

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Кафедра геоморфологии и геоэкологии

**Сравнительный анализ источников получения исходных данных для
создания цифровых моделей рельефа (на примере участка территории близ
села Акатная Маза)**

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

Студента 4 курса 421 группы

направления 05.03.02 - География

географического факультета

Иванова Алексея Викторовича

Научный руководитель
старший преподаватель



П.А. Шлапак

Зав. кафедрой
к.с-х.н., доцент



В.А. Гусев

Саратов 2022

Введение. Рельеф является одним из главных составляющих, определяющих ход и направление процессов, происходящих в поверхностном слое планеты. В частности, рельеф считается одним из фундаментальных факторов почвообразования, так как он в значительной степени обозначает (микро) климатические и метеорологические характеристики, которые влияют на гидрологический и тепловой режим почвы, предпосылки латерального переноса воды и иных веществ вдоль земной поверхности и в почве под воздействием силы тяжести, а также пространственного распределения растительного покрова. Совместно с тем, как следствие взаимодействия эндогенных и экзогенных процессов различного масштабного уровня, рельеф может служить индикатором геологического строения территории. В связи с этим, качественная и количественная информация о рельефе широко используется в науках о земле [1].

Актуальность темы. В связи с интенсивным развитием науки и техники, в настоящее время заменяются старые способы построения ЦМР, а именно использование БПЛА, поскольку точная и актуальная информация о рельефе является важной частью анализа морфометрических характеристик территории. Для дальнейшего использования как в фундаментальных исследованиях, так и для решения различных задач, таких как строительство инженерных сооружений, защита земель от эрозии и неблагоприятных явлений, ландшафтных исследований.

Цель бакалаврской работы провести сравнительный анализ источников получения исходных данных для создания цифровых моделей рельефа.

Для осуществления цели служили *следующие задачи*:

1. Изучить специальную литературу по выбранной теме и проследить методы получения цифровой модели рельефа

2. Получить снимки БПЛА на рассматриваемую территорию и с помощью программного обеспечения составить ортофотоплан и карту высот, по исследуемой территории

3. Создать уточненную цифровую модель рельефа на основе SRTM, данных с топографической карты, данных дистанционного зондирования.

4. Создать цифровую модель рельефа по данным съемки беспилотным летательным аппаратом

5. На основе полученных результатов и научной литературы провести сравнительный анализ

Работа состоит из введения, трех разделов, заключения, списка используемой литературы и приложений.

Теоретической основой для написания работы послужили: научная, учебная и методическая литература, электронные ресурсы удаленного доступа.

Основное содержание работы

1 Цифровая модель рельефа

Первый раздел включает в себя определение понятия ЦМР, области применения, описание видов ЦМР и источников данных для их построения, в частности рассматривается фотограмметрический метод.

С точки зрения определения "цифровая модель рельефа" рассматривается в "Толковом словаре основных терминов геоинформатики" так: "ЦМР — это способ цифрового изображения трехмерных пространственных объектов в виде трехмерных данных как совокупность высот или отметок глубин и прочих значений аппликат (координаты Z) в узлах регулярной сетки с образованием матрицы высот, нерегулярной треугольной сети (TIN) или как совокупность записей горизонталей или прочих изолиний" [2,3].

Различают следующие виды цифровых моделей рельефа:

- регулярные;

- структурные;
- нерегулярные.

Подбор материалов для конструирования ЦМР зависит от цели и задач исследования, требований к точности его результатов, а также специфики территории. Основными источниками данных для цифрового моделирования рельефа являются крупномасштабные топографические карты, материалы для дистанционного зондирования земли, а также материалы инструментальных исследований в полевых условиях. Каждый из источников имеет свои преимущества и недостатки, но, несмотря на все их разнообразие при построении ЦМР и способах их обработки, в последнее время принято основываться на более совершенные из них. Уже отчетливо видна тенденция замены традиционного метода создания ЦМР путем оцифровки топографических карт радарграмметрическим и фотограмметрическим методами обработки материалов ДЗЗ. На этом методе следует остановиться подробнее [2].

2 Аэросъемка

Данный раздел включает в себя понятие и методы аэросъемки, виды аэросъемки и их недостатки, о беспилотном летательном аппарате и его преимуществах и технических характеристиках, а также его практическом применении и получения результатов обработки в ПО Agisoft Photoscan.

Особенно активно разрабатываются и обширно применяются в картографических целях методы аэрофотосъемки, космической съёмки и комбинированный метод лазерной локации и цифровой аэрофотосъёмки, который используется в основном для крупномасштабного картографирования и особенно эффективен для линейных объектов [4].

Данные спутниковой съемки позволяют получать изображения с максимальным общедоступным разрешением 0,5 м, что может быть недостаточно для крупномасштабного картирования. Кроме того, не всегда можно выбрать безоблачные изображения из архива. При съемке под заказ

теряется оперативность получения данных. В отношении компактных участков операторы и дистрибьюторы зачастую не демонстрируют гибкой ценовой политики [5].

Все это является предпосылками применения БПЛА в качестве нового фотограмметрического инструмента.

Таким образом, плюсами применения БПЛА являются:

1. Оперативное получение снимков.
2. Возможность съемки с небольших высот и близи объектов.
3. Получение снимков высокого разрешения.
4. Рентабельность
5. Возможность применения в зонах чрезвычайных ситуаций без риска для жизни и здоровья пилотов.

Фото- и видеоматериалы, полученные с помощью беспилотников, пользуются большим спросом для создания моделей наводнений и загрязнений, а также для планирования лесного хозяйства и мониторинга целевого использования сельскохозяйственных земель [6].

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

Результатом обработки является:

- Ортофотоплан, в формате GeoTIFF.
- Цифровая модель местности, в формате DEM (digital elevation model, цифровая модель высот).

Далее, мы подробно рассмотрим процесс обработки аэрофотоснимков в ПО Agisoft PhotoScan полученных с дрона DJI 4.

Шаг 1. Загрузка фотографий в PhotoScan.

Запуск PhotoScan, в разделе Проект добавление фотографий в блок [7].

Шаг 2. Обзор загруженных изображений и удаление ненужных кадров.

На этом этапе рассматриваются и исключаются изображения, которые:

- Имеют плохое качество из-за недостаточной длины выдержки (смазанные снимки)
- Сделаны во время разворота дрона и имеют большие углы
- Выходят за пределы области, для которой проводилась съемка [7].

Шаг 3. Выравнивание изображений. Это делается с помощью пункта Меню – Обработка – Выровнять фотографии. На этапе выполняется поиск общих точек на фотографиях, имеющих сходства, которые будут использоваться для расчета карты глубин.

Параметры выравнивания влияют на результаты обработки, и могут быть изменены [7].

Шаг 4. Оптимизация выравнивания камер. На этом этапе PhotoScan вычисляет параметры внешней и внутренней ориентации камер, и в результате облако точек (разряженное на текущем шаге) как бы прикрепляется к опознакам.

Адаптивное уточнение модели камеры позволяет автоматически уточнять параметры камеры с учетом данных об их надежности [7].

Шаг 5. Создание плотного облака. После правильного расположения разряженного облака (из общих точек снимков) выполняется процедура создания плотного облака (точек). Для выполнения выбирается следующий пункт меню Обработка – Построить плотное облако [7].

Шаг 6. Создание трехмерной полигональной модели. На основе плотного облака точек на следующем шаге строится модель. Для выполнения выбирается пункт меню Обработка – Построить модель [7].

Шаг 7. Создание текстуры модели. На этом этапе построенная полигональная модель «закрашивается» текстурами из фотографий. Для выполнения выбирается пункт меню Обработка – Построить текстуру [7].

Шаг 8. Создание карты высот. Карта высот в формате DEM представляет собой TIFF файл каждый пиксель которого отвечает за высоту

точки. Чтобы создать карту высот выбирается пункт меню Обработка – Построить карту высот.

При обработке данных аэрофотоснимка получается цифровая модель высот всех видимых объектов, включая дома, деревья и т.д.

Также PhotoScan имеет возможность построения цифровой модели рельефа с помощью классификации точек [7].

Шаг 9. Построение ортофотоплана. Ортофотоплан в понимании PhotoScan – это вертикальная проекция цифровой модели с наложенной текстурой из множества фотоснимков. Основным форматом (при экспорте) – является GeoTIFF, обычно с высоким разрешением. Построение выполняется с помощью пункта меню Обработка – Построить ортофотоплан [7].

Шаг 10. Экспорт результатов. Для решения задач геодезии, картографии, кадастрового учета и прочих практических применений данных аэрофотосъемки экспортируются ортофотоплан и карта высот [7].

На основе полученных снимков на территорию Саратовской области близ Акатной Мазы был создан ортофотоплан и карта высот.

3 Сравнительный анализ методов получения ЦМР

Третий раздел направлен на сравнительный анализ методов получения ЦМР с данных БПЛА, базовой SRTM 1, SRTM 1 уточненная космоснимком, также рассматривается объект исследования

Объектом исследования послужила территория близ села Акатная Маза Хвалынского района Саратовской области.

Эта территория была выбрана, так как Хвалынский район Саратовской области считается более контрастным в отношении рельефа районов региона. Здесь перепады высот достигают нескольких сотен метров, а плоские участки совмещаются с сильно расчлененными долинами рек, отрогами меловых гор. Некоторые исследователи выделяют Хвалынский район в качестве отдельной, имеющей собственные отличительные особенности территорию Саратовского Предволжья [8].

После полученных результатов в ПО Agisoft PhotoScan, а именно ортофотоплана и карты высот, мы переходим в QGIS 2.18.

Данные с SRTM 1 выбраны не случайно, так как они общедоступны и представлены в виде растровой модели, в которой каждой ячейке растра (пикселу) соответствует действительная абсолютная высота. И хотя, SRTM в формализованном виде является цифровой моделью местности (ЦММ), а не цифровой моделью рельефа, ее можно рассматривать, для безлесных и незастроенных территорий, к которым выбраный участок и относится [9].

Кроме того, пространственное разрешение данной цифровой модели рельефа (ЦМР) позволяет отображать только овраги и балки, крупные промоины, но более мелкие эрозионные формы не будут представлены. Чтобы решить эту проблему, предполагается уточнить модель рельефа, полученную на основе SRTM 1, материалами из данных дистанционного зондирования Земли.

После загрузки и преобразования данных с SRTM 1 и спутникового снимка в растры и дальнейшей работы с ними, была проведена предварительная обработка с помощью инструментов QGIS 2.18: изображение обрезается по контуру области (инструмент "Обрезка").

По подготовленному растру SRTM 1 также производится создание изолиний рельефа. Переходим на вкладку «растр – извлечение – создать изолинии», в окне инструмента задаем исходный слой, по которому строятся изолинии, расстояние между ними, а также поле, в котором будет содержаться информация о высоте. Для дальнейшего сравнения равным образом было решено делать линии рельефа через 5 метров.

Далее, по обработанному космоснимку QuickBird, выделяется эрозионная сеть, а вместе с этим линейные и площадные гидрографические объекты если они представлены. Важно отметить, что направления тальвегов и водотоков должны совпадать с направлениями стока [9].

Таким образом, для моделирования в единой проекции должны быть подготовлены следующие слои: растр SRTM 1, изолинии рельефа, отметки высот, эрозионная сеть, гидрографическая сеть, площадные водные объекты

Для создания уточненной ЦМР исходные данные обрабатывались с помощью инструмента «Topo to Raster» модуля Spatial Analyst программного комплекса ArcGIS.

Для дальнейшего сравнения, уточненной ЦМР на основе SRTM 1 и ЦМР построенной на основе снимков БПЛА, нельзя забывать про топографическую карту, которая хоть и устарела, но на определенные года она была максимально достоверна для рассматриваемой территории.

Сравнивать полученные данные с топографической карты не совсем правильно, так как горизонталы проведены через 20 метров и на нашу небольшую территорию попало всего три значения горизонталей, но зато благодаря топографической карте мы можем с полной точностью понять каким был рельеф во время ее проведения, а также увидеть приблизительный характер рельефа.

Сравнивая полученную уточненную модель с данными по SRTM 1, мы можем заметить значительную разницу в количестве и точности отображения верховьев оврагов и балок, то есть в районах, близких к водораздельным поверхностям. Долины рек скорее всего не слишком изменятся на уточненной модели. Это связано с разрешением SRTM 1, которое позволяет обнаруживать значительные перепады высот, но нечувствительно к обширным и в то же время слабоврезанным эрозионным элементам.

В уточненной модели метричность и общая динамика SRTM 1 дополняются детальностью космического снимка.

Сравнивая полученные горизонталы с уточненной SRTM и горизонталы полученными с данных БПЛА, можно увидеть явную разницу.

Горизонталы с БПЛА показывают гораздо больше информации, благодаря которой мы можем увидеть мельчайшие подробности в рельефе.

Мы рассмотрели 4 вида источников получения ЦМР на основе обычной SRTM 1, уточненной SRTM, данных с БПЛА, а также топографической карты. Благодаря этому мы можем провести их сравнительный анализ.

1. Данные с топографической карты хотя и являются неким эталоном, но для рассмотрения небольшого участка не подходят, а выезжать на место и проводить топографическую съемку, займет большое количества времени и сил.

2. Данные с базовой SRTM 1 имеют определенные ограничения в выявлении средних и малых эрозионных форм, хотя и являются достаточно точными и пригодными для моделирования рельефа и могут быть использованы для решения широкого круга задач на региональном уровне

3. Уточнение модели на основе SRTM 1 необходимо на локальном уровне и на участках, на которых развиваются опасные экзогенные процессы, связанные с эрозией: оврагообразование, сход оползней и т. п. Так как более детальное исследование рельефа может позволить минимизировать природные и техногенные риски, способствовать оптимизации землепользования, развитию инфраструктурных проектов.

4. Сравнивая уточненную модель и модель с беспилотника можно проследить серьезную разницу в детализации значений. Особенно сильным является отличие в верховьях тальвегов. Это обусловлено тем, что у беспилотника гораздо большее разрешение. Таким образом, из рассматриваемых видов источников получения ЦМР, данные с беспилотного летательного аппарата являются наиболее подробными.

Также для сравнения моделей была сделана сеть тальвегов по ортофотоплану, для сравнения его с тальвегами, полученными при рассмотрении космоснимка. Как можно увидеть, сеть тальвегов по ортофотоплану составлена гораздо подробнее. Это обусловлено лучшим

качеством снимков с дрона. И для целей, где нужна детализация гораздо больше нам подойдут снимки с беспилотника.

Заключение.

Таким образом, в связи с развитием науки и техники, в настоящее время фотограмметрическая обработка материалов как наиболее точный способ построения ЦМР уже практически вытеснила цифровое топографическое картографирование, и аналогичные методы получения ЦМР, а при сохранении тенденции на снижение стоимости данных аэро- и космосъемки, их полностью заменят. Поэтому, аэросъемка в моделирование рельефа важна и продолжает свое развитие. А также все это является предпосылками большого распространения БПЛА в качестве нового фотограмметрического инструмента.

Можно сделать вывод, что поставленная цель была достигнута, так как все задачи выполнены.

1. Изучена специальная литература по выбранной теме и прослежены методы получения цифровой модели рельефа

2. Получены снимки БПЛА на рассматриваемую территорию и с помощью программного обеспечения составлен ортофотоплан и карта высот, по исследуемой территории

3. Создана уточненная цифровая модель рельефа на основе SRTM, данных с топографической карты, данных дистанционного зондирования.

4. Создана цифровая модель рельефа по данным съемки беспилотного летательного аппарата

5. На основе полученных результатов и научной литературы проведен сравнительный анализ

Список используемых источников.

1 Флоринский, И.В. Иллюстрированное введение в геоморфометрию [Электронный ресурс]: Научная электронная библиотека – URL: <https://cyberleninka.ru/> (дата обращения 05.03.2022). – Загл. с экрана. – Яз. ру

2 Новаковский, Б.А. Комплексное геоинформационно-фотограмметрическое моделирование рельефа: учебное пособие / Б.А. Новаковский, Р.В. Пермяков. – М.: Изд-во МИИГАиК. 2019- 9-11 с., С. 15-27.

3 Создание цифровых моделей рельефа [Электронный ресурс]: Информационно-аналитический портал. – URL: <http://www.alcomp.ru/> (дата обращения 01.04.2022). – Загл. с экрана. – Яз. рус.

4 Зотов, Р.В. Аэрогеодезия: учебное пособие: в 2 книгах. Книга 1 / Р. В. Зотов. – Омск.: Изд-во СибАДИ, 2012. - 219 с.

5 Зинченко, О.Н. Беспилотные летательные аппараты: применение в целях аэрофотосъемки для картографирования: учеб. пособие/ О.Н. Зинченко. – М.: Изд-во Ракурс. 2011. - 12 с.

6 Картографирование с БПЛА — преимущества и сферы применения [Электронный ресурс]: Информационно-аналитический портал. – URL: <https://aeromotus.ru> (дата обращения 19.04.2022). – Загл. с экрана. – Яз. рус.

7 Обработка данных аэрофотосъемки с БПЛА [Электронный ресурс]: Информационный портал – URL:<https://russiandrone.ru/publications/obrabotka-dannykh-aerofotosemki-s-bpla/> (дата обращения 1.04.2022). – Загл. с экрана. – Яз. рус.

8 Чумаченко, А. Н. Саратовское Предволжье. Ландшафтная структура. История освоения. Проблемы природопользования / А. Н.Чумаченко , В. А. Гусев, Н.В. Пичугина . - Саратов: ИП Кошкин В. А., 2014. - 180 с.

9 Чумаченко, А. Н. Построение гидрологически-корректной цифровой модели рельефа (на примере Саратовской области) / А. Н.Чумаченко, Д. П.Хворостухин , В. А.Морозова // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Науки о Земле. 2018. Т. 18, вып. 2. С. 104–109.