

**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 ПОЛУЧЕНИЯ, ОБРАБОТКИ И АНАЛИЗА
ГЕОПРОСТРАНСТВЕННЫХ ДАННЫХ**

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

для проведения практических работ для студентов,
обучающихся по направлению подготовки: 21.03.03
«Геодезия и дистанционное зондирование»
профиль «Геодезическое обеспечение геоинформационных
систем» всех форм обучения

Воронеж 2025

УДК 528.91
ББК 26.8я7

Составители
доцент Реджепов М.Б.

Методы получения, обработки и анализа геопространственных данных: методические указания для проведения практических работ для студентов, обучающихся по направлению подготовки: 21.03.03 «Геодезия и дистанционное зондирование» профиль «Геодезическое обеспечение геоинформационных систем» всех форм обучения / сост.: М.Б. Реджепов; ВГТУ. – Воронеж, 2022. – 28с.

Методические указания разработаны для проведения практических работ по дисциплине «Методы получения, обработки и анализа геопространственных данных», обучающие технологиям сбора, обработки и анализа геопространственных данных с возможностью использования различных данных о местности в виде цифровой модели рельефа.

Предназначены для студентов направления 21.03.03 «Геодезия и дистанционное зондирование» профиль «Геодезическое обеспечение геоинформационных систем» всех форм обучения

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

Ил.13. Библиогр.: 8 назв.

УДК 528.91
ББК 26.8я7

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

ВВЕДЕНИЕ

Целью дисциплины выполнения практических работ является формирование профессиональных компетенций, определяющих готовность и способность студентов к использованию знаний из области методов получения, обработки и анализа геопространственных данных для решения основных задач геодезии и дистанционного зондирования.

Задачами являются:

- использовать знание принципов использования технологий сбора и обработки пространственно-распределенной информации;
- способностей использовать знание современных автоматизированных технологий сбора, систематизации, обработки и учета пространственной информации;
- приобретение умения работать с программным обеспечением и базами данных по учету, анализу и систематизации результатов инженерно-геодезических работ;
- приобретение навыков по созданию информационных продуктов и услуг на основе использования данных дистанционного зондирования;
- способностей использовать знание современных технологий дешифрирования видеоинформации, аэро- и космических снимков, дистанционного зондирования территории, создания оригиналов карт, планов, других графических материалов.

В методических указаниях рассматривают использование AutoCAD Civil 3D данных о местности в виде цифровой модели рельефа.

ТЕХНОЛОГИИ СБОРА ДАННЫХ В ГИС

Входной поток первичной информации, поступающий из внешней среды, является обязательным компонентом любой геоинформационной системы. Источниками информации могут служить любые объекты окружающего нас мира: предметы неживой природы, живые объекты, события, явления, процессы (социальные, экономические, природные и проч.), также сами информационные процессы и технологии, а также субъекты, владеющие сведениями.

Анализ внешней среды с целью выявления источников информации производится с учетом следующих критериев:

- **надежность, доступность и достоверность** источника информации;
- **объем и форма** предоставления информации источником;
- **стоимость** информационных услуг;
- **совместимость** формы предоставления источником информации с требованиями информационной системы потребителя.

Информация при сборе регистрируется, кодируется, аннотируется, систематизируется и унифицируется.

Не унифицированная информация в ГИС, чаще всего поступает следующими путями:

- непрерывный мониторинг процессов и явлений;
- статистический анализ информации об объектах;
- электронный поиск в информационных системах;
- информационная разведка и др.

Прием и регистрация первичной информации в ГИС производится вручную, автоматизированными способами или автоматически. **При ручном способе** данные фиксируются на специальных бланках или в журналах в установленной форме, а поступающие документы регистрируются и сохраняются в виде оригиналов или копий. **При автоматизированном способе** регистрация осуществляется на машинном носителе с помощью автоматизированных или полуавтоматизированных устройств. Автоматическая регистрация выполняется без участия человека и предполагает прямое подключение ГИС к источнику информации. Некоторые ГИС имеют встроенные устройства - векторизаторы, автоматизирующие процесс оцифровки изображений. Процесс преобразования данных, например с бумажных карт в компьютерные файлы называется оцифровкой. Данные переведенные в требуемые цифровые форматы, напрямую воспринимаются ГИС-пакетами.

В ГИС используются данные, получаемые различными технологиями:

- геодезическими (полевыми) методами;
- с помощью системы глобального позиционирования GPS, Глонасс и т.п;
- фотограмметрическими методами (наземные и воздушные снимки);
- с помощью средств и методов дистанционного зондирования;

- с карт (географических, тематических, специальных и т.п.);
- с помощью телевизионной видеосъемки;
- по сети Internet;
- из баз данных, архивов или из других ГИС;
- с помощью средств мультимедиа.

Сбор полевой информации производится непосредственно на местности с помощью геодезических приборов – теодолитов, нивелиров и т.д. Результаты фиксируются в виде записей в полевых журналах или на устройствах автоматизированной регистрации в закодированном виде. Эта – исходная информация требует обработки и унификации.

Система глобального позиционирования Global Positioning System (GPS) – технология определения точного положения объектов на земной поверхности. Положение объектов рассчитывается по сигналам, поступающих от нескольких искусственных спутников земли, расположенных на высоких орбитах. Погрешность определения составляет от сантиметра до нескольких метров.

Система GPS показала высокую эффективность использования в создании кадастровых планов, определении координат точек, экологии, наземной навигации, архитектуре и строительстве, геологии, региональном управлении, железнодорожном транспорте, метеорологии, здравоохранении и т.д. благодаря следующим достоинствам:

- самая высокая точность определения координат;
- сокращение времени по сравнению с традиционными методами наземной съемки;
- возможность проведения работ при отсутствии прямой видимости между измеряемыми объектами;
- возможность экспорта результатов в формате удобном для последующего использования ГИС.

Сбор картографических данных ранее служил основным источником данных для ГИС. Карта несет позиционную информацию о точном расположении объекта и его размерах, а также атрибутивную информацию – о типе, виде, классе объектов.

Ввод картографической информации может осуществляться следующими методами:

- дигитайзерным методом, основанным на дискретном преобразовании аналоговой информации, содержащейся на карте и создании новой цифровой карты и последующим вводом результатов обработки в базу данных. Ввод информации с карты в компьютер осуществляют с помощью планшета;
- сканерная технология основана на считывании карты с помощью сканера.

Фотограмметрические методы используют технологии получения и обработки аэрофотоснимков и космических снимков. По сравнению с картами фотоснимки дают более точные позиционные данные, являются более

оперативным источником информации, насыщены современной тематической информацией. Снимки служат хорошим средством оперативного контроля и мониторинга. В отличие от карт они позволяют оперативно выявлять новые явления и процессы их развития. Для создания цифровых карт по фотоснимкам необходима фотограмметрическая обработка. Современная фотограмметрия создает цифровые снимки на машинных носителях информации.

В настоящее время для съемок из космоса используют традиционное фотографирование, сканирующие системы реального времени, оперативно передающие на землю информацию, радиолокационные системы и системы получения инфракрасных снимков.

Работа №1. Сбор данных в Google Earth с помощью AutoCAD Civil 3D

Возможность использования в AutoCAD Civil 3D данных о местности в виде цифровой модели рельефа и растрового спутникового изображения представляет интерес для очень широкого круга специалистов. Эта замечательная способность флагманского продукта Autodesk порой незаменима при выполнении эскизного проекта, предварительного планирования, оценке объемов работ, то есть на том этапе, когда еще отсутствует актуальная детальная топографическая съемка местности.

Установка системы координат

При работе с AutoCAD Civil 3D очень важно использовать информацию из сервиса Google Earth. При этом, конечно же, удобно было бы получить в чертеже AutoCAD Civil 3D необходимые изображение и фрагмент ЦМР из Google Earth сразу в требуемой системе координат.

Для этого необходимо знать параметры перехода к определяемой системе координат от системы координат WGS84. Рассчитать параметры перехода можно, имея на руках координаты опорных точек в обеих системах (например, в местной системе координат из каталога и в WGS84 по результатам GPSнаблюдений). Расчет выполняется в программах обработки геодезических измерений, бесплатно поставляемых вместе с оборудованием (Trimble Geomatic Office, Leica Geo Office, Javad (Topcon) Pinnacle и др.).

Процесс очень прост: в специальном редакторе слева вносятся координаты опорных точек в WGS84, справа — в требуемой системе; далее вызывается команда расчета, которая в открывшемся окне демонстрирует вычисленные параметры и оценку точности (рис. 1).

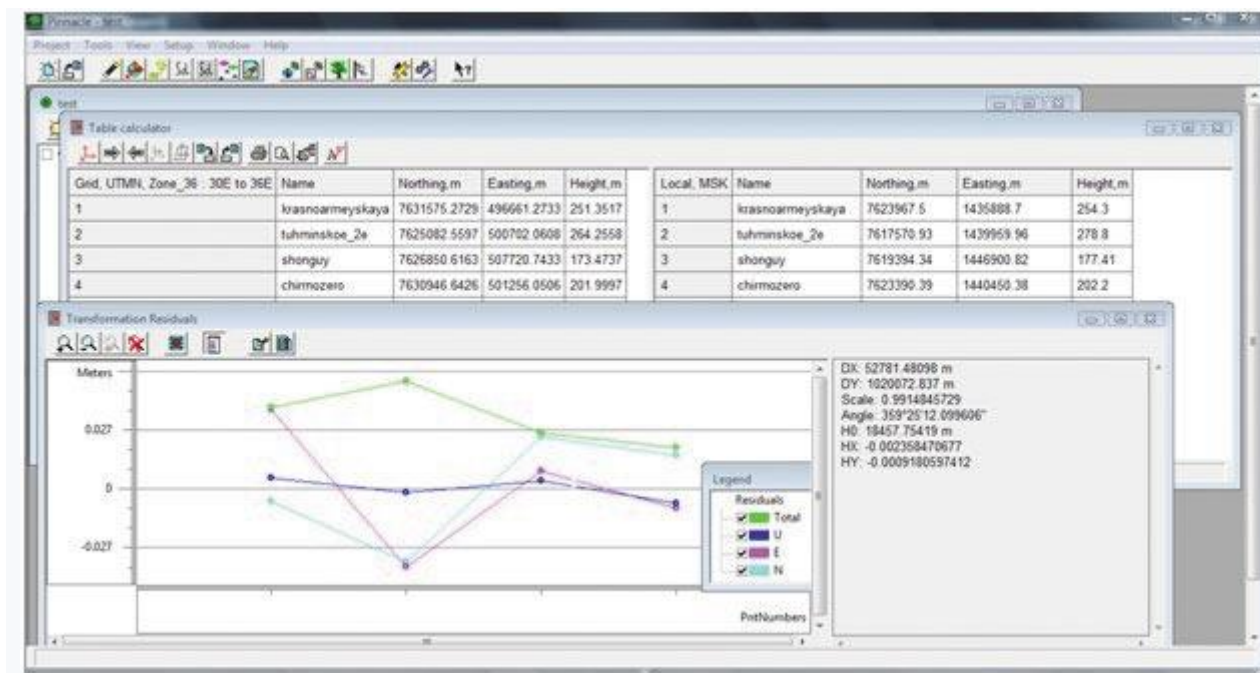


Рис. 1. Результат расчета параметров перехода

В AutoCAD Civil 3D для вызова окна *Диспетчера систем координат проекта* в командной строке можно набрать команду `_ADEDEFCDSDSYS`. Это гораздо быстрее, чем искать иконку команды, которая находится в рабочем пространстве *Геопространственные данные на основе задач*, вкладка ленты — *Карта элементов*, панель — *Системы координат*.

Для удобства через *Диспетчер категорий* можно создать свою категорию. Выбрав новую категорию, нажмите на кнопку *Определить*. Откроется окно *Создание системы координат проекта*. В нем требуется указать уникальный код, единицы измерения, выбрать тип системы координат: *Геодезическая* — и нажать на кнопку *Определить*. В *Диспетчере референцэллипсоидов* нажмите на кнопку *Создать*. В определении нового референцэллипсоида укажите код на вкладке *Общие параметры*, а на вкладке *Преобразование референцэллипсоида* внесите вычисленные параметры перехода. Метод преобразования — по семи параметрам (рис. 2).

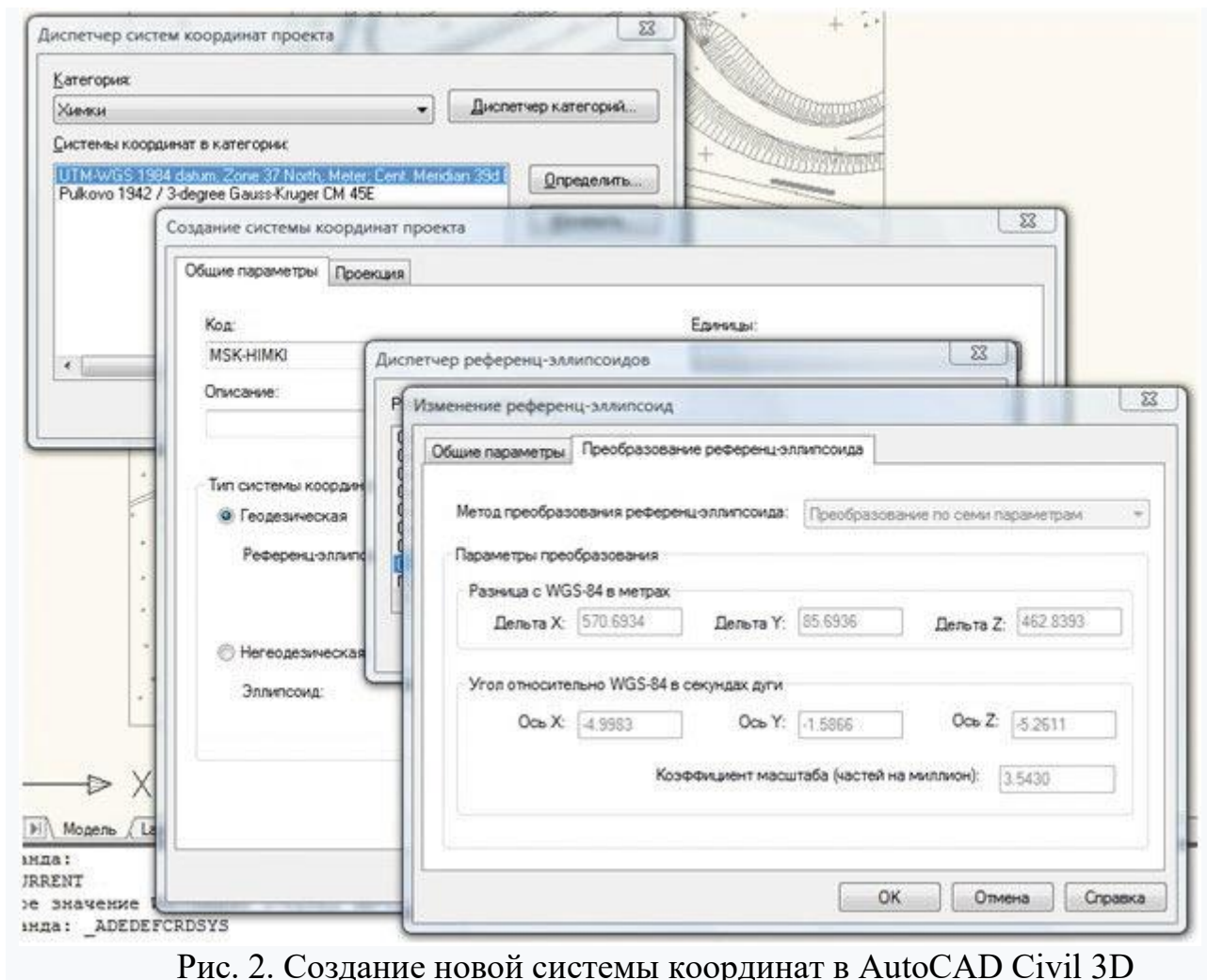


Рис. 2. Создание новой системы координат в AutoCAD Civil 3D

Назначение созданной системы координат чертежу

В окне определения параметров чертежа на вкладке *Единицы измерения* и зона в разделе *Зона* выбираются необходимые категория и система координат. Команда *Редактировать параметры чертежа...* вызывается через контекстное меню щелчком правой кнопкой мыши по имени чертежа на вкладке *Параметры области инструментов* (рис. 3).

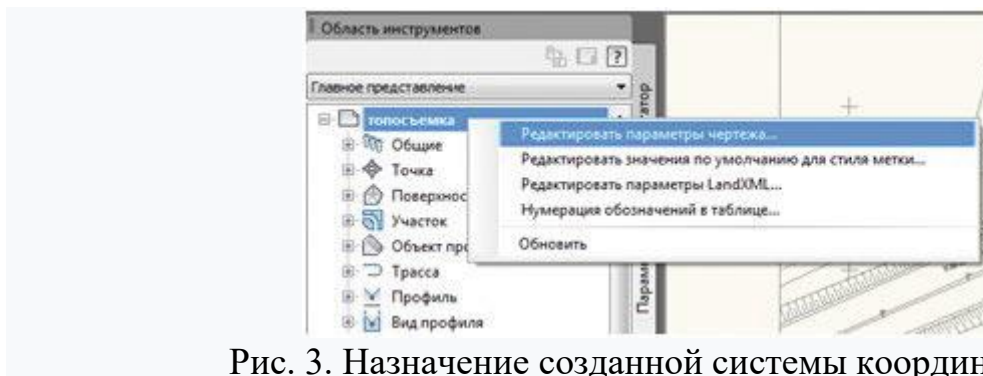


Рис. 3. Назначение созданной системы координат чертежу

Настройка и работа в Google Earth

В настройках программы Google Earth (*Инструменты* —> *Настройки*) необходимо установить:

- показывать шир./долг. — универсальная поперечная проекция Меркатора;
- показывать высоту — метры, километры;
- качество отображения рельефа — выше.

На панели слоев отключить слои с ненужной информацией, оставив включенным слой *Рельеф*.

Найдите требуемый участок местности. Используйте встроенные средства поиска по географическим объектам и навигацию 3Дпросмотра. Необходимо привести изображение в плановое положение и добиться оптимального значения высоты камеры (рис. 4). Необходимо помнить, что в AutoCAD Civil 3D изображение будет вставлено с экранным разрешением.

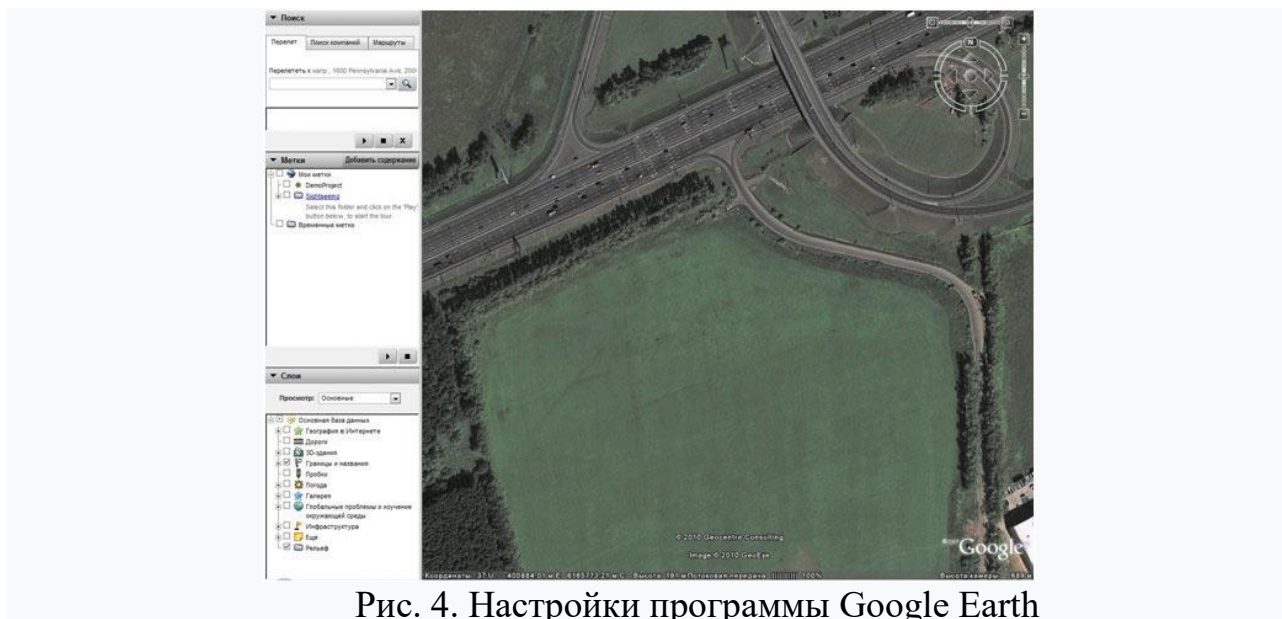


Рис. 4. Настройки программы Google Earth

Импорт изображения и поверхности в AutoCAD Civil 3D

Предварительная настройка

В случае использования Google Earth версии 5.0 и выше для решения проблемы с импортом данных рельефа придется изменить настройки команд ImportGESurface и ImportGEDData.

В *Области инструментов* на вкладке *Параметры* в коллекции *Поверхность* в разделе *Команды* найдите вышеупомянутые команды и вызовите поочередно для них окна редактирования параметров. В группе параметров *Параметры Google Earth* установите новые значения для строк и

столбцов — 70 (если импорт будет занимать длительное время, то можно еще уменьшить значение — рис. 5).

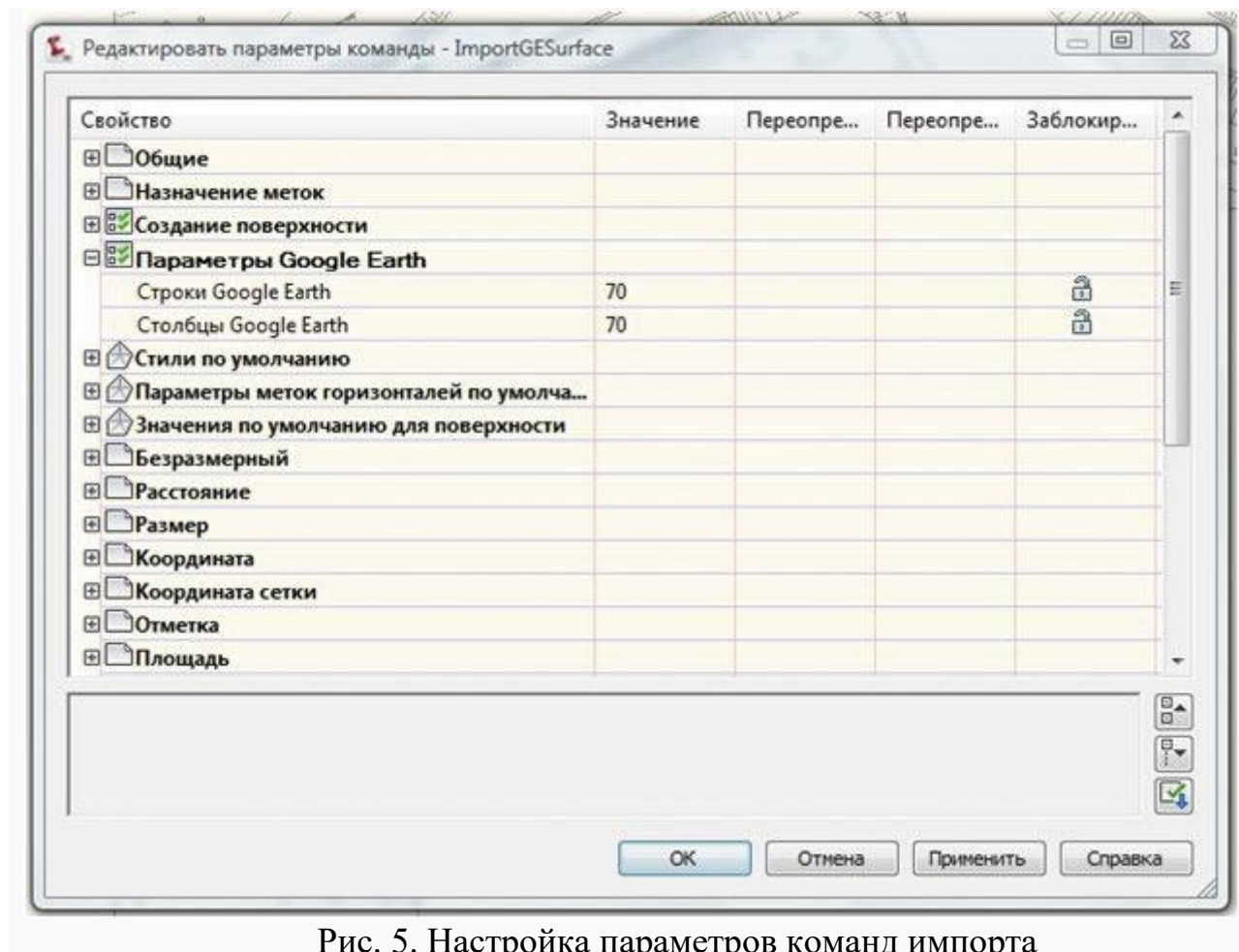


Рис. 5. Настройка параметров команд импорта

Процедура импорта

Выберите на вкладке ленты инструментов *Вставка* на панели *Импорт* в раскрывающемся списке *Google Earth* строку *Изображение Google Earth* (рис. 6).

При появлении запроса выбора системы координат для размещения изображения нажмите клавишу Enter, чтобы принять систему координат по умолчанию.

При импорте изображения Google Earth в AutoCAD Civil 3D оно отображается на чертеже в виде объекта — изображения в градациях серого цвета. Изображение масштабируется как по линейным единицам в чертеже, так и по границам изображения по широте/долготе. Формат изображения совпадает с форматом изображения, отображаемого в окне Google Earth. AutoCAD Civil 3D автоматически создает имя для изображения, используя первые три символа имени файла чертежа и уникальный идентификационный номер.

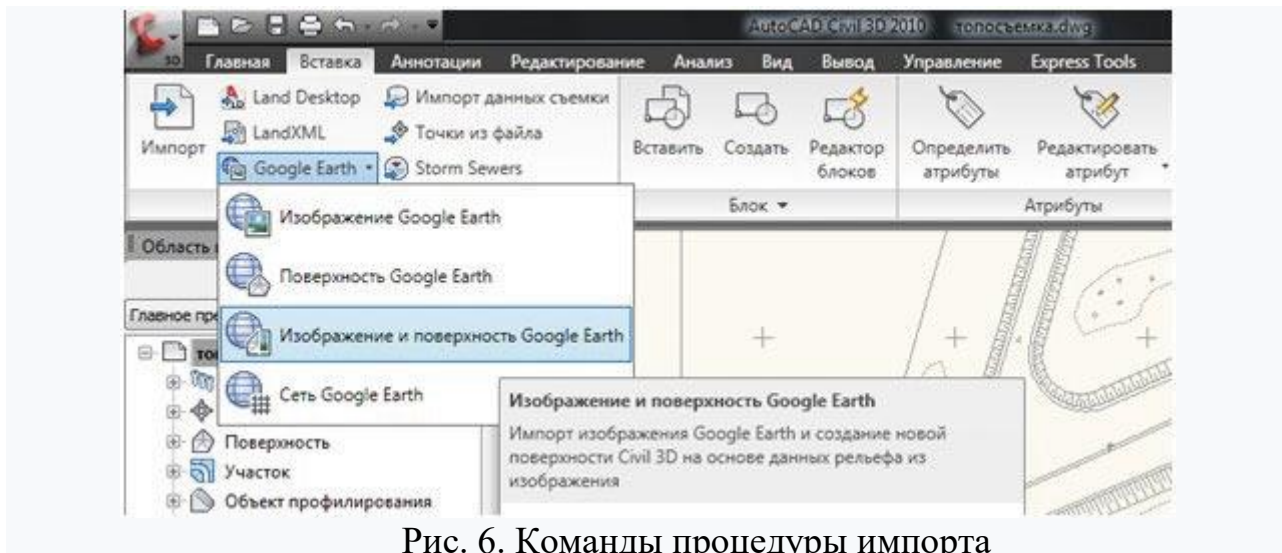


Рис. 6. Команды процедуры импорта

По умолчанию изображение сохраняется в папке текущего пользователя. Увидеть этот путь можно в свойствах изображения.

Когда изображение натягивается на поверхность, то из него создается новый материал для тонирования, который применяется к поверхности. Если изображение больше поверхности, то оно обрезается до границ объекта поверхности. Если для захвата поверхности необходимо несколько меньших изображений, их надо затем объединить в одно изображение.

Установка цветного изображения в чертеже

Импортируемое изображение получается в градациях серого цвета, но многим хотелось бы получить картинку в цвете. Нет проблем!

В окне Google Earth выберите *Файл* → *Сохранить* → *Сохранить изображение*. В AutoCAD Civil 3D вызовите диспетчер ссылок (ВНССЫЛКИ). В *Подобностях* для импортированного изображения в строчке *Найден* щелкните левой кнопкой мыши, чтобы установить путь к ранее сохраненному цветному изображению (рис. 7).

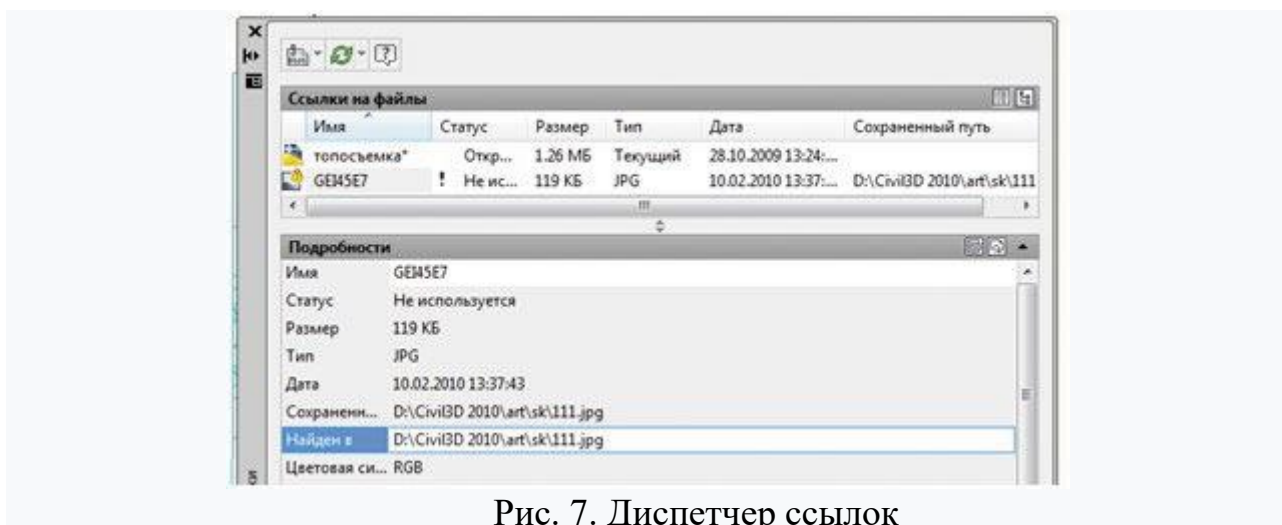


Рис. 7. Диспетчер ссылок

Для того чтобы установить новый материал для тонирования поверхности из Google Earth, необходимо выбрать эту поверхность в чертеже и вызвать команду *Натягивать изображение* из контекстной вкладки ленты (рис. 8). Укажите имя цветного снимка. Нажмите ОК.

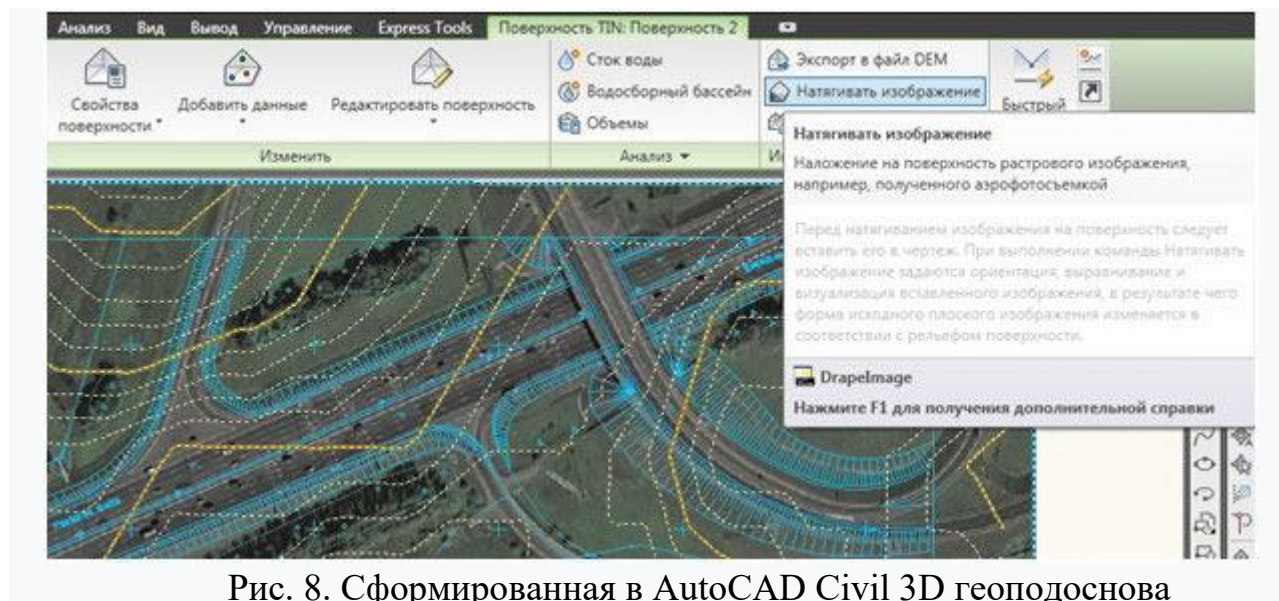


Рис. 8. Сформированная в AutoCAD Civil 3D геоподоснова

Импортированная из Google Earth цифровая модель рельефа в совокупности со спутниковым изображением и оцифрованной ситуацией служит прекрасной основой для наглядного визуального представления местности в передаваемых заказчику проектах объектов инфраструктуры.

Уникальные возможности AutoCAD Civil 3D, еще раз демонстрируют высочайший уровень решений Autodesk. Как всегда, они направлены на достижение качественного результата с минимальными затратами и в сжатые сроки, чего и требуют современные реалии.

Работа №2. Загрузка космических снимков из SASPlanet

Иногда очень выручает возможность загрузки растровой картографической подложки (Генштаб, OSM, Google Earth, Космоснимки и т.д.) с привязкой по координатам в Civil, в целях наглядности и оформления различного рода чертежей.

Заходим в SAS. Планета и выбираем нужную нам карту:

1. Инструментом «Прямоугольная область» выделяем нужны нам фрагмент карты
2. Автоматический выйдет окно «операции с выделенной областью»
3. В нем жмем «Склеить»,

4. Выбираем формат растрового изображения – ECW, можно выбрать любой – JPEG, BMP, GeoTIFF, но ECW будет более удобный, т.к. занимает меньше места.

5. Выбираем путь куда сохранять

6. Выбираем масштаб, чем больше масштаб – тем качественнее выгруженное изображение, соответственно большего размера и дольше занимает время выгрузки

7. Выбираем проекцию Mercator/WGS84 как на картинке (рис. 9).

8. Если площадь фрагмента карты большая, то разбиваем его на «кусочки»

Жмем «Начать» и ждем окончания выгрузки.

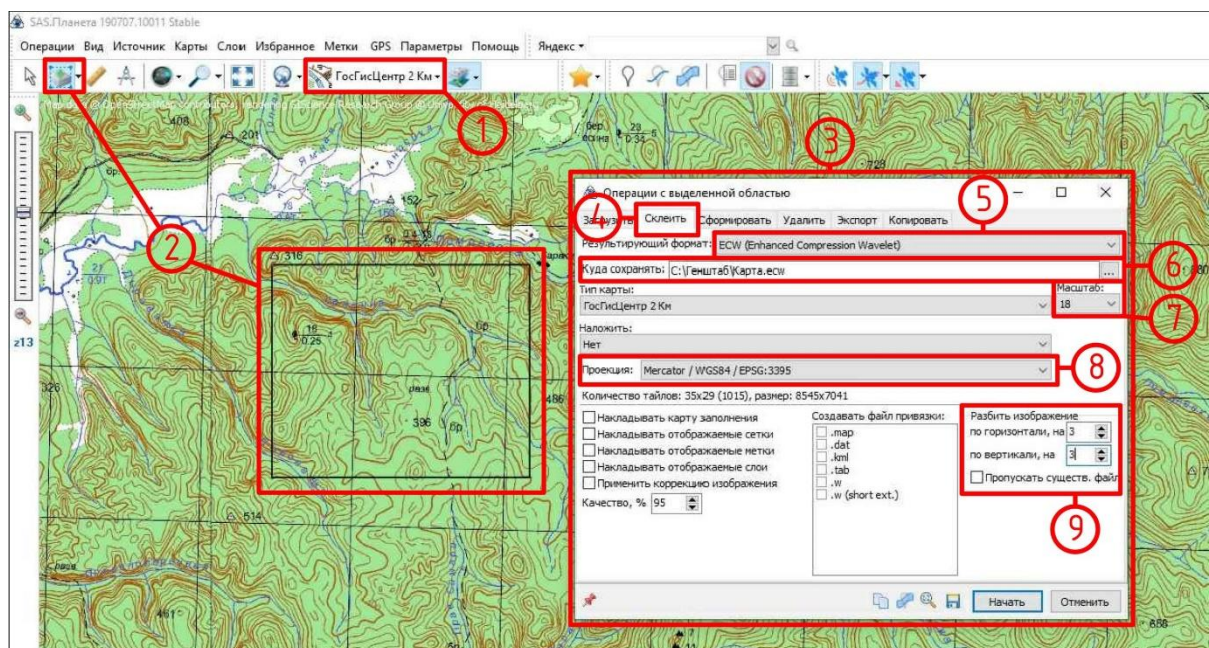


Рис. 9. Проекция Mercator/WGS84

Заходим в Civil 3D и назначаем систему координат чертежу:

1. Заходим в «Область инструментов», во вкладку «Параметры»
2. Правой кнопкой мыши кликаем на название чертежа, ждем «Редактировать параметры чертежа»
3. Появляется окно «Параметры чертежа»
4. Выбираем категорию и выбираем нужную нам систему координат, в данном случае выбрали WGS84, но можно выбрать любую другую, к примеру МСК Вашего региона и карта автоматически преобразуется в выбранную систему координат (рис. 10).

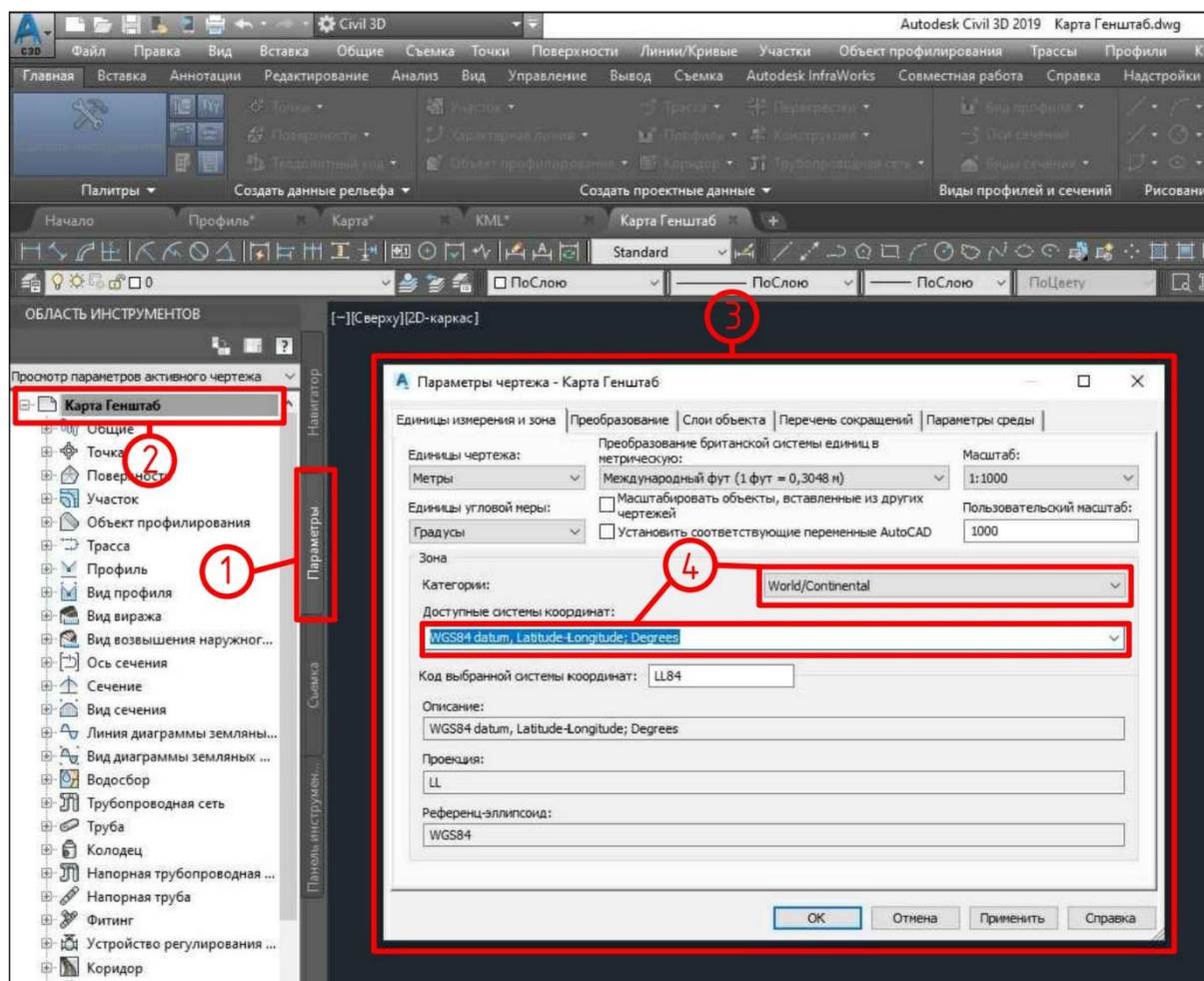


Рис. 10. Назначение системы координат чертежа

Заходим в рабочее пространство «Планирование и анализ»:

1. Жмем на иконку «Подключить»
2. Появляется окно «Подключения данных»
3. Выбираем строчку «Добавить подключение Растровое изображение или поверхность»
4. Выбираем путь к папке с выгруженными изображениями и устанавливаем соединение (рис. 11).

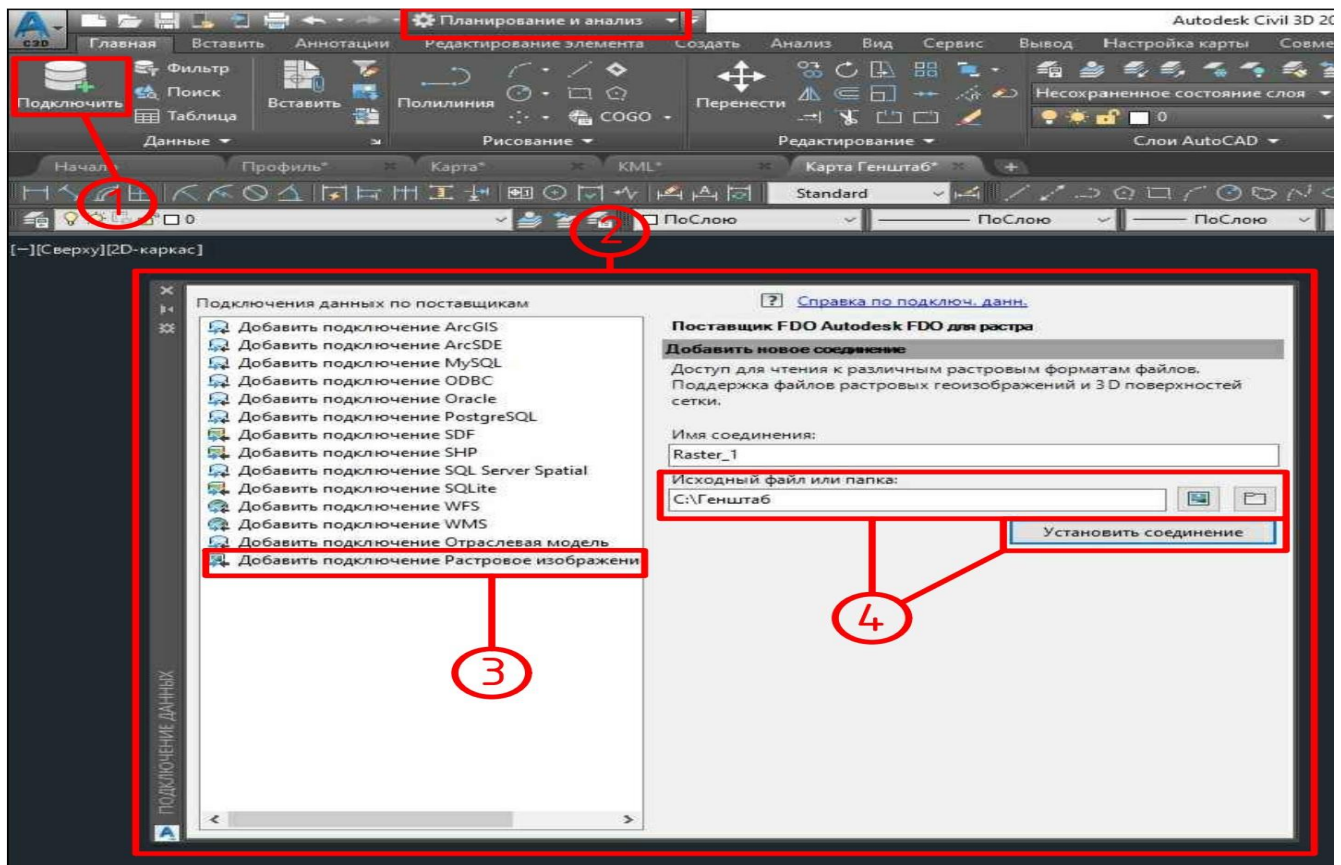


Рис. 11. Пространство «Планирование и анализ»

Переопределяем систему координат снимков:

1. Жмем на вкладку «Изменить системы координат»
2. В появившемся окне «Пространственных контекстов», выбираем определенную по умолчанию СК и переопределяем ее нажав на кнопку «Изменить»
3. Появляется окно «Библиотека систем координат»
4. Выбираем СК – WORLD-MERCATOR (рис. 12).

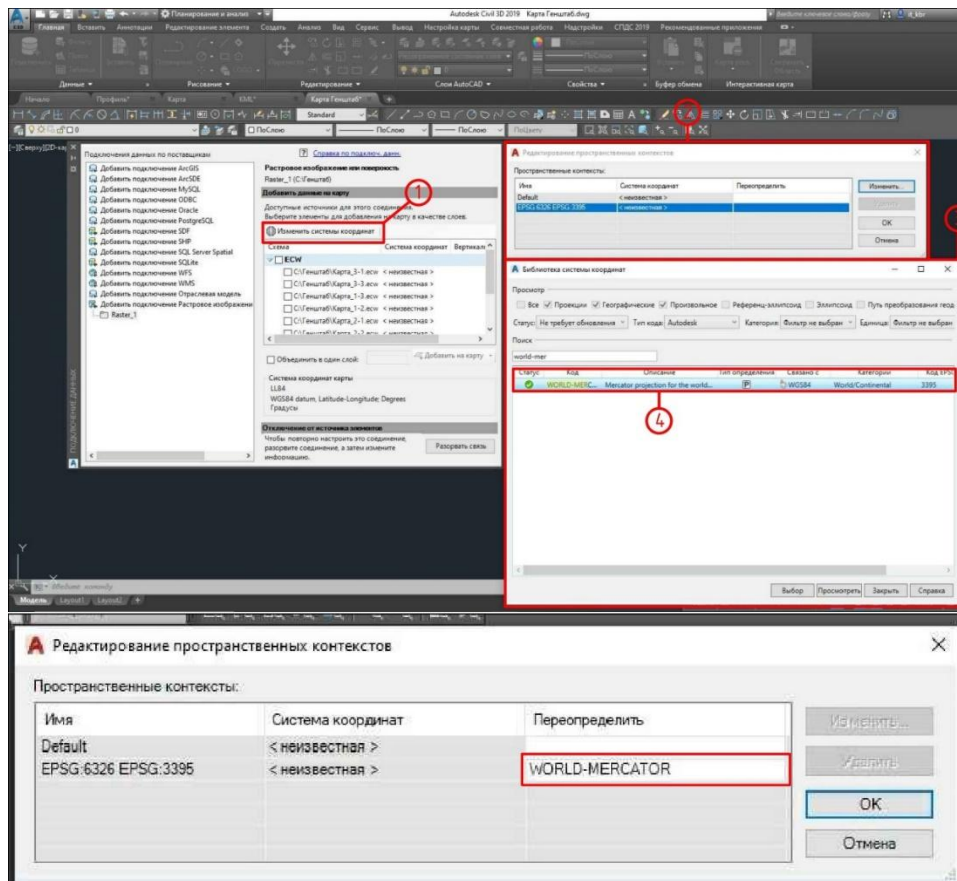


Рис. 12. Переопределение системы координат снимков

Добавляем снимки к чертежу:

1. Выбираем все снимки поставив галочку
2. Ставим галочку «Объединить в один слой»
3. Добавляем на карту (рис. 13).

Получаем результат:

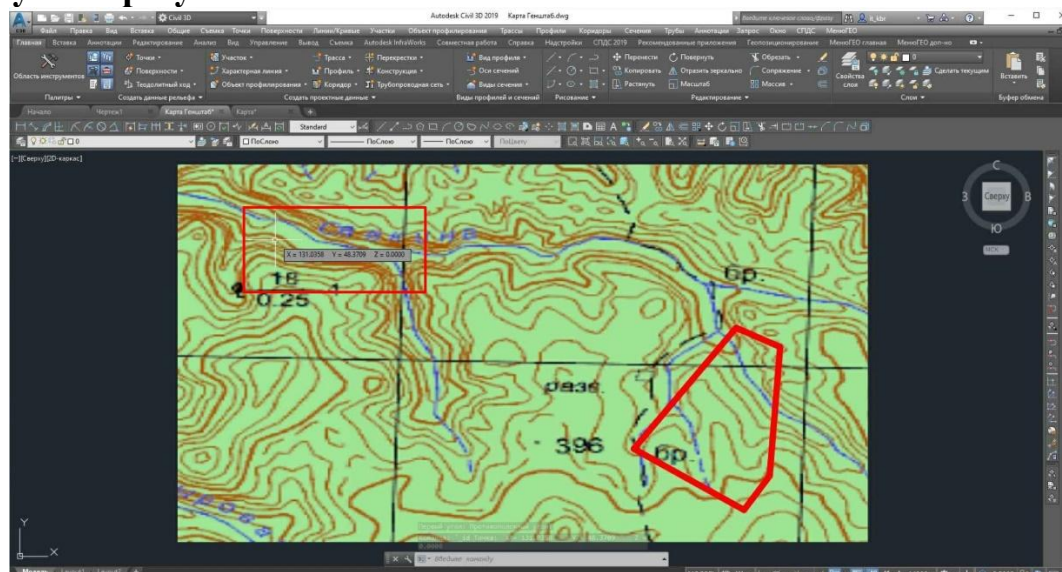


Рис. 13. Добавление снимков к чертежу

ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ ОБРАБОТКА ИСХОДНЫХ ДАННЫХ

Множество данных геоинформационных систем собирается с помощью разных технических средств, разных технологий и в разных условиях. Данные отражают различные характеристики и свойства. Они могут иметь различные размерности, разное количество значащих цифр, разную точность и т.д. Для того чтобы разнородные данные и модели можно было обрабатывать совместно, они должны быть предварительно упорядочены и представлены в форме, воспринимаемой единой системой данных [1].

Системы данных – это взаимосвязанные совокупности унифицированных, упорядоченных, организованных данных, описываемых по единым правилам. Это могут быть наборы файлов, данные в базе данных, интегрированная информационная основа ГИС.

Использование системного подхода имеет целью подготовки данных для дальнейшей интеграции их в системы данных, с помощью которых удовлетворяются потребности информационных процессов и решаемых задач. Системный подход к обработке данных требует представления исходных данных как компонентов будущих или уже существующих систем данных.

Каждый вид данных в зависимости от степени или параметров соответствия системным требованиям может требовать выполнения одной или нескольких процедур обработки, или не требовать таковых. Наибольшее применение находят следующие виды процедур предварительной обработки исходных данных: первичная обработка, локализация географических объектов, оцифровка, трансформирование данных, конвертирование данных, унификация, классификация, идентификация, стратификация и другие.

Первичная обработка

При первичной обработке используются общие и специальные средства подготовки данных [5].

Общими могут быть следующие средства подготовки данных.

Фильтрация данных. Загруженные (или предварительно обработанные) данные могут быть избыточными по количеству записей или содержанию отдельных полей с точки зрения задач пользователя. Для удаления избыточных по ряду выделенных признаков записей может быть использована процедура фильтрации данных.

Нормализация данных. Использование отдельных инструментов требует предварительной нормализации данных, то есть приведения интервалов значений отдельных множеств к интервалам с предопределенными границами. Ряд продуктов имеют инструменты, которые реализуют процедуру нормализации.

Удаление противоречий. В анализируемом наборе данных можно выделить входные и выходные поля. Значения входных полей полностью определяют значения выходных полей. Противоречия возникают, если есть

группы записей, в которых значения во входных полях полностью совпадают, а в выходных – различаются.

Удаление дубликатов. В данных могут встречаться записи с одинаковыми входными факторами и одинаковыми выходными, т.е. дубликаты. Такие данные несут избыточность. Удаление дубликатов осуществляется с помощью специальной процедуры.

Разделение. Процедура разделения позволяет разделить исходный набор данных на несколько непересекающихся подмножеств. Если необходимо использовать простые принципы разделения данных, процедура разделения эффективнее, чем параллельное применение нескольких процедур.

Интерполяция. Если в столбце некоторые данные отсутствуют в силу каких-либо причин, обосновывается один из двух путей работы с данными: а) убрать из обработки все строки, которые содержат пропущенные данные, б) заполнить пропущенные данные, используя процедуру интерполяции.

Примеры специальных средств подготовки данных:

- первичная обработка данных ДЗЗ включает радиометрическую калибровку, географическую привязку, геометрическую коррекцию изображений и др.

- первичная обработка GPS данных включает сохранение данных с приемника GPS в файл журнала (Log File), фильтрацию входных данных GPS по времени, расстоянию или отклонению.

Локализация географических объектов

Установление пространственных отношений между процессами, явлениями и объектами на поверхности Земли является одной из главных задач геоинформационных систем. Эта проблема решается посредством локализации географических объектов.

Пространственной локализацией географических объектов называют процесс установления пространственных отношений между характеристиками геоданных путем соотнесения разных видов информации к одному из наиболее устойчивых ее видов. Этим видом являются координаты в общеземной или локальной системе координат. По существу, локализация в геоинформатике означает процесс привязки данных к системе координат реального земного пространства.

Оцифровка

Оцифровка (Digitizing) - синоним цифрование, дигитализация, – есть процесс представления объекта, изображения, документа, звука или сигнала (как правило, аналогового сигнала) посредством дискретного набора точек или элементов. Другими словами, это процесс перевода аналоговых данных в цифровую форму, доступную для существования в цифровой компьютерной среде. В результате оцифровки получается так называемое "цифровое изображение" объекта или «цифровая форма» сигнала. Оцифровка текстов используется для преобразования изображения текстов в цифровую форму с помощью оптического распознавания символов.

Оцифровка имеет огромное значение для вычислительного процесса. Дигитализация является основным способом представления изображений в формате, пригодном для передачи и компьютерной обработки.

Оцифровка происходит в два этапа:

- 1) Дискретизация – а) разделение на аналоговые сигналы и на регулярные интервалы времени (частоты дискретизации), б) чтение значений сигнала в точке.
- 2) Квантование - округление до фиксированного набора чисел (например, целых).

В географических информационных системах дигитализация есть инструмент цифрового представления географических объектов в растровой или векторной форме. Дигитализация является инструментом создания электронных карт из различных географических изображений или путем оцифровки традиционных бумажных аналоговых карт. Различают следующие две технологии оцифровки бумажных карт.

1) оцифровка с помощью графического устройства - дигитайзера и ручного обвода объектов карты (tablet-based digitizing);

2) оцифровка путем сканирования оригиналов для получения растровых копий и последующей векторизации растровой картографической подложки по дисплею манипулятором "мышь" (on-screen digitizing).

Векторизацией называется также процесс конвертирования растровой графики в векторную графику с использованием программного и компьютерного обеспечения.

По степени автоматизации различают ручную (manual), полуавтоматическую (semi-automated) и автоматическую (automatic) дигитализацию. Процессы дигитализации обслуживаются программными средствами, которые называются графическими редакторами.

Трансформация данных

Трансформация данных (Data transformation) - перенесение данных с одного носителя данных на другой без существенного изменения содержащейся в них информации. Трансформация данных позволяет по заданным наперед правилам изменения структуры данных, строить из одних экземпляров объектов данных другие экземпляры. Чаще всего трансформация используется для предварительной обработки информации без построения конкретной модели.

В геоинформационных системах часто возникает необходимость решения задач:

- преобразования данных между координатными системами (преобразование сдвигом, преобразование сдвигом и поворотом, аффинное преобразование, полиномиальные преобразования, преобразование «резиновый лист»)

- преобразования данных между различными форматами данных (формат данных есть внутренняя структура файла, которая позволяет использовать компьютер).

Организации во всем мире производят пространственные данные в различных форматах данных. При сборе данных эти форматы бывают двух разновидностей:

- родные форматы программного обеспечения ГИС,
- неродные (внешние) форматы программного обеспечения ГИС.

Например, для ArcGIS:

- родные форматы, такие как шейпфайлы (shapefiles), покрытия (coverages) или какие-либо элементы базы геоданных (geodatabase), такие как класс пространственных объектов (feature class) или таблицы (table);
- неродные или внешние форматы, такие как DW G/DXF, DLG, MicroStation Design, MapInfo MID/MIF, MapInfo TAB и др.

При необходимости использовать данные, хранящиеся во внешних форматах, следует использовать расширение функциональной совместимости данных, например, расширение Data Interoperability в ArcGIS. Это расширение позволяет читать и записывать данные в более чем 70 различных форматах.

Конвертирование данных

Конвертирование данных (Data conversion) - изменение формы представления данных в соответствии с определенными правилами при сохранении содержащейся в них информации. Например, полноцветные изображения могут быть преобразованы в градациях серого, преобразования текстовых файлов из одной кодировки символов в другую, конверсия метрических единиц.

В ArcGIS набор инструментов Conversion toolbox содержит инструменты, которые могут конвертировать данные между различными формами. Выбор метода будет зависеть от формы и качества существующих данных, формата данных из внешних источников и установленных стандартов.

Унификация

Разнообразие технологий и методов сбора данных порождает разнообразие типов данных, которые впоследствии необходимо обрабатывать. Обрабатывать множество различных данных неудобно и неэффективно. Для упрощения процесса обработки, хранения и обмена разнородные данные приводят к структурному единому виду, который используется при последующей обработке информации. Такие данные называют унифицированными [1]. Процедура сведения разнородных видов и структур данных к единому виду и структуре называется унификацией. В ходе унификации данных осуществляется построение единой структуры информационной модели.

Классификация

В процессе организации данных осуществляется их классификация. Она позволяет соотносить различные модели и их характеристики к разным классам,

подклассам и типам, что дает возможность систематизировать исходные наборы данных и использовать свойства классов при анализе конкретных геоинформационных данных. Это одна из важнейших функций организации данных, геоданных. Таким образом, организованные данные — это классифицированные данные.

Идентификация

Идентификация - это процедура присвоения наборам данных специальных кодов - идентификаторов. Эта процедура обеспечивает взаимно однозначное соответствие между данными и идентификаторами, исключает повторение одинаковых идентификаторов, то есть обеспечивает непротиворечивость моделей и их характеристик.

Стратификация

В ГИС один из общепринятых принципов организации пространственной информации называют послойным принципом. Суть его состоит в том, что данные о территории организуются в виде набора тематических слоев, отвечающих конкретным потребностям и содержащих небольшое число типов однородных данных, объединяемых общей тематикой. Например, слой почв, слой гидрографической сети, слой транспортной сети, слой зданий, слой инженерных сетей и так далее.

Стратификация - это создание слоев, которые могут иметь несколько значений в разных областях применения. Стратификация данных в ГИС - это процедура, которая разбивает систему данных на страты или слои, удобные для обработки и анализа. Стратификация - это не просто организация данных, а создание инструмента анализа и обобщения данных на разных территориальных уровнях. Это процесс задания некой структуры для эффективной работы геоинформационной системы [1].

Пространственные объекты характерны тем, что имеют графическую форму представления. Графическая форма представления пространственных объектов должна решать две задачи: показывать взаимное расположение объектов и связи между ними (топология); давать возможность количественной оценки геометрических характеристик объектов и их положения в выбранной системе координат (метрика). Графическая форма представления пространственных объектов является в то же время основой для стратификации данных.

Работа №3. Обработка геопространственных данных с помощью Mapview

1. Преобразуйте точки землетрясений из набора данных *quakes* в пространственные объекты и отобразите их сначала средствами стандартной графической подсистемы, а затем на интерактивной карте средствами пакета **mapview**. Передайте магнитуду землетрясения в параметр `zcol` функции `mapview()`, чтобы дифференцировать точки цветом по этому параметру.

2. Таблица *storms* из пакета **dplyr** содержит данные трекинга тропических циклонов с 1975 по 2015 год. Выберите любой циклон и постройте для него линию трека прохождения и точки прохождения. Отобразите эти данные средствами стандартной графической подсистемы, а затем на интерактивной карте средствами **mapview**. Напишите программу таким образом, чтобы можно было выбирать имя циклона и программа отображала его трек на интерактивной карте.

3. Скачайте базу данных и цифровую модель рельефа на территории ВГТУ. Изучите содержимое базы данных и постройте на основе этих данных общегеографическую карту средствами стандартной графической подсистемы.

АНАЛИЗ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ДАННЫХ

Задачи пространственного анализа.

К средствам пространственного анализа относятся различные процедуры манипулирования пространственными и атрибутивными данными, выполняемые при обработке запросов пользователя. (Например, операции наложения графических объектов, средства анализа сетевых структур или выделения объектов по заданным признакам).

Для каждого ГИС-пакета характерен свой набор средств пространственного анализа, обеспечивающий решение специфических задач пользователя, в тоже время можно выделить ряд основных функций, свойственных практически каждому ГИС-пакету. Это, прежде всего, организация выбора и объединения объектов в соответствии с заданными условиями, реализация операций вычислительной геометрии, анализ наложений, построение буферных зон, сетевой анализ.

Основные функции пространственного анализа данных.

Выбор объектов по запросу: самой простой формой запроса является получение характеристик объекта, указанного курсором на экране и обратная операция, когда изображаются объекты с заданными атрибутами. Более сложные запросы позволяют выбирать объекты по нескольким признакам, например по признаку удаленности одних объектов от других, совпадающие объекты, но расположенные в разных слоях и т. д.

Для выбора данных в соответствии с определенными условиями используются SQL- запросы. Для выполнения запросов разной сложности реализованы возможности использования при составлении запросов математических и статистических функций, а также географических операторов, позволяющих выбирать объекты на основании их взаимного расположения в пространстве (например, находится ли анализируемый объект внутри другого объекта или пересекается с ним).

Обобщение данных может проводиться по равенству значений определенного атрибута, в частности для зонирования территории. Еще один способ группировки – объединение объектов одного тематического слоя в соответствии с их размещением внутри полигональных объектов других тематических слоев.

Геометрические функции: к ним относят расчеты геометрических характеристик объектов или их взаимного положения в пространстве, при этом используются формулы аналитической геометрии на плоскости и в пространстве. Так для площадных объектов вычисляются занимаемые ими площади или периметры границ, для линейных - длины, а также расстояния между объектами и т.д.

Оверлейные операции (топологическое наложение слоев) являются одними из самых распространенных и эффективных средств. В результате наложения двух тематических слоев образуется другой дополнительный слой в

виде графической композиции исходных слоев. Учитывая, что анализируемые объекты могут относиться к разным типам (точка, линия, полигон), возможны разные формы анализа: точка на точку, точка на полигон и т.д. Наиболее часто анализируется совмещение полигонов.

Построение буферных зон. Одним из средств анализа близости объектов является построение буферных зон. Буферные зоны – это районы (полигоны), граница которых отстоит на заданном расстоянии от границы исходного объекта. Границы таких зон вычисляются на основе анализа соответствующих атрибутивных характеристик. При этом ширина буферной зоны может быть как постоянной, так и переменной. Например, буферная зона вокруг источника электромагнитного излучения, будет иметь форму круга, а зона загрязнения от дымовой трубы завода с учетом розы ветров будет иметь форму близкую к эллипсу.

Сетевой анализ позволяет пользователю проанализировать пространственные сети связанных линейных объектов (дороги, ЛЭП и т. д.). Обычно сетевой анализ служит для задач определения ближайшего, наиболее выгодного пути, определения уровня нагрузки на сеть, определение адреса объекта или маршрута по заданному адресу и другие задачи.

Анализ пространственного распределения объектов.

Фактически во многих случаях необходимо знать не только объем пространства, занимаемый объектами, но и расположение объектов в пространстве, которое может характеризоваться количеством объектов в определенной области, например, распределение численности населения. Наиболее распространены методы анализа **распределения точечных объектов**. Мерой точечного распределения служит плотность. Она определяется как результат деления числа точек на значение площади территории, на которой они расположены. Кроме плотности распределения можно оценить форму распределения. Точечные распределения встречаются в одном из четырех возможных вариантов: равномерном (если число точек в каждой малой подобласти такое же, как и в любой другой подобласти), регулярном (если точки, разделённые одинаковыми интервалами по всей области, расположены в узлах сетки), случайном, кластерном (если точки собраны в тесные группы).

Точечные распределения могут описываться не только количеством точек в пределах подобластей. Часто анализируются локальные отношения внутри пар точек. Вычисление этого статистического показателя включает определение среднего расстояния до ближайшей соседней точки среди всех возможных пар ближайших точек. Данный метод позволяет оценить меру разреженности точек в распределении.

Распределение линий также оценивается по плотности. Обычно вычисления выполняются для сравнения разных географических областей, например по густоте гидрографической сети. Линии могут также оцениваться по близости и возможным пересечениям. Другими важными характеристиками являются ориентация, направленность и связанность.

Анализ **распределения полигонов** подобен анализу распределения точек, однако при оценке плотности определяют не количество полигонов на единицу площади, а относительную долю площади, занимаемой полигоном.

Работа №4. Анализ данных с помощью OpenStreetMap

1. Проанализируйте пространственную ассоциацию подтипов почв с типами рельефа данным ГИС Сатино. Для этого выполните оверлей между слоями *RelTypes* и *SoilTypes* методом `st_intersection()`. Для каждого подтипа почв рассчитайте долю, которая занята в его площади каждым типом рельефа. Визуализируйте результаты средствами **ggplot2** в виде столбчатой диаграммы, где каждый столбик отвечает за подтип почвы, а его внутреннее разделение соответствует долям типов рельефа. Используя функцию `cramerV()` из пакета **rcompanion**, рассчитайте коэффициент ассоциации Крамера, чтобы охарактеризовать силу ассоциации между этими номинальными переменными.

Подсказка: для вычисления коэффициента Крамера вам необходимо преобразовать данные в широкую форму, где подтипы почв идут по строкам, а типы рельефа — по столбцам. Полученную таблицу необходимо конвертировать в матрицу и подать на вход функции `cramerV()`.

2. Одна из гипотез, часто используемых в геомаркетинге — это так называемые *аттракторы потоков* — пространственные объекты, которые сосредотачивают в своей близости высокую плотность пешеходного трафика. Типичный пример аттрактора — любая транспортная локация: выход из метро, железнодорожная платформа, автобусная остановка. Владельцы предприятий сферы услуг в теории стремятся размещать свои точки вблизи к аттракторам. Используя данные из настоящей лекции, проведите проверку реалистичности этой теории. Для этого:

- постройте вокруг выходов станций метро несколько буферных зон увеличивающегося радиуса
- выберите ими пункты общественного питания
- рассчитайте их плотность как отношение количества к площади буфера

Далее постройте график зависимости между радиусом буфера и плотностью объектов интереса. Рассчитайте также коэффициент корреляции между этими величинами.

3. Используя таблицу, подготовленную на основе данных **OpenStreetMap**, проведите аналогичный анализ направлений (поле `dir`) для улиц четырех городов Воронежской области (*Борисоглебск, Россошь, Лиски, Нововоронеж*).

Внимание: В этой таблице, в отличие от предыдущей, направление рассчитано в диапазоне от 0 до 360 градусов. Чтобы корректно оценить распределение направлений, необходимо перед вычислением круговых статистик вычесть 180 из углов, больших 180 градусов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Иванников А . Д . Прикладная геоинформатика / А . Д . Иванников , В . П . Кулагин , А . Н . Тихонов , В . Я . Цветков . - М .: МАКС Пресс , 2005. - 360 с. [38]
2. Макаренко, С.А. Инженерная графика учебное пособие для выполнения графических работ применением редактора AutoCAD для магистров и бакалавров направления 21.03.02 «Землеустройство и кадастры» / Макаренко С.А., Самбулов Н.И.// Воронеж, 2016. – 87 с.
3. Обработка данных дистанционного зондирования Земли. Практические аспекты [Электронный ресурс] : учебное пособие / В. Г. Коберниченко [и др.]; В.А. Тренихин; А.В. Сосновский; С.М. Зраенко; О.Ю. Иванов; В.Г. Коберниченко; ред. В.Г. Коберниченко. - Обработка данных дистанционного зондирования Земли. Практические аспекты; 2022-08-31. - Екатеринбург : Уральский федеральный университет, 2013. - 173 с. - ISBN 978-5-7996-0867-5. URL: <http://www.iprbookshop.ru/69868.html>
4. Справка Autodesk Knowledge Network [Электронный ресурс]: <https://knowledge.autodesk.com/>
5. Средства подготовки данных [Electronic Resource] .- URL: <http://www.tscoring.ru/dataprepaiment.htm> [39]
6. <http://www.iprbookshop.ru/> (Электронно-библиотечная система IPR BOOKS).
7. <https://e.lanbook.com/> (Электронно-библиотечная система ЭБС Лань).
8. <https://urait.ru/> (Образовательная платформа «Юрайт»).

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
Технология получения в ГИС	4
Работа №1. Сбор данных в Google Earth с помощью AutoCAD Civil 3D	6
Работа №2.	12
Предварительная обработка исходных данных	17
Работа №3. Обработка данных с помощью Mapview	22
Анализ пространственных данных	23
Работа №4. Анализ данных с помощью	25
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	26

МЕТОДЫ ПОЛУЧЕНИЯ, ОБРАБОТКИ И АНАЛИЗА ГЕОПРОСТРАНСТВЕННЫХ ДАННЫХ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
для проведения практических работ
для студентов, обучающихся по направлению
подготовки: 21.03.03 «Геодезия и дистанционное
зондирование» профиль «Геодезическое обеспечение
геоинформационных систем» всех форм обучения

Составители:
Реджепов Максат Бекиевич

Издается в авторской редакции

Подписано к изданию 18.02.2022.
Уч.- изд. л. 1,4.

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»
394006 Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84