

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ГЕОГРАФИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

ГИС-ТЕХНОЛОГИИ В НАУКАХ О ЗЕМЛЕ

**Материалы конкурса ГИС-проектов студентов и аспирантов
УВО Республики Беларусь, проведенного в рамках празднования
Международного Дня ГИС 2017**

Минск, 15 ноября 2017 г.

Ответственный редактор
Н. В. Жуковская

МИНСК
2017

Редакционная коллегия:

кандидат географических наук Н. В. Жуковская (отв. редактор),
доктор сельскохозяйственных наук, профессор Н. В. Клебанович,
доктор географических наук, профессор Н. К. Чертко,
кандидат географических наук, доцент Д. М. Курлович,
кандидат географических наук, доцент Н. В. Ковальчик,
кандидат географических наук, доцент А. А. Карпиченко,
кандидат географических наук, доцент Л. И. Смыкович,
О. М. Ковалевская, А. С. Семенюк, А. А. Сазонов

Рецензенты:

кандидат географических наук, доцент А. А. Топаз,
кандидат геолого-минералогических наук, доцент В. Э. Кутырло.

ГИС-технологии в науках о Земле [Электронный ресурс] : материалы конкурса ГИС-проектов студентов и аспирантов УВО Республики Беларусь, проведенного в рамках празднования Международного Дня ГИС 2017, Минск, 15 ноябр. 2017 г. / редкол. : Н. В. Жуковская (отв. ред.) [и др.]. – Минск : БГУ, 2017. – 123 с.

Представлены научные работы, принимавшие участие в конкурсе ГИС-проектов студентов и аспирантов УВО Республики Беларусь, проведенном в рамках празднования Международного Дня ГИС 2017 на географическом факультете Белорусского государственного университета.

Сборник представляет интерес для широкого круга специалистов по геоинформационным технологиям, географов, гидрометеорологов, экологов, геологов, студентов географических и геологических специальностей.

©Белорусский государственный университет, 2017
©Коллектив авторов, 2017

ЛИТЕРАТУРА

1. Аношко, В.С. Практикум по курсу "Мелиоративная география". Тема 4 / В.С. Аношко. – Минск: БГУ, 2013. – 47 с.
2. Воскресенский, С.С. Динамическая геоморфология (формирование склонов) / С.С. Воскресенский. – Москва: Издательство МГУ, 1971. – 288 с.
3. Леонтьев, О.К. Общая геоморфология / О.К. Леонтьев, Г.И. Рычагов. – Москва: Высшая школа, 1988. – 287 с.
4. Спиридонов, А.И. Геоморфологическое картирование / А.И. Спиридонов. – Москва: Недра, 1975. – 184 с.

ПРОИЗВОДСТВО АЭРОФОТОСЪЕМКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА ДЛЯ СОЗДАНИЯ ЦИФРОВОЙ МОДЕЛИ РЕЛЬЕФА

Г. В. Черняков

студент 5-го курса кафедры геодезии и картографии географического факультета
Белорусского государственного университета

А. П. Романкевич

к.г.н., доцент, заведующий кафедрой геодезии и картографии
географического факультета Белорусского государственного университета

В течение длительного времени сбор данных для крупномасштабного картографирования выполнялся традиционными наземными методами. Это тахеометрическая съемка, получение координат точек с помощью ГЛОНАС-GPS приемников, наземное лазерное сканирование. Тем не менее, методы наземных съемок имеют ряд существенных недостатков, к которым, в первую очередь, можно отнести большую трудоемкость, отсутствие возможности измерений труднодоступных точек. Также существенное влияние может оказать человеческий фактор [2].

С развитием новых технологий дистанционного зондирования Земли стали применяться такие методы получения геопространственных данных, как космическая съемка, воздушное лазерное сканирование, цифровая аэрофотосъемка с использованием, как пилотируемой авиации, так и беспилотных летательных аппаратов (БПЛА). Космическая съемка позволяет получить снимки с максимальным общедоступным разрешением около 0,4 м, что недостаточно для крупномасштабного картографирования. Для некоторых территорий космические снимки приходится ждать длительное время, а в случае съемки под заказ заметно возрастает стоимость. Аэрофотосъемка с использованием пилотируемой авиации и воздушное лазерное сканирование обладают необходимой точностью, но требуют высоких экономических затрат на обслуживание и заправку техники, что приводит к повышению стоимости конечной продукции. Использование БПЛА оправдано в тех случаях, когда необходимо быстро получить точную информацию о местности на небольшие территории. К тому же, с учетом себестоимости каждого из решений, БПЛА занимают наиболее выгодные позиции.

Цель данного исследования – изучение возможности применения технологии БПЛА для создания цифровой модели рельефа.

Цифровая аэрофотосъемка производилась в рамках научно исследовательской работы «Геоэкологическая оценка объектов захоронения отходов потребления и разработка предложений по минимизации их негативного воздействия на природную среду» на территорию полигона твердых коммунальных отходов (г. Витебск).

В качестве съемочной системы использовался квадрокоптер фирмы Dji – Phantom 3 Advanced (таблица 1). На борту квадрокоптера установлена камера с сенсором на 12,4 Мп, позволяющая производить фотографирование с разрешением 4000×3000 пикселей. Квадрокоптер оснащен роботизированным подвесом камеры, который также снабжен амортизаторами для устранения вибрации камеры при съемке во время полета.

Таблица 1 – Технические характеристики квадрокоптера «Phantom 3» [5]

<i>Параметры</i>	<i>Показатели</i>
Вес (+ батарея и пропеллеры)	1280г
Мах скорость подъема	6 м/с
Мах скорость спуска	3 м/с
Мах скорость	16 м/с (нет ветра)
Мах время полета	23 мин
Рабочая температура	От 0 до +40
Режим GPS	GPS/GLONASS
Высота полета	до 500м*
Дальность полета	от 500м до 2000м (на открытом пространстве)
Сенсор	Sony EXMOR 1/2.3'' Effective pixels 12.4М
Объектив	FOV 94° 20mm f/2.8
Диапазон ISO	100-3200(видео), 100-1600(фото)
Скорость затвора	8s-1/8000s
Мах размер фото	4000x3000

Технология аэрофотосъемки на основе БПЛА состояла из следующих этапов:

- подготовительные работы (изучение местности, подлежащей фотографированию, подготовка карт, проектирование маршрутов полета и расчет элементов фотосъемки);
- полевые работы (обследование и закрепление точек планово-высотной подготовки снимков, закрепление и маркировка точек опорной сети, фотосъемка в автоматическом режиме);
- камеральные работы (обработка результатов геодезических измерений, фотограмметрическая обработка снимков) [1].

На предполетном этапе производилась маркировка опознаков на местности и определение их координат. Для маркировки опознаков применялись белые и красные пластиковые тарелки диаметром около 20 см и другие четко дешифрируемые объекты. Координаты и высоты 68 опознаков определялись двухчастотным приемником геодезического класса точности Trimble R6 – 4 в режиме ре-

ального времени (RTK) от постоянно-действующих пунктов (ПДП) Спутниковой системы точного позиционирования Республики Беларусь с субсантиметровой точностью.

Аэрофотосъемка выполнялась с помощью навигационной программы Pix4d с высоты 60 м с поперечным перекрытием 60 % и продольным – 70 %. Площадь исследуемой территории составила около 150 га и была разбита на 8 блоков (рисунки 1). Для каждого блока полетное задание составлялось отдельно.



Рисунок 1 – Схема выполнения аэрофотосъемки

В результате 8 залетов был получен 1 921 снимок разрешением 2,2 см и данные телеметрии, которые включали: координаты центров и время фотографирования.

Обработка полученных аэроснимков выполнялась в Agisoft PhotoScan Professional (далее PhotoScan). PhotoScan – это программный комплекс, предназначенный для обработки материалов аэрофотосъемки и получения ортофотопланов и цифровых моделей местности.

Обработка материалов аэрофотосъемки для создания ЦМР состоит из следующих основных этапов:

- *Выравнивание фотографий.* На этом этапе выполняется поиск общих точек на снимках, определение элементов взаимного ориентирования снимков, формирование первичной модели местности, состоящей из общих точек (разреженного облака точек);
- *Внешнее ориентирование модели.* На данном этапе выполняется загрузка и измерение наземных опорных точек на снимках;
- *Оптимизация.* По сути, является строгим уравниванием параметров ориентирования снимков. Производится на основе данных о положениях центров фотографирования и наземных опорных точек. В качестве весовых коэффициентов для уравнивания выступали погрешности определения координат точек

съемки (центров фотографирования), определения координат точек наземной опорной сети, дешифрирования и маркирования опорных точек на снимках;

- *Построение плотного облака точек.* На этом этапе выполняется повторный поиск общих точек, и определение их положения. Поскольку параметры взаимного ориентирования снимков уже известны с высокой точностью, это позволяет сузить область поиска общих точек и повысить достоверность определения их соответствия. Плотность результирующего облака точек при этом оказывается весьма высокой – в наиболее детальном режиме построения плотного облака анализируется буквально каждый пиксел исходных фотографий, и для всех пикселов определяется положение соответствующих им точек на местности;

- *Классификация плотного облака точек.* В PhotoScan реализована функция автоматического распознавания точек рельефа. Эта возможность позволяет классифицировать точки плотного облака и отнести все точки к определенным стандартным классам. В результате классификации все точки были распределены на 3 класса (земля, шумы, другие точки) (рисунок 2);

- *Построение цифровой модели рельефа.* Построение цифровой модели рельефа производится на основе классифицированного плотного облака точек. В качестве исходного указывается класс «Земля. Модель формируется на основе плотного облака точек триангуляцией по точкам, часть точек при этом отфильтровывается [3].

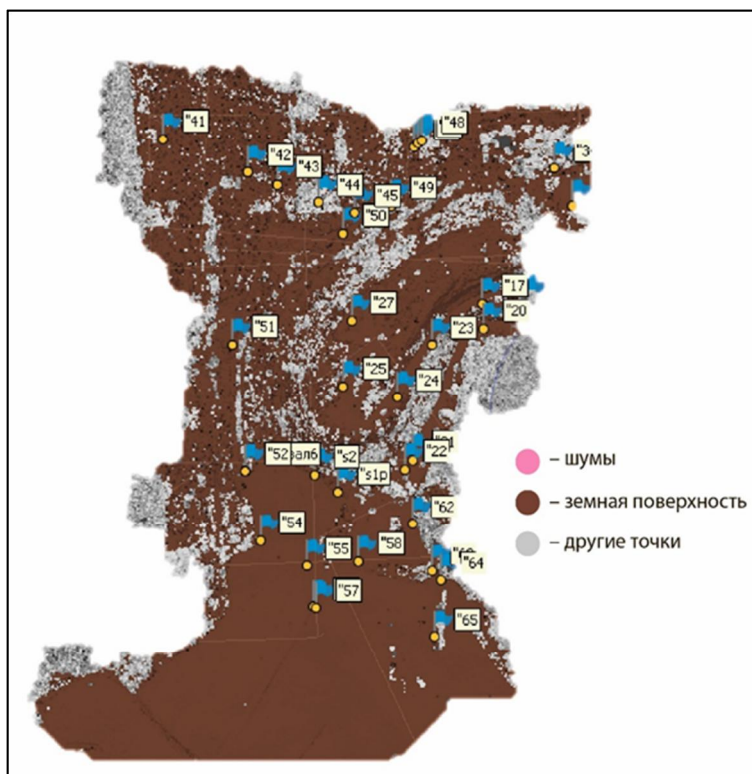


Рисунок 2 – Классифицированное плотное облако точек

В результате выполненных работ получена цифровая модель рельефа (рисунок 3).

В ПО «PhotoScan» все этапы вычислительного процесса сопровождаются оценкой точности, для чего исследуются значения остаточных поперечных па-

раллаксов (при взаимном ориентировании), расхождения координат в зонах перекрытий (при построении модели), остаточные невязки на опорных и контрольных точках (при заключительном уравнивании) [4].

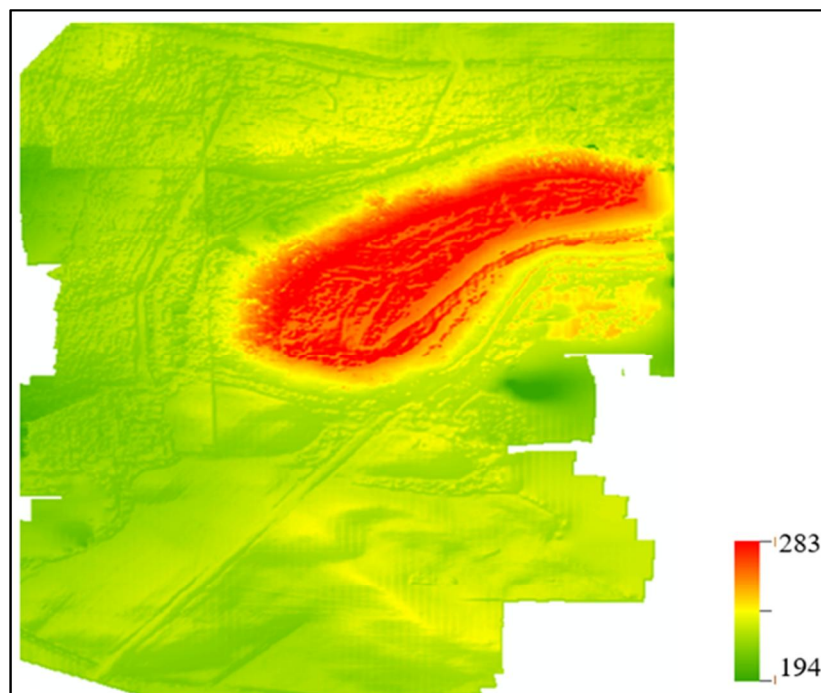


Рисунок 3 – Цифровая модель рельефа

В результате оценки точности в «PhotoScan» среднее квадратическое отклонение (СКО) составило 8.2 сантиметров в плане и 9.6 см по высоте (таблица 2), что удовлетворяет точности высоты сечения рельефа 1 метр.

Таблица 2 – Оценка точности цифровой модели рельефа

<i>Параметры</i>	<i>Показатели</i>
Разрешение полученной модели, см	2,2
Число опорных и контрольных точек	68
СКО на опорных и контрольных точках в плане (XY), см	8.2
СКО на опорных и контрольных точках по высоте (Z), см	9.6
Общая (XYZ) СКО на опорных и контрольных точках, см	12.6

Полученная по материалам аэрофотосъемки ЦМР намного подробнее моделей, построенных по результатам наземной съемки. Модель более точно отображает детали рельефа, включая элементы искусственного и естественного микро-рельефа. Для дальнейшей обработки поддерживается экспорт цифровой модели рельефа в форматах GeoTIFF, Arc/Info ASCII Grid (ASC), Band interleaved (BIL), XYZ, Sputnik KMZ.

Данные, полученные по результатам аэрофотосъемки будут использованы для моделирования распространения загрязняющих веществ от полигонов твердых коммунальных отходов в подземные воды и определения объемов захоронения отходов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алчинов, А.И. Методы цифровой фотограмметрии. Технология «Талка» / А.И. Алчинов, Н.Д. Беклемишев, В.Б. Кекелидзе. – М.: МГУП, 2007. – 260 с.
2. Иноземцев, Д.П. Беспилотные летательные аппараты: теория и практика. Часть 2. Модель обработки аэрофотоснимков в среде AGISOFT PHOTOSCAN / Д.П. Иноземцев // АТИП. – 2013. – № 3. – С. 51.
3. Руководство пользователя Agisoft PhotoScan: Professional Edition, версия 1.1. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.agisoft.com>.
4. Семенов, А.Е. Автоматизированный способ получения ортофотопланов, матриц высот и 3D-моделей местности с помощью БЛА и ПО PhotoScan Pro / А.Е. Семенов // Организация, технологии и опыт ведения кадастровых работ: труды 17-й Всероссийской конференции, Москва, ноябрь 2012 г., / РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина. – Москва. – 2012 – С. 4.
5. Phantom 3. Руководство пользователя. – Shenzhen, China.: SZ DJI Technology Co, 2015. – 60 с.

ВЫДЕЛЕНИЕ ЗОН ДОСТУПНОСТИ СЛУЖБ МЧС ГОРОДА МОГИЛЕВА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ

А. В. Клепча

студент 4-го курса кафедры геодезии и ГИС инженерно-строительного факультета Полоцкого государственного университета

П. Ф. Парадня

старший преподаватель кафедры геодезии и ГИС инженерно-строительного факультета Полоцкого государственного университета

Важным объектом исследований в географии являются различные географические сети, представляющие собой совокупности линейных фрагментов природного (например, речные, орографические, тектонические) и антропогенного (например, дорожные, электрические, коммуникационные) характера.

Целью изучения географических сетей является выявление закономерностей их строения, формирования и развития, а также мониторинг, оптимизация и управление (например, в случае транспортных и коммуникационных сетей). ГИС-технологии обеспечивают возможность компьютерного представления, моделирования и анализа, сколь угодно больших по числу вершин и ребер сетевых объектов, в сочетании с автоматизированным тематическим картографированием, интерактивным редактированием и визуализацией (включая мультимедиа) соответствующих сетевых моделей [1].

В моделировании и анализе географических сетей широко применяются методы теории графов. Как известно, любое картографическое изображение территориальных отношений содержит метрические и топологические атрибуты. Графовые модели акцентируют внимание именно на топологические свойства сетей: порядок соединения вершин, наличие циклов, степень связности и др.

Реальные территориальные отношения и связи можно формализовать и изобразить в виде многомерных графов-картосхем. Однако методика анализа таких графов еще недостаточно разработана. Поэтому при изучении географических сетей чаще всего используются относительно простые графовые модели, методика анализа которых разработана до уровня алгоритмов и программ.