

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение
высшего образования
«Воронежский государственный технический университет»
Кафедра кадастра недвижимости, землеустройства и геодезии**

**МЕТОДЫ СБОРА И ОБРАБОТКИ
ГЕОПРОСТРАНСТВЕННОЙ ИНФОРМАЦИИ**

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
к проведению лабораторных работ
для студентов, обучающихся по направлению подготовки:
05.04.03 Картография и геоинформатика
(программа: Геоинформационное моделирование)
всех форм обучения

Воронеж 2025

УДК 528.06
ББК 32.9

Составители
доцент Хахулина Н.Б.

Методы сбора и обработки геопространственной информации для студентов, обучающихся по направлению подготовки: к проведению лабораторных работ для студентов, обучающихся по направлению подготовки: 05.04.03 Картография и геоинформатика (программа: Геоинформационное моделирование) всех форм обучения / сост.: Хахулина Н.Б.; ВГТУ. – Воронеж, 2025. – 41с.

Методические указания разработаны для проведения лабораторных работ по дисциплине «**Методы сбора и обработки геопространственной информации**», обучающие методам сбора и технологиям обработки геопространственных данных с возможностью использования ПО и созданием конечного продукта по данным с БПЛА, лазерного сканера и традиционных методов.

Предназначены для студентов направления 05.04.03 Картография и геоинформатика (программа: Геоинформационное моделирование) всех форм обучения.

Методические указания подготовлены в электронном виде и содержатся в файле МУ_МСиОГИ_ЛР.pdf.

Ил.24. Библиогр.: 6 назв.

УДК 528.06
ББК 32.9

Рецензент – Н.И. Самбулов, канд. геогр. наук, доц. кафедры кадастра недвижимости, землеустройства и геодезии ВГТУ

Издается по решению редакционно-издательского совета
Воронежского государственного технического университета

Оглавление

Введение	4
Темы лабораторных работ	10
Тема 1. Геопространственные данные	10
Тема 2. Наземные традиционные методы сбора геопространственных данных	14
Тема 3. ГНСС-технологии	19
Тема 4. Технологии лазерного сканирования.....	21
Тема 5. Получение геоданных с БПЛА.....	27
Тема 6. Программы для обработки геопространственных данных	33
Библиографический список	40

Введение

Цель лабораторных работ – освоение современных методов сбора, обработки и анализа геопространственных данных.

Сбор геопространственных данных

Этот блок функций обеспечивает непосредственное получение данных картографическим методом либо отбором из отраслевых баз данных нужной для формирования моделей и решения задач геоинформации. Пространственное определение отраслевых данных выполняется как координатным методом, так и привязкой к контурам топографической или географической карты.

Функции этой группы образуют 5 функциональных подгрупп, объединяющих однотипные функции с разными режимами выполнения.

1. Векторизация по растру:

- ручная оцифровка точек и контуров;
- полуавтоматическая оцифровка точек и контуров;
- автоматическая оцифровка точек и контуров.

2. Кодирование и идентификация объектов:

- кодирование объектов по их характеристическому свойству вводом с клавиатуры;
- выбор кодов объектов по их характеристическому свойству из меню текстовых значений;
- задание кодов по умолчанию и дублированию предыдущих значений;
- присвоение объектам идентификаторов вручную;
- автоматическое присвоение идентификаторов объектам.

3. Задание топологии:

- установление узлов автоматически или вручную;
- установление дуг (ребер) автоматически или вручную;
- задание полигонов из дуг автоматически или вручную;
- автоматическое замыкание полигонов;

- притягивание конечных точек линий с узлами автоматически или вручную;
- связывание сложных полигонов с одним или более внутренними вырезанными областями автоматически или вручную;
- определение центроида полигона автоматически или вручную.

4. Задание атрибутов:

- связывание атрибутов с пространственными объектами по идентификатору или центроиду;
- ввод атрибутов в интерактивном режиме с клавиатуры или из меню;
- ввод атрибутов в пакетном режиме с привязкой по идентификатору или центроиду.

5. Выявление и устранение ошибок, редактирование модели:

- контроль качества растра (деформация оригинала, разрешение, наличие случайных изображений) и его исправление;
- контроль качества векторизации (перехлест или недоведение линии при примыкании к пересекаемой линии, замыкание полигонов) и коррекция геометрической модели в интерактивном или автоматическом режимах;
- контроль формата и корректности координат точек в интерактивном или автоматическом режимах;
- контроль корректности топологии и коррекция геометрической модели в интерактивном или автоматическом режимах;
- перемещение, изменение, добавление векторных объектов в интерактивном режиме;
- контроль корректности, изменение и добавление идентификаторов объектов в интерактивном режиме;
- контроль правильности и полноты задания, изменение и добавление кодов объектов в интерактивном режиме.

Создание и управление базами геопространственных данных

Специфика функций этой группы проявляется в организации данных позиционирования с учетом координатных систем, пространственных моделей и масштабов картографирования территорий. Наиболее важными являются следующие функции:

- задание внутренней для ГИС модели данных, обеспечивающей описание объектов произвольного типа;
- обеспечение многоуровневого (по масштабам) представления территории с согласованием координатных систем;
- введение данных о качестве информации, включающих происхождение, точность данных, детальность и полноту (в том числе пообъектно);
- ввод и организация растровых данных (фильтрация, сшивка) по листам или по участкам территории;
- ввод и организация векторных данных (сводка, сверка, сшивка – интерактивное или автоматическое соединение геометрически смежных объектов, перекрывающихся или разделенных, клиппирование, добавление и/или удаление точек) по листам или по участкам территории;
- ввод и изменение атрибутивных данных (изменение идентификаторов, объединение кодов);
- обеспечение организации массивов данных по типу локализации, теме, классам объектов;
- поддержка проектов баз данных (совокупности данных на определенную территорию для решения конкретной пространственной задачи);
- поддержка последовательного, прямого и по ключу доступа к данным;
- управление связями атрибутивных данных и данных позиционирования;

- обеспечение обновления данных (добавления, удаления, модификации);
- возможность отслеживания транзакций баз данных;
- возможность устанавливать полномочия на чтение/запись в базах данных;
- просмотр баз данных;
- возможность восстановления баз данных после аварийных ситуаций.

Экспорт/импорт данных

Функции экспорта и импорта данных призваны обеспечить взаимодействие ГИС с другими информационными системами.

Практически эта группа содержит три базовых функции:

- конвертация из ряда внешних данных в форматах других систем во внутренний формат ГИС (экспорт данных);
- конвертация данных из внутреннего формата ГИС в данные в форматах других систем (импорт данных);
- поддержка распространенных (практически стандартных по факту) международных обменных форматов.

Преобразование данных

Функции данной группы направлены на получение из баз данных и преобразование пространственных данных с целью их подготовки для пространственного анализа и картографического отображения. В их совокупности можно выделить несколько подгрупп функций.

1. Поиск и отбор данных:

- отбор пространственных данных (атрибутивных, позиционирования) по заданной области в виде прямоугольника, круга или многоугольника на экране монитора;

- отбор пространственных данных (атрибутивных, позиционирования) по заданной области, соответствующей пространственному объекту площадного типа;
- отбор пространственных данных (атрибутивных, позиционирования) по указанию курсором на графическом изображении;
- отбор пространственных данных (атрибутивных, позиционирования) по идентификатору или совокупности идентификаторов объектов;
- отбор пространственных данных позиционирования по заданным атрибутам.

2. Реструктуризация данных:

- преобразование данных из векторного представления в растровое (растеризация);
- сжатие (архивация) или разархивация растровых данных;
- изменение размера растровой ячейки (разрешения раstra);
- исключение лишних точек прямолинейных контуров;
- сглаживание контуров с сохранением кривизны и формы.

3. Трансформация данных:

- преобразование данных из одних систем координат в другие (ротация, сдвиг, масштабирование);
- математическое согласование векторных и растровых данных методами трансформации (с применением эластичных преобразований);
- трансформация карт из одних проекций в другие при известных параметрах проекций;
- трансформация карт из одних проекций в другие при неизвестных параметрах проекций;

- согласование данных разных проектов на одну территорию при интегрировании данных из разных источников с разной математической основой.

Темы лабораторных работ

Тема 1. Геопространственные данные

Теоретическая часть

1. Определение и классификация геопространственных данных

- Векторные данные (точки, линии, полигоны).
- Растровые данные (снимки, ЦМР, матрицы высот).
- Облака точек (LiDAR, фотограмметрия).

2. Источники данных

- Государственные (Росреестр, ФГИС ТП).
- Открытые (OpenStreetMap, Sentinel, Landsat).
- Коммерческие (Maxar, Airbus).

3. Системы координат и проекции

- Геодезические (WGS-84, ПЗ-90).
- Плоские (Гаусса-Крюгера, UTM).
- Преобразование между системами.

OpenStreetMap (OSM). База данных OSM состоит из улиц, локальных данных и полигонов зданий. Доступ к данным OSM в формате ГИС интегрирован в QGIS.

Далее будут рассмотрены модули «OSM Place Search» и «OpenLayers».

Перед началом работы с модулями необходимо убедиться, что они установлены. Модуль OSM Place Search устанавливается как панель QGIS. Модуль «OpenLayers» устанавливается в меню «Модули». Этот модуль позволяет получить доступ к базовым картам различных поставщиков в QGIS.

Следующим шагом является загрузка базовой карты «OpenStreetMap» в QGIS, выбрав «Модули» - «Плагин OpenLayers» - «Добавить слой OpenStreetMap».

Чтобы найти город Лондон, необходимо ввести запрос в строке «Имя содержит ...» на панели «Поиск места OSM». При наведении курсора на результат соответствующее место будет выделено на карте. Нужно выбрать первый результат - город Лондон в Великобритании - и нажать «Масштаб».

Базовый слой смещается и центрируется над Лондоном. Можно

увеличить его с помощью инструмента «Масштаб» и выбрать интересующую область.

Далее необходимо загрузить данные, отображаемые на карте («Вектор» - «OpenStreetMap» - «Загрузить данные»).

В диалоговом окне «Загрузка данных OpenStreetMap» нужно выбрать «С карты» в разделе «Экстент», указать путь и назвать выходной файл «london.osm».

Загруженный файл с расширением «osm» представляет собой текстовый файл в формате «OSM XML». Прежде всего необходимо преобразовать его в подходящий формат, что легко сделать в QGIS. Для этого выберите пункт «Вектор» - «OpenStreetMap» - «Импортировать топологию из XML» (рис. 1).

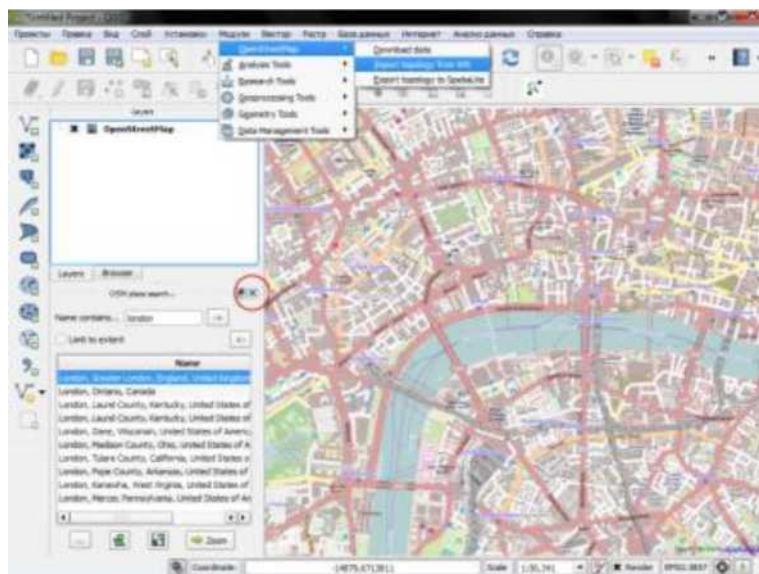


Рисунок 1. Преобразование файла

Далее необходимо выбрать загруженный файл «london.osm» в качестве «Входного XML-файла» и присвоить ему имя «Выходной файл Spatialite DB» «london.osm.db», а также убедиться, что флажок «Создать подключение (Spatialite)» после импорта».

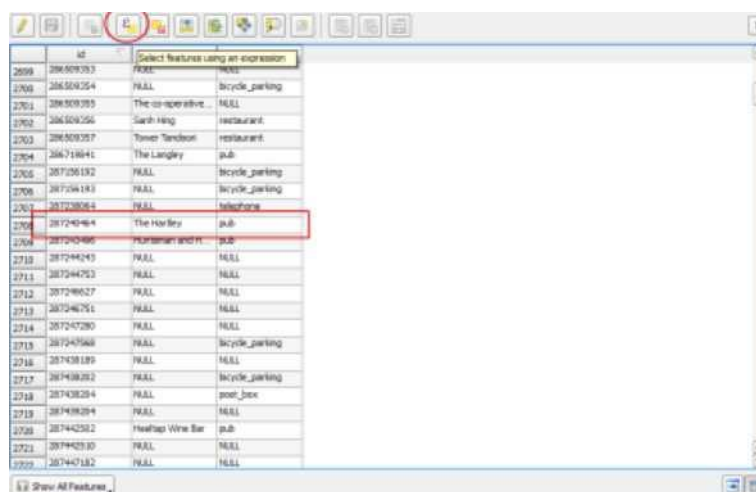
После этого необходимо создать слои геометрии «Spatialite», которые можно просматривать и анализировать в QGIS. Это делается с помощью Вектор - OpenStreetMap - Экспортировать топологию в Spatialite.

Файл «london.osm.db» содержит все типы объектов в базе данных OSM

- точки, линии и многоугольники. Слои ГИС обычно содержат только один тип объекта, поэтому вам нужно выбрать один из них. Так как расположение точек пабов необходимо, нужно выбрать: «guiabel:Point (nodes))» в качестве «Тип экспорта». Также необходимо экспортировать названия пабов, для этого вам нужно нажать на пункт «Загрузить из БД» в разделе «Экспортируемые теги». Это извлечет все атрибуты из файла london.osm.db.

После этого в QGIS будет создан новый точечный слой под названием «london_points». Он содержит все точки базы данных OSM из области просмотра. Необходимо написать запрос, с помощью которого будут выбраны только пабы. Для этого нужно щелкнуть правой кнопкой мыши слой «london_points» и выбрать «Открыть таблицу атрибутов».

Некоторые объекты в столбце «amenity» имеют значение атрибута «pub» (рис. 2).



id	amenity	name
2699	pub	pub
2700	pub	pub
2701	pub	pub
2702	pub	pub
2703	pub	pub
2704	pub	The Hovitz
2705	pub	pub
2706	pub	pub
2707	pub	pub
2708	pub	pub
2709	pub	pub
2710	pub	pub
2711	pub	pub
2712	pub	pub
2713	pub	pub
2714	pub	pub
2715	pub	pub
2716	pub	pub
2717	pub	pub
2718	pub	pub
2719	pub	pub
2720	pub	pub
2721	pub	pub
2722	pub	pub
2723	pub	pub
2724	pub	pub
2725	pub	pub
2726	pub	pub
2727	pub	pub
2728	pub	pub
2729	pub	pub
2730	pub	pub
2731	pub	pub
2732	pub	pub
2733	pub	pub
2734	pub	pub
2735	pub	pub
2736	pub	pub
2737	pub	pub
2738	pub	pub
2739	pub	pub
2740	pub	pub
2741	pub	pub
2742	pub	pub
2743	pub	pub
2744	pub	pub
2745	pub	pub
2746	pub	pub
2747	pub	pub
2748	pub	pub
2749	pub	pub
2750	pub	pub
2751	pub	pub
2752	pub	pub
2753	pub	pub
2754	pub	pub
2755	pub	pub
2756	pub	pub
2757	pub	pub
2758	pub	pub
2759	pub	pub
2760	pub	pub
2761	pub	pub
2762	pub	pub
2763	pub	pub
2764	pub	pub
2765	pub	pub
2766	pub	pub
2767	pub	pub
2768	pub	pub
2769	pub	pub
2770	pub	pub
2771	pub	pub
2772	pub	pub
2773	pub	pub
2774	pub	pub
2775	pub	pub
2776	pub	pub
2777	pub	pub
2778	pub	pub
2779	pub	pub
2780	pub	pub
2781	pub	pub
2782	pub	pub
2783	pub	pub
2784	pub	pub
2785	pub	pub
2786	pub	pub
2787	pub	pub
2788	pub	pub
2789	pub	pub
2790	pub	pub
2791	pub	pub
2792	pub	pub
2793	pub	pub
2794	pub	pub
2795	pub	pub
2796	pub	pub
2797	pub	pub
2798	pub	pub
2799	pub	pub
2800	pub	pub

Рисунок 2. Атрибутивная таблица слоя «london_points»

Далее нужно ввести выражение «“amenity” = ‘pub’» и нажать «Select» (рис. 3).

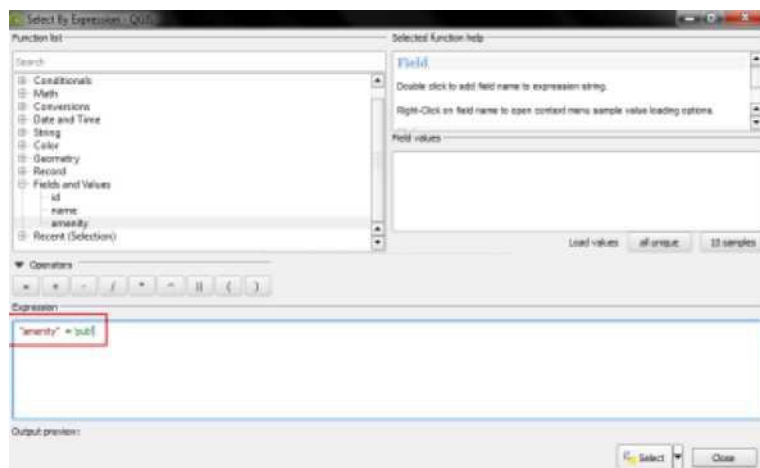


Рисунок 3. Написание запроса

Возвращаясь к окну карты QGIS, можно увидеть, что некоторые точки выделены желтым цветом. Это результат запроса.

В диалоговом окне «Сохранить векторный слой как ...» необходимо ввести имя выходного файла: london_pubs.shp, оставить все остальные параметры без изменений и убедиться, что установлен флажок «Добавить сохраненный файл на карту».

В окне QGIS появится новый слой с именем «london_pubs». Необходимо удалить метку со слоя london_points, поскольку она больше не нужна (рис. 4).

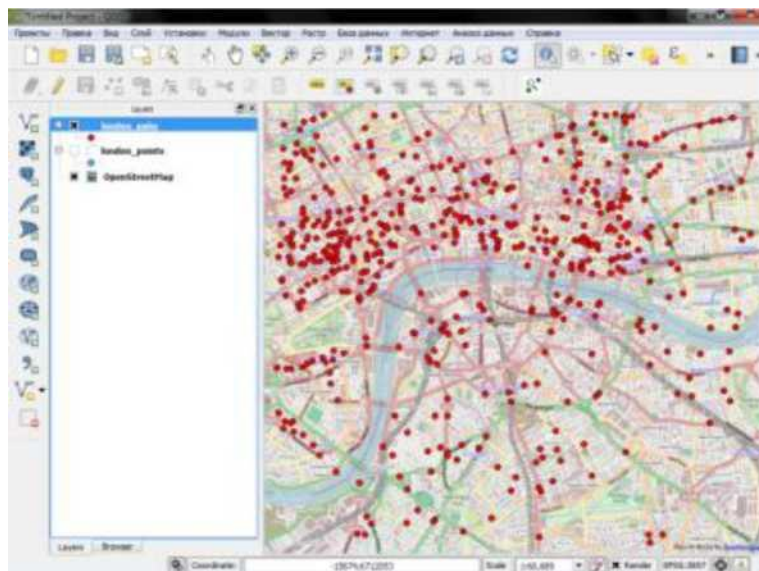


Рисунок 4. Снятие отметки со слоя «london_points»

Извлечение shape-файла с пабами завершено.

Практическая часть

Последовательность действий:

1. Загрузить данные с геопортала (например, OpenStreetMap).
2. Конвертировать данные из GeoJSON в Shapefile с помощью QGIS.
3. Настроить систему координат для проекта.
4. Визуализировать данные, создав тематическую карту.

Тема 2. Наземные традиционные методы сбора геопространственных данных

Теоретическая часть

1. **Геодезические приборы**
 - Теодолиты (измерение углов).
 - Тахеометры (углы + расстояния).
 - Нивелиры (высотные измерения).
2. **Методы измерений**
 - Полярный метод.
 - Трилатерация и триангуляция.
3. **Обработка данных**
 - Уравнивание измерений.
 - Построение планов.

Для построения объектов в двумерном пространстве необходимо задавать координаты определяющих точек данного объекта.

При вводе координат точек необходимо пользоваться одним из следующих методов задания координат:

- интерактивный метод;
- метод задания абсолютных координат;
- метод задания относительных координат;
- метод задания полярных координат;
- метод задания расстояния в указанном направлении.

Интерактивный метод. Задание координат точки с помощью курсора мыши в рабочем пространстве системы nanoCAD. Данный метод задания координат является не точным. Целесообразно применять интерактивный метод при построении объектов с использованием объектной привязки, или режим шаговой привязки.

Метод задания абсолютных координат. Данный метод основан на задании координат точки относительно начала мировой (пользовательской) системы координат. Обычно данный метод применяют, если известны точные

координаты точки ($X;Y$).

При использовании динамического ввода ДИН-ВВОД абсолютные координаты вводятся с использованием префикса # (при задании координат *Первой точки* объекта, с использованием динамического ввода, префикс # вводить не обязательно).

Например, при построении точки □ с координатами (10;20) необходимо ввести #10,20. В результате будет построена точка, которая смещена относительно начала координат по оси X на 10 мм, а по оси Y на 20 мм (см. рисунок 5).

В рабочем пространстве расположен знак системы координат , показывающий направление осей X , Y .

При использовании метод задания абсолютных координат, отсчет ведется из точки пересечения осей координат, имеющих нулевые координаты (0,0). Точки, лежащие левее оси Y имеют, отрицательные значения по координате X ; точки, лежащие ниже оси X , имеют отрицательные значения по координате Y .

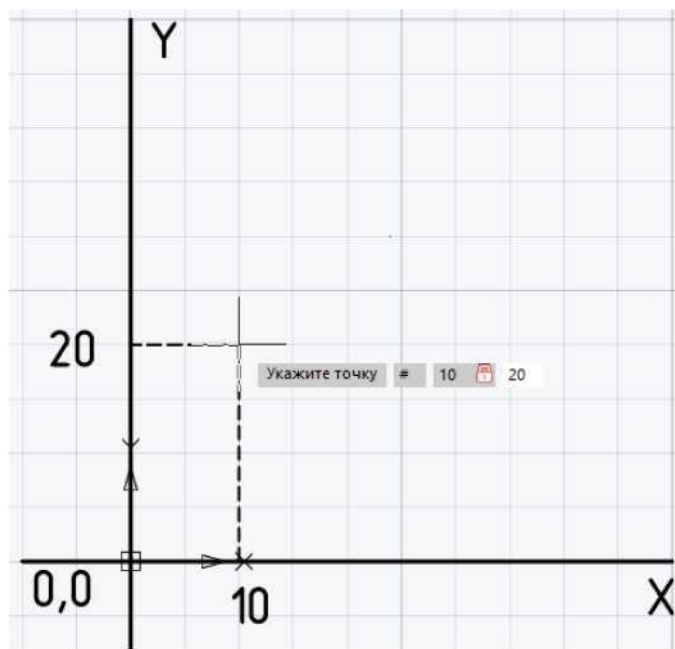


Рисунок . 5. Построение точки методом задания абсолютных координат

Метод задания относительных координат. Данный метод основан на задании координат точки относительно последней построенной точки.

Обычно данный метод применяют, если известны значения смещений координат точки относительно предыдущей точки.

При использовании динамического ввода относительные координаты вводятся с использованием префикса @ (при задании координат Второй и последующих точек объекта, с использованием динамического ввода, префикс @ вводить не обязательно).



Например, при построении отрезка, конец которого смещен относительно начала по оси X на 20 мм, а по оси Y на 10 мм необходимо ввести @20,10 (см. рисунок 41).

Метод задания полярных координат. Данный метод основан на задании следующих данных:

- расстояния между точками;
- угла между осью X и отрезком, соединяющим предыдущую и задаваемую точки.

Обычно данный метод применяют, если известны координаты точки, выраженные линейными и угловыми единицами.

Например, при построении отрезка, длиной 15 мм и находящемся под углом 30 градусов от оси X , необходимо ввести начало отрезка в абсолютных координатах #5,10 (после ввода координат нажать Enter), затем ввести @15<30 (после ввода нажать Enter).

В результате будет построен отрезок, с координатами начала (5;10), длиной 15 мм под углом 30° к оси X (см. рисунок 6).

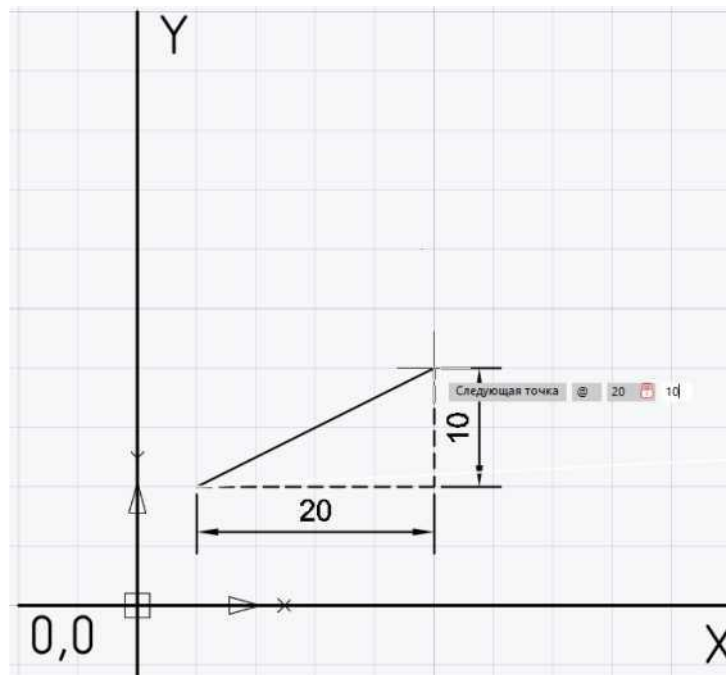


Рисунок. 6. Построение отрезка методом задания относительных координат

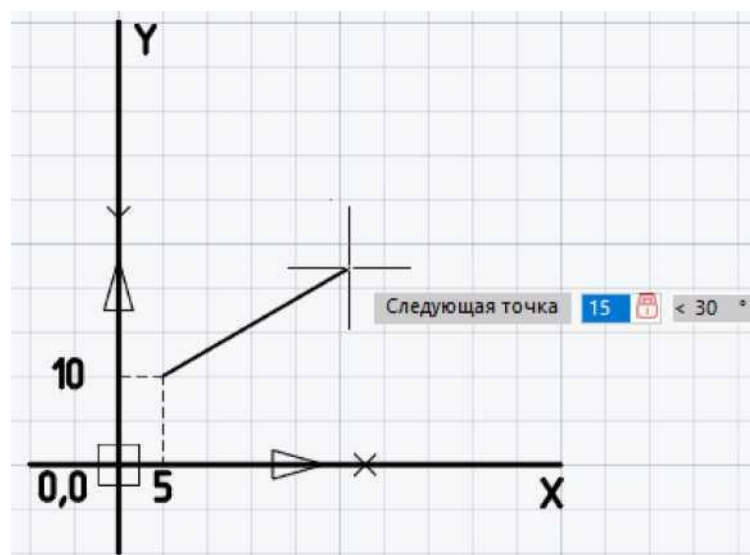


Рисунок. 7. Построение отрезка методом задания полярных координат

Метод задания расстояния в указанном направлении. Данный метод применяется для размещения следующей точки на определенном расстоянии от предыдущей в направлении, заданном с помощью курсора.

Например, при построении отрезка, длиной 20 мм, необходимо ввести начало отрезка в абсолютных координатах #5,10 (после ввода координат

нажать Enter), затем переместить курсор в нужном направлении и ввести **20** (после ввода нажать Enter) (см. рисунок 8).

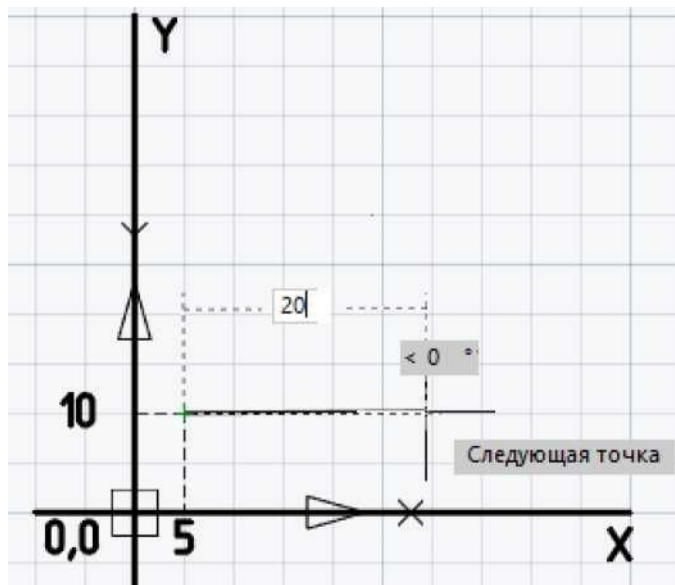


Рисунок. 8. Построение отрезка методом задания расстояния в указанном направлении

- Построение Фигуры 1 начинается с точки А с абсолютными координатами (20,30). Выбрать команду отрезок с помощью динамического ввода задать абсолютные координаты точки А **20,30**, нажать Enter.
- Построить отрезок длиной b **b,0**, нажать Enter.
- Построить следующие отрезки **d,c** Enter, **d,-c** Enter, **b,0** Enter, **-e,f** Enter и т. д.

2. Используя способ задания абсолютных и полярных координат, вычертите Фигуру 2, изображенную на Рисунке 44. Размеры фигуры указаны в Таблице 2.

- Построение Фигуры 2 начинается с точки В с абсолютными координатами (220,100). Выбрать команду отрезок. С помощью динамического ввода задать абсолютные координаты точки А **220,100**, нажать Enter.
- Построить отрезок длиной 70 под углом $(180^\circ + 70^\circ)$ **70<250** (или **70<- 110**), нажать Enter.
- Построить следующие отрезки **100<90** Enter, **g<a** Enter, **h <p** Enter, **h <-p** Enter и т. д.

Практическая часть

Последовательность действий:

1. Провести измерения на местности с тахеометром (3 точки).
2. Занести данные в журнал измерений.
3. Обработать данные в NanoCAD (построение плана).
4. Экспортировать результаты в ГИС.

Тема 3. ГНСС-технологии

Теоретическая часть

Использование систем спутникового позиционирования.

Основным достоинством спутниковых систем позиционирования является их глобальность, оперативность, всепогодность, оптимальная точность и эффективность. Для измерений не нужна видимость между определяемыми пунктами. Спутниковые системы позиционирования нашли применение во многих областях:

- Развитие опорных геодезических сетей.
- Распространение единой высокоточной шкалы времени.
- Исследования сейсмической активности и вулканизма, движений полюсов, земной поверхности и ледников, геоморфологические, биогеографические, океанологические и метеорологические исследования, мониторинг ионосферы и др.
- Кадастровые работы.
- Обеспечение работ по землеустройству.
- Сельскохозяйственное применение - определение координат сельхозтехники с целью внесения удобрений по заранее заготовленным картам, привязка в ходе уборки объемов урожая к конкретным местам поля, выявление, местоопределение и картографирование скоплений сорняков и др.
- Экологические исследования: применение координатной привязки разливов нефти вследствие аварий, оценки площадей нефтяных пятен и определения направлений их движений.

- Съемка и картографирование всех видов - топографическая, специальная, тематическая.
- Сбор материала для ГИС - перспективное самостоятельное направление.
- Рядом фирм выпускаются приемники, специально ориентированные на сбор данных для ГИС.
- Создание устройств, используемых в качестве поводырей слепых.
- Обеспечение инженерно-прикладных работ - мостостроение, прокладка путепроводов, ЛЭП, привязка и вынос в натуру объектов и др.
- Спасательно-предупредительные работы - геодезическое обеспечение при бедствиях и катастрофах.

Диспетчерские службы - обеспечение работы пожарных, милиции, скорой помощи, автомобильного и железнодорожного транспорта, где благодаря оптимальному выбору маршрутов и постоянному контролю за движением предвидится значительная экономия денежных средств и времени.

Установка соответствующей аппаратуры на личном автотранспорте. Автомобили экипируют электронными картами, по которым видно, где находится и куда движется автомашина.

Навигация всех видов - воздушная, морская, сухопутная.

Военные и разведывательные сферы.

Таким образом, системы спутникового позиционирования нашли широкое применение. Их пользователями могут быть как военные подразделения, так и гражданские организации.

Практическая часть

Последовательность действий:

1. Провести RTK-съемку участка.
2. Импортировать данные в Nanocad.
3. Построить карту высот.
4. Сравнить с данными тахеометра.

Тема 4. Технологии лазерного сканирования

Теоретическая часть

1. Типы сканеров

- Наземные (TLS).
- Воздушные (ALS).

2. Форматы данных

- LAS, LAZ.

3. Обработка облаков точек

- Фильтрация шумов.
- Классификация (земля, здания).

Наземное лазерное сканирование - один из самых оперативных и производительных способов получения пространственных данных об объекте.

Суть технологии состоит в определении пространственных координат точек поверхности объекта. В зависимости от поставленной задачи итогом работ может быть облако точек отражений или 3-D модель объекта.

Наземное лазерное сканирование является также методом производства работ, в процессе которого с высокой скоростью (от нескольких тысяч до миллиона точек в секунду) измеряются расстояния от сканера до точек объекта, регистрируются соответствующие направления (вертикальные, горизонтальные углы) и формируются трёхмерные изображения в виде облака точек.

Наземное лазерное сканирование применяется для решения широкого круга задач, от создания обмерных чертежей и 3Д моделей до выполнения классической топографической съемки сложных промышленных объектов.

Этапы работ:

Полевые работы:

- создание геодезической сети;
- съемка наземным лазерным сканером;
- уравнивание результатов съемки.

Камеральные работы:

- регуляризация и классификация точек лазерного отражения (ТЛО);

- формирование инженерных планов по данным наземного лазерного сканирования;

- получение трехмерной модели объектов;
- формирование твердотельных моделей отдельных узлов и агрегатов.

Виды работ:

- уравнивание результатов съемки, сшивка облаков лазерных точек;
- классификация точек лазерных отражений;
- создание цифровых моделей рельефа;
- создание трехмерных точечных моделей по данным НЛС;
- создание инженерно-топографических планов;
- создание трехмерных каркасных и твердотельных моделей зданий, сооружений и технологического оборудования;
- дешифровка объектов местности;
- оптимизация и корректировка цифровых моделей рельефа.

Результаты работ:

- высокоточные и высокодетальные модели зданий, сооружений и технологического оборудования;
- создание крупномасштабных топографических планов масштабов 1:100-1:500;
- панорамные фотоснимки территории;
- цифровые модели местности;
- различные планы и чертежи зданий и сооружений;
- чертежи с профилями и сечениями технологических объектов и сооружений.

Преимуществами технологии наземного лазерного сканирования являются:

- высокая степень автоматизации процесса измерения;
- высокая точность измерений;
- трехмерная визуализация в режиме реального времени;

- дистанционный метод получения информации об объекте, что позволяет персоналу не находиться в опасных зонах при съемке;
- многоцелевое использование результатов лазерного сканирования;
- неразрушающий метод получения информации - это проверка, контроль, оценка надежности параметров информации. Основным преимуществом неразрушающего метода является возможность оценить параметры и рабочие свойства объекта, используя способы контроля, которые не предусматривают остановку работы всей системы;
- высокая производительность. Наиболее важным достоинством применения наземного лазерного сканирования является сокращение полевых работ при создании цифровых моделей конструктивно сложных объектов (например, объекты промышленности, техническое оборудование на заводах и цехах), следовательно, данная технология более экономически выгодна по сравнению с другими;
- работы можно выполнять при любых условиях освещения, т. е. днем и ночью, так как сканеры являются активными съемочными системами.

Единственным недостатком при работе в условиях плохого освещения или в темное время суток может быть то, что не возможно будет выполнить фотосъемку объекта.

Воздушное лазерное сканирование - современный на сегодняшний день метод сбора геопространственной информации о местности. Суть метода лазерного сканирования заключается в измерении множества точек, принадлежащих земной поверхности и объектам, расположенных на ней, с помощью лазерного сканера, установленного на борту движущегося воздушного судна. Пространственная ориентация комплекса во время аэросъемочных работ осуществляется методом прямого геопозиционирования, принцип которого основан на определении положения и ориентации воздушного судна и лидара, установленного на нем, в режиме реального времени с помощью GNSS-приемников (GPS и ГЛОНАСС) и инерциальной навигационной системы. Одновременно с воздушным

лазерным сканированием производится цифровая аэрофотосъемка. Результатом воздушного лазерного сканирования является трехмерная точечная модель земной поверхности в заданной системе координат и набор цифровых аэрофотоснимков с известными элементами внешнего ориентирования.

Этапы производства работ:

- воздушное лазерное сканирование и цифровую аэрофотосъемку;
- экспресс-обработку аэросъемочных материалов;
- вычисление координат точек лазерных отражений;
- пересчет координат точек лазерного отражения (ТЛО) в местную систему координат и приведение их к виду, удобному для дальнейшей обработки;
- выравнивание плотности изображения на цифровых аэрофотоснимках;
- разделение данных, полученных в результате лазерного сканирования (лазерные отражения от земной поверхности и лазерные отражения от объектов);
- создание цифровой модели рельефа;
- создание ортофотопланов;
- оптимизацию цифровой модели рельефа;
- проведение камерального дешифрирования и составление цифровых топографических планов или навигационных карт .

По итогам обработки этих данных могут быть созданы следующие картографические материалы:

- цифровые топографические карты и планы масштаба до 1:500, 1:5000 и т.д;
- цифровые ортофотопланы;
- цифровые модели рельефа и местности;
- тематические карты и планы.

Особенностями воздушного лазерного сканирования как метода дистанционного зондирования Земли являются:

- высокая плотность точечной модели местности – до 15-20 точек на квадратный метр;
- высокая точность точечной модели местности – до 5-7 см по высоте и 7-8 см в плане;
- высокая детализация аэрофотосъемки и составляемых по ней ортофотопланов: размер пикселя на местности – до 4-5 см;
- оперативность получения конечных данных – конечные картографические материалы готовы в течение нескольких дней.

ГИС дает возможность интегрировать проектные и картографические данные из множества источников или с различных серверов, а также легко и быстро распространять карты и картографическую информацию, формировать информационные объекты карты в зависимости от необходимости, использовать разные слои карты и т.д.

ГИС представляет собой высокофункциональную, удобную и гибкую систему, осуществляющую ввод, интеграцию, анализ и распространение картографических данных.

Основные возможности:

- создание, редактирование и интеграция картографических данных;
- доступ к картографическим данным по сети Интернет;
- изменение семантических и пространственных атрибутов картографических объектов без применения дополнительного программного обеспечения на клиентских местах;
- использование механизма поиска, позволяющего выбирать необходимые объекты по заданным параметрам;
- простая и интуитивно понятная навигация в интерактивных картах;
- интеграция и возможности взаимодействия с внешними информационными системами и базами данных;

- создание условий для объективной и комплексной характеристики структур и процессов, связанных с пространственным отображением .

Данные воздушного лазерного сканирования и ДЗЗ представляют собой массив (“облако точек”), содержащий пространственные координаты точек (X,Y,Z) и значения интенсивности лазерного отражения. Массив содержит идентификаторы точек (GPS-время), а также координаты первого и последнего отражений (последнее отражение принадлежит земной поверхности).

ГИС включает средства обработки данных воздушного лазерного сканирования и ДЗЗ, позволяющие решать следующие задачи:

- создание топографической основы проектно-изыскательских работ,
- геометрические измерения инженерных сооружений,
- обновление карт местности,
- построение цифровых моделей рельефа (растровая модель, TIN, GRID),
- построение математических моделей с использованием интенсивности отражений лазерного импульса,
- дешифрирование объектов местности,
- создание ортофотопланов на основе классифицированных точек земной поверхности.

Средствами ГИС данные воздушного лазерного сканирования и ДЗЗ загружаются в файл цифровой нерегулярной точечной модели (MTD-модель).

Плоское и трёхмерное отображение точечной модели даёт наглядное представление о характере рельефа и антропогенной застройки. Цифровая нерегулярная точечная модель (MTD-модель) позволяет оценить спектр высот (статистику поверхности) заданного участка местности, получить отмычку рельефа в виде растра (RSW). С использованием MTD-модели можно сформировать 3D-метрику заданных объектов, а также выполнить автоматическое создание горизонталей.

Цифровая нерегулярная точечная модель используется при построении и отображении трёхмерной модели участка местности. Трёхмерная модель позволяет выполнить визуальную оценку рельефа выбранного участка и расположенных на нём объектов. В ГИС имеется возможность построения поверхности уклонов с использованием MTD-модели. Поверхность уклонов формируется в виде матрицы качеств (MTQ), элементы которой содержат среднее или максимальное значение уклона в градусах.

По MTD-модели можно построить растр качеств (RSW), отображающий направления склонов рельефа местности.

Цифровые модели рельефа (растровая модель, TIN, GRID), построенные по данным воздушного лазерного сканирования и ДЗЗ, используются для решения таких задач, как построение профилей и зон видимости, определение длин и площадей объектов с учётом рельефа, построение зон затопления. По цифровой модели рельефа может быть построен растр качеств (RSW) или матрица качеств (MTQ), содержащие зоны соответствия условиям, заданным с помощью логических операций над значениями высот.

Результаты обработки данных воздушного лазерного сканирования и дистанционного зондирования Земли применяется в целях картографирования территории, а также для решения широкого круга прикладных задач.

Практическая часть

Последовательность действий:

1. Загрузить облако точек в CloudCompare.
2. Удалить выбросы (статистическое удаление).
3. Классифицировать точки (земля/объекты).
4. Построить ЦМР.

Тема 5. Получение геоданных с БПЛА

Теоретическая часть

1. **Типы БПЛА**
 - Фиксированные крыло.
 - Мультикоптеры.
2. **Фотограмметрия**

- Перекрытие снимков.
- Построение ортомозаики.

3. Точность

- GSD (Ground Sampling Distance).

Беспилотный летательный аппарат – летательный аппарат, пилотируемый дистанционно, или выполняющий полет автономно, предназначенный для сбора достоверных и точных данных об объектах, их местоположении при помощи специального оборудования.

Аэрофотосъемка с применением БПЛА (рис. 8) состоит из следующих этапов: подготовительного, аэрофотографирования и камеральной обработки (табл. 1). В процессе полета оборудование БПЛА производит запись разных параметров – координаты, скорость и параметры ориентирования.



Рисунок. 8. Аэрофотосъемка с БПЛА

Таблица 1. - Этапы аэрофотосъемки

Этапы аэрофотосъемки	Производимые работы
Подготовительный	— изучение местности, подготовка имеющихся карт и иных источников информации; — установление требований к снимкам: разрешение, координаты места съемки; — создание полетного задания для БПЛА.
Аэрофотосъемка	— уточнение местоположения стартовой площадки и точки возврата, введение данных о скорости ветра и его направлении; — запуск летательного аппарата;

	— проведение съемки; — посадка летательного аппарата.
Камеральный	— экспорт данных с БПЛА в программные комплексы; — генерация файла привязки центров фотографирования.

По завершению аэрофотосъемки из файла журнала полета требуется выбрать координаты, которые совпадают с моментами фотографирования, и присвоить их соответствующим снимкам. С использованием высокоточных GPS-приемников, расположенных на борту летательного аппарата, происходит привязка с требуемой точностью посредством измерения координат центров фотографирования.

Исходные изображения, полученные в результате проведения аэрофотосъемки с БПЛА, подлежат обработке в фотограмметрических комплексах, после чего происходит их интеграция в ГИС. Извлечение информации из снимков возможно производить двумя способами – дешифрированием и фотограмметрическими измерениями.

Фотограмметрическая обработка заключается в трансформировании снимков, где изображение приводится в определенную картографическую проекцию. Таким образом, можно определить по снимкам положение объектов в пространстве. Процесс дешифрирования состоит в получении качественных характеристик объекта.

Результатом фотограмметрической обработки является ортофотоплан – это фотографический план местности на точной геодезической основе, полученный путем аэрофотосъемки с последующим преобразованием снимков из центральной проекции в ортогональную с помощью метода ортотрансформирования. Ортофотоплан используют в геоинформационных системах для создания цифровых карт, удовлетворяющих точности и качеству метрического и семантического описания объектов местности. Процесс обработки ортофотоплана в ГИС происходит следующим образом:

1. Импорт снимка и метаданных в программу;
2. Регистрация полученного растра;
3. Векторизация растрового изображения;
4. Построение цифровой модели рельефа (ЦМР) при необходимости;

5. Вывод данных и их дальнейшее использование в системе.

Импорт изображения выполняется с целью получения растрового представления снимка. У снимков, полученных с беспилотных летательных аппаратов, имеются подробные метаданные – это геопривязка (или местоположение) снимка, дата создания, процент облачного покрытия и другие свойства.

Регистрация полученного изображения проводится с целью пространственной привязки растра и заключается в присвоении пикселям растрового изображения координат. Наиболее целесообразно точки-привязки располагать по всей поверхности снимка на максимальном расстоянии друг от друга. Число точек обычно 3-4, но для повышения точности привязки их количество увеличивают до 10-12.

Анализ привязанного изображения позволяет выполнять в ГИС автоматические измерения расстояний, площадей и периметров географических объектов.

Оцифровка или векторизация заключается в создании векторных объектов (рис. 9).



Рисунок. 9. Векторизация ортофотоплана

Используются три способа оцифровки: вручную, автоматическая и полуавтоматическая. Векторизация вручную состоит в обводе границ объектов на дисплее с закреплением координат характерных точек контуров.

Автоматическая оцифровка происходит при помощи векторизаторов. Их задача состоит в определении географических объектов. Они могут

распознавать и выделять из растрового изображения точечные, линейные и площадные объекты, сопоставлять изображения со встроенными в программу условными знаками. Полуавтоматическая оцифровка происходит с применением векторизаторов и с помощью оператора, когда программа не может выполнить векторизацию автоматически. Выбор технологии оцифровки зависит от сложности снимка и масштаба работ.

Одна из особенностей ГИС – это возможность представления данных в виде накладывающихся друг на друга слоев (рис. 10). При этом происходит генерация географических объектов и наследование атрибутивной информации. Векторные точечные, линейные и площадные модели объектов предоставляют возможность вводить в ГИС набор семантических данных для выбранных объектов. Пользуясь специальным инструментарием ГИС можно по атрибутам строить тематические картограммы, классифицировать данные по группам, численности, категориям, также анализировать территорию.

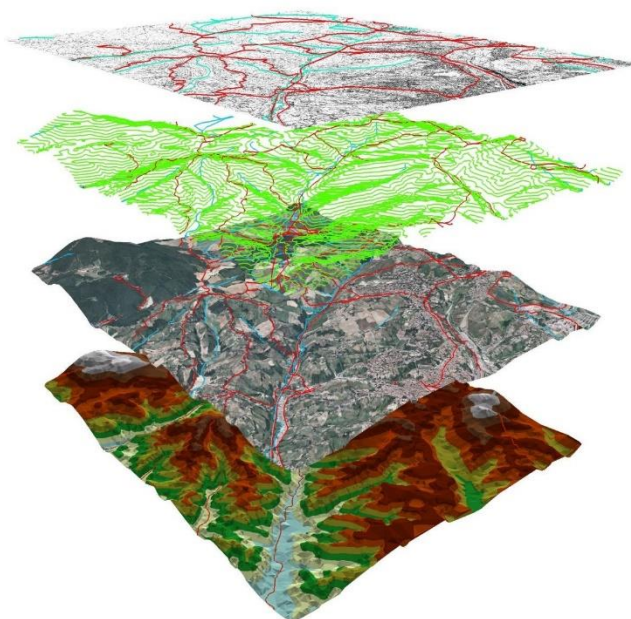


Рисунок. 10. Организация слоев в ГИС

Анализ местности становится более удобным и наглядным при построении и визуализации рельефа. Цифровые модели рельефа – это математическое представление участка земной поверхности, полученное путем обработки материалов топографической съемки. ЦМР строится по горизонталям в поверхностях TIN или GRID.

TIN – совокупность непересекающихся треугольников. Вершинами таких треугольников являются точки с известными координатами. Рельеф при этом изображается многогранной поверхностью, где грани описываются линейной функцией.

GRID – модель, которая представляет собой матрицу отметок высот, получаемую при интерполяции данных. Существует возможность представления такой модели в трехмерном виде. Для этого она совмещается с ортофотопланом. Особенность этого моделирования состоит в том, что при отображении можно изменять масштаб по оси Z, таким образом скрывая или выделяя различные элементы земной поверхности.

ЦМР совместно с векторными и растровыми моделями местности позволяет создавать цифровую модель местности, которая является необходимой для принимаемых решений по территориальному планированию и управлению ресурсами.

Последним этапом является подготовка цифровых и бумажных материалов проекта – это файла, в котором хранятся все компоненты работы. Для его оформления в геоинформационных системах существуют инструменты для компоновки карт, атласов, диаграмм, графиков с дальнейшей печатью или для показа на мультимедийном проекторе.

С использованием ГИС решается значительное количество задач за счет имеющих место проблем территориального управления, экологических, навигационных и др. Для их решения и реализации в рамках глобальных государственных программ следует поддерживать картографическую информацию в актуальном состоянии и оперативно вносить изменения. Такой метод получения информации, как аэрофотосъемка с БПЛА, следует рассматривать как наиболее экономически выгодный, дистанционный и эффективный для обеспечения ГИС необходимой информацией.

Практическая часть

Последовательность действий:

1. Запланировать полет в Pix4Dcapture.
2. Обработать снимки в Agisoft Metashape.
3. Построить ортофотоплан.
4. Сравнить с Lidar.

Тема 6. Программы для обработки геопространственных данных

Теоретическая часть

1. **ГИС-программы**
 - QGIS (открытая).
 - ArcGIS (коммерческая).
2. **Методы анализа**
 - Буферизация.
 - Интерполяция.
3. **Автоматизация**
 - Python-скрипты.

Буферизация в ГИС классифицирует пространство на две области: одна в пределах указанного расстояния от выбранного объекта, а другая — вне. Область в пределах указанного расстояния называется буфером или буферной зоной.

В ГИС буферные зоны представлены в виде векторных многоугольников (полигонов), построенных вокруг объектов. Они помогают определить, какие объекты находятся на определенном расстоянии от точки и сколько их, или наоборот помогают исключить территории из анализа. Цель создания буфера — выявить и проанализировать пространственные отношения между объектами в пределах этого расстояния.

Примеры использования буферов

Буферы – это базовый инструмент, которых поможет при ГИС-анализе в любой отрасли и для решения разных пространственных задач.

Представим, что нам нужно выбрать место для новой кофейни, которая должна находиться на расстоянии 600 метров от бизнес-центра. Тогда мы можем построить буфер от бизнес-центра или от входа в него и найти здания в этой зоне.

Буферизация поможет везде:

- Буфер вокруг точечного объекта, такого как нефтяная скважина, может быть использован для определения площади, которая будет затронута разливом нефти.
- Буферизация вокруг линейного объекта, такого как дорога, полезна при определении необходимой площади под строительство.
- Буфер вокруг полигона карьера может наглядно показать зону его шумового воздействия.

Объект может иметь несколько буферных зон: например, крупный источник выбросов в атмосферу может иметь буферные зоны с расстояниями 1, 5 и 10 км, образуя зоны разного экологического воздействия.

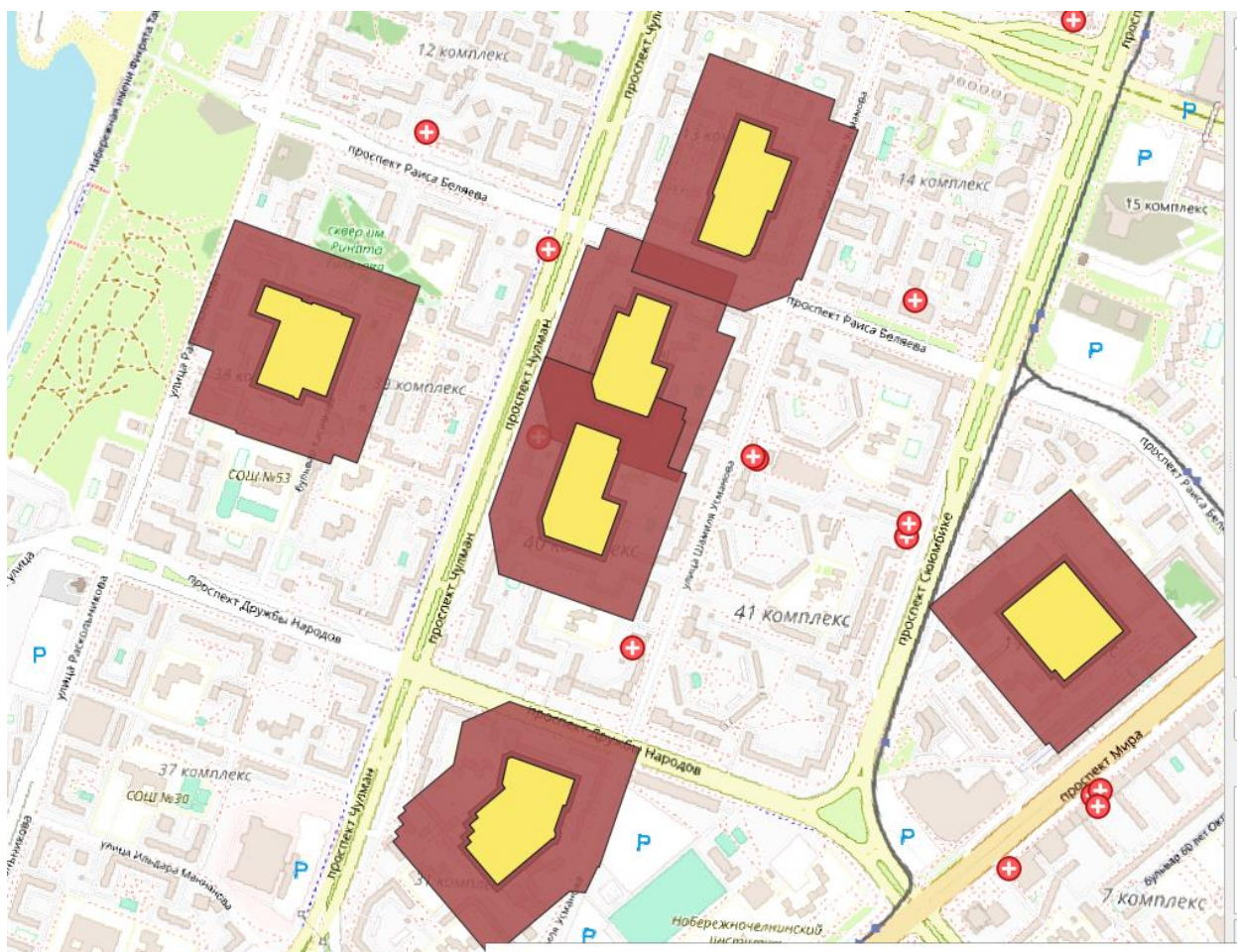


Рисунок. 11. Буферные зоны вокруг полигонального объекта

Для визуализации территорий в минутной доступности от школы можно использовать равномерный буфер вокруг школ. Источник данных для изображений: OpenStreetMap

Виды буферов

Переменный буфер

Размер буфера может изменяться в зависимости от поля в таблице атрибутов — это называется переменным буфером. Например, уровень шума вокруг дорожной сети может зависеть от интенсивности движения, и переменный буфер проиллюстрирует уровень шума путем использования большей буферной зоны для дорог с интенсивным движением и меньшей — для более тихих дорог.

Переменный буфер в QGIS находится в основном окне инструмента "Буферизация" — вы найдете его, кликнув на иконку рядом с полем выбора единицы измерения расстояния.

Отрицательный буфер внутри объекта

Можно создать буферную зону и вглубь границ полигона. Отрицательный буфер создается путем указания отрицательного значения расстояния. Положительные буферы можно применять к точечным, линейным и полигональным объектам, а отрицательные — только к полигональным.

Растровый буфер

Буферизация пикселей растрового изображения возможна, но процесс отличается от буферизации векторных элементов. В QGIS для создания растрового буфера есть в "Инструментах анализа" — "GRASS" — "Растр" — "r.buffer". Буфер будет создан вокруг тех ячеек, где есть данные, а остальное пространство должно иметь значение "Нет данных".

Создание буфера в QGIS

В большинстве приложений ГИС есть инструмент буферизации, хотя ее возможности могут быть разными. Посмотрим на пошаговый процесс буферизации в QGIS.

Откройте проект QGIS и добавьте слой, содержащий объекты, которые вы хотите буферизировать. Дальше все просто: в строке меню выберите "Вектор" — "Геообработка" — "Буферизация" ("Buffer"). В меню "Исходный слой" укажите слой с объектами, вокруг которых нужен буфер

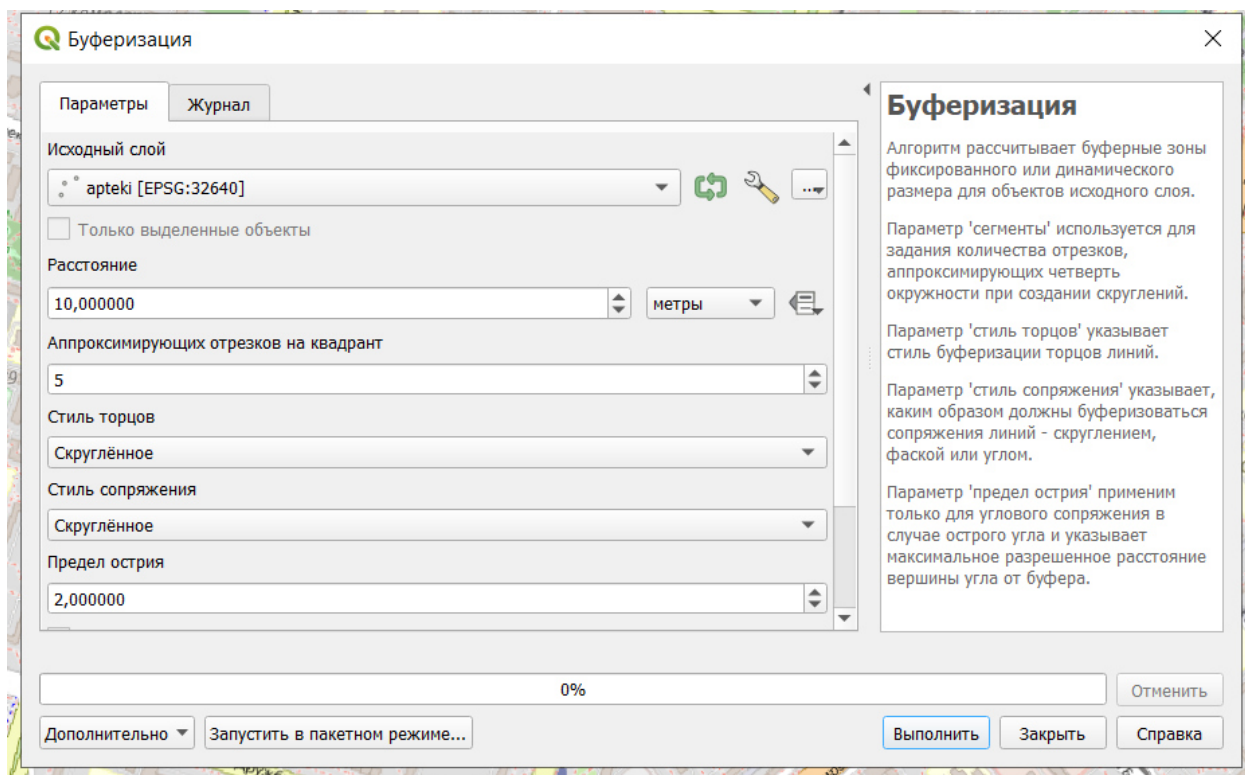


Рисунок. 12. Окно буферизации в QGIS

Укажите размер буфера в поле "Расстояние" – оно будет в единицах системы координат входного слоя. Например, если объекты находятся в проекционной системе координат в метрах, расстояние также будет в метрах. Однако если объекты находятся в географической системе координат в градусах, размер буфера тоже будет в градусах. Сначала пересохраните объекты в нужную проекцию, и уже потом выберите единицу измерения.

Выберите, как сохранить выходной файл, и нажмите кнопку "Выполнить". Новый слой с буферными зонами будет добавлен в ваш проект QGIS, и вы можете использовать этот слой для дальнейшего анализа.

Дополнительные параметры буферов в QGIS

Объединить несколько буферов в один при создании

Есть интересная функция "Dissolve", которая в русском переводе скрыта за галочкой "Результат объединения". Если нажать на галочку, то при буферизации накладывающиеся полигоны будут объединены в один буфер.

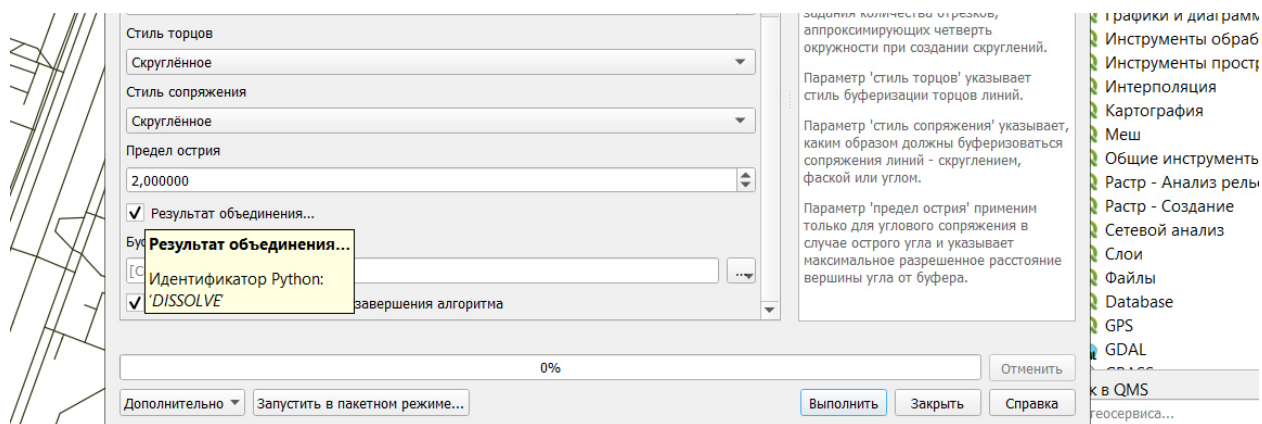


Рисунок. 13. Объединение буферных зон

Эта галочка приведет к тому, что накладывающиеся буферы будут объединены в один полигон



Рисунок. 14. Результат объединения

Тот же буфер вокруг школ, что и выше, только уже с совмещенными границами

Буферизация только выделенных объектов

Если нужен буфер для отдельных объектов слоя, то выделите их, а затем в окне "Буферизация" нажмите на "Только выделенные объекты". Для сложных задач можно использовать выделение по признакам (или "Выбрать по атрибуту"). Например, если для каждой улицы указана ширина, то при выборе выделения мы можем выделить улицы с шириной от 5 до 10, а потом создать буфер только вокруг выделенных объектов



Рисунок. 15. Буферизация только выделенных объектов

Галочка "Только выделенные объекты"

Геометрия буфера

Параметры скругления краев

Если вам нужен буфер в форме круга или с округлыми краями, важно знать про параметр "Количество аппроксимирующих отрезков" – чем их больше, тем более скругленными будут края буфера.

Множественный буфер (постоянное расстояние)

Больше функций буфера можно найти на панели инструментов: "Анализ данных" – "Панель инструментов" – "Вектор – Геометрия".

Алгоритм "Множественный буфер" создает несколько буферов-"бубликов" для объектов исходного слоя с фиксированным расстоянием и количеством.

Прямоугольники, овалы, ромбы

Этот инструмент создает прямоугольники, овалы или ромбы вокруг объектов точечного слоя – удобно, когда нужна готовая форма.

Больше опций буферизации

Для линейных объектов есть конический буфер, расширяющийся от начальной точки до заданной ширины, а также односторонний буфер – только с одной стороны линии.

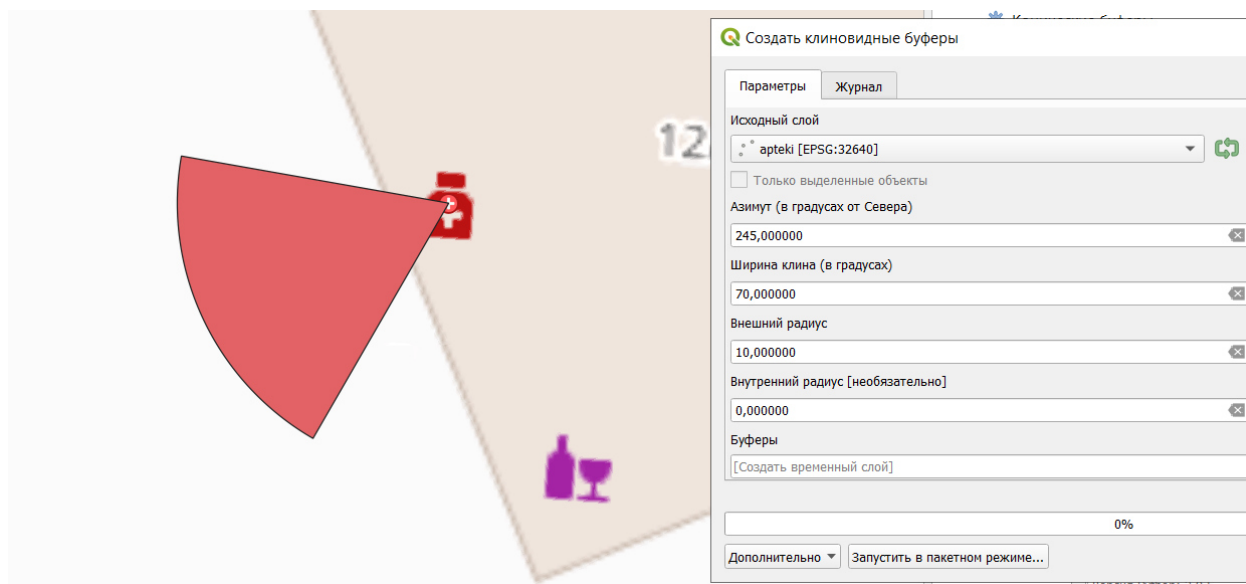


Рисунок. 16. Создание клиновидных буферов

Пример клиновидного буфера вокруг точки. В градусах указывается ширина клина и азимут

Итоговые буферы не всегда могут иметь правильную геометрию и могут привести к самопересекающимся полигонам или другим геометрическим проблемам. Все это зависит от топологии входного объекта, а также размера буферной зоны.

Интерполяции, нахождении неизвестного на основании известного. Научимся делать ее тремя разными способами:

- триангуляция Делоне (TIN интерполяция);
- метод обратно взвешенных расстояний;
- кригинг.

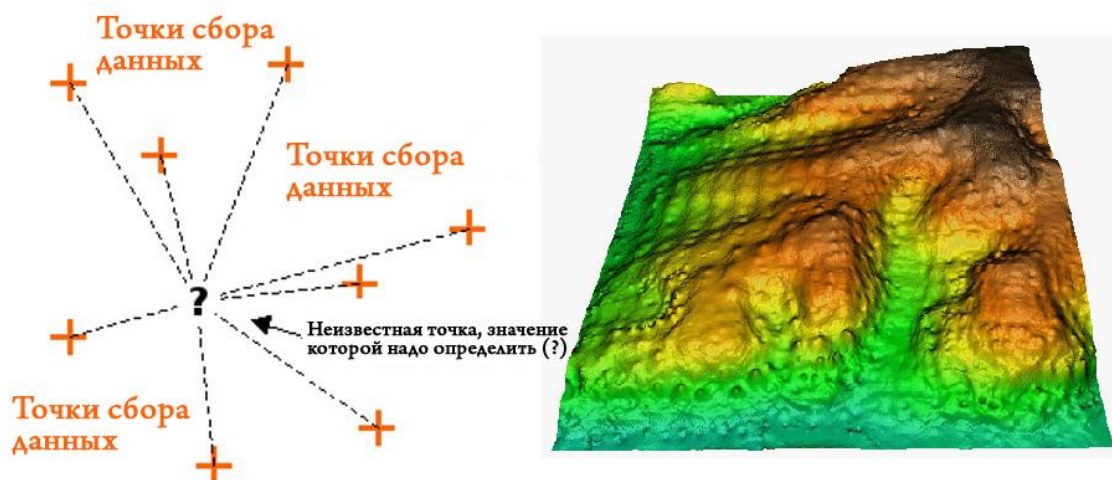


Рисунок. 15. Интерполяция

Суть интерполяции состоит в том, чтобы с помощью нескольких точек с известными значениями создать непрерывную поверхность, для каждой точки которой (или в нашем случае пикселя) имеется значение искомой переменной

Практическая часть

Последовательность действий:

1. Загрузить данные в QGIS.
2. Провести анализ (буферы).
3. Создать карту.
4. Написать скрипт для автоматизации.

Библиографический список

1. Инженерная геодезия и геоинформатика. Краткий курс : учебник для вузов / М. Я. Брынь, Е. С. Богомолова, В. А. Коугия [и др.] ; под редакцией В. А. Коугия. — 4-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2025. — 288 с. — ISBN 978-5-507-50468-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/438974>. — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Кузнецов, О. Ф. Геодезическое и картографическое обеспечение землеустройства и кадастров : учебное пособие / О. Ф. Кузнецов. — Оренбург : ОГУ, 2017. — 162 с. — ISBN 978-5-7410-1809-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/110611>. — Режим доступа: для авториз. пользователей.

3. Соловьев, А. Н. Применение глобальных навигационных спутниковых систем в инженерной геодезии : учебное пособие / А. Н. Соловьев. — Санкт-Петербург : СПбГЛТУ, 2014. — 88 с. — ISBN 978-5-9239-0704-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/55715>. — Режим доступа: для авториз. пользователей.

4. Комиссаров, А. В. Автоматизированные технологии сбора и обработки пространственных данных : учебник / А. В. Комиссаров. — Новосибирск : СГУГиТ, 2016. — 307 с. — ISBN 978-5-87693-988-3. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/157309>

**МЕТОДЫ СБОРА И ОБРАБОТКИ
ГЕОПРОСТРАНСТВЕННОЙ ИНФОРМАЦИИ**

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
к проведению лабораторных работ
для студентов, обучающихся по направлению подготовки:
05.04.03 Картография и геоинформатика
(программа: Геоинформационное моделирование)
всех форм обучения

Составители:

Хахулина Надежда Борисовна

Издается в авторской редакции

Уч.- изд. л. 2,5.

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический
университет»

394006 Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84