Листвянка и его окружения). Материалы Всероссийской научно-практической конференции Иркутск, 2018 г. С.37-40.
- [12] Воскресенский И.С., Сучилин А.А., Ушакова Л.А., Шафоростов В.М., Энтин А.Л. Применение БПЛА для мониторинга оползневых и эрозийных процессов (на примере центра Русской Равнины). Материалы Всероссийской научно-практической конференции Иркутск, 2018 г. С.42-48.
- [13] Дроздов К.А., Сайко Д.С. Применение дистанционного мониторинга с использованием фотоснимков, полученных с помощью квадрокоптера. Материалы Всероссийской научно-практической конференции Иркутск, 2018 г. С.62-64.
- [14] Пинигин Д.Д., Ноговицын Д.Д., Николаева Н.А., Шеина З.М., Сергеева Л.П. Перспективы применения БПЛА в исследовании природно-техногенных систем Эльгинского угольного комплекса в Южной Якутии. Материалы Всероссийской научно-практической конференции Иркутск, 2018 г. С.93-96.

ОТЗЫВ

НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ

на дипломная работа
(наименование вида работы)

Қуатбеков Аман
(Ф.И.О. обучающегося)

5В041100-Теория и картография
(шифр и наименование специальности)

Тема:

„Обработка атроснимков с помощью
современных программных
обеспечений для создания ЦМН“
В работе выполнен анализ
тех-ней преобразование цифровых
аэрофотоснимков, обзор аэрофото-
съемочных аппаратов, анализ основных
процессов аэрофотограмметрии в инновационной
системе БТМ. Также описаны
Куатбеков А. обработку атроснимков
в растровых ПО, в итоге создан
ЦМН в ПО Pix4Dmapper. Работа состоит
ГОСО спец-ти 5В041100, а описаны
Куатбеков А. выполнен работу
самостоятельно, аккуратно.
В целом дир. работа оценивается
на 90%, а описаны Куатбеков А.
заслуживает присуждения бакалавра
по спец-ти 5В041100.

Научный руководитель

И.Т.У. асс. проф
(должность, уч. степень, звание)

Сәтбаева Г.Е. Ф.И.О.

(подпись)

« » 20... г.

Протокол анализа Отчета подобия

заведующего кафедрой / начальника структурного подразделения

Заведующий кафедрой / начальник структурного подразделения заявляет, что ознакомился(-ась) с Полным отчетом подобия, который был сгенерирован Системой выявления и предотвращения плагиата в отношении работы:

Автор: Куатбеков Алмаз

Название: Обработка аэроснимков с помощью современных программных обеспечений для создания ЦММ.

Координатор: Гулдана Кыргызбаева

Коэффициент подобия 1:0,8

Коэффициент подобия 2:0

Тревога:0

После анализа отчета подобия заведующий кафедрой / начальник структурного подразделения констатирует следующее:

- обнаруженные в работе заимствования являются добросовестными и не обладают признаками плагиата. В связи с чем, работа признается самостоятельной и допускается к защите;
- обнаруженные в работе заимствования не обладают признаками плагиата, но их чрезмерное количество вызывает сомнения в отношении ценности работы по существу и отсутствием самостоятельности ее автора. В связи с чем, работа должна быть вновь отредактирована с целью ограничения заимствований;
- обнаруженные в работе заимствования являются недобросовестными и обладают признаками плагиата, или в ней содержатся преднамеренные искажения текста, указывающие на попытки сокрытия недобросовестных заимствований. В связи с чем, работа не допускается к защите.

Обоснование:

.....
.....
.....
.....
.....

14.05.2019



Дата

Подпись заведующего кафедрой /

начальника структурного подразделения

Окончательное решение в отношении допуска к защите, включая обоснование:

.....
.....
.....
.....
.....

14.05.2019



Дата

Подпись заведующего кафедрой /

начальника структурного подразделения

Протокол анализа Отчета подобия Научным руководителем

Заявляю, что я ознакомился(-ась) с Полным отчетом подобия, который был сгенерирован Системой выявления и предотвращения плагиата в отношении работы:

Автор: Куатбеков Алмаз

Название: Обработка аэроснимков с помощью современных программных обеспечений для создания ЦММ.

Координатор: Гулдана Кыргызбаева

Коэффициент подобия 1: 0,8

Коэффициент подобия 2: 0

Тревога: 0

После анализа Отчета подобия констатирую следующее:

- обнаруженные в работе заимствования являются добросовестными и не обладают признаками плагиата. В связи с чем, признаю работу самостоятельной и допускаю ее к защите;
- обнаруженные в работе заимствования не обладают признаками плагиата, но их чрезмерное количество вызывает сомнения в отношении ценности работы по существу и отсутствием самостоятельности ее автора. В связи с чем, работа должна быть вновь отредактирована с целью ограничения заимствований;
- обнаруженные в работе заимствования являются недобросовестными и обладают признаками плагиата, или в ней содержатся преднамеренные искажения текста, указывающие на попытки сокрытия недобросовестных заимствований. В связи с чем, не допускаю работу к защите.

Обоснование:

.....
.....
.....
.....
.....
.....

14.05.19

Дата



Подпись Научного руководителя