

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
Белорусский национальный технический университет

Факультет транспортных коммуникаций

Кафедра «Геодезия и аэрокосмические геотехнологии»

ГЕОДЕЗИЯ И АЭРОКОСМИЧЕСКИЕ ГЕОТЕХНОЛОГИИ

МАТЕРИАЛЫ

76-й Студенческой научно-технической конференции

Минск
БНТУ
2020

Редакционная коллегия:

Главный редактор: кандидат технических наук, доцент И.Е. Рак;

Технический редактор: старший преподаватель А.Ю. Будо;

Редакторы:

кандидат технических наук, доцент В.В. Мкртчян;

инженер С.М. Крупица;

старший преподаватель Е.Ю. Мысливчик;

старший преподаватель А.В. Кабацкий;

старший преподаватель Н.О. Куприенко.

В сборник включены тезисы докладов, представленных на 76-й студенческой научно-технической конференции БНТУ студентами кафедры «Геодезия и аэрокосмические геотехнологии».

СОДЕРЖАНИЕ

<i>Вахнер Илона Васильевна, Колосёнок Валерия Анатольевна</i> ИННОВАЦИИ СОВРЕМЕННОЙ ГЕОДЕЗИИ В ДОРОЖНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ	4
<i>Гапон Андрей Андреевич</i> BIM ТЕХНОЛОГИИ В ПРОЕКТИРОВАНИИ И СТРОИТЕЛЬСТВЕ	7
<i>Гончарова Юлия Васильевна</i> ФОТОГРАФИЧЕСКАЯ СЪЕМКА ОБЪЕКТА В ЦЕЛЯХ СОЗДАНИЯ ТРЁХМЕРНОЙ МОДЕЛИ	11
<i>Аксёнова Дарья Алексеевна</i> КАРТОГРАФИЧЕСКИЙ МЕТОД.....	13
<i>Комаров Никита Александрович, Матвеев Александр Сергеевич</i> ИННОВАЦИИ В НАБЛЮДЕНИЯХ ЗА ГЕОДИНАМИЧЕСКИМИ ЯВЛЕНИЯМИ НА ПРОМЫШЛЕННЫХ ОБЪЕКТАХ.....	18
<i>Кукс Даниил Фёдорович</i> ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ СКАНЕРНОЙ СЪЁМКИ.....	21
<i>Лазаревич Артур Витальевич, Левченя Сергей Дмитриевич</i> СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПЛАНОВОГО ПОЛОЖЕНИЯ ВРЕМЕННОГО ГЕОДЕЗИЧЕСКОГО ПУНКТА.....	28
<i>Нужда Егор Андреевич, Хитрик Антон Вячеславович, Цыбльская Ксения Сергеевна</i> СОЗДАНИЕ СПЕЦИАЛЬНОЙ ГЕОДЕЗИЧЕСКОЙ СЕТИ ОСНОВЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ЛЕТНЕЙ ГЕОДЕЗИЧЕСКОЙ ПРАКТИКИ	31
<i>Поправко Алина Анатольевна</i> ГЕОДЕЗИЧЕСКАЯ ДУГА СТРУВЕ. ПЕРСПЕКТИВЫ. ПОПУЛЯРИЗАЦИЯ.....	35
<i>Прудников Максим Константинович</i> ПРОГРАММА ДЛЯ ОБРАБОТКИ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ GEOSCAN.....	38
<i>Бурак Алексей Андреевич</i> НАУЧНОЕ И ИСТОРИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ ГЕОДЕЗИЧЕСКОЙ ДУГИ СТРУВЕ – ПАМЯТНИКА ВСЕМИРНОГО ЗНАЧЕНИЯ ЮНЕСКО	42

ИННОВАЦИИ СОВРЕМЕННОЙ ГЕОДЕЗИИ В ДОРОЖНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

*Вахнер Илона Васильевна, Колосёнок Валерия Анатольевна,
студенты 3-го курса
кафедры «Геодезия и аэрокосмические геотехнологии»
(Научный руководитель – Мысливчик Е.Ю., старший преподаватель)*

Главная задача мобильного картографирования состоит в получении большого количества всевозможной информации об окружающем нас мире.

Используя данный метод картографирования выполняется сканирование и получение изображения местности. Чаще всего системы устанавливаются на механические транспортные средства, железнодорожный транспорт, а также на судоходный транспорт или любую наиболее удобную платформу.

Основой для вычисления траектории служит спутниковый приёмник (1). Влияние прерывания сигнала со спутниковых систем и пространственное изменение положение сканирующей системы (2) компенсируется инерциальной системой. (Рис. 1) Дополнительно для коррекции траектории движения транспортного средства используется датчик пройденного пути - одометр (DMI), который крепится к колесу автомобиля. [3]

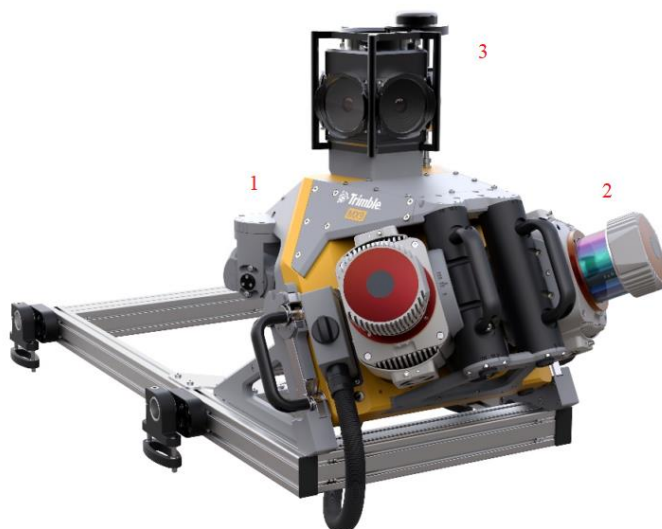


Рисунок 1 – Система мобильного картографирования Trimble MX9

Мобильное картографирование дорог выполняется в два этапа: сканирование и последующая компьютерная обработка полученных данных.

Первый этап выполняется с использованием автомобиля, на котором устанавливается вся необходимая аппаратура. Сканирование производится следующим образом: транспортное средство движется по дороге со скоростью основного потока автомобилей, а система непрерывно сканирует местность с углом обзора 360 градусов и частотой сканирования до миллиона импульсов в секунду. В результате полученные данные представляют собой массив точек в трехмерной системе координат. Исходя из поставленной задачи плотность облака точек может достигать нескольких тысяч пикетов на квадратный метр. Далее из массива точек выбираются те, что относятся к дороге; на их основе строится 3D-модель автодороги и прилегающей местности (в заданных пределах). На данный момент существует огромное количество программного обеспечения, которое позволяет работать с таким типом данных, решать различные инженерные задачи и производить расчеты. Во время сканирования непрерывно работает панорамная фотокамера, это позволяет окрашивать 3D-изображения. Массив точек сопоставляют с фотоизображением места съемки и окрашивают в соответствующие цвета, это помогает придать реалистичность изображению. Одним из преимуществ мобильного картографирования является выполнение полевых измерений с высокой скоростью. Новые разработки позволяют получить абсолютную точность положения объектов 2,5-3 см. Использование электронных тахеометров или ГНСС-оборудования позволяет получить аналогичную точность, но скорость выполнения съемки в несколько раз меньше. В свою очередь мобильное сканирование позволяет получить достоверную информацию в кратчайшие сроки. Например, измерение дороги длиной в 100 км занимает один полевой день. Быстрота сканирования в нескольких миллионов точек в секунду позволяет получать плотный массив точек при высоких скоростях движения. Плотность сканирования составляет 4 см на скорости 40 км/ч и 10 см на скорости 110 км/ч. Благодаря такой подробности данных становится возможным сокращение времени полевых работ, необходимость повторных выездов на местность сводится к минимуму, упрощается распознавание объектов в камеральных условиях, с высокой детальностью создаются цифровые модели рельефа и местности. Радиус измерений – до 400 м., что позволяет бесконтактным способом измерять ранее недоступные объекты (небоскребы, борта карьеров и др.) Системы мобильного сканирования не зависят от типа транспортного средства, что позволяет с легкостью его заменить в случае аварии или поломки. Установка сканера выполняется в течение 10-15 минут, сокращая простой в работе.

Дополнительные порты позволяют подключать такие источники информации, как георадары, тепловизионные камеры, эхолоты, открывая новые возможности применения.

Система может применяться для получения пространственной информации при решении следующих задач:

- проведении инженерно-изыскательских работ при строительстве и реконструкции дорог;
- создание паспорта автодороги, включая ведомости дорожных объектов;
- определение геометрических параметров элементов дороги (длина, ширина, площадь, поперечная ровность и т.д.);
- получение актуальной информации о состоянии дорожного полотна с выявлением дефектов и выделением площадей для локального ремонта дорожного полотна;
- построение трехмерной модели дорожной сети для создания цифровых копий транспортной системы;
- съёмка развязок, мостов, эстакад для мониторинга состояния конструкций и создания их трёхмерных моделей;

Таким образом мобильное картографирование – высокоточный и нетрудоемкий метод, который может применяться на всех этапах проектирования, строительства и мониторинга состояния автомобильных дорог.

Литература:

1. Сарычев, Д. С. Мобильное лазерное сканирование / Д. С. Сарычев – ООО «ИндорСофт», 2013 – Ч1 (1) – 6 с.
2. Лазерное сканирование автодорог [Электронный ресурс]. – Режим доступа:
https://technokauf.ru/branches/stroitelstvo_i_remont_a_m_dorog_mostov_tunnel_eley/lazernoe_skanirovanie_avtodorog/ – Дата доступа: 15.04.2020.
3. Мобильное лазерное сканирование. Самый быстрый способ сбора высокоточной информации [Электронный ресурс]. – Режим доступа:
http://www.prin.ru/articles/mobil_noe_lazernoe_skanirovanie_novyj_trend_polucheniya_geoprostranstvennoj_informacii/ – Дата доступа: 15.04.2020.

ВІМ ТЕХНОЛОГИИ В ПРОЕКТИРОВАНИИ И СТРОИТЕЛЬСТВЕ

*Гапон Андрей Андреевич, студент 3-го курса
кафедры «Геодезия и аэрокосмические геотехнологии»
(Научный руководитель – Куприенко Н.О., старший преподаватель)*

Информационное моделирование сооружений (англ. Building Information Model или Modeling, сокр. ВІМ) – это создание информационной модели сооружения на основе информации о его элементах для нужд проектирования, строительства, длительной эксплуатации и сноса.

Основу ВІМ модели составляет трехмерная виртуальная модель, на основе которой организовано взаимодействие всех участников строительства в единой информационной модели.

Проектирование зданий в 2D САПР в большем основывалось на двухмерных технических чертежах (планы, разрезы), ВІМ же предлагает 3D для визуализации, время (4D) и стоимость (5D), характеристики окружающей среды (6D), а также возможность управление в течение эксплуатации (7D). Таким образом, ВІМ объединяет в себе возможности для более детальной и комплексной работы над объектами сооружения (полетов, колонн).[1]

ВІМ в совокупности с инженерными изысканиями снижает процент ошибок в проектах за счет совместной работы множества специалистов, задействованных над проектом, и хранения проекта на общем для них сервере. Использование ВІМ дает возможность повысить качество работ и сократить стоимость строительства вследствие уменьшения числа ошибок проектирования, коллизий.

ВІМ-технология успешно применяется в строительстве жилых и общественных зданий в США, Великобритании, Гонконге и Австралии.[2]

В (Табл. 1) показаны преимущества применения ВІМ, выявленное при реализации проектов в Малайзии.

Из (Табл. 1) видно, что применение ВІМ при проектировании повышает согласованность между участниками работ.[3]

Таблица 1 – Применение BIM на различных этапах работы над сооружением

Этап	Стадия	Преимущества использования BIM-технологии
Проектирование	Моделирование существующих условий	Повышается точности в документации
	Планирование	Определяются планируемые операции и ограничения
	Проектирование	Улучшение взаимодействия между участниками проектирования и сокращение его сроков, выявление и устранение коллизий
	Составление графика работ	Позволяет руководителю проекта и подрядчику согласовывать последовательность выполнения работ, поставки оборудования, материалов, отслеживать ход работы в соответствии с логистикой и установленными сроками
	Составление сметы	Возможность генерирования нормы расхода, счета и их корректировки непосредственно из BIM-модели
	Анализ строительного объекта	Снижаются затраты на коммунальные услуги и снос
Строительство	Возведение строительного объекта	Возможность моделирования процесса строительства, включая процессы логистики, управления затратами, отслеживания работы в режиме реального времени, что улучшает управление строительным процессом
Эксплуатация	Управление инженерным оборудованием	Управлять инженерным оборудованием и отслеживать его состояние в режиме реального времени, подготовка планов его ремонта и замены
	Текущий и капитальный ремонт здания	Возможность отслеживать состояние здания и подготовка документации для проведения ремонтных работ

Важный этап для технологии BIM являются инженерно-геодезические изыскания. На этом этапе идет сбор исходных данных, необходимых для создания трехмерной цифровой модели ситуации ввиду её наглядности, удобства

в работе и меньшей вероятности личных ошибок. Топографическая съемка выполняется с применением как цифровых теодолитов-тахеометров, так и систем лазерного сканирования.

Ввиду перехода компаний на проектирование наружных инженерных коммуникаций в среде BIM, существует необходимость в моделировании существующих коммуникаций, ведь затраты на моделирование окупятся на стадии проекта благодаря визуализации их на профилях.

В модели проекта данные изысканий являются слоями, покрывающими поверхность, которые при необходимости можно отображать. Эти слои наглядно отображают данные гидрогеологических, гидрологических и экологических исследований. Вся информация содержится в виде атрибутов и характеристик, включая ссылки на проектные документы из использованных разделов проекта.

В 2011 года технологией заинтересовалось Министерство Архитектуры и Строительства (МАиС), в результате утвердившее отраслевую программу внедрения BIM до 2015 года, получившая государственный приоритет.[4]

Для реализации программы в 2013 году было принято постановление, по которому Главному управлению архитектурной, научной и инновационной политики в сотрудничестве с РУП «Стройтехнорм» предписывалось обеспечение корректировки ТНПА систем проектной и конструкторской документации, а именно требований к её оформлению с учетом технических возможностей САПР.[5]

Важным результатом для внедрения BIM в Республике Беларусь стало введение в 2016 году СТБ 12911-2015 «Основные положения руководства по информационному моделированию зданий» на основе международного стандарта.[7]

Литература:

1. Traditional Design versus BIM Based Design [Electronic resource] / Mode of access:
https://www.researchgate.net/publication/275540956_Traditional_Design_versus_BIM_Based_Design. – Date of access: 10.04.2020
2. Furneaux C., Kivit R. BIM: Implications for Government. CRC for Construction Innovation. Brisbane Australia. Net Pty Ltd., 2008. P. 10-31.
3. Building Information Modeling (BIM) Application in Malaysian Construction Industry [Electronic resource] / Mode of access:
https://www.researchgate.net/publication/256605769_Building_Information_Modeling_BIM_Application_in_Malaysian_Construction_Industry#pf3. – Date of access: 10.04.2020

4. Постановление Министерства архитектуры и строительства Республики Беларусь № 4 от 31.01.2012 «Об утверждении отраслевой программы по разработке и внедрению информационных технологий комплексной автоматизации проектирования и поддержки жизненного цикла здания, сооружения на 2012 - 2015 годы».
5. Постановление коллегии Министерства архитектуры и строительства Республики Беларусь №402 от 14.10.2013 «О реализации мероприятий».
6. Строительство. Проектная документация. Состав и содержание : ТКП 45-1.02-295-2014 – Введ. 01.02.2014 – Минск : РУП “Стройтехпром”, 2014 – 60 с.
7. Основные положения руководства по информационному моделированию зданий : СТБ ISO/TS 12911-2015. – Введ. 01.03.2016 – Минск : РУП “Стройтехпром”, 2015. – 43 с.

ФОТОГРАФИЧЕСКАЯ СЪЕМКА ОБЪЕКТА В ЦЕЛЯХ СОЗДАНИЯ ТРЁХМЕРНОЙ МОДЕЛИ

*Гончарова Юлия Васильевна, студент 3-го курса
кафедры «Геодезия и аэрокосмические геотехнологии»
(Научный руководитель – Кабацкий А.В., старший преподаватель)*

Мы живем в трех измерениях. И нам стало вполне привычно наблюдать за развитием технологий в современном мире. Еще недавно все пользовались классическими двумерными картами, а сегодня – не представляем себе жизнь без использования объемных онлайн-карт, где все текстурировано и каждый объект имеет свой окрас.

3D-моделирование заключается в процессе создания трехмерного графического объекта, с целью его дальнейшего использования. Модель является основой для создания предмета или для копирования имеющегося. Сначала создают математическую базу, т.е. метрически моделируют. Далее придают свойства объектам: текстурирование, окрас и т.д. Затем происходит проекционное построение имеющихся объектов. И в конце концов переходят к завершающему этапу – компоновке, где модель корректируется.

3D-моделирование уверенно охватило многие сферы жизни, частично или полностью видоизменив их. Наибольшую популярность 3D-моделирование получило в таких отраслях, как: киносъемка, телевидение, книгопечатание, проектирование сооружений и конструкций, изготовление деталей, автоматизация проектных работ и многие другие.

Существуют разные способы создания 3D-модели. Рассмотрим метод создания 3D-модели с помощью фотографической съемки объекта. На данный момент фотограмметрия обогнала лазерное сканирование: плотность, которую позволяют создать фотограмметрические технологии выше, чем плотность лазерного сканирования, также более подробно описаны здания.

Исходной информацией для создания фотограмметрическими методами, о которых мы сейчас говорим, являются стандартные данные: от беспилотника до космических данных с различной степенью разрешения и точности, которые требуются модели. Для создания 3D моделей используется всё больше интересных и оригинальных камер, например: система Ultracam Osprey, состоящая из 5 камер, 4 из которых для перспективной съемки.

Несомненными достоинствами этого способа являются автоматизация - позволяет облегчить труд операторам и экономит время, наглядность – всегда

есть возможность что-то изменить и откорректировать, и конечно же высокоточность.

К недостаткам стоит отнести обязательное наличие мощной вычислительной техники и специализированного программного обеспечения для обработки полученной информации. Второй «подводный камень» – отсутствие единой нормативной базы. Все компании умеют создавать трехмерные модели в той или иной степени, не имея на руках документа с требуемой точностью, математическим описанием, реализации и форматам обмена. К существенным недостаткам можно отнести и следующий факт: мы настолько привыкли жить в цифровой реальности, что, глядя на классическую карту, уже не очень хорошо ее понимаем.

Исходя из написанного выше, следует очевидное – 2D-моделирование устарело и в скором времени 3D-моделирование вытеснит его. Мир не идеален, как и 3D-моделирование, однако данная отрасль имеет огромную перспективу для развития и является очень важной для человека и его жизни.

КАРТОГРАФИЧЕСКИЙ МЕТОД

*Аксёнова Дарья Алексеевна, студент 3-го курса
кафедры «Геодезия и аэрокосмические геотехнологии»
(Научный руководитель – Крутица Сергей Михайлович, инженер)*

Картографический метод исследования – использование географических карт для анализа, распознавания и прогнозирования явлений. Картографический метод используется для изучения закономерностей пространственного расположения объектов, их зависимостей, экономического развития.

Многие процедуры анализа и обработки карт, характерные для картографического метода, можно сгруппировать в следующие основные виды:

1. *Визуальный анализ*, который включает в себя непосредственное визуальное изучение с помощью карт пространственного расположения, комбинаций, отношений и изменений в явлениях и объектах.

2. *Графические методы анализа*, которые предполагают построение профилей и поперечных сечений (дающих графическое представление о вертикальной структуре явлений), рельефных диаграмм (сочетающих перспективное представление рельефа с вертикальными сечениями), а также различного рода диаграмм (например, гипсографических кривых) на основе карт.

3. *Картометрическая работа*, которая включает в себя использование карт для определения координат, расстояний, длин, высот, площадей, объемов, углов и других количественных характеристик объектов, показанных на карте (с оценкой точности полученных результатов).

4. *математико-статистический анализ*, при котором карты используются для изучения любых однородных явлений (температуры воздуха, плотности сельского поселения, урожайности сельскохозяйственных культур), а также их местоположения и изменения со временем, определяемых многочисленными факторами с неизвестными функциональными связями, а также для изучения типа и близости связей между различными явлениями (путем вычисления корреляционных связей, таких как коэффициенты корреляции и соотношения).

5. *Математическое моделирование*, целью которого является построение пространственных математических моделей—то есть математическое описание явлений или процессов на основе исходных данных, взятых с карты и последующее изучение моделей для интерпретации и объяснения явлений; в

частности, разработана методика составления аппроксимирующих уравнений для поверхностей, как реальных (например, рельеф земной поверхности), так и абстрактных (годовые осадки).

6. *Преобразование карт для получения производных карт*, специально разработанных и удобных для конкретных исследований (например, использование гипсометрической карты для составления производной карты крутизны склонов для изучения и прогноза эрозионных процессов).

Этапы научного исследования по картам:

1. *Постановка задачи* включает в себя формулирование цели исследования в общей форме (например, оценка перспектив поиска полезных ископаемых в заданном районе), картографическая постановка задачи (выявление связей между рельефом и геологическими структурами по сериям гипсометрических, геолого-геоморфологических, геофизических карт), определение требований к точности результатов.

2. *Подготовка к исследованию* включает в себя выбор картографических источников, оценка их полноты, точности, современности, взаимной согласованности и др., выбор конкретных приемов анализа карт (при необходимости они модифицируются), определение технических средств, процедур (алгоритмов) исследования.

3. *Исследование* представляет собой получение предварительных результатов, их оценка с формальной и содержательной позиции, составление новых производных карт, их промежуточные модели.

4. *Интерпретация* состоит из оценки точности (надежности) и содержательного анализа полученных результатов, формулировка выводов и практических рекомендаций (например, выводы о возможном размещении полезных ископаемых на данной территории и рекомендации по организации геологической разведки), выводы и рекомендации методического характера относительно самой организации исследований аналогичного типа.

Картографический метод исследования обычно использует различные комбинации указанных выше процедур. Многие из них сейчас предполагают использование электронных вычислительных машин для автоматической обработки данных, взятых с карты "вручную". В то же время появляются методы для автоматической генерации необходимых данных с карты и для автоматической взаимосвязанной обработки этих данных (например, для автоматического определения площадей по картам).

В основу типологии картографических представлений положено разделение на два понятия, связанных с картографическим представлением: *метод и форма*.

Метод – процесс перехода от данных к формам представления, как определенная последовательность действий, ведущих к осмысленному представлению данных и приводит к представлению.

Форма понимается как конечный результат процесса – графическое изображение, результат, карта. Это понятие аналогично термину «картографическое представление». Разница заключается в том, что это словосочетание фокусируется только на конечном результате работы картографа. Объекты данных, которые будут представлены на карте, очень важны.

Характер этих данных весьма значителен: они абсолютны или относительны? Это определяет применение определенных методов представления (например, фоновая картограмма). Используемый метод также зависит от пространственного расположения географических явлений: точечных, линейных или площадных объектов. Также важен способ классификации данных – другими словами, будет ли она представлена в классах (как классифицированная карта) или без классов (как непрерывное представление, в котором каждое значение явления представлено индивидуально).

На этом этапе устанавливается количество классов фоновой картограммы, а также принимается решение о способе масштабирования пропорциональных символов (линейное масштабирование полос, поверхностное масштабирование кругов и квадратов или объемное математическое масштабирование сфер и кубов) и их размере. В этот момент данные должны быть скорректированы в соответствии с представлением, так как это может потребовать соответствующего преобразования – другими словами, изменения одного из перечисленных признаков представления.

Приведя данные в соответствие с требованиями методов представления, настало время их визуализации. Важен графический знак (точечный, линейный или плоский), нанесенный на карту, а также особенности или атрибуты знака, которые выражаются через графические переменные.

Метод фактически можно рассматривать как мыслительный процесс, в результате которого данные обрабатываются и корректируются в соответствии с требованиями представления. Поэтому методические процедуры предполагают приведение данных в соответствие с методами представления, определение всех условий и проведение необходимых расчетов и преобразований. Форма - это графическое выражение метода или комбинации методов; это данные, распределенные в визуальном пространстве и одетые в графическую форму (как результат визуализации). Форма представляет собой результат визуализации, графический результат, который может быть простым или сложным.

Типы карт:

Общие и тематические карты.

В понимании основных карт область картографии может быть разделена на две общие категории: общая картография и тематическая картография. Общая картография включает в себя те карты, которые составлены для широкой аудитории и, таким образом, содержат различные особенности. Общие карты содержат много справочных и геолокационных систем и часто выпускаются сериями. Например, топографические карты масштаба 1:24 000 Геологической службы США (USGS) являются стандартом по сравнению с канадскими картами масштаба 1:50 000. Правительство Великобритании выпускает классические карты 1: 50 000 (заменяющие старые карты от 1 дюйма до 1 мили) "артиллерийской съемки" по всей Великобритании и с целым рядом коррелированных карт большего и меньшего масштаба с большой детализацией. Многие частные картографические компании также выпускают тематические серии карт.

Тематическая картография включает в себя карты определенной географической тематики, ориентированные на конкретную аудиторию. К примеру, это может быть точечная карта, показывающая производство кукурузы в Индиане, или заштрихованной картой округов Огайо, разделенной на числовые классы хороплетов. По мере увеличения объема географических данных за последнее столетие тематическая картография становится все более полезной и необходимой для интерпретации пространственных, культурных и социальных данных.

Третий тип карты – ориентированный, или карта специального назначения. Этот тип карт представляет из себя что-то между тематическими и общими картами. Они объединяют общие элементы карты с тематическими атрибутами, чтобы создать карту с учетом конкретной аудитории. Часто тип аудитории, для которой создается карта ориентирования, относится к определенной отрасли или профессии. Примером такого рода карт может служить карта коммунального хозяйства города.

Топографические и топологические карты.

Топографическая карта в первую очередь связана с топографическим описанием местности, включая (особенно в 20-м и 21-м веках) использование контурных линий, показывающих высоту. Рельеф местности может быть показан различными способами. В настоящее время одним из наиболее распространенных и передовых методов формирования топографических карт является использование компьютерного программного обеспечения для создания цифровых моделей рельефа, отображающих затененный рельеф. До появления такого программного обеспечения картографам приходилось

вручную рисовать затененные рельефы. Один картограф, которого уважают как мастера рисованного затененного рельефа – швейцарский профессор Эдуард Имхоф, чьи усилия в области затенения холмов были настолько влиятельны, что его метод стал использоваться во всем мире, несмотря на то, что он был очень трудоемким.

Топологическая карта - это очень общий тип карты, который можно нарисовать даже на салфетке. Он часто игнорирует масштаб и детализацию в интересах ясности передачи конкретного маршрута или реляционной информации. Карта лондонского метро Генри Бека — это культовый пример. Хотя наиболее широко используется карта, где линии метро представляют собой трубы, она мало что сохраняет от реальности: она постоянно и резко меняет масштаб, выпрямляет кривые дорожки и искажает направления движения. Единственная топография на нем – это река Темза, позволяющая читателю узнать, находится ли станция к северу или к югу от реки. Это, а также топология порядка станций и развязок между железнодорожными линиями – все, что осталось от географического пространства. Но все это нужно пассажирам для удобного ориентирования, и поэтому карта выполняет свое предназначение.

Литература:

1. Берлянт А.М. Картография: Учебник для вузов. – М.: Аспект-Пресс, 2002. – 336 с.
2. Салищев К. А. Картоведение: Учебник — 3-е изд. — М.: Изд-во МГУ, 1990.
3. Cartographic Method of Research [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://encyclopedia2.thefreedictionary.com/Cartographic+Method+of+Research> – Дата доступа 16.04.2020.
4. Картография и геоинформатика [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/nauchnye-osnovy-informatsionnoy-kontseptsii-kartograficheskogo-metoda-issledovaniya/viewer> – Дата доступа 16.04.2020.

ИННОВАЦИИ В НАБЛЮДЕНИЯХ ЗА ГЕОДИНАМИЧЕСКИМИ ЯВЛЕНИЯМИ НА ПРОМЫШЛЕННЫХ ОБЪЕКТАХ

*Комаров Никита Александрович, студент 1-го курса
кафедры «Автомобильные дороги»*

*Матвеевко Александра Сергеевна, студент 1-го курса
кафедры «Мосты и тоннели»*

(Научный руководитель - Мысливчик Е. Ю., старший преподаватель)

Массовые процессы, происходящие в земле, описываются геодинимикой. Дж.Шуберт и Д. Л. Теркот характеризуют геодинимику как науку, которая исследует как изменение формы и положения, совершающееся в ядре, мантии и земной коре, так и предпосылки данных преобразований. Процессы в геодинимике весьма разнообразны.

В земной коре, сначала, работают эндогенные процессы – вулканизм и землетрясения, техногенно-инициированные, еще стоит обозначить такие операции как гравитационная дифференциация, вертикальные и горизонтальные перемещения, интрузивный магматизм и др. На промышленных объектах во время работы в обязательном порядке требуется проводить геодинимические наблюдения. Как пример, антропогенный геодинимический процесс деструкции осадочных толщ, наблюдается с образованием просядок поверхности земли и происходит при разработке месторождений.

Прежде за геодинимическими явлениями вели наблюдение обычной методикой: с помощью реперов станций наблюдения. Отсчет проводился по их смещениям за конкретное время. Но данный метод не дает возможности проводить измерения с требуемой нам точностью и скоростью, принципиально не дает возможности одновременного измерения трехмерных смещений реперов наблюдательных станций.

На территории нашего государства при разработке калийных месторождений в **Солигорске** используется способ геодинимического мониторинга с внедрением Global Positioning System (GPS)-технологий. **Г.н.с.с.**- это спутниковые системы, которые используются для дислокации в каждом уголке земного шара при использовании особых систем навигации или приемников в геодезии. Сконструированные по технологии польских научных работников репера находятся в ряду, под углом 90 градусов по отношению к Краснослободскому разлому. Спутниковые исследования в геодезии проводились 2 раза в год и при этом начинались в нескольких местах сразу.

Система GPS1200 прославлена тем, что в ней используются самые культовые научные разработки в системах отслеживания и приема данных сигнала – SmartTrack и SmartCheck. SmartTrack предоставляет нам уникальную возможность принимать сигналы из всех доступных нашему глазу спутников, следить за ними с небольших углов возвышения, вести подсчеты в условиях колоссального количества принятых сигналов. Так же SmartTrack позволяет нам работать со всеми новыми видами и разработками в области GPS технологий, принимать и обрабатывать данные, даже без существенной трансформации.

Контрольная высотная геодезическая сеть, расположенная рядом с **Загорской ГАЭС**, простирается на протяжении всех берегов данной водной местности и представлена в облике полигона нивелирования I класса, который составляет угол 90 градусов по отношению к берегам этой водной местности, привязанной к пунктам, которые не находятся на зоне воздействия водных масс. Линейно-угловые объекты соединяют пункты на противоположных берегах. Они организуются в виде геодезических четырехугольников или же различных по структуре рядов. При возникновении потребности вспомогательные геодезические объекты организуют на протяжении тектонических разломов. Загорская ГАЭС размещена на северном склоне Клинско-Дмитровской моренной гряды (Рис. 1) в тяжелых инженерно-геологических критериях.

Эта местность предрасположена к возникновению оползневых явлений и находится под напряжением дополнительных водных масс, вследствие этого необходима организация ГДП и проведение систематических циклов исследований в области станции. Во время постройки гидроузла были зафиксированы 4 масштабных оползневых процесса. По этой причине на территории Загорской ГАЭС при применении классических геодезических и спутниковых способов была создана особая геодинамическая сеть, включающая в себя больше чем двадцать трудящихся и пять опорных пунктов. Сеть располагается на всем участке, где вероятны перемещения и деструкции поверхности земли (Рис. 2).

Большое внимание необходимо уделить пунктам, которые находятся на участках, подверженных переменным нагрузкам, связанным с особенностью процесса функционирования станции. Исследования на данных пунктах выполняют очень трепетно и кропотливо по особому оборудованию и программам. 13 рабочих пунктов находятся посреди верхнего и нижнего бассейна в области трубопроводов, а 11 – за нижним бассейном. Геофизические и гидрогеологические измерения в том числе проходят на территории Загорской ГАЭС.



Рисунок 1 – Загорская ГАЭС

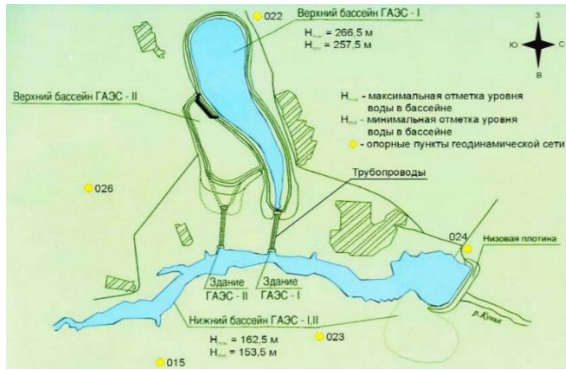


Рисунок 2 – Опорные пункты геодинамической сети ГАЭС. Схема

Есть схемы геодезических построений, которые разработаны специально для наблюдения за движением плотины **Саяно-Шушенской ГЭС**. Применяется геодезическая контрольно-измерительная аппаратура (КИА), Данная аппаратура представляет собой опорные и рабочие планово-высотные сети. Опорная высотная сеть состоит из кустов фундаментальных реперов, плановых сетей. Представлена гидротехнической триангуляцией (Рис. 5, 6). Эти 2 сети не находятся в зоне активных деформаций. На гребне плотины и прилегающей к ней области располагаются «рабочие» планово-высотные сети, представленные поверхностными марками, скальными и грунтовыми реперами, а также плановых знаков на подобию трубчатого типа.

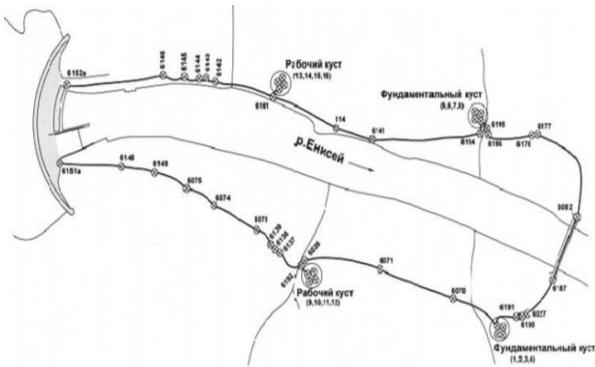


Рисунок 3 – Схема внешней высотной сети Саяно-Шушенской ГЭС

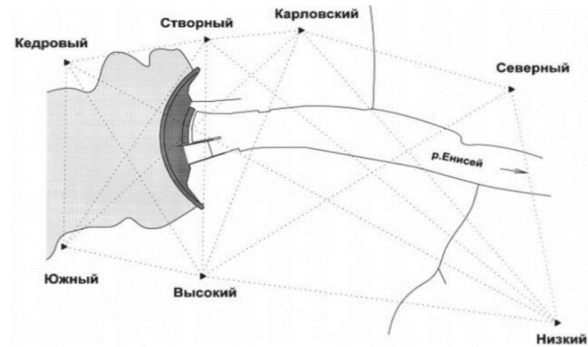


Рисунок 4 – Схема опорной плановой сети Саяно-Шушенской ГЭС

ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ СКАНЕРНОЙ СЪЁМКИ

*Кукс Даниил Фёдорович, студент 4-го курса
кафедры «Геодезия и аэрокосмические геотехнологии»
(Научный руководитель – Будо А.Ю., старший преподаватель)*

Рассмотрим обработку облака точек в программном продукте «Credo 3D Скан». При обработке облаков точек в первую очередь необходимо оценить структуру облака: определить плотность облака (расстояние между соседними точками в облаке), выяснить, одинакова ли плотность на всех участках, визуально оценить шероховатость поверхности. Раньше это выполнялось вручную, однако сейчас, после очередного обновления, появилась возможность оценить это автоматизированным методом: используя команду «Рассчитать локальные плотности» мы задаём радиус, в пределах которого рассчитывается количество соседей для точки. В результате точке присваивается параметр плотности, в который заносится количество её соседей на указанном радиусе. Далее используя градиентную заливку, можно визуально увидеть как изменяется плотность по облаку. (Рис. 1).

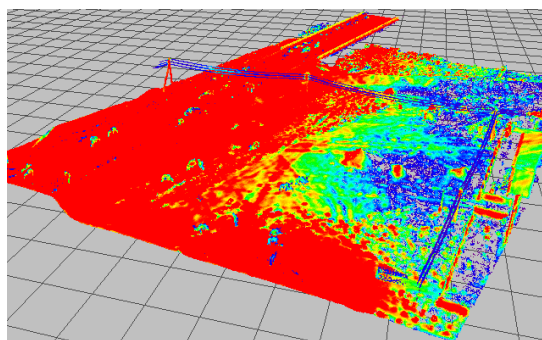


Рисунок 1 – Градиентная заливка облака по локальной плотности

Основной проблемой обработки является большое количество шумов. Они не сильно влияют на процесс дешифрирования облака, однако очень сильно мешают построить адекватную модель рельефа. Для удаления шумов в программе имеется большое количество различных команд: пороговый фильтр, фильтр движущихся объектов, фильтр изолированных точек, фильтр шумов ниже рельефа.

Пороговый фильтр позволяет разделить точки, указав верхнюю и нижнюю границы, по любой величине имеющейся в структуре точек облака, координатам (X, Y, Z), интенсивности отражения сигнала, углу сканирования, времени, а так

же параметрам полученным в результате обработки облака точек таким как: локальная плотность, относительная высота, кривизна, не рельефность. (Рис. 2).

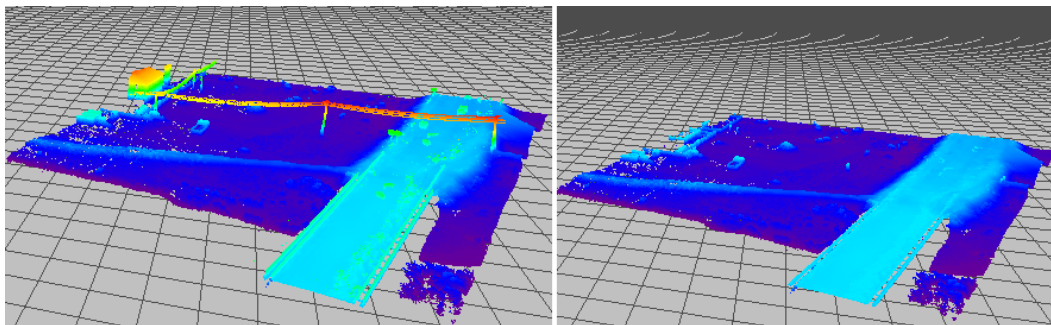


Рисунок 2 – Работа порогового фильтра

Фильтр движущихся объектов – команда позволяет фильтровать точки облака по наличию в локальных областях точек, измеренных в разное время. Таким образом, если в области имеются точки относящиеся только к одному временному промежутку(сеансу), то вся область считается шумом от движущихся объектов. (Рис. 3).

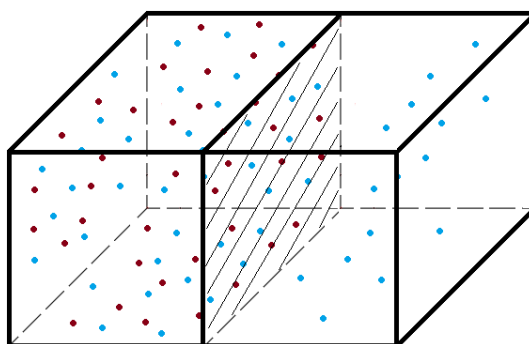


Рисунок 3 – Две соседние области, левая область имеет в себе точки относящиеся к двум временным промежуткам, правая - к одному

Фильтр изолированных точек – предназначен для фильтрации изолированных точек, которые как правило являются шумами, переотражёнными сигналами, частицами пыли, случайными движущимися объектами. Принцип работы схож с предыдущими командами, в данном случае необходимо указать радиус поиска и минимальное число соседних точек. (Рис. 4).

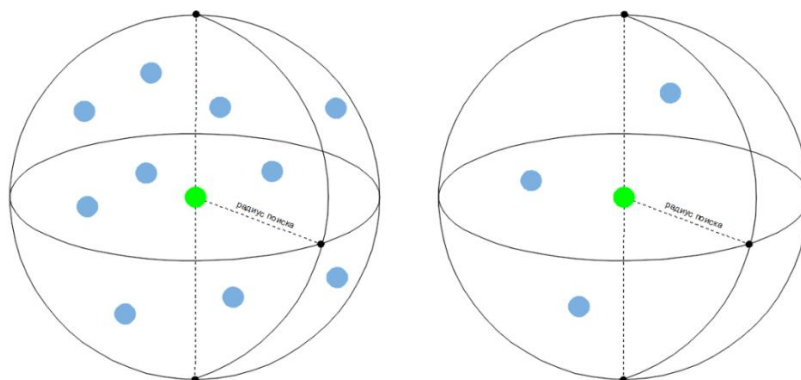


Рисунок 4 – Расчёт количества соседей

Фильтр шумов ниже рельефа – команда способна эффективно фильтровать изолированные отдельные точки шумов и небольшие кластеры точек под рельефом, в которых наибольшая плотность точек обеспечивается на рельефе и низких объектах. Существует два метода по которым может работать данная команда: эвристический и простой метод. Эвристический метод автоматически производит многоступенчатый анализ распределения точек в облаке, на основе которого определяет точки шума. Облако нарезается на множество вертикальных плоскостей, в которых анализируется изменение плотности точек, участки находящиеся ниже линии с максимальной плотностью выделяются в шум. Простой метод оценивает точки в пределах заданного размера шага сетки, если у точки облака на заданном расстоянии в плане и расстоянии по высоте отсутствуют соседи, точка считается шумом. Таким образом анализируются все точки в квадрате сетки. (Рис. 5).

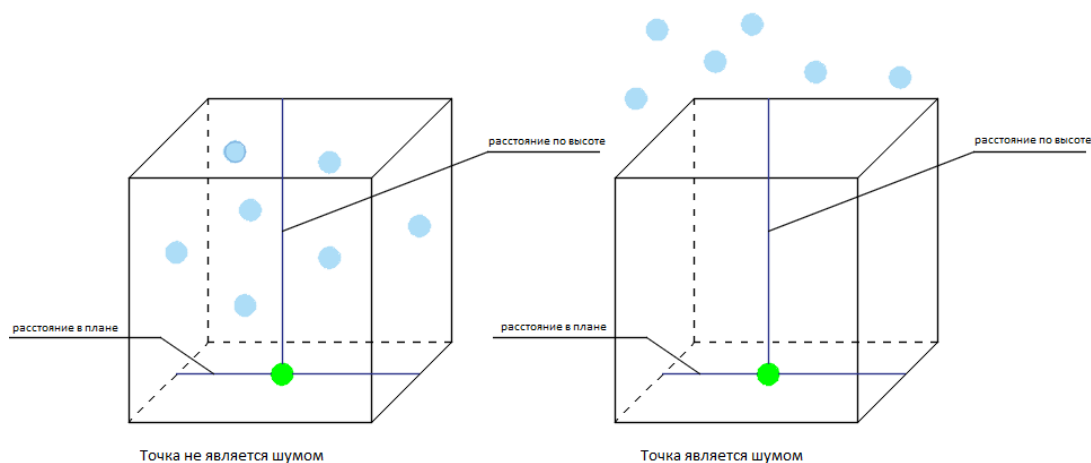


Рисунок 5 – Принцип работы алгоритма

Используя данные команды можно избавиться от основной массы шумов, отфильтрованные точки можно выделить, удалить, задать отдельный слой. Облако точек очищенное от шумов полностью готово к выделению рельефа. Рельеф выделяется тремя методами: порог уклона, размер объектов, TIN (триангуляция).

Порог уклона - указывается шаг сетки, и максимальный уклон. Алгоритм выбирает самую низкую точку в ячейке и относительно неё измеряет вертикальные углы до остальных точек ячейки; если угол превышает заданный уклон, то точка считается нерельефной. При превышении максимального уклона точка считается нерельефной. Изначально анализ производится по всему облаку, далее создаётся сетка и сгущается до указанного шага, на каждом этапе проводится анализ, в результате которого часть точек классифицируется как шум и больше не участвует в расчёте. (Рис. 6). Аналогичным образом проводятся итерационные вычисления в иных методах.

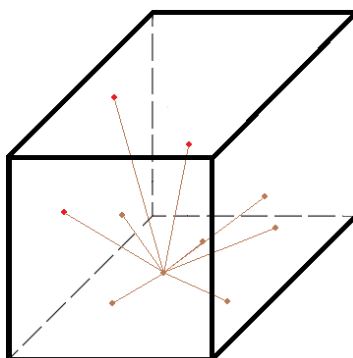


Рисунок 6 – Схема работы выделения рельефа по порогу уклона

Размер объектов. Указывается шаг сетки, и минимальная пропорция объектов (Высота/Ширина). Алгоритм оценивает относительно заданной минимальной пропорции группу точек облака для текущего шага сетки. При превышении порога отношения группа точек считается нерельефной. Далее сетка сгущается и анализ повторяется. Сгущение сетки происходит до достижения минимального шага. (Рис. 7).

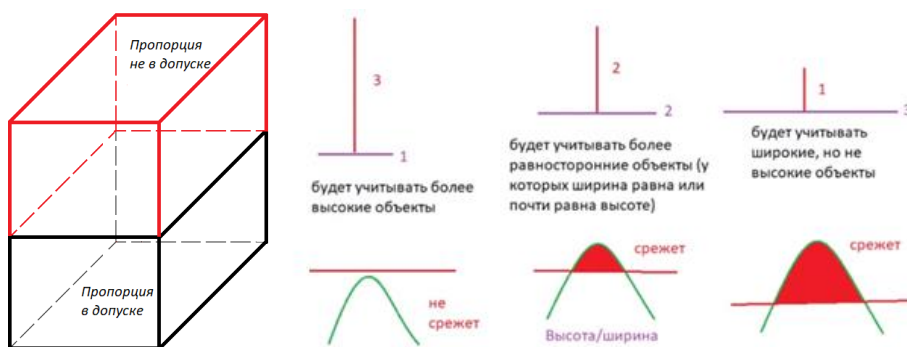


Рисунок 7 – Схема работы выделения рельефа по размеру объектов

TIN - в данном алгоритме указывается только шаг сетки. Наиболее эффективен для плотных облаков точек с растительностью, наземными коммуникациями, шумами. Алгоритм строит триангуляцию, выбирая в каждой ячейке текущего шага точку с минимальной высотой. При этом оценивается отклонение остальных точек от полученных треугольников (допуск зависит от

размера треугольника и рассчитывается автоматически). По мере сгущения сетки алгоритм повторяется до достижения минимального шага. Алгоритм не работает на облаках точек с крутыми склонами. (Рис. 8)

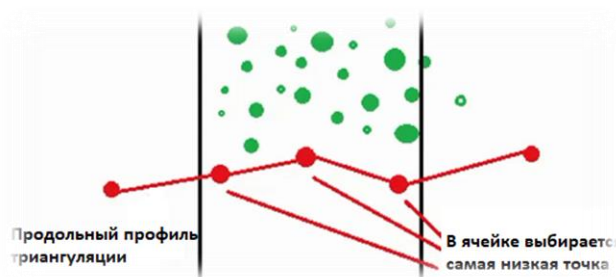


Рисунок 8 – Схема работы выделения рельефа по триангуляции (TIN)

По выделенному рельефу можно создать DEM-модель с указанным шагом, а затем проинтерполировать её чтобы убрать дыры. Полученную DEM-модель необходимо установить в качестве модели рельефа для проекта. (Рис. 9).

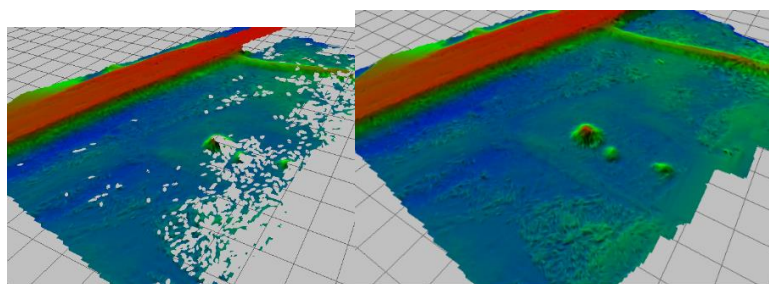


Рисунок 9 – Создание модели рельефа

В программе имеется возможность автоматически распознать ЛЭП. Для этого необходимо рассчитать высоты относительно рельефа и запустить соответствующую команду. Запустив команду нужно указать минимальную и максимальную высоты опор ЛЭП, так же можно указать коды для УЗ стоек, подкосов и проводов. При необходимости можно отключить распознавание проводов. После нажатия кнопки «Применить» программа производит процесс поиска ЛЭП, по завершению этого процесса запускается интерактив позволяющий подтвердить или опровергнуть предложенные программой опоры. Так же в процессе корректировки распознавания. Можно изменить УЗ если он не соответствует действительности для текущего распознаваемого столба. Программа поочерёдно перекидывает нас между столбами пока не будут подтверждены либо опровергнуты все объекты. (Рис. 10).

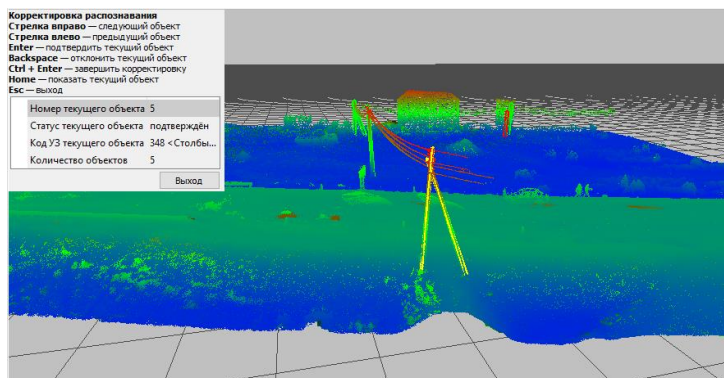


Рисунок 10 – Автоматическое распознавание ЛЭП

Так же в программе имеется широкий спектр возможностей для распознавания элементов автомобильных дорог: распознавание бровок, кюветов, бордюров, кромок проезжей части, дорожных знаков, светофоров и разметки. Последнюю можно распознать в автоматическом режиме если в структуре точек имеется параметр интенсивность. Для этого намечается ось дороги и указывается её придельная ширина. Поперёк оси производится анализ точек по их параметрам относительно друг друга (в случае с дорожной разметкой выступает параметр интенсивность). (Рис. 11).

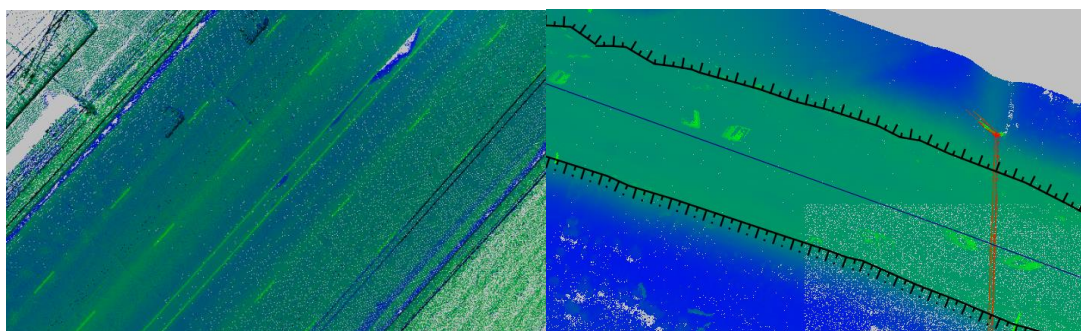


Рисунок 11 – Градиентная заливка по интенсивности слева и выделение бровок справа

Здания, заборы и прочие объекты удобно распознавать пользуясь пороговым фильтром и отсекая точки по координате Z или высоте рассчитанной относительно рельефа. (Рис. 12).

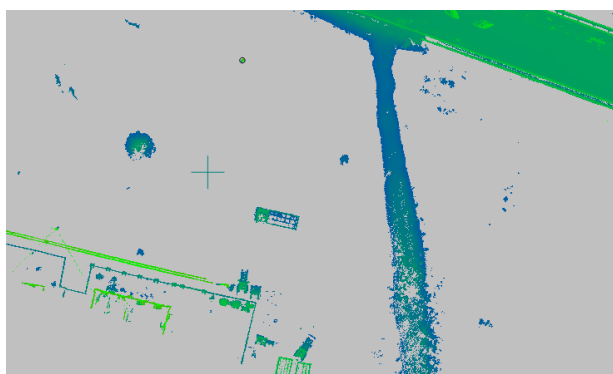


Рисунок 12 – Использование порогового фильтра при выделении контуров

Для того чтобы отрисовать горизонтали в плане, можно сгенерировать точки по созданной DEM-модели, с необходимым нам шагом, создать по ним поверхность поверхность и настроить отображение горизонталей. (Рис. 14).

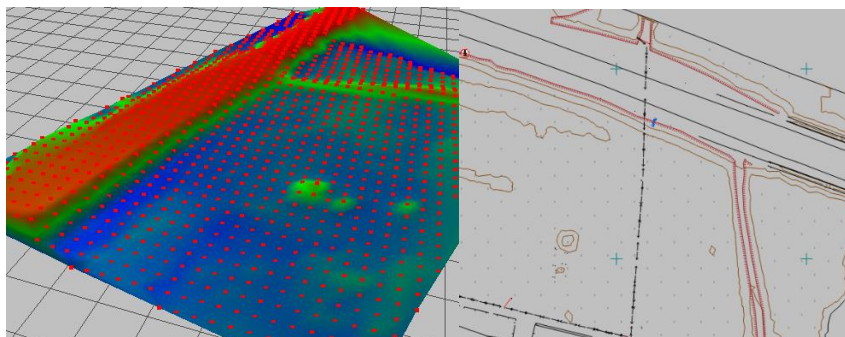


Рисунок 13 – Генерация точек по DEM-модели и отрисовка горизонталей

Вывод: с каждым годом сканерные съёмки получают всё большее и большее распространение, поскольку позволяют в значительной мере сократить полевые работы, наравне с этим развиваются и модернизируются методы дешифрирования облаков точек, разработчики ПО предлагают всё новые и новые алгоритмы автоматического распознавания объектов. Зная принципы работы алгоритмов, можно быстро и качественно осуществлять обработку и дешифрирование облаков точек.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПЛАНОВОГО ПОЛОЖЕНИЯ ВРЕМЕННОГО ГЕОДЕЗИЧЕСКОГО ПУНКТА

*Лазаревич Артур Витальевич, Левченя Сергей Дмитриевич,
студенты 3-го курса кафедры «Геодезия и аэрокосмические геотехнологии»
(Научный руководитель – Крупица С.М., инженер)*

Цель работы: практическим методом выявить наиболее точный способ определения планового положения пункта в реальных условиях.

В процессе работ использовались следующие приборы:

- Тахеометр Trimble M3 3''.
- Веха геодезическая GLS25 телескопическая с отражателем.
- Малая веха с мини-призмой HDMINI104. (Рис. 1).

При обработке результатов использовался программный продукт CREDO ДАТ 5.0.

Исследуемые временные пункты представляли собой прикрепленные к стенке пленочные отражатели.



Рисунок 1 – Используемое оборудование

В первую очередь были произведены измерения для определения планового положения пунктов 1801, 1810 и 18080, с целью дальнейшего создания условной системы координат. (Табл. 1). Определения проводились путем центрирования, с помощью оптического центрира тахеометра, над каждым пунктом и производством пяти полуприемов с измерением направлений и расстояний, с использованием маленькой вешки и отражателя, при высоте 0,4 м. (Рис. 2)

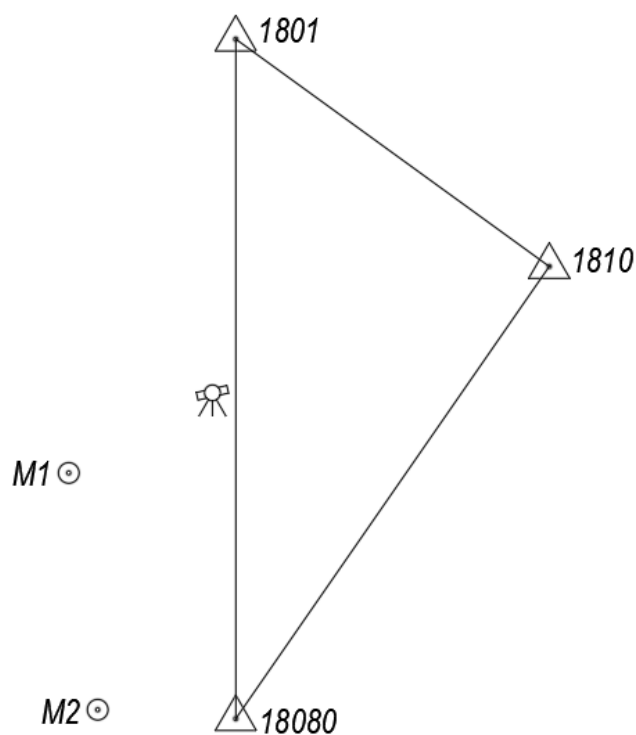


Рисунок 2 – Схема положения исходных пунктов и марок в условной системе координат

Таблица 1 – Прямоугольные координаты пунктов

N	Имя пункта	X, м	Y, м
1	1801	173,937 / 173,946	0,000 / 0,000
2	1810	115,759 / 115,751	80,130 / 80,146
3	18080	0,000 / 0,000	0,000 / 0,000

На следующем этапе работы прибор устанавливался в точке ОЗ и методом обратной засечки определялись координаты точки стояния, при этом наведение велось на большую вешку с отражателем при высоте вехи 2,1 м в одном случае, и на маленькую веху с высотой 0,4 м в другом. Таблицы вычисленных координат определяемых марок и погрешности этих вычислений приведены ниже. (Табл. 2).

Таблица 2 – Координаты определяемых марок, их средние квадратические погрешности

N	Имя пункта	X, м	Y, м	mXY, мм	mX, мм	mY, мм
1	1801	173,937 / 173,946	0,000 / 0,000	4 / —	4 / —	0 / —
2	1810	115,759 / 115,751	80,130 / 80,146	5 / —	4 / —	3 / —
3	18080	0,000 / 0,000	0,000 / 0,000	0 / —	0 / —	0 / —
4	Большая	82,327 / 82,323	-1,031 / -1,028	6 / 5	5 / 4	3 / 3
5	Малая	82,330 / 82,326	-1,035 / -1,032	2 / 7	2 / 6	1 / 4
6	М1Б	62,873 / 62,871	-42,670 / -42,668	10 / 10	6 / 6	8 / 8
7	М2Б	2,299 / 2,296	-35,318 / -35,317	10 / 10	9 / 9	5 / 5
8	М1М	62,878 / 62,876	-42,675 / -42,673	8 / 11	7 / 7	4 / 8
9	М2М	2,300 / 2,298	-35,315 / -35,315	8 / 11	4 / 9	7 / 5
10	М1Ц	62,888 / 62,896	-42,674 / -42,664	9 / 9	4 / 4	7 / 7
11	М2Ц	2,312 / 2,319	-35,319 / -35,317	9 / 9	6 / 6	6 / 6

Из результатов можно сделать вывод, что при использовании малой вехи погрешность определения координат точек меньше, чем при таком же процессе с большой вехой, следовательно, лучше использовать вехи небольших размеров при расположении отражателя как можно ниже, но достаточно высоко, чтобы на визирный луч воздействие рефракции было допустимым.

Литература:

1. Сайт Артософт [Электронный ресурс] / каталог геодезического оборудования – Режим доступа:
<http://www.artosoft.by/category/takheometry-trimble/>. – Дата доступа:
 19.04.2020

СОЗДАНИЕ СПЕЦИАЛЬНОЙ ГЕОДЕЗИЧЕСКОЙ СЕТИ ОСНОВЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ЛЕТНЕЙ ГЕОДЕЗИЧЕСКОЙ ПРАКТИКИ

*Нужда Егор Андреевич, Хитрик Антон Вячеславович,
Цыбльская Ксения Сергеевна, студенты 4-го курса кафедры «Геодезия и
аэрокосмические геотехнологии» (Научный руководитель – Мкртчян В.В.)*

Целью данной работы является создание специальной геодезической сети, основы для проведения летней геодезической практики, объектом съемки является полигон, расположенный в северо-восточной части города Минск, Первомайский район.

Создание специальной сети производилось методами триангуляции и полигонометрии, а также определение отметок высот пунктов – методом тригонометрического и геометрического нивелирования. Также были произведены измерения методом спутниковых наблюдений.

Работы выполнялись в местной системе координат города Минск, в Балтийской нормальной системе высот.

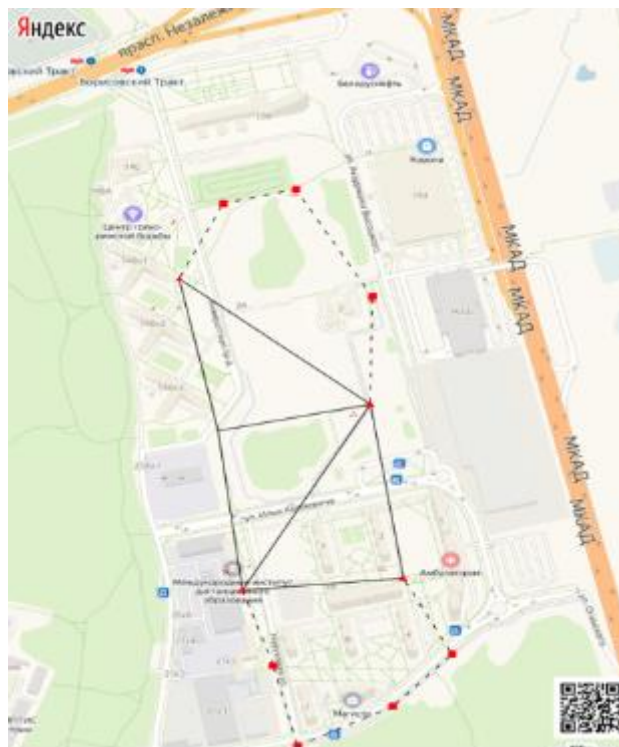


Рисунок 1 – Специальная геодезическая сеть

Проект геодезической сети, составленный в камеральных условиях, нуждается в проверке и уточнении на местности. С этой целью выполняют

рекогносцировку пунктов. Основными задачами ее являются: выбор конкретных мест положения геодезических пунктов на местности в соответствии со схемой построения сети и заложение самих пунктов. Процесс контроля видимости между соседними пунктами триангуляции происходил следующим образом. Ставили одного человека на исходный пункт, далее шли выбирать положение первого определяемого пункта, необходимо было выбрать оптимальное расстояние и следить за видимостью на исходный пункт. Как только положение пункта было определено, забивали центр пункта и ставили человека на этот пункт. Далее шли определять положение следующего определяемого пункта и т.д. Таким образом на всех определяемых пунктах был заложен центр, а также контролировалась видимость между соседними пунктами.

Всего было заложено: 4 пункта триангуляции и 5 пунктов полигонометрии.

Положение геодезических пунктов сети триангуляции выбирали таким образом, чтобы:

1. Иметь наилучшую видимость между соседними пунктами сети
2. Углы треугольников должны находиться в диапазоне от 30° до 120°
3. Длины сторон не должны намного отличаться друг от друга

Эти условия необходимо соблюдать, чтобы получить равнозначную сеть триангуляции.

Заложение пунктов триангуляции и полигонометрии:

В качестве закладываемых центров пунктов использовались металлические трубы, диаметром 1,5 – 3,0 см. Они забивались в землю на глубину 30 – 40 см так, что верхушка центров оставалась на высоте 2 – 3 см от земли.

Триангуляция

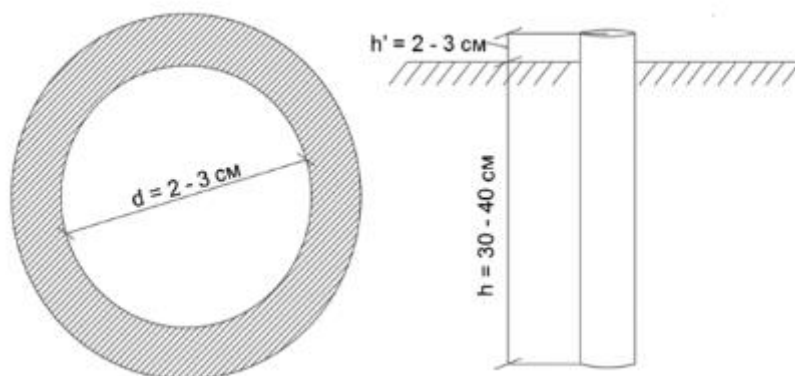


Рисунок 2 – Центр пункта

Триангуляция представляет собой сеть прилегающих друг к другу треугольников. В каждом треугольнике этой сети измеряют все три горизонтальных угла. Для определения плановых координат пунктов в сети триангуляции должны быть известны как минимум координаты x , y одного пункта сети, длина базисной стороны b и дирекционный угол α этой стороны. Для контроля число исходных данных может быть увеличено.

Измерение горизонтальных углов производим электронным теодолитом DT2A.



Рисунок 3 – Электронный теодолит DT2A

Требования к сети триангуляции:

- СКО измерения углов не более 5"
- Предельная допустимая невязка в треугольниках 20".
- Минимальный угол в треугольнике 20°.
- Измерение углов способом круговых приемов
- Измерение углов в три приема
- Допустимое расхождение между приемами 8"

Полигонометрия

Один из методов определения взаимного положения точек земной поверхности для построения геодезических сетей, служащий основой топографических съёмок, планировки и строительства городов, перенесения проектов инженерных сооружений в натуру и т.п.

Положение пунктов в принятой системе координат определяют путем измерения на местности длин линии, последовательно соединяющих эти пункты и образующих полигонометрический ход, и горизонтальных углов между ними.

Измерения производятся тахеометром Trimble M3

Требования к полигонометрии

СКО измерения угла 10''

Угловая невязка в ходах $20\sqrt{n}$, где n-число углов хода
Относительная предельная погрешность 1/5000



Рисунок 4 – Тахеометр Trimble M3

Наблюдения производятся в 2 приема при использовании трехштативной системы

Высоты пунктов определялись с помощью геометрического и тригонометрического нивелирования. При тригонометрическом нивелировании для измерений углов наклона используем электронный теодолит DT2A. Горизонтальные проложения между пунктами мы получили при уравнивании сети триангуляции в Credo_Dat. При геометрическом нивелировании был использован электронный нивелир DL-200 и комплект штрих-кодовых инварных реек Leica GTL4M.

Заключение

Целью данной работы было создание специальной геодезической сети методами полигонометрии и триангуляции. В ходе благополучного выполнения поставленных задач, были приобретены практические навыки в построении геодезической сети методом триангуляции, обработки полевых материалов, использования точных электронных приборов и спутникового оборудования.

По результатам геометрического нивелирования IV класса и тригонометрического нивелирования, выполненного в прямом и обратном направлении точным прибором, можно сделать вывод, что точность тригонометрического нивелирования сопоставима с точностью геометрического нивелирования IV класса.

Литература:

1. Отчеты по летней практике студентов 3-го курса гр.11405116.

ГЕОДЕЗИЧЕСКАЯ ДУГА СТРУВЕ. ПЕРСПЕКТИВЫ. ПОПУЛЯРИЗАЦИЯ

*Поправко Алина Анатольевна, студент 3-го курса
кафедры «Геодезия и аэрокосмические геотехнологии»
(Научный руководитель – Мкртычян В.В., канд. техн. наук, доцент)*

Геодезическая дуга Струве – уникальное градусное измерение дуги меридиана, на основании которой были определены истинные размеры и форма Земли.

Ученые используют долговременные наблюдения для оценки и мониторинга движения тектонических плит. С использованием спутниковых технологий появляется возможность с достаточно высокой скоростью и точностью произвести измерения для получения координат дуги Струве, которые, в свою очередь, позволят предоставить в распоряжение будущих исследователей богатейший материал для геодинамических исследований. Таким образом геодезическая дуга Струве является по истине выдающейся и имеет перспективы для будущих исследований.

В качестве примера перспективы геодезической дуги Струве стоит отнести тот факт, что по данным, полученным по дугам во Франции и Перу в 1790 году, стало установление эталона длины метра. Быть может на основании дуги Струве удастся уточнить имеющиеся на данный момент эталоны.

Сохранение популяризации геодезической дуги Струве является важной обязанностью государства и необходимо было провести все возможные мероприятия по ее сохранности.

В 1972 году ЮНЕСКО приняла Конвенцию об охране всемирного культурного и природного наследия, которая вступила в силу в 1975 г. Эту Конвенцию ратифицировали все государства, через территории которых проходит Геодезическая дуга Струве.

Главная цель списка Всемирного наследия – обеспечить сохранность и придать известность тем объектам, которые являются уникальными. Для включения в данный список объект должен соответствовать хотя бы одному критерию, выдвинутому ЮНЕСКО. Так геодезическая дуга Струве на Конвенции была проанализирована и отнесена к трем критериям из имеющихся семи. Этот факт еще раз подчеркивает уникальность дуги.

Включение геодезической дуги Струве в список Всемирного наследия придала ей известность по всему миру и прекрасно отразилась на ее

популяризации. В данный список вошли 34 пункта дуги, пять пунктов из которых на территории Беларуси, представленные в (Табл. 1).

Таблица 1 - Список пунктов Геодезической Дуги Струве, включенных в список объектов всемирного наследия ЮНЕСКО на территории Беларуси

№ п.п.	Название пунктов	Географические координаты, широта, долгота
1	ТУПИШКИ	54°17'30"N 26° 02' 43" E
2	ЛОПАТЫ	53° 33' 38" N 24° 52' 11" E
3	ОСОВНИЦА	52° 17' 22" N 25° 38' 58" E
4	ЧЕКУЦК	52° 12' 28" N 25° 33' 23" E
5	ЛЕСКОВИЧИ	52° 09' 39" N 25° 34' 17" E

Отбор пунктов, которые в последующем вошли в список Всемирного наследия, производился на основании нескольких факторов:

- доступность места расположения пункта для восстановительных работ, а также стоимость восстановления;
- доступность для будущих посетителей;
- готовность и желание местных органов власти и жителей заботиться о сохранности объекта;
- расположение пункта в общей схеме, с целью более равномерного распределения пунктов в пределах цепи треугольников.

Так Госкомзем, являясь собственником пунктов, взял на себя обязанность по их сохранности: были установлены металлические четырехгранные пирамиды на всех обнаруженных пунктах.

В 2006 году на территории Беларуси были введены монеты «Дуга Струве». Однако первый тираж монет был выпущен с ошибкой в указании протяженности дуги: 2880 км вместо имеющейся 2820 км. Монеты с ошибкой приняли статус раритета, а в новом тираже монет данная ошибка была исключена.

В сентябре 2007 года Министерство связи и информатизации Республики Беларусь ввело в почтовое обращение блок почтовой марки "Геодезическая дуга Струве".

В 2012 году был основан музей Дуги Струве **«Дуга объединяющая народы и культуры»** на базе информационно-краеведческого центра Гольшанской сельской библиотеки. Музей был основан с целью просвещения людей о таком выдающемся объекте, для освещения ее научной значимости и, безусловно, для привлечения туристов.

Весной 2013 года при поддержке Шведского агентства международного развития и сотрудничества была выпущена книга Владимира Вагановича Мкртычяна «Геодезическая дуга Струве: путь к всемирному признанию». В ней показаны исторические этапы развития геодезии, излагается суть значимых

градусных измерений, выполненных в разные годы. В книге приводятся подробные сведения о русско-скандинавском градусном измерении меридиана, названного позже Геодезической дугой Струве.

В Беларуси планируется создать туристический маршрут по всем пунктам Дуги Струве. Также эстонцами была выдвинута идея о создании группового туристического маршрута, который затронул бы все страны, по территории которых проходит Дуга Струве. Данная идея все еще находится в разработке.

Литература:

1. Мкртычян В.В. Геодезическая дуга Струве: путь к всемирному познанию / В.В. Мкртычян. Общественное объединение «Земельная реформа». – Минск: Логвинов И.П., 2013. – 268 с.

ПРОГРАММА ДЛЯ ОБРАБОТКИ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ GEOSCAN

*Прудников Максим Константинович, студент 2-го курса
кафедры «Геодезия и аэрокосмические геотехнологии»
(Научный руководитель – Рак И.Е., канд. техн. наук, доцент)*

В настоящее время всё больше и больше сфер переходят к использованию современных информационных технологий. Так, например, сложно представить проектирование деталей без AutoCAD или ВІМ. Они позволили не только избавиться от карандашей и ватманов, заметно ускорив этим процесс проектирования, но и представить наглядно, в трёхмерном пространстве, детали и конструкции (Рис.1)

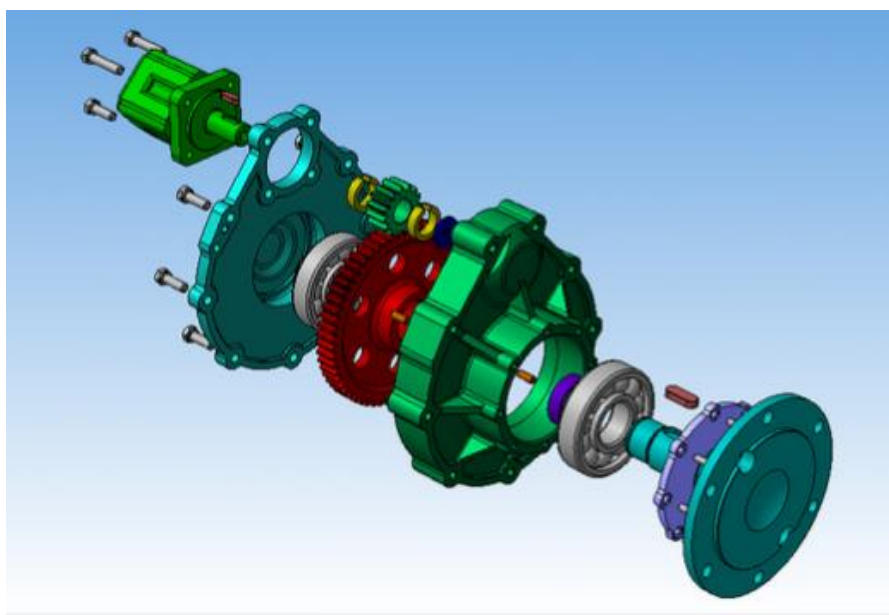


Рисунок 1 – Схема детали в трёхмерном пространстве

Так, при появлении на рынке электронных тахеометров, чудесная наука «Геодезия» разделилась на «до» и «после». В момент он стал «прибором каждого геодезиста», благодаря не только своим удобством и огромными возможностями, но и необыкновенной ранее простотой использования.

Современный электронный тахеометр (Рис.2) – инженерный прибор, предназначенный для точных измерений превышений, горизонтальных проложений и приращений прямоугольных координат. Он сочетает в себе светодальномер и теодолит, а также способен выполнять многие инженерные вычисления и сохранять полученную информацию в память.

Используя электронный тахеометр в строительстве, можно получить данные о расстояниях, вертикальных и горизонтальных углах, автоматически выполнить разметку по высотному положению любых элементов конструкции.



Рисунок 2 – Современный электронный тахеометр

Всё это стало возможным благодаря IT компаниям и их новейшим технологиям. Так, например, на СНГ рынке наибольшее распространение получил комплекс программ от русских разработчиков «Кредо-Диалог» CREDO. В него входит комплекс геодезических программ, которые решают любые задачи: от первоначальной обработки данных, до получения цифровой модели местности и дальнейшего проектирования плана.

Камеральная обработка геодезических измерений выполняется в КРЕДО ДАТ. В программу импортируются данные с любых электронных тахеометров, которые сейчас имеются на рынке.

В программе предусмотрена обработка данных тахеометрической съемки с формированием топографических объектов и их атрибутов всех видов, доступно создание собственной системы полевого кодирования, что позволяет заметно ускорить рабочий процесс. Программа позволяет выполнить совместное или раздельное уравнивание векторов спутниковых измерений, а также измерений в линейно-угловых и высотных геодезических сетях различных форм, классов и методов создания. В программе можно выполнить поиск ошибок измерений, а также решить ряд других инженерно-геодезических задач. Результатом работы программе являются отчетные ведомости и чертежи распространенных форматов.

Программа КРЕДО ДАТ стала огромным помощником для обработки материалов, полученных при ведении строительства, выполнении кадастровых работ, а также при решении других задач.

Однако, этот комплекс программ не всем пришелся по карману. Только лишь последняя версия КРЕДО ДАТ 5.1 обойдется покупателю в немногим меньше 1000\$.

Так, мною было принято решение о самостоятельной разработке бесплатного программного продукта, который станет на рынке аналогом КРЕДО: GeoScan.



Рисунок 3 – логотип GeoScan

Программа разрабатывается на языке C++, так как он обладает массой преимуществ, один из которых для меня был особенно важен – время.

На данный момент в GeoScan реализована функция импорта измерений с тахеометров Trimble M3.

Импорт 500 измерений проходит за 176 миллисекунд, или за 0,176 секунд. То есть, например, импорт 10 000 измерений пройдет приблизительно за 3,5 секунды.

Все измерения находятся в едином векторе. Элемент вектора состоит из станции, всех её параметров, таких как: температура во время съёмки, давление, влажность и тд, и вектора непосредственно измерений, которые были сделаны со станции.

Такая система позволяет легко и доступно обратиться к любому измерению, а также позволяет программе занимать и использовать небольшое пространство в памяти.

В дальнейшем планирую реализовать функции:

- импорта с любых электронных тахеометров, которые сейчас есть на рынке

- математической обработки, таких как поиск ошибок в измерениях, создание и уравнивание сети, вычисление точности и тд.

Результатом работы программы же станет отчётная ведомость распространенных форматов и чертеж получившейся сети.

Так, GeoScan призвана быть полноценным бесплатным аналогом КРЕДО ДАТ, позволяющим такой чудесной науке «Геодезия» быть более легкой и доступной для всех желающих её постичь.

НАУЧНОЕ И ИСТОРИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ ГЕОДЕЗИЧЕСКОЙ ДУГИ СТРУВЕ – ПАМЯТНИКА ВСЕМИРНОГО ЗНАЧЕНИЯ ЮНЕСКО

Бурак Алексей Андреевич, студент 3-го курса

кафедры «Геодезия и аэрокосмические геотехнологии»

(Научный руководитель – Мкртчян В.В., кандидат технических наук, доцент)

О Дуге Струве слышали многие, однако, с уверенностью сказать, в чём заключается значимость, польза и назначение данного сооружения, ответить сможет не каждый.

Пункты геодезической Дуги Струве расположены на территории 265 стран, некоторые из них даже занесены в список Всемирного наследия ЮНЕСКО. Распростерлась Дуга Струве от дельты Дуная до берегов Северного Ледовитого океана, вдоль 25-градусного меридиана восточной долготы. Крайняя точка на юге находится в Украине (Старо-Некрасовка), самая северная – в Норвегии (мыс Фугленес).

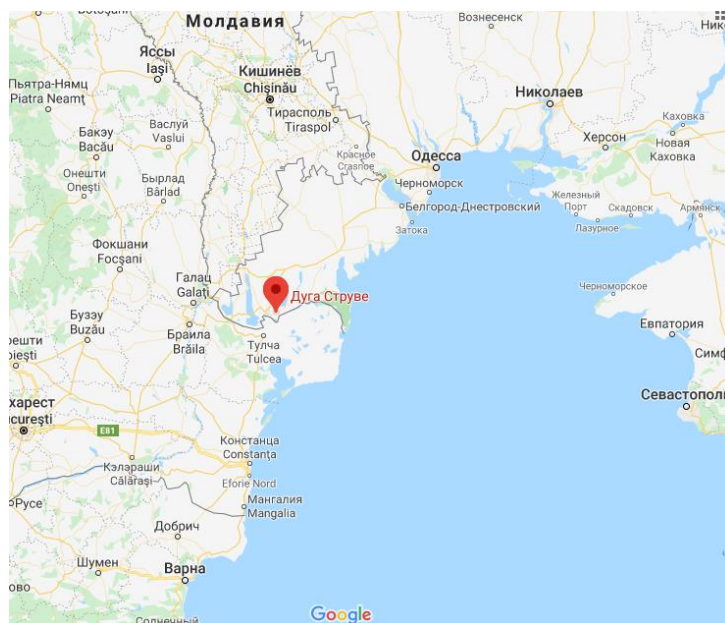


Рисунок 1 – Расположение пункта Дуги Струве Чёрного моря

Проанализировав карту мира, можно сделать вывод, что крайние точки Дуги расположены вблизи крупных водных систем.

Так, например, Старо-Некрасовка, где находится пункт, располагается поодаль Черного моря.

Пункт «Фугленес» находится в городе Хаммерфест на берегу Баренцева моря.



Рисунок 2 – Пункт «Фугленес», город Хаммерфест на берегу Баренцева моря

Протягивать сеть дальше уже просто некуда: вода с обеих сторон.



Рисунок 3 – Иосиф Иванович Ходько

Ключевыми фигурами в создании Дуги Струве стали русский военный геодезист и астроном, почётный член Петербургской Академии Наук, генерал Карл Фридрих Теннер, которому было предписано картографировать западные области Российской империи, а также профессор астрономии и геодезии Дерптского (ныне Тартусского) университета – Василий Струве. Теннеру требовалось создать точные карты – в первую очередь для военных целей. Практически одновременно с Теннером в Лифляндии (территория современной Эстонии) начались работы по триангуляции под руководством Василия Яковлевича Струве. На данном этапе они работали порознь, каждый проводил свои измерения. Потом геодезисты решили объединить усилия.

Большой вклад в развитие Дуги Струве внёс Иосиф Иванович Ходько. Работы выдающегося белорусского геодезиста генерал-лейтенанта еще при

жизни были признаны и высоко оценены мировой наукой, а его имя навсегда вошло в историю отечественной геодезии, триангуляции Дуги Струве и картографирования Кавказа. И.И. Ходько родился в декабре 1800 года в местечке Кривичи Вилейского повета Минской губернии. Выходец из старинного дворянского рода, среди представителей которого – литераторы, деятели науки, культуры, образования, военные, химики, геодезисты.

И.И. Ходько в 1816 году поступил на физико-математический факультет Виленского университета, где настойчиво занимался преимущественно астрономией и геодезией. Окончив университет, Ходько зачислен в 1822 году в корпус военных топографов и начал наземные измерения в Латвии, Литве, в Гродненской и Минской губерниях. Работал под руководством К.И. Теннера с 1821 по 1827 годы. Триангуляция Литовско-Виленской губернии стала его первым «полевым крещением».

За покорение пинских болот И.И. Ходько получил первые награды и звания. С 1831 года проводит топографические работы на Дунае и Босфоре. А соединение северной и южной частей меридиана Струве было выполнено И.И. Ходько с исключительными познаниями в астрономии и геодезии. По личному ходатайству К. Теннера и ученых России был награжден многими медалями.

В 1846 году российский император Николай I утвердил проект триангуляции Закавказья. Экспедиционный отряд возглавлял полковник Иосиф Иванович Ходько. В горах Кавказа и Закавказья он точно рассчитал триангуляцию этой труднодоступной местности. Ходько принимает решение подняться на Арарат и произвести точные измерения. Восхождение на Большой Арарат предпринято в августе 1850 года. По праву начальника экспедиции он первым поднялся на заснеженную вершину Арарата,

За монументальные работы и подвиги на пользу географии Кавказа Русское Географическое Общество присудило генерал-лейтенанту Иосифу Ивановичу Ходько свою высшую награду – Большую золотую Константиновскую медаль (1869 год).

Дуга Струве выглядит как цепочка треугольников. Точки, из которых они сформированы, представляют собой сигналы. Построить такой сигнал было сложно.

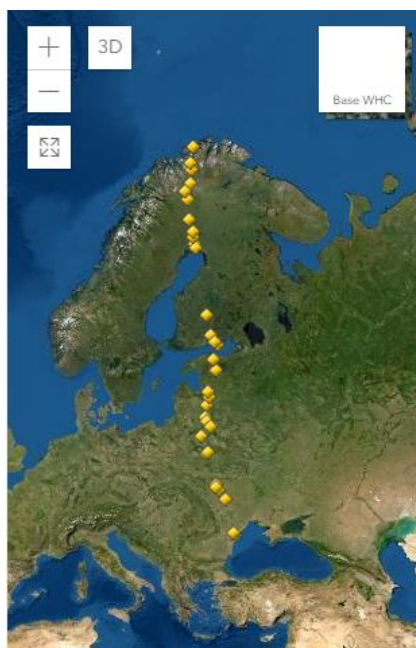


Рисунок 4 – Расположение пунктов Дуги Струве на карте мира

Сперва необходимо выполнить рекогносцировку – наметить точки, подходящие по геометрии сети к равнобедренным треугольникам. Затем требовалось построить сигналы согласно определенным инструкциям так, чтобы с одного было визуально видно минимум четыре других. Пункты строили без применения техники, а высота их доходила до 23 туазов (французская мера длины) – около 44 метров.

Работа геодезиста заключалась в следующем:

- 1) Подняться на деревянную конструкцию.
- 2) Найти другие точки в зоне видимости.
- 3) При помощи устройства выполнить угловые измерения по отношению к соседним сигналам.

Такой вид работы проводился на всех 265 пунктах. В работе геодезисты того времени использовали популярный на тот момент метод триангуляции, который применялся во всем мире вплоть до конца девятых годов прошлого века, пока на смену не пришли GPS и другие спутниковые системы.

На территории Беларуси находится 31 пункт.

В дальнейшем я ставлю перед собой задачу более детально изучить сохранившиеся на территории Республики Беларусь пункты геодезической Дуги Струве, произвести выезд на место их расположения.

В итоге, благодаря триангуляции, была построена сеть координат на большой площади без потери точности. Таким образом, Дуга Струве является своеобразным каркасом для дальнейших работ по созданию карт.

Построенные сигналы не укреплялись должным образом, а потому, многие точки со временем развалились от старости.

Геодезическая Дуга Струве имеет очень важное историческое и научное значение для современной геодезии, которое сложно переоценить. Вычисления того времени заложили основу для дальнейших исследований и создания точных карт, и лишь в последние десятилетия точность спутников позволила отойти от триангуляции.

Литература:

1. ВОДА И ВСЕМИРНОЕ НАСЛЕДИЕ / Ирина Цыганова// ООО «АРТКРАС» – Т. 1, № 1 – С. 70–72
2. Виртуальный музей меридиана Дуги Струве [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.struve.by/index.php/en/> - Дата доступа: 01.05.2020.
3. Белгеодезия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://geo.by/dugaStruve/>. – Дата доступа: 14.04.2020.