

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

**Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«Казанский (Приволжский) федеральный университет»**

Институт экологии и природопользования
Кафедра ландшафтной экологии
Направление подготовки: Землеустройство и кадастры

**Методические указания по летней учебно-полевой практике
«Фотограмметрия и дистанционное зондирование»**

Казань – 2021

УДК 528.71, 528.72

*Печатается по рекомендации
учебно-методической комиссии института
экологии и природопользования КФУ
Протокол №2 от 15 марта 2021 г.*

Авторы-составители:

ст. преп. Б.М.Усманов
канд. географ. наук, асс. А.М.Гафуров

Рецензент

канд.географ. наук, доцент М.А.Иванов

Усманов Б.М., Гафуров А.М.

Методические указания по летней учебно-полевой практике "Фотограмметрия и дистанционное зондирование". /Б.М. Усманов, А.М. Гафуров – Казань: Казан. ун-т, 2021. – 30 с.

Настоящее пособие предназначено для бакалавров, обучающихся по направлению подготовки 21.03.02 "Землеустройство и кадастры". Пособие знакомит студентов с порядком проведения полевых фотограмметрических работ с использованием фотоаппарата, беспилотных летательных аппаратов, приемников глобальной навигационной спутниковой системы и камеральной обработкой полученных данных. Также в рамках летней учебно-полевой практики "Фотограмметрия и дистанционное зондирование" обучающиеся знакомятся с возможностями использования фотограмметрии и лазерного сканера, тахеометра и навигационного оборудования при проведении землеустроительных и кадастровых работ. Дается описание каждого дня практики, указан порядок проведения работ по каждому этапу практики, форма представления полученных результатов и необходимых документов.

© Усманов Б.М., Гафуров А.М. 2021
© Казанский университет, 2021

Содержание

Введение	4
День первый. Вводное занятие.	6
День второй. Лазерное сканирование и ГНСС-технологии.....	6
День третий. Съёмка объектов для фотограмметрической обработки.....	8
День четвертый. Построение 3D-моделей методом фотограмметрии.	10
День пятый. Съёмка местности с помощью БПЛА	16
День шестой. Обработка результатов съёмки БПЛА.	19
День седьмой. Написание и оформление отчета по практике.....	25
Литература	26
Приложения	27

Введение

Целью летней учебной практики "Фотограмметрия и дистанционное зондирование" является закрепление и углубление теоретической подготовки, полученной при изучении дисциплины "Фотограмметрия и дистанционное зондирование" по направлению подготовки 21.03.02 "Землеустройство и кадастры", приобретение практических навыков, профессиональных и общекультурных компетенций.

Для выполнения практики необходимо выполнение следующих задач:

- получение навыков полевых фотограмметрических исследований;
- обучение работе с современным геодезическим оборудованием, предназначенным для проведения дистанционного изучения объектов;
- знакомство с программным обеспечением, позволяющим обрабатывать результаты фотограмметрической съемки, дистанционного зондирования и лазерного сканирования.

Учебная практика по фотограмметрии и дистанционному зондированию относится к вариативной части основной профессиональной образовательной программы Б2.В.01(У) и базируется на освоении следующих дисциплин: Фотограмметрия и дистанционное зондирование, Геодезия, Прикладная геодезия, Инженерное обустройство территории, Методы полевых исследований в землеустройстве; учебных практик по геодезии и прикладной геодезии. Освоение данной практики способствует эффективному выполнению следующих компонентов ОПОП ВО: Землеустроительное проектирование, Кадастр недвижимости и мониторинг земель, Мониторинг земель по данным дистанционного зондирования, Техническая инвентаризация объектов недвижимости.

В результате прохождения учебной практики обучающийся должен приобрести следующие практические навыки, умения, универсальные и профессиональные компетенции: ОК-6 – способность работать в коллективе, толерантно воспринимая социальные, этнические, конфессиональные и культурные различия; ОК-9 – способность использовать приемы первой помощи,

методы защиты в условиях чрезвычайных ситуаций; ОПК-2 – способность использовать знания о земельных ресурсах для организации их рационального использования и определения мероприятий по снижению антропогенного воздействия на территорию; ПК-2 – способность использовать знания для управления земельными ресурсами, недвижимостью, организации и проведения кадастровых и землеустроительных работ; ПК-5 – способность проведения и анализа результатов исследований в землеустройстве и кадастрах; ПК-7 – способность изучения научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта использования земли и иной недвижимости; ПК-10 – способность использовать знания современных технологий при проведении землеустроительных и кадастровых работ.

Учебная практика является выездной, проводится в Зеленодольском районе РТ, камеральная обработка проводится на базе кафедры ландшафтной экологии.

В соответствии с учебным планом подготовки, у студентов-бакалавров учебно-полевая практика "Фотограмметрия и дистанционное зондирование" проводится на 2-м курсе в 4-м семестре в июне-июле месяце. Практика проводится в течение 7 дней. Методические указания дают описание каждого дня практики, содержат порядок проведения работ по каждому этапу практики и описание формы представления полученных результатов.

В соответствии с общепринятой методикой полевых исследований практика делится на три основные этапа: 1. Подготовительный; 2. Полевой; 3. Камеральный.

Подготовительный этап занимает 1 день, полевой – 3 дня, камеральный – 3 дня (2 дня обработка данных, 1 день – подготовка и сдача отчета).

День первый. Вводное занятие.

На вводном занятии объясняется порядок прохождения практики, цель и основные задачи. Обязательно проводится инструктаж по технике безопасности (Приложение 1). Руководитель проводит инструктаж по технике безопасности, затем каждый студент ставит свою подпись в контрольном листе (журнале) учёта инструктажа. Объясняется порядок заполнения документов по практике – Индивидуального задания (Приложение 2), Дневника практики (Приложение 3). Также разъясняется порядок написания отчета, его содержание и правила оформления.

Руководитель практики рассказывает о целях и задачах практики и рассказывает об оборудовании, которое будет использоваться на практике и возможности его использования при землеустроительных и кадастровых работах.

Также подготавливается оборудование для полевой части практики (квадрокоптер, сканирующий тахеометр, ГНСС-приемник, штативы, призмы) и студенты знакомятся с инструкциями к приборам.

День второй. Лазерное сканирование и ГНСС-технологии

***Задание:** Ознакомиться с методикой лазерного сканирования и порядком организации станции. Научиться определять координаты и проводить изыскания с помощью ГНСС-приемника.*

Проводится работа по сканированию склона на котором происходят эрозионные процессы с помощью роботизированного тахеометра **Trimble VX** с функцией лазерного сканирования (рис. 1).

Несмотря на низкую скорость сканирования – 10-15 точек в секунду, данный прибор обеспечивает высокую точность привязки с возможностью геодезического обоснования точности. Съёмка проводится в условной системе координат. Тахеометр работает со стандартными призмами, которые устанавливаются над грунтовым репером на штатив, а также со специальными активными сферическими призмами. Фиксация реперов осуществляется в автоматическом режиме, в трех повторностях, со сменой круга и определением среднеквадратической ошибки. Полученные координаты нужны для привязки при проведении повторного сканирования.



Рисунок 1. Роботизированный тахеометр Trimble VX с функцией лазерного сканирования.



Рисунок 2. GNSS приемник TrimbleGeoExplorer 6000 GeoXH

При сканировании прибор устанавливается на точку сканирования и выравнивается в плоскость с помощью трегера и внутреннего компенсатора. Далее осуществляется его привязка в организованную систему координат и оценивается точность привязки. Далее осуществляется сканирование участка. Прибор позволяет точно обрисовать участок и провести не только его сканирование, но и фотосъемку высокого разрешения, которая может использоваться для сопоставления ситуации на разные даты съемки и создания текстур при моделировании.

Также студенты знакомятся с использованием GNSS технологий на примере использования приемника **Trimble Geoexplorer 6000 GeoXH** (рис. 2). Его преимущество перед туристическими навигаторами заключается в обеспечении более высокой точности при определении координат на местности за счет получения информации с стационарных базовых станций и уточнения местоположения в реальном времени (RTK - режим). Недостаток по сравнению с приемниками геодезического класса – достигаемая точность в пределах 10 см. Поэтому основное назначение приемника – проведение инженерных изысканий, рекогносцировка и составление план-схем. Прибор позволяет непосредственно в полевых условиях создавать точечные, линейные и полигональные объекты, которые готовы для использования в ГИС без предварительной обработки.

День третий. Съемка объектов для фотограмметрической обработки

Задание: фотографирование различных объектов – внутренняя обстановка комнаты, элемент архитектурного сооружения, предмет, человек, а также эрозионного склона с разных точек для получения 3D – модели.

Изучается методика фотографирования объектов для последующего получения 3D-модели. Перед съемкой необходимо ознакомиться с основными правилами и приведенные ниже схемами (рис. 3).

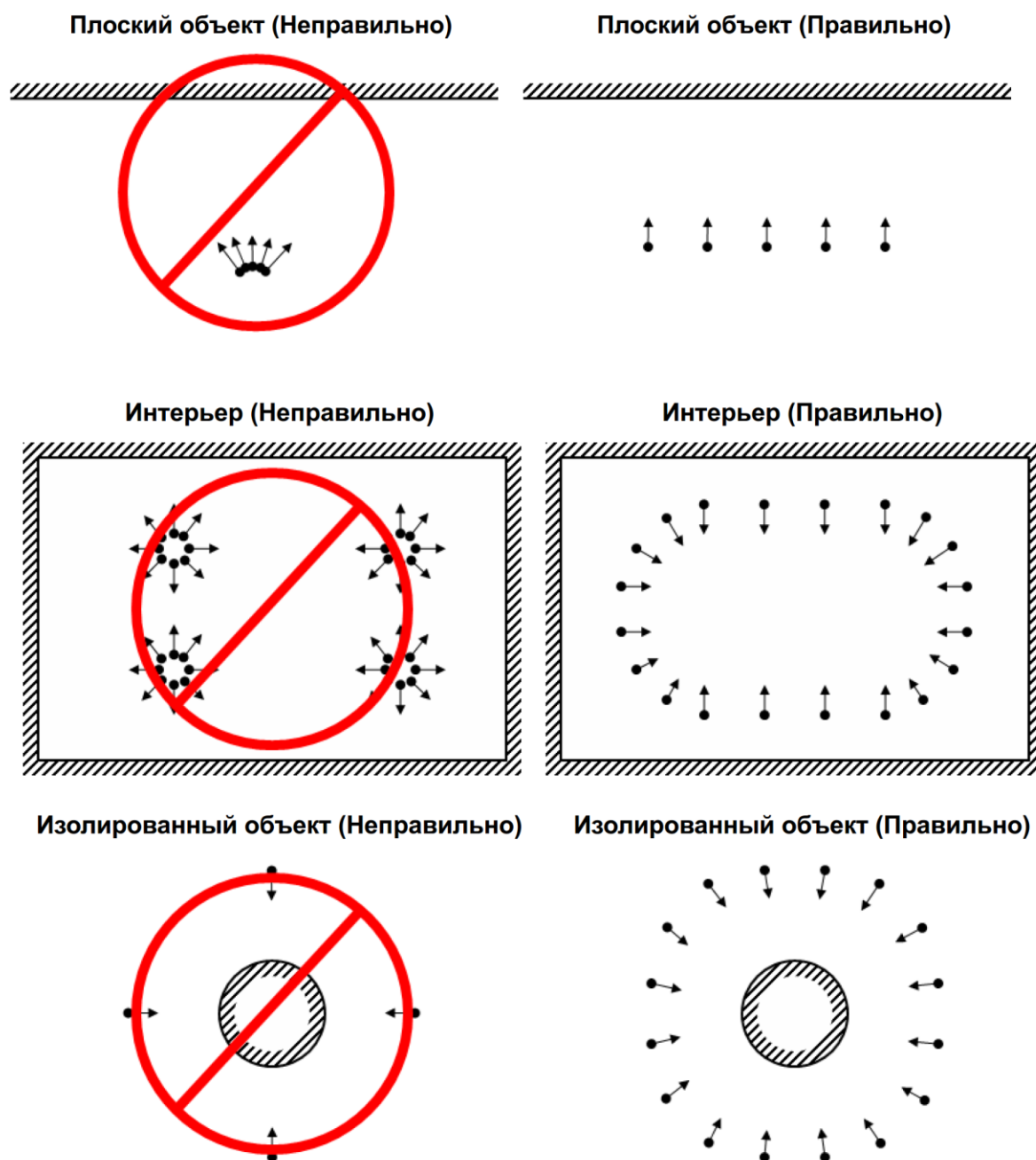


Рисунок 3. Правила съемки фотоаппаратом для получения данных для фотограмметрической обработки

Основные правила

- Фотографии должны иметь достаточно высокое разрешение (5 МПикс и более).
- Широкоугольные объективы дают больше информации, чем телеобъективы; полученные с их помощью фотографии лучше подходят для нахождения соответствий между объектами на разных кадрах.


- При съемке избегайте плоских нетекстурированных, отражающих и прозрачных объектов.
- Снимаемый объект должен занимать наибольшую часть кадра. Избегайте попадания в кадр нежелательных объектов на переднем плане. По возможности не допускайте изменения взаимного расположения объектов в процессе съемки.
- Снимайте блестящие объекты в облачную погоду.
- Делайте снимки с большим перекрытием. Избыток фотографий предпочтительнее, чем их недостаточное количество.
- Наиболее важные детали рекомендуется снимать с 3 и более ракурсов.
- Планируйте сценарии съемки заранее.
- Для привязки восстановленной трехмерной модели в относительной системе координат, необходимо запомнить или разместить в пределах сцены наземные маркеры, по которым будет построена относительная система координат и восстановлен масштаб. Измеряйте относительные расстояния.

День четвертый. Построение 3D-моделей методом фотограмметрии.

Задание: Изучить инструкцию к ПО Agisoft PhotoScan и обработать снимки с целью получения 3D-моделей объектов. Результаты представить в виде ссылки на модель, размещенную в Sketchfab.

Проводится обработка снимков различных объектов в программе Agisoft PhotoScan. Процедура построения 3D модели включает загрузку всех снимков для каждого объекта в программу, выравнивание фотографий, построение геометрии модели, наложение текстуры. Текстура строится на основе загруженных фотоснимков.

Добавить фотографии

Для добавления фотографий выберите в меню Обработка пункт *Добавить...* или нажмите кнопку  *Добавить фотографии* на вкладке *Проект* в рабочей области программы.

В диалоговом окне *Добавить фотографии* укажите путь к папке с фотографиями, выделите файлы, которые необходимо добавить и нажмите кнопку *Открыть*.

Наложение масок

Для достижения наилучших результатов реконструкции, необходимо закрыть маской (рис. 4) все второстепенные объекты на исходных фотографиях (фон, поворотный стол и т. д.).

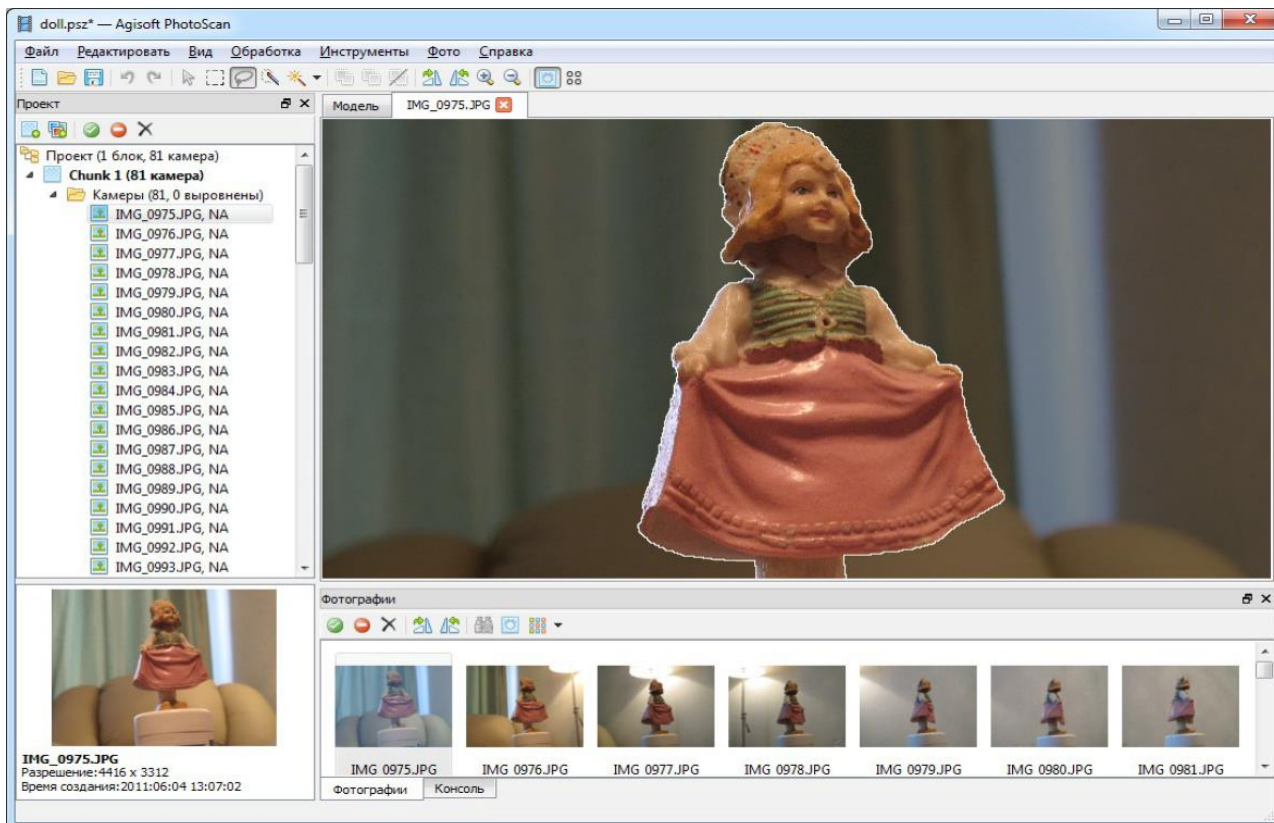









Рисунок 4. Процедура маскирования изображения.

Дважды кликните по фотографии, предназначенной для редактирования, на панели Фотографии, чтобы открыть ее в рабочей области.

Выберите один из инструментов выделения на главной панели инструментов:  *Прямоугольное выделение* для незначимых элементов прямоугольной формы;  *Выделение контура* – для выделения фигур произвольной формы;  *Выделение области* – для обрисовки области выделения при помощи мыши.

Для выделения однородного фона используйте инструмент  *Выделение связанных областей*. Выберите инструмент на панели инструментов, затем кликните внутри области, предназначенной для выделения. Для добавления смежных областей в выделенную область, кликните внутри области, которую надо добавить в выделение, удерживая клавишу *Ctrl*.

Сохраните маску, нажав кнопку  *Добавить выделение* на панели инструментов. Для изменения конфигурации маски используйте кнопки  *Инвертировать выделение* /  *Вычесть выделение* на панели инструментов.

Повторите описанную процедуру для каждой фотографии, для которой необходимо наложение маски на второстепенные элементы изображения.

Области, закрытые маской, могут быть проигнорированы на этапе обработки *Выровнять фотографии* (для этого подключите опцию *Использовать маску для фильтрации соответствий* в диалоговом окне *Выровнять фотографии*) и всегда игнорируются на этапах *Построить плотное облако* и *Построить текстуру*.

Выравнивание фотографий

На этом этапе PhotoScan определяет положение камер и строит разреженное облако точек на основании фотографий.

В меню *Обработка* выберите пункт *Выровнять фотографии*.

В диалоговом окне *Выровнять фотографии* задайте следующие значения параметров:

Точность: *Высокая* (высокая точность позволяет рассчитывать более точные положения камер, тогда как значение *Низкая* может быть использована для расчета приближенных положений камер за меньшее время)

Преселекция пар: *Отключена* (для быстрого выравнивания большого количества фотографий используйте значение параметра *Общая*) *Использовать маску для фильтрации соответствий:* подключена (в случае, если маска закрывает движущиеся объекты, например, облака) или не подключена (если вся область под маской оставалась неподвижна во время съемки).

Макс. количество точек: 40000

Макс. количество проекций: 1000

Нажмите кнопку *OK*, чтобы начать процесс выравнивания фотографий.

Построение плотного облака точек

Основываясь на рассчитанных положениях камер, программа вычисляет карты глубины для каждой камеры и строит плотное облако точек (рис. 5).

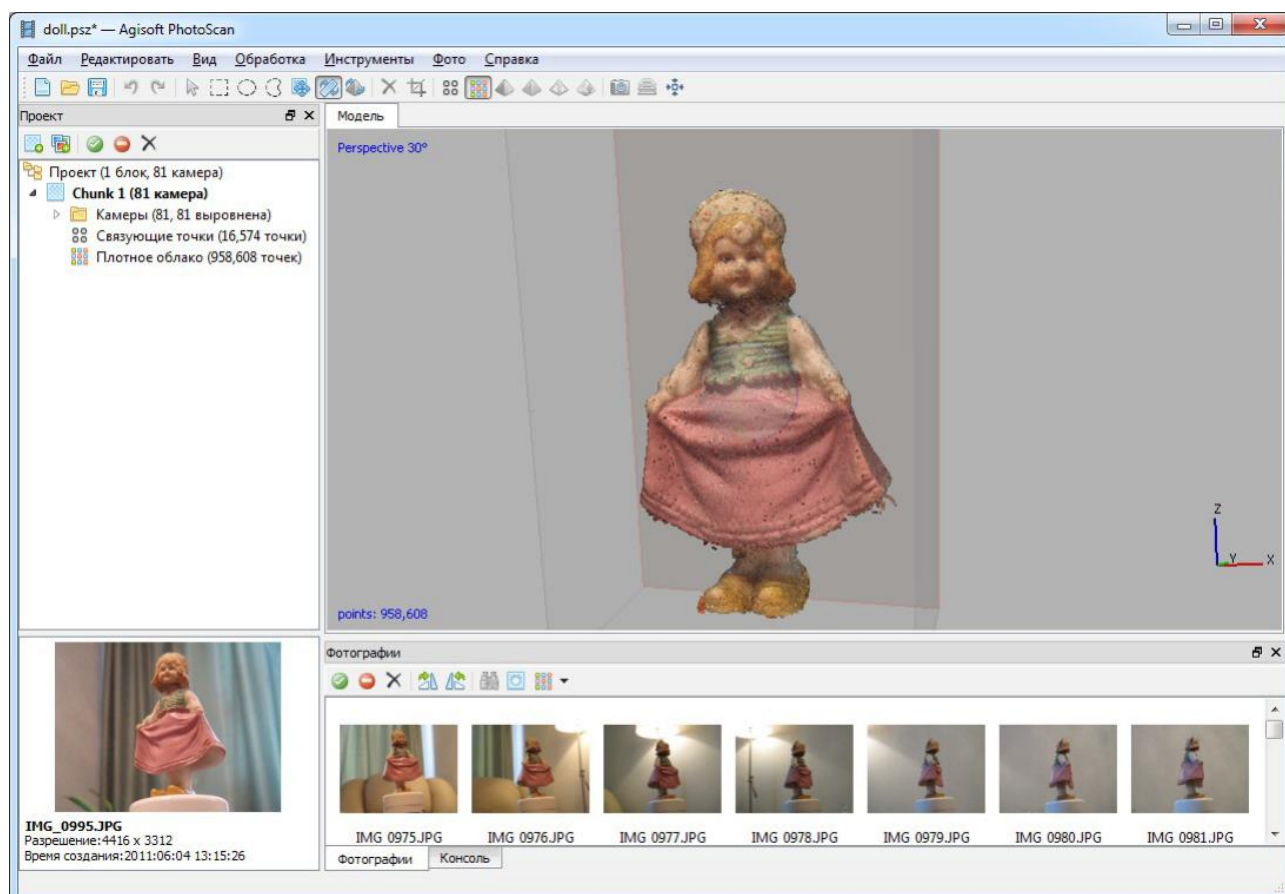


Рисунок 5. Плотное облако точек

В меню *Обработка* выберите пункт *Построить плотное облако*.
В диалоговом задайте следующие значения параметров:

Качество: *Среднее* (чем выше желаемое качество, тем больше времени и вычислительных ресурсов потребуется для завершения этапа)

Фильтрация карт глубины: *Агрессивная*

Точки плотного облака могут быть удалены при помощи инструментов выделения и кнопок *Удалить выделение* / *Обрезать выделение* на панели инструментов.

Построение полигональной модели

На основании полученного плотного облака точек можно построить трехмерную полигональную модель (рис. 6).

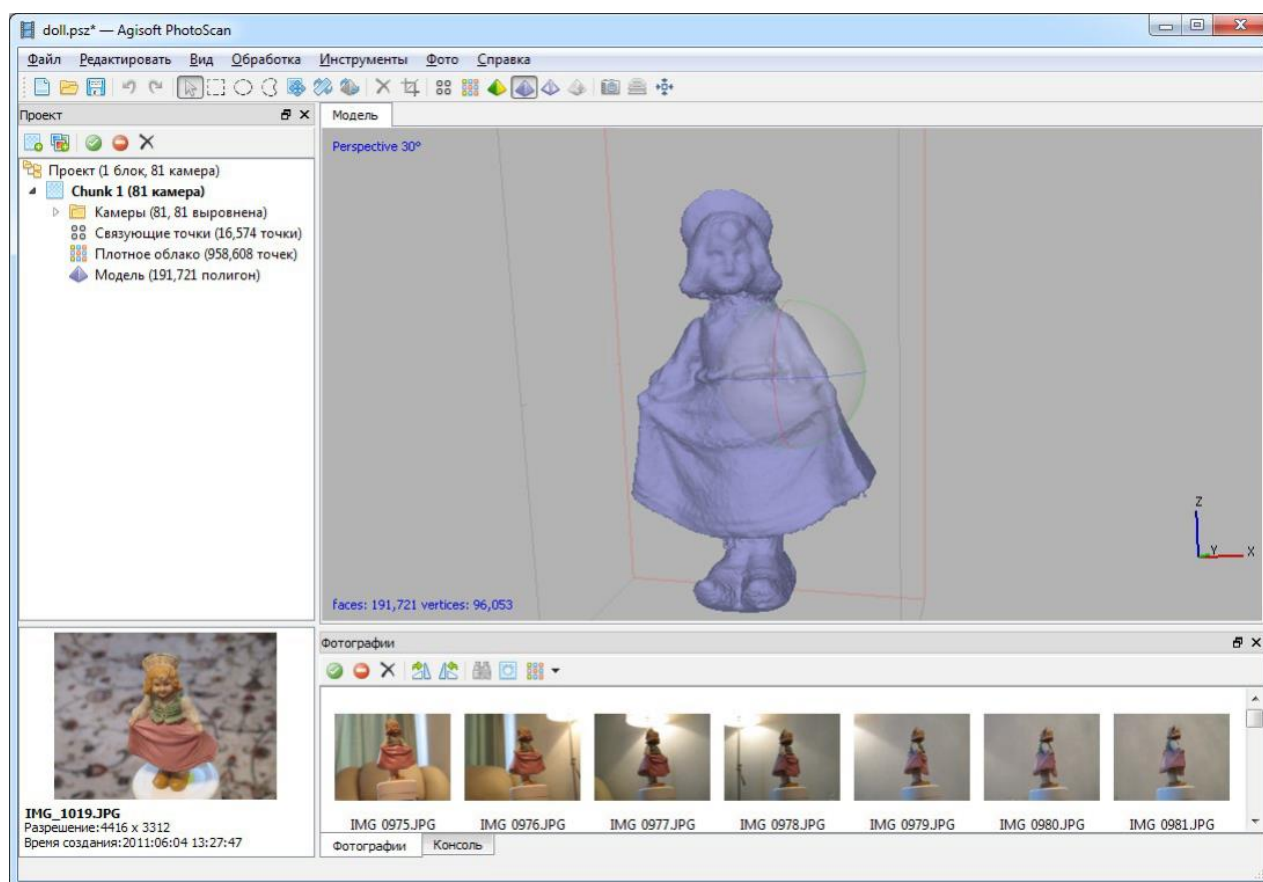


Рисунок 6. Полигональная модель

Выберите пункт *Построить модель* в меню *Обработка*. Задайте следующие значения параметров:

Тип поверхности: *Произвольный*

Исходные данные: *Плотное облако*

Количество полигонов: *Высокое* (максимальное число полигонов в результирующей модели. Значения, предлагаемые программой, рассчитываются на основании данных о количестве точек в плотном облаке. Возможно задание параметра в ручном режиме)

Интерполяция: *Включена*

Нажмите кнопку *ОК* для начала построения полигональной модели.

Построение текстуры

Используя используемые изображения, программа может построить текстурированную модель (рис. 7). В случае, если далее предполагается использовать не текстурированную модель, этот этап может быть пропущен.

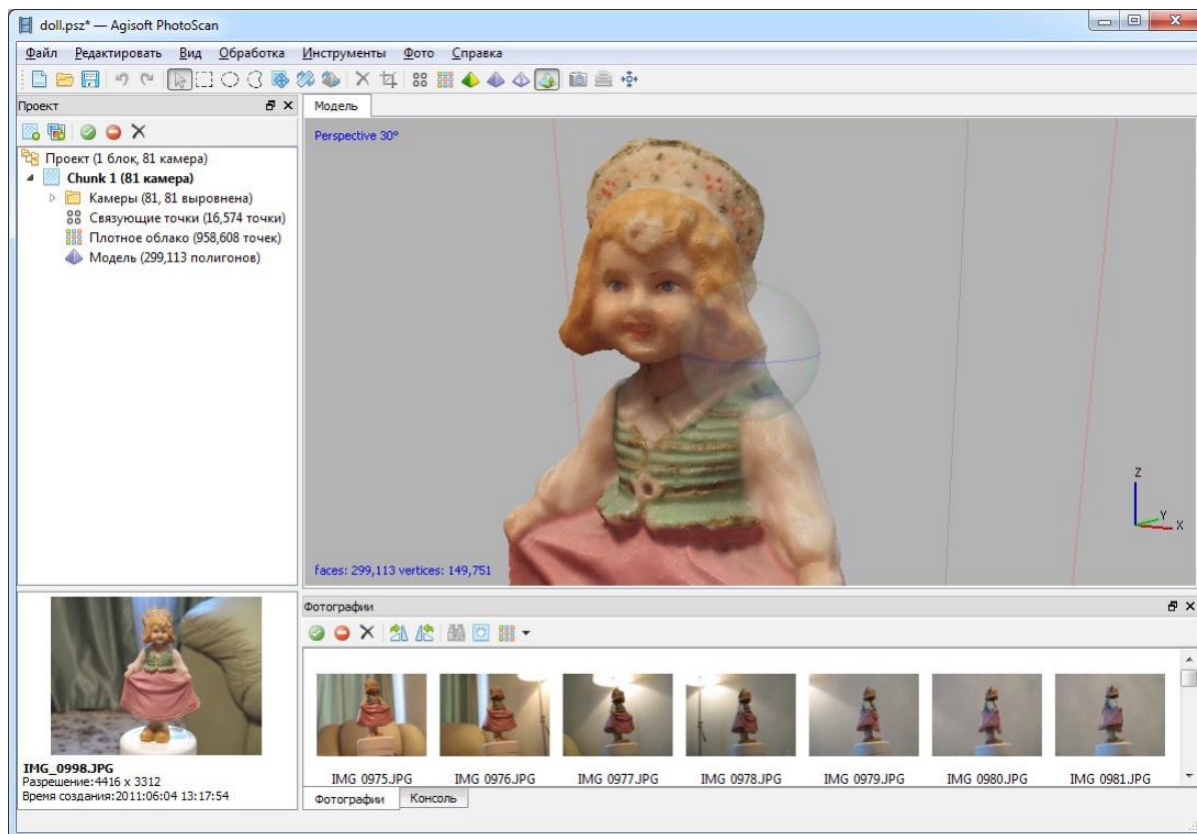


Рисунок 7. Текстурированная модель

Выберите пункт *Построить текстуру* в меню *Обработка*. В диалоговом окне *Построить текстуру* задайте следующие значения параметров:

Режим параметризации: *Общий*

Режим смешивания: *Мозаика*

Размер и количество текстур: *4096 x 1* (размер текстурного атласа по высоте и ширине в пикселях и количество файлов экспорта текстуры. Экспорт текстурного атласа в несколько файлов позволяет добиться большего разрешения конечной текстуры модели, тогда как экспорт текстуры высокого разрешения в один файл может оказаться невозможным из-за ограничений оперативной памяти)


Включить коррекцию цветов: *не подключен*

Нажмите кнопку ОК для начала построения текстуры.

Экспорт модели

Если необходимо экспортировать модель в файл выберите команду *Экспортировать модель* в меню *Файл*. В диалоговом окне *Сохранить как* задайте имя и формат файла и определите путь к папке, в которую будет сохранена модель. Нажмите кнопку *Сохранить*.

В диалоговом окне *Экспортировать модель* укажите желаемые параметры экспорта. Обратите внимание, что список доступных параметров экспорта зависит от выбранного формата файла.

PhotoScan поддерживает прямую загрузку моделей в онлайн ресурсы *Sketchfab*. Для задания корректной ориентации модели в пространстве используйте инструмент  *Повернуть объект* до загрузки модели на онлайн ресурс.

День пятый. Съемка местности с помощью БПЛА

Задание: Освоить методику полета БПЛА. Провести съемку участка местности для последующего построения 3D-модели и ортофотоплана.

Эксплуатация БПЛА в условиях подразделяется на следующие этапы:

- предварительная подготовка;
- предполетная подготовка;
- выполнение полета (взлет, полет по маршруту, посадка);

Предварительная подготовка: Необходимо подготовить следующее оборудование для осуществления успешного полета.

- Квадрокоптер. Для учебных целей используется квадрокоптер DJI Phantom 4 (Рис. 8а). Необходимо проверить оснащение коптера, заряд батарей и пульта управления, целостность винтов, наличие отформатированной карты памяти, кабеля для подключения к смартфону или планшету.
- GNSS приемник. Необходимо зарядить приемник и проверить настройки подключения к базовой станции для определения высокоточных координат в RTK-режиме.



Рисунок 8. Квадрокоптер DJI Phantom 4 (а), процесс съемки специальной марки ГНСС-приемником (б), полетное задание в приложении DroneDeploy (в)

- Специальные марки и гвозди для их крепления (рис. 8б). Необходимы для фиксации контрольных точек на снимаемой поверхности. Располагаются равномерно на всей снимаемой территории, обязательно кладутся на наивысшую и самую низкую точки рельефа
- Проект в DroneDeploy (рис. 8в). Данное ПО устанавливается на смартфон или планшет и необходимо для создания полетного задания. Проект может быть создан непосредственно перед полетом, но лучше сделать проект заранее, на случай плохой связи в точке съемки.

Предполетная подготовка проводится в день полета и предусматривает выполнение следующих работ:

- уточнение задания;
- изучение метеобстановки в районе выполнения полетов.
- выдвигание в район работ, подбор, осмотр и подготовка пусковой площадки (в направлении взлета убирается (утаптывается) трава, поросль, снег);
- определение безопасной высоты полета;
- составление или проверка полетного задания.

Основные параметры полетного задания:

высота аэрофотосъемки – чем выше высота, тем ниже разрешение снимков и меньше время полета; *продольное перекрытие снимков* – не менее 75%, *поперечное перекрытие снимков* – не менее 65%; влияет на количество снимков и, соответственно, время полетов; *маршрут* – площадная съемка. Протяженность маршрута зависит от высоты съемки и перекрытия снимков; *направление* – желательно устанавливать направление перпендикулярно направлению ветра; *метеорологические условия* на момент съемки: ясно, без осадков, ветер не более 10 м/сек.

Выполнение полетов

- Открывается проект DroneDeploy. Проверяются все параметры полета: высота, перекрытие, направление (желательно поперек ветру на момент съемки), проверяются границы маршрута.
- Запускается DJI Phantom. Проверяется его состояние в ПО DJI GO. При необходимости проводится калибровка компаса и подвеса.
- В DroneDeploy должна автоматически установиться связь с коптером. При нажатии на кнопку пуск, программа проверяет параметры полета и запускает квадрокоптер.
- Необходимо контролировать полет, проверяя соответствие галсов заданному маршруту, ведется ли фотосъемка и соответствует ли скорость ветра допустимой.
- При посадке нужно контролировать место приземления и, при необходимости, поймать дрон руками.

День шестой. Обработка результатов съемки БПЛА.

Задание: Обработать снимки, полученные БПЛА с целью получения 3D-моделей и ортофотоплана местности с использованием координат специальных марок, полученных ГНСС-приемником. Результаты представить в виде ссылки на модель, размещенную в *Scetchfab*, ортофотоплана и карты высот.

Обработка данных, полученных с БПЛА имеет много общего с обработкой фотоматериалов, полученных для предметной съемки и выполняется в несколько этапов:

1. Загрузка фотоматериалов в ПО Agisoft Photoscan. Для этого во вкладке *Обработка* выбираем пункт *Добавить папку* и указываем путь до папки с скаченными с БПЛА материалам (рис. 9).

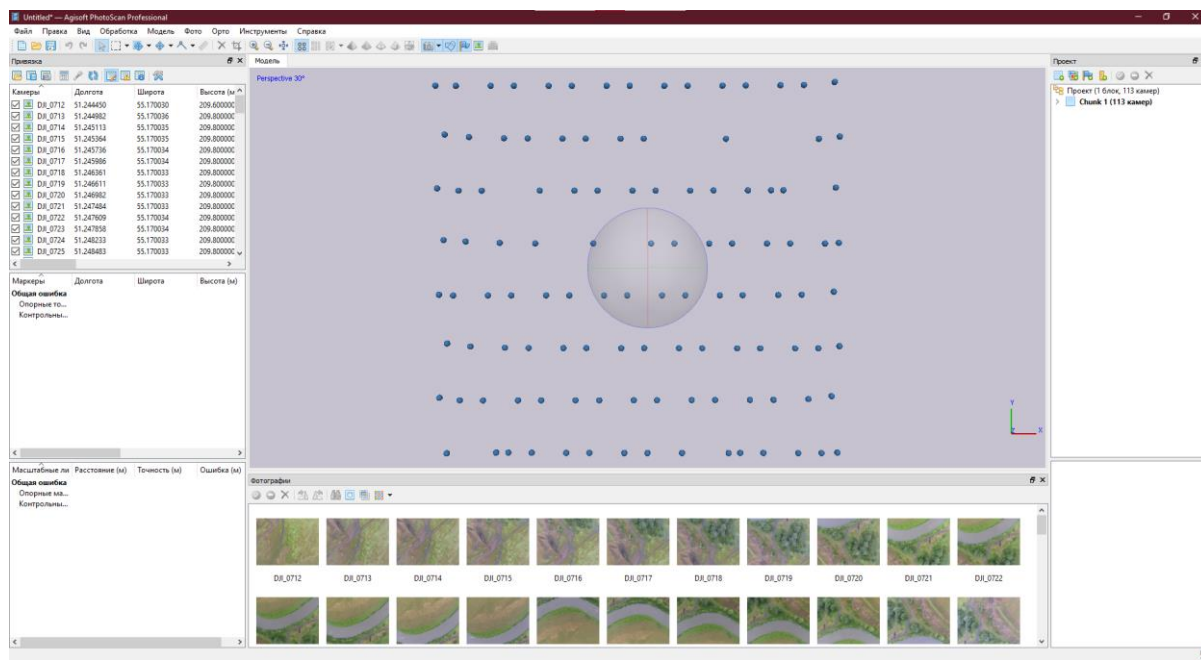


Рисунок 9. Результат загрузки фотоматериалов в ПО Agisoft Photoscan

2. На следующем этапе выполняется предварительное уравнивание фотоматериалов для их пространственного геопозиционирования (рис. 10). Для этого во вкладке *Обработка* запускаем задание *Выровнять фотографии*. Высокая точность привязки здесь не нужна, для экономии времени рекомендуется указать точность как *Низкая*, преселекцию выбрать как *Общую*, так и *По привязке*. Максимальное количество общих точек на фотографиях – 40 000, количество проекций – не более 4 000. Для компенсации оптических дисторсий рекомендуется применить *Адаптивное уточнение модели камеры*.

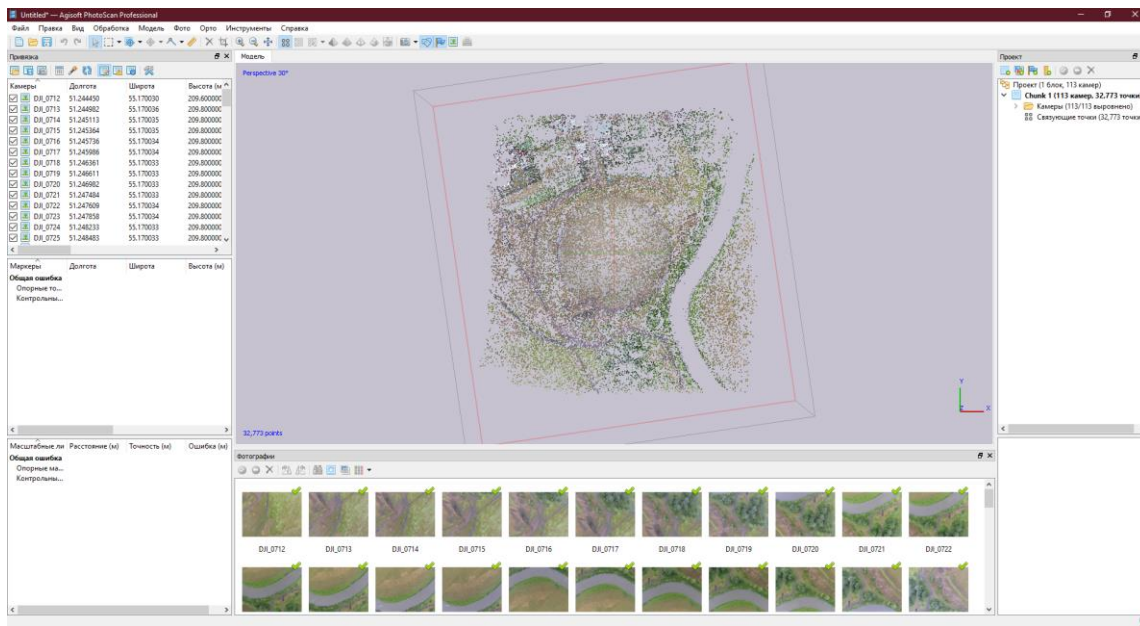


Рисунок 10. Результат выравнивания фотоматериалов в ПО Agisoft Photoscan

3. На следующем этапе необходимо ввести координаты опорных точек. Файл с подготовленными координатами точек должен быть подготовлен заранее и иметь следующую структуру: Название точки, X (долгота) в десятичных градусах, Y (широта) в десятичных градусах, Z (высота) в метрах. Разделитель колонок – табулятор. Проще всего создать такой файл в табличном редакторе Microsoft Excel и сохранить его в файл с расширением *.txt (текстовые файлы (с разделителями табуляции)). Полученный файл необходимо импортировать через окно *Импорт* рабочей области *Привязка* (рис. 11).

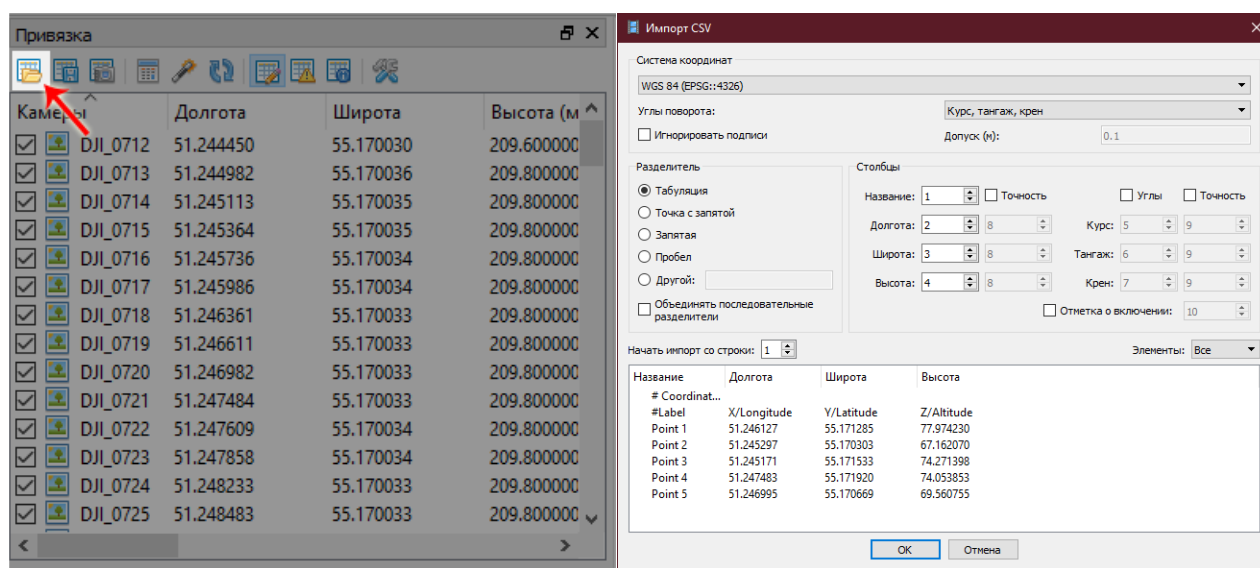


Рисунок 11. Импорт координат опорных точек в ПО Agisoft Photoscan

После добавления всех опорных марок, положение последних отобразится на разреженном облаке точек (рис. 12).

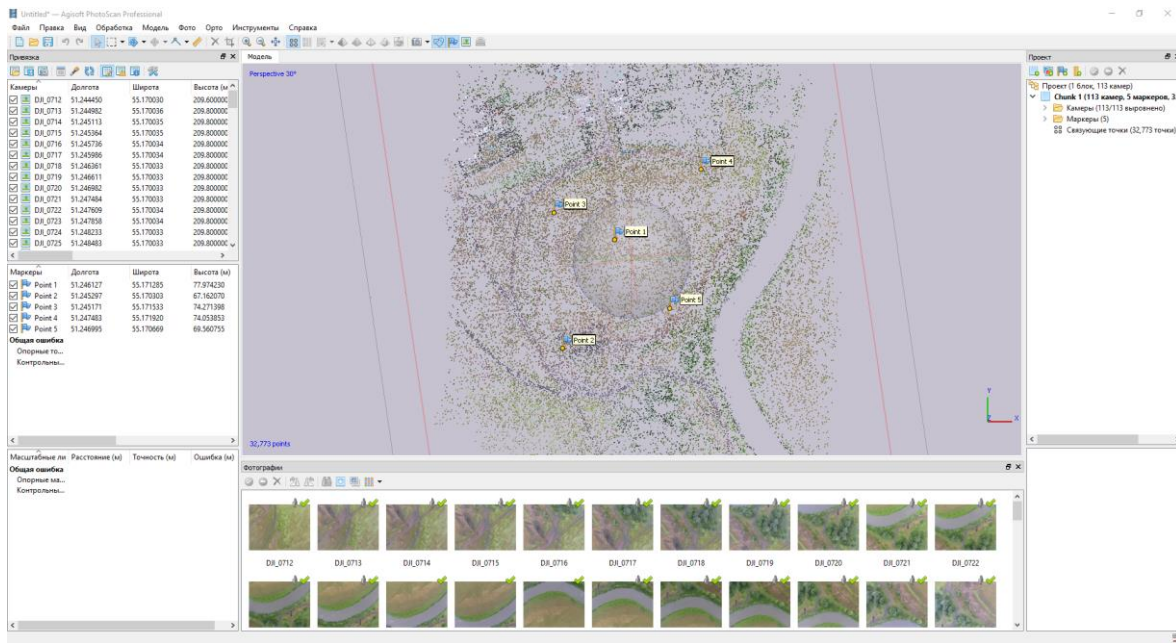


Рисунок 12. Опорные точки и разреженное облако точек

4. На следующем этапе необходимо найти на фотографиях все опорные точки. Проще всего это сделать, воспользовавшись *фильтром по маркам*. Для этого, нажав правой клавишей мыши по соответствующей марке в окне *Привязка* необходимо выбрать пункт *Фильтр по маркам*. При применении фильтра в блоке *Фотографии* будут отсортированы все фотографии, в пределах которой может находиться та или иная опорная точка. Необходимо просмотреть каждую выбранную фотографию (двойной клик по фотографии) и уточнить положение центра опорного знака (рис. 12). Положение марки можно уточнять либо перетаскиванием значка в пределах фотографии, либо путем установки конкретной точки в положение курсора путем нажатия правой кнопки мыши и размещения конкретной марки.

Указав положение всех опорных знаков на всех фотографиях необходимо проконтролировать расчетную ошибку (рис. 13). В случае, если *Общая ошибка* по широте или долготы больше 5 метров, значит на фотографии было указано положение не той марки. Допустимая ошибка по высоте не ограничена и может быть, как положительной, так и отрицательной.

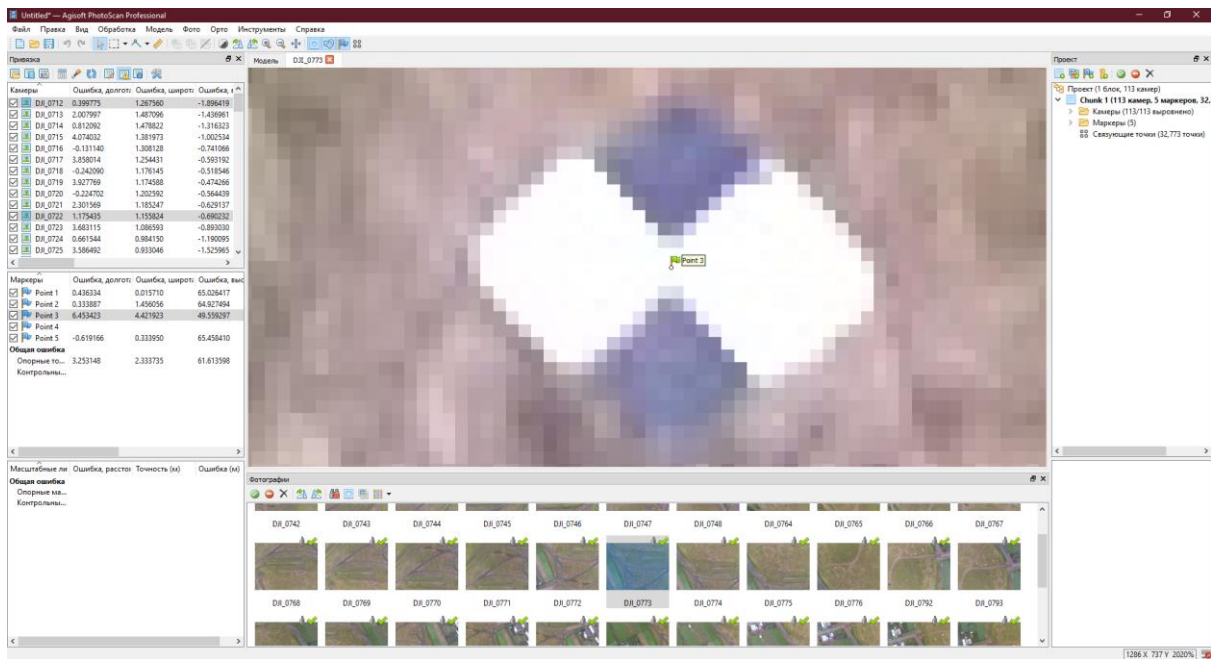


Рисунок 12. Корректировка положения опорных точек на фотографиях

Привязка

Камеры

Камеры	Ошибка, долгот	Ошибка, широт	Ошибка, в
✓ DJI_0712	2.433852	2.441052	-47.285290
✓ DJI_0713	2.983707	2.867632	-48.106462
✓ DJI_0714	1.645426	2.895991	-48.174249
✓ DJI_0715	4.477133	2.753461	-48.256997
✓ DJI_0716	-0.157655	2.717034	-48.267352
✓ DJI_0717	3.278386	2.600866	-48.232069
✓ DJI_0718	-1.317301	2.541968	-48.141862
✓ DJI_0719	2.354060	2.567549	-47.909242
✓ DJI_0720	-2.305674	2.613746	-47.689393
✓ DJI_0721	-0.528986	2.686250	-46.762953
✓ DJI_0722	-1.817772	2.652505	-46.603633
✓ DJI_0723	0.273822	2.630509	-46.067540
✓ DJI_0724	-3.123544	2.630694	-45.356565
✓ DJI_0725	-0.546225	2.579322	-44.677975

Маркеры

Маркеры	Ошибка, долгот	Ошибка, широт	Ошибка, выс
✓ Point 1	0.018119	-0.000818	0.010078
✓ Point 2	-0.001940	-0.001957	0.003007
✓ Point 3	-0.009277	0.003009	-0.009371
✓ Point 4	-0.001852	-0.001172	0.001197
✓ Point 5	-0.001798	0.002123	-0.004663
Общая ошибка			
Опорные то...	0.009217	0.001971	0.006657
Контрольны...			

Рисунок 13. Контроль ошибок положения опорных точек в плане и по высоте

5. На следующем этапе необходимо выровнять фотографии уже с учетом опорных знаков. В отличие от Этапа 1, точность выравнивания должна быть не менее *Средней*. Так же, необходимо сбросить текущее выравнивание. После выравнивания, необходимо произвести процедуру *Оптимизации камер* с *Адаптивным уточнением модели камеры* (рис. 14).

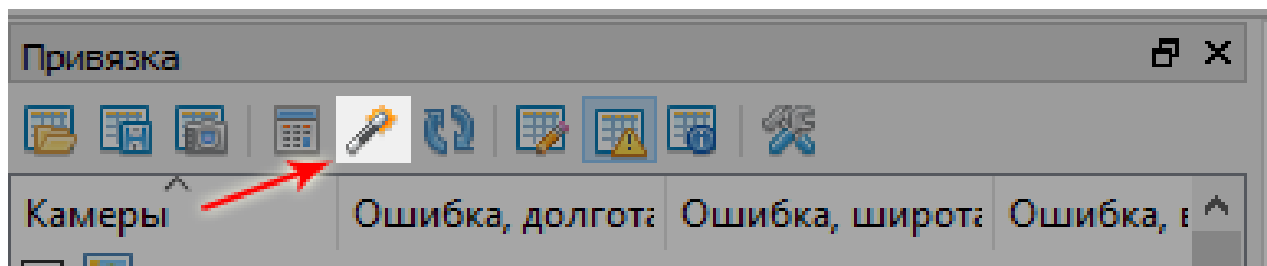


Рисунок 14. Кнопка меню *Оптимизация камер*.

Данная процедура позволяет минимизировать погрешность определения координат облака точек. Погрешности контролируются с помощью Просмотра ошибок, аналогично Этапу 4.

6. На следующем этапе последовательно выполняются операции (меню *Обработка*) по построению плотного облака точек (качество от низкого до среднего на выбор), модели (тип поверхности – произвольный, исходные данные – плотное облако, количество полигонов – 500 000), текстуры (параметризация – общая, смешивание с помощью усреднения, размер и количество текстур – 8000x1).

7. На следующем этапе выполняется построение карты высот (рис. 15). Критически важно на данном этапе указать «правильную» систему координат для перехода от градусных значений координат в метровые. Для этого в типе проекций выбираем Географическая, система координат – Универсальная проекция Меркатора соответствующей зоны. Для Республики Татарстан почти повсеместно (за исключением самых западных областей) соответствует зона 39N (EPSG: 32639).

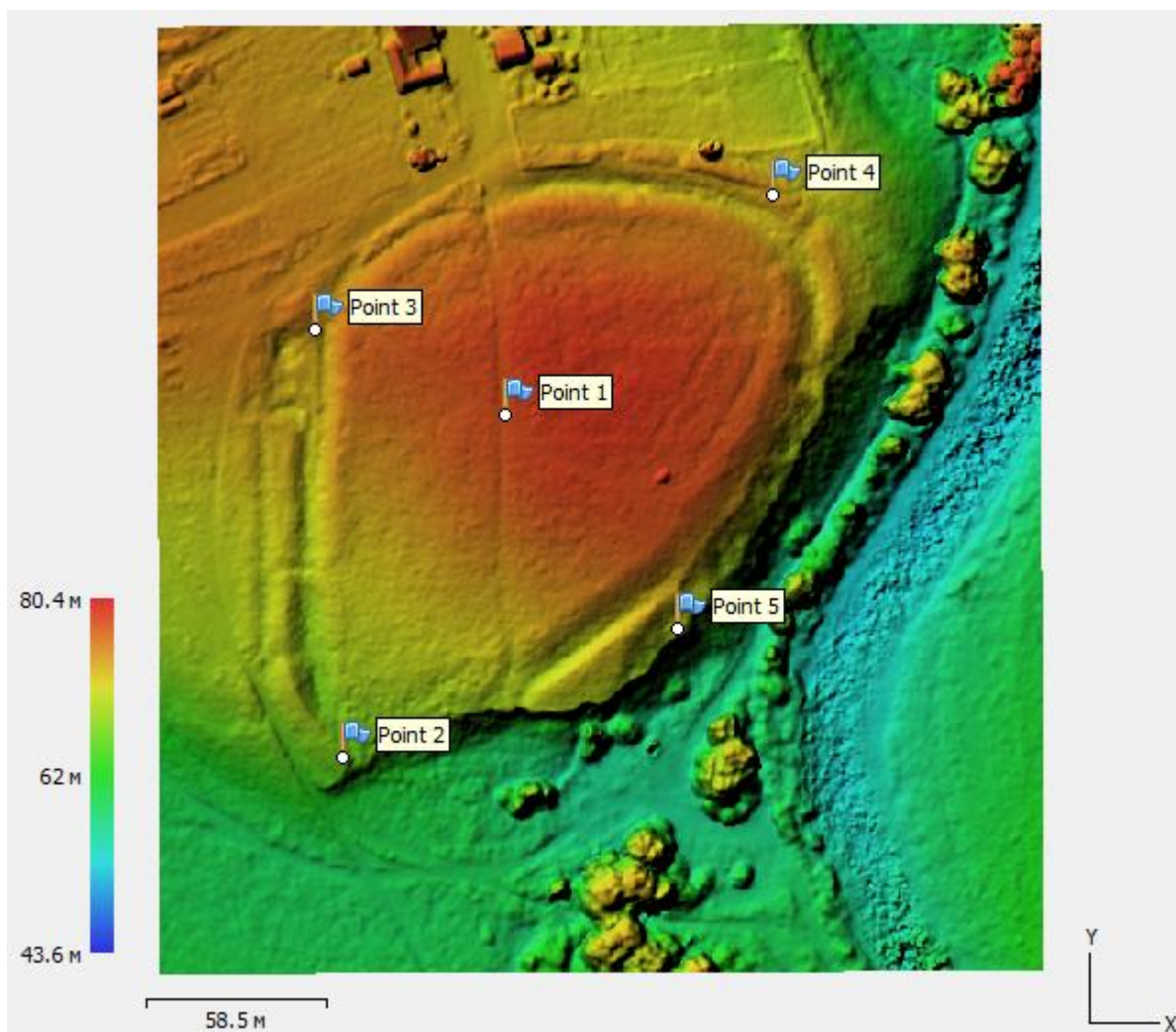


Рисунок 15. Пример полученной карты высот.

8. На следующем этапе выполняется ортотрансформирование выравненных снимков на полученную ранее карту высот для получения ортофотоплана. Для этого в инструменте *Построить ортофотоплан* устанавливают требуемое разрешение по широте и долготе (размер пикселя) (0.1 м), а также общий размер – для этого необходимо нажать кнопку *Оценить* в *Области экспорта*. Полученный ортофотоплан необходимо экспортировать в файл с разрешением TIFF.

9. Полученные текстурированную модель, карту высот необходимо экспортировать в файлы. Модель экспортируется в файл с расширением OBJ, система координат – локальная, включить экспорт текстур в JPEG. Карту высот необходимо сохранить в файл с расширением TIFF, разрешение 0.25 м.

День седьмой. Написание и оформление отчета по практике.

Задание: Подготовка и сдача отчета руководителю практики.

Отчет оформляется в соответствии с требованиями и должен содержать следующие разделы:

Титульный лист. Помимо названия учебного заведения и наименования практики должен содержать информацию о номере и составе бригады, руководителе практики (Приложение 4).

Содержание.

Введение. В данном разделе описываются цели и задачи практики, место и сроки ее проведения.

Основная часть. В данном разделе описываются виды работ, проводимые в рамках практики по дням. В описании каждого дня практики должно быть отражено описание изучаемых приборов и методов их использования, характеристики снимаемых объектов и порядок обработки полученных данных. В каждом разделе должны быть отражены полученные за день результаты в виде рисунков и ссылок на модели, размещенные на [Sketchfab.com](https://www.sketchfab.com).

Заключение. Описываются основные результаты, полученные в ходе практики, изученное оборудование и программное обеспечение, освоенные методики обработки результатов полевых наблюдений, а также области применений полученных знаний и навыков.

Литература

1. Безменов В.М. Картографо-геодезическое обеспечение кадастра. Конспект лекций / Безменов В.М. – Казань: Казанский (Приволжский) федеральный университет, 2014. – 39 с.
http://dspace.kpfu.ru/xmlui/bitstream/handle/net/21650/06_046_kl-000588.pdf
2. Соколова М. Г. Основы обработки геодезических измерений [Электронный образовательный ресурс]. – Казань: Казанский федеральный университет, 2014. <http://edu.kpfu.ru/course/view.php?id=804>
3. Безменов В. М. Космическая фотограмметрия : лабораторные работы / Безменов В. М. ; Казан. гос. ун-т, Физ. фак. – (Казань : Казанский государственный университет, 2008) .Ч. 1.– 2008. – 66 с. - Текст : электронный. - URL: http://libweb.kpfu.ru/ebooks/06-IPh/06_046_A5-000555.pdf
4. Владимиров В.М. Дистанционное зондирование Земли: учебное пособие / В.М. Владимиров, Д.Д. Дмитриев, О.А. Дубровская [и др.]; ред. В.М. Владимиров. - Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2014. – 196 с. <http://znanium.com/catalog/product/506009>
5. Загретдинов Р.В., Ишмухаметова М.Г., Менжевицкий В.С., Мезрина Н.В. Руководство к полевой геодезической практике: учебно-методическое пособие. - Казань: КГУ, 2005. - 58 с.
<http://old.kpfu.ru/f6/k8/index.php?id=3&idm=20>
6. Руководство пользователя Agisoft PhotoScan Professional Edition, версия 1.4
https://www.agisoft.com/pdf/photoscan-pro_1_4_ru.pdf
7. Пошаговое руководство (Уровень: Начинающие): Построение 3D модели в программе Agisoft PhotoScan 1.1
[https://www.agisoft.com/pdf/PS_1.1%20-Tutorial%20\(BL\)%20-%203D-model%20\(Russian\).pdf](https://www.agisoft.com/pdf/PS_1.1%20-Tutorial%20(BL)%20-%203D-model%20(Russian).pdf)

Приложения

Приложение 1

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
**Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«Казанский (Приволжский) федеральный университет»**

1. **Контрольный лист № _____**
2. **инструктажа по охране труда для обучающихся**
(вводный, первичный, повторный, внеплановый, целевой) подчеркнуть

Институт экологии и природопользования _____

Кафедра _____

Группа _____

ФИО и должность лица, проводившего инструктаж _____

Дата проведения инструктажа "___" _____ 20___

Лаборатория (наименование, № аудитории) _____

Инструктаж проведен по Инструкции по охране труда для работников и обучающихся
ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет» при проведении учебной
и производственной практики № 1620 от 20.10.2016.

Я, Фамилия Имя Отчество, студент(ка) группы _____ прошел/прошла инструктаж по
технике безопасности перед началом наименования практики.

Дата: "___" _____ 20___

Личная подпись

Местонахождение контрольных листов, инструкций по охране труда на все виды
деятельности определяет руководитель структурного подразделения с учетом обеспечения
доступности и удобства ознакомления с ними.

Приложение 2

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Казанский (Приволжский) федеральный университет»

Индивидуальное задание (план-график)
на учебную практику
(20__/20__ учебный год)

Институт экологии и природопользования

Направление подготовки, профиль: Землеустройство и кадастры

Место прохождения практики: _____

Бригада №1 гр.№ _____

Состав бригады: _____

Срок прохождения практики с "___" _____ 20__ по "___" _____ 20__

Руководитель практики от Университета _____,
должность _____

Содержание индивидуального задания для каждого студента на практику:

№ п/п	Индивидуальные задания (перечень и описание работ)	Сроки выполнения (график)
1.	Пройти инструктаж по технике безопасности. Ознакомиться с работой полевого оборудования; изучить инструкции к оборудованию.	
2.	Ознакомиться с порядком организации станции и методикой лазерного сканирования. Научиться определять координаты с помощью GNSS приемника. Изучить порядок съемки БПЛА.	
3.	Изучить методику фотографирования объектов для последующего получения 3D-модели. Сфотографировать различные объекты – рельеф, внутренняя обстановка комнаты, элемент архитектурного сооружения, предмет, человек.	
4.	Изучить методику съемки БПЛА. Провести съемку рельефа местности. Обработать фотоснимки в программе Agisoft PhotoScan с целью получения 3D-модели и ортофотоплана.	
5.	Изучить инструкции к ПО Agisoft PhotoScan. Обработать данные, полученные во время полевого этапа в программе Agisoft PhotoScan с целью получения 3D-моделей.	
6.	Провести сканирование и обработку стереопар аэроснимков, построить на основе полученных данных 3D-модель местности. Обработать результаты съемки БПЛА, получить модель, карту высот и ортофотоплан.	
7.	Подготовить, оформить и сдать отчет по пройденной практике.	

Подпись обучающегося _____ (_____)

Согласовано:

Руководитель практики, _____ (_____)

Приложение 3

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Казанский (Приволжский) федеральный университет»

ДНЕВНИК
учебной практики
(20__ / 20__ учебный год)

Институт экологии и природопользования

Направление подготовки, профиль: Землеустройство и кадастры

Обучающийся, студент II курса _____ . гр.№ _____

Срок прохождения практики с " ____ " _____ 20__ по " ____ " _____ 20__

График учебной практики по разделу «Фотограмметрия и дистанционное зондирование»

Руководитель практики от Университета _____ ,

должность _____

Место прохождения практики _____

Сроки выполнения (график)	Индивидуальные задания (перечень и описание работ)	Отметка преподавателя о выполнении задания

Подпись обучающегося _____ (_____)

Согласовано:

Руководитель практики, _____ (_____)

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
**Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«Казанский (Приволжский) федеральный университет»**

Институт экологии и природопользования
Кафедра ландшафтной экологии
Направление подготовки: Землеустройство и кадастры

Отчет по летней учебно-полевой практике
«Фотограмметрия и дистанционное зондирование»

Группа _____ Бригада № ____ . Состав:

Руководитель практики:

_____ ДОЛЖНОСТЬ
_____ Ф.И.О.