

Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования
«Полоцкий государственный университет»



В. В. Ялтыхов
И. П. Шевелев

ИНЖЕНЕРНО-ГЕОДЕЗИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Методические указания
к выполнению курсовой работы
для студентов специальности 1-56 02 01 «Геодезия»

Текстовое электронное издание

Новополоцк
Полоцкий государственный университет
2019

Об издании – [1](#), [2](#)

УДК 528 (075.8)

Одобрены и рекомендованы к изданию методической комиссией инженерно-строительного факультета в качестве методических указаний (протокол № 7 от 29.11.2017 г.)

Кафедра геодезии и геоинформационных систем

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

канд. техн. наук, доц. кафедры геодезии и геоинформационных систем

Г.Е. ГОЛОВАНЬ;

канд. техн. наук, доц. кафедры геодезии и геоинформационных систем

А.М. ДЕГТЯРЕВ

Для создания текстового электронного издания «Инженерно-геодезическое обеспечение автоматизированных систем проектирования. Методические указания к выполнению курсовой работы» использованы текстовый процессор Microsoft Word и программа Adobe Acrobat XI Pro для создания и просмотра электронных публикаций в формате PDF.

Редактор *С. Е. Рясова*

Подписано к использованию 21.11.2019.
Объем издания: 2,15 Мб. Заказ 997.

Издатель и полиграфическое исполнение:
учреждение образования «Полоцкий государственный университет».

Свидетельство о государственной регистрации
издателя, изготовителя, распространителя печатных изданий
№ 1/305 от 22.04.2014.

ЛП № 02330/278 от 08.05.2014.

211440, ул. Блохина, 29,
г. Новополоцк,
Тел. 8 (0214) 59-95-41, 59-95-44
<http://www.psu.by>

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	5
1. Тематика курсовой работы.....	6
2. Структура и требования к оформлению курсовой работы	6
2.1. Основные требования к оформлению работы	8
2.2. Оформление списка использованной литературы	8
3. Методические рекомендации по выполнению практической части курсовой работы.....	8
3.1. Структура САПР	8
3.2. Обзор программного обеспечения для САПР	12
3.3. Средства получения топографической информации для САПР	12
3.3.1. Инструментальная топографическая съемка.....	12
3.3.2. Материалы дистанционного зондирования Земли	13
3.3.3. Векторизация растровых изображений.....	13
3.4. Цифровые топографические планы.....	14
3.4.1. Векторные модели данных	15
3.4.2. Классификатор CREDO Toporplan.....	18
3.4.3. Классификатор GeoniCS	20
3.5. Цифровые модели рельефа.....	22
3.5.1. Методы построения ЦМР	23
(А) Мультиквадриковый метод аппроксимации топографической поверхности	27
(В) Метод Radial Basis Functions – natural cubic spline	28
3.5.2. Векторизация горизонталей	33
3.5.3. Построение модели рельефа по данным векторизации горизонталей....	35
3.5.4. Визуализация ЦМР	36
3.6. Анализ полученных результатов	38
3.7. Вычисление объемов земляных работ	41
3.7.1. Вычисление объемов методом квадратов.....	41
3.7.2. Вычисление объемов по регулярной ЦМР	41
Литература	43
Основная	43
Дополнительная.....	43
Приложение	45

ВВЕДЕНИЕ

Методические указания по выполнению курсовой работы по дисциплине «Инженерно-геодезическое обеспечение автоматизированных систем проектирования» разработаны для студентов пятого курса специальности 1-56 02 01 «Геодезия» в соответствии с учебной программой.

Основной целью курсовой работы является получение практических навыков по созданию цифровой модели рельефа (ЦМР) инженерного назначения и ее последующее применение в современных автоматизированных системах проектирования (САПР).

Курсовая работа выполняется на основе изучения теоретических и практических подходов к вопросам сбора и обработки геодезической информации для создания ЦМР и должна показать умение студента самостоятельно исследовать поставленную задачу, выявлять оптимальные пути ее решения, применять собственные знания на практике.

1. ТЕМАТИКА КУРСОВОЙ РАБОТЫ

Тематика курсовой работы связана с технологией создания цифровых моделей местности для систем автоматизированного проектирования.

В ходе курсового проектирования студенты создают цифровую модель рельефа конкретного объекта по данным векторизации горизонталей, выполняют визуализацию ЦМР, анализ полученных результатов и вычисление объемов земляных работ по регулярной ЦМР, а также закрепляют знания, связанные с технологией создания цифровых моделей, пониманием взаимосвязей и последовательности выполнения различных технологических процессов, получают практические навыки по работе с современными программными продуктами.

Основным содержанием курсовой работы является решение конкретных задач инженерно-геодезического обеспечения систем автоматизированного проектирования.

В качестве исходных данных к курсовой работе используется топографический план масштаба 1:2000 и набор координат и высот точек плана.

2. СТРУКТУРА И ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

Структура курсовой работы должна соответствовать перечню вопросов, указанному для разработки в задании на курсовую работу. Главы должны быть логически связаны, подчинены целям и задачам курсовой работы.

В работе необходимо использовать научную терминологию. Не допускается дословное копирование изученной и используемой литературы.

Изложение должно вестись своими словами и свидетельствовать том, что автор разобрался в сути рассматриваемых вопросов и имеет свою точку зрения. Это не исключает возможности цитирования; каждую цитату оформляют соответствующим образом.

Изложение должно вестись грамотно, без стилистических и логических ошибок.

Сноски, ссылки на различные источники, примечания оформляют в соответствии с существующими правилами.

Общий объем курсовой работы составляет примерно 50 страниц.

Правильно оформленная работа включает в себя:

- 1) титульный лист;
- 2) задание на курсовую работу (с графическим приложением);
- 3) содержание;
- 4) введение;

- 5) основную часть;
- 6) заключение;
- 7) список использованной литературы;
- 8) приложение(-я).

Титульный лист оформляется по установленной форме.

Во введении должны быть отражены:

- общая формулировка темы;
- теоретическое и практическое значение выбранной темы, ее актуальность;
- конкретные поставленные задачи и пути их решения;
- использованные в работе источники информации.

Введение должно быть кратким (1–3 страницы) и четким, не перегруженным общими фразами.

Основная часть состоит из перечня вопросов, подлежащих разработке, которые указаны в задании к выполнению курсовой работы. Она также может быть дополнена или сокращена в процессе выполнения, что должно быть аргументировано.

Все вопросы для разработки должны состоять из общей (описание применяемого программного продукта, его возможности) и частной (применительно к объекту проектирования) теоретической и практической частей с иллюстрациями.

Все вопросы, которые раскрываются в основной части, должны иметь логическую связанность и выводы.

В заключении следует четко сформулировать основные выводы, к которым пришел автор. Они должны быть краткими и органически вытекать из содержания работы. Разрешается повторять основные выводы соответствующих глав, но при этом предпочтительно сделать некоторые обобщения по результатам проведенного исследования в целом.

Список использованной литературы оформляется по установленному порядку. Он включает всю литературу, на которую есть ссылки в тексте, а также важные источники, которые были так или иначе использованы, хотя и не приведены в ссылках и примечаниях.

Приложения – это элемент работы, который не является обязательным. Их целесообразно вводить, когда автор использует относительно большое количество громоздких таблиц или чертежей.

Календарный график выполнения курсовой работы с указанием сроков выполнения и трудоемкости отдельных этапов указан в задании. Все материалы сдаются для проверки в указанные сроки в цифровом виде.

2.1. Основные требования к оформлению работы

Распечатка делается на белом листе бумаги формата А4 (210 -297 мм). Ниже приведены основные требования к оформлению печатного текста:

1. Установка полей: верхнее – 2 см; нижнее – 2,5 см; левое – 2 см; правое – 2 см.
2. Интервал между строк – 1,5.
3. Шрифт Times New Roman; размер– 14 пт.
4. Страницы нумеруют в правом верхнем углу. Титульный лист, задание на курсовую работу и содержание не нумеруются, но считаются.
5. Каждый абзац набирается с красной строки.
6. В случае использования таблиц и иллюстраций следует учитывать:
 - нумерация иллюстраций и таблиц сквозная;
 - единственная иллюстрация и таблица не нумеруются.
7. Для написания математических формул рекомендуется использовать соответствующие приложения компьютерных программ. Нумерация формул сквозная. В тексте должно быть указано, что обозначает каждый используемый символ формулы.

2.2. Оформление списка использованной литературы

Нумерация всей использованной литературы сплошная – от первого до последнего источника.

Оформление списка использованной литературы рекомендуется выполнять по принципу алфавитного именного указателя (в общем алфавите авторов и заглавий) в следующей последовательности:

- литература на русском языке;
- литература на языках народов, пользующихся кириллицей;
- литература на языках народов, пользующихся латиницей.

Описание источников, включенных в список, выполняется в соответствии с существующими библиографическими правилами (образцы оформления см. в приложении).

3. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

3.1. Структура САПР

САПР – это организационно-техническая система, предназначенная для автоматизации процесса проектирования и состоящая из персонала и комплекса технических, программных и других средств автоматизации проектной деятельности.

Основная цель создания САПР – повышение эффективности труда инженеров с помощью:

- сокращения трудоемкости проектирования и планирования;
- сокращения сроков проектирования;
- сокращения себестоимости проектирования и изготовления, уменьшения затрат на эксплуатацию;
- повышения качества и технико-экономического уровня результатов проектирования;

– сокращения затрат на натурное моделирование и испытания.

Достижение целей создания САПР обеспечивается посредством:

- автоматизации оформления документации;
- информационной поддержки и автоматизации принятия решений;
- использования технологий параллельного проектирования;
- унификации проектных решений и процессов проектирования;
- повторного использования проектных решений, данных и наработок;
- стратегического проектирования;
- замены натуральных испытаний и макетирования математическим моделированием;
- повышения качества управления проектированием;
- применения методов вариантного проектирования и оптимизации.

В структуре САПР выделяют следующие элементы:

- компоненты обеспечения,
- подсистемы,
- программно-методические комплексы (ПМК),
- программно-технические комплексы (ПТК),
- комплексы средств автоматизации проектирования (КСАП).

Компоненты определенного типа образуют программно-методические и программно-технические комплексы. Совокупность ПМК, ПТК и отдельных компонентов обеспечения САПР, не вошедших в программные комплексы, объединенная общей для подсистемы функцией, образует комплекс средств автоматизации проектирования подсистемы. Совокупность КСАП различных подсистем формируют КСАП всей САПР в целом. Подсистемы как элемент структуры САПР возникают при эксплуатации КСАП-подсистем пользователями.

В соответствии с ГОСТ 23501.101-87 структурными частями САПР являются подсистемы, обладающие всеми свойствами систем и создаваемые как самостоятельные системы. Каждая подсистема – это выделенная

по некоторым признакам часть САПР, обеспечивающая выполнение определенных функционально-законченных последовательностей проектных задач с получением соответствующих проектных решений и проектных документов. По назначению подсистемы САПР разделяют на два вида: проектирующие и обслуживающие.

1. Проектирующие подсистемы – объектно-ориентированные подсистемы, реализующие определенный этап проектирования или группу связанных проектных задач, в зависимости от отношения к объекту проектирования делятся на объектные и инвариантные:

- объектные – выполняющие проектные процедуры и операции, непосредственно связанные с конкретным типом объектов проектирования;

- инвариантные – выполняющие унифицированные проектные процедуры и операции, имеющие смысл для многих типов объектов проектирования.

2. Обслуживающие подсистемы – объектно-независимые подсистемы, реализующие функции, общие для подсистем или САПР в целом. Они обеспечивают функционирование проектирующих подсистем, оформление, передачу и вывод данных, сопровождение программного обеспечения и т. п. Их совокупность называют системной средой (или оболочкой) САПР.

Примерами проектирующих подсистем могут служить подсистемы геометрического трехмерного моделирования механических объектов, схемотехнического анализа, трассировки соединений в печатных платах. Типичными обслуживающими подсистемами являются подсистемы управления проектными данными, обучающие подсистемы для освоения пользователями технологий, реализованных в САПР, подсистемы графического ввода-вывода, системы управления базами данных (СУБД).

Каждая подсистема, в свою очередь состоит из компонентов, обеспечивающих функционирование подсистемы. Компонент выполняет определенную функцию в подсистеме и представляет собой наименьший (неделимый) самостоятельно разрабатываемый или покупной элемент САПР (программа, файл модели транзистора, графический дисплей, инструкция и т. п.).

Совокупность однотипных компонентов образует средство обеспечения САПР. Выделяют следующие виды обеспечения САПР:

3. Техническое обеспечение (ТО) – совокупность связанных и взаимодействующих технических средств, обеспечивающих работу САПР, включающая различные аппаратные средства (ЭВМ, периферийные устройства, сетевое оборудование, линии связи, измерительные средства).

4. Математическое обеспечение (МО) – математические методы, модели и алгоритмы, используемые для решения задач автоматизированного проектирования. МО по назначению и способам реализации делят на две части:

- математические методы и построенные на их основе математические модели объектов проектирования или их части;
- формализованное описание технологии автоматизированного проектирования.

5. Программное обеспечение (ПО) – компьютерные программы, необходимые для осуществления процесса проектирования. ПО САПР подразделяется на общесистемное и прикладное:

– общесистемное ПО предназначено для управления компонентами технического обеспечения и обеспечения функционирования прикладных программ. Примером компонента общесистемного ПО является операционная система;

– прикладное ПО реализует математическое обеспечение для непосредственного выполнения проектных процедур, включает программы и пакеты прикладных программ, предназначенные для обслуживания определенных этапов проектирования или групп однотипных задач внутри различных этапов (модуль проектирования трубопроводов, пакет схмотехнического моделирования, геометрический решатель САПР).

6. Информационное обеспечение (ИО) – совокупность сведений, необходимых для выполнения проектирования, состоящая из описания стандартных проектных процедур, типовых проектных решений, комплектующих изделий и их моделей, правил и норм проектирования. Основная часть ИО САПР – базы данных и системы управления базами данных.

7. Лингвистическое обеспечение (ЛО) – совокупность языков, используемых в САПР для представления информации о проектируемых объектах, процессе и средствах проектирования, а также для осуществления диалога «Проектировщик–ЭВМ» и обмена данными между техническими средствами САПР. ЛО включает термины, определения, правила формализации естественного языка, методы сжатия и развертывания. В ЛО выделяют классы различного типа языков проектирования и моделирования (VHDL, VERILOG, UML, GPSS).

8. Методическое обеспечение (МетО) – описание технологии функционирования САПР, методов выбора и применения пользователями технологических приемов для получения конкретных результатов, включающее в себя теорию процессов, происходящих в проектируемых объектах, методы

анализа, синтеза систем и их составных частей, различные методики проектирования. Иногда к МетО относят также МО и ЛО.

9. Организационное обеспечение (ОО) – совокупность документов, определяющих состав проектной организации, связь между подразделениями, организационную структуру объекта и системы автоматизации, деятельность в условиях функционирования системы, форму представления результатов проектирования. В ОО входят штатные расписания, должностные инструкции, правила эксплуатации, приказы, положения и т. п.

В САПР как проектируемой системе, выделяют также эргономическое и правовое обеспечения.

10. Эргономическое обеспечение объединяет взаимосвязанные требования, направленные на согласование психологических, психофизиологических, антропометрических характеристик и возможностей человека с техническими характеристиками средств автоматизации и параметрами рабочей среды на рабочем месте.

11. Правовое обеспечение состоит из правовых норм, регламентирующих правоотношения при функционировании САПР, и юридический статус результатов ее функционирования.

3.2. Обзор программного обеспечения для САПР

В этом разделе студентам предлагается выполнить обзор программного обеспечения с учетом следующих критериев:

- назначение программного продукта;
- основные функции (*обратить внимание на возможность обработки и использования геодезических и топографических данных*);
- функции моделирования;
- возможности импорта/экспорта данных;
- возможности модернизации и расширения функциональности программного продукта;
- преимущества и недостатки по сравнению с аналогичным ПО.

3.3. Средства получения топографической информации для САПР

3.3.1. Инструментальная топографическая съемка

В этом разделе студенты должны выполнить описание следующих методов наземной инструментальной съемки:

- тахеометрическая съемка (с применением электронных тахеометров);
- топографическая съемка (с применением GPS);
- топографическая съемка (с применением лазерного сканирования).

Кроме того, необходимо описать технологию выполнения топографической съемки в поле, импорт данных с прибора, обработку результатов измерений и создание ЦМР.

3.3.2. Материалы дистанционного зондирования Земли

В процессе написания раздела студенты должны ответить на следующие вопросы:

1. Какие материалы ДЗЗ возможно использовать для САПР?
2. Для каких целей возможно использовать материалы ДЗЗ?
3. Что значит «пространственное разрешение» снимка?
4. Что означает «радиометрическое разрешение»?
5. Что значит «панхроматические» или «мультиспектральные» изображения?
6. В каких форматах возможно получить материалы ДЗЗ?
7. Какова максимальная точность построения ЦМР по высоте по результатам обработки космической стереосъемки?
8. В каком программном обеспечении САПР возможно работать со снимками?
9. Что такое «ортотрансформирование снимков» и какие исходные данные для этого нужны?

3.3.3. Векторизация растровых изображений

Растровым называется изображение, представленное двумерным массивом точек (пикселей), каждая из которых имеет свой цвет. В монохромных (бинарных) растровых изображениях любая точка может быть только одного из двух цветов – черного или белого. Эти точки называются растровыми точками. Каждый пиксел на растровом поле соседствует с восьмью другими, которые образуют растр. Растровые изображения могут быть получены сканированием оригинального изображения, преобразованием видеоизображения специальным декодером или с помощью растрового графического редактора. К форматам файлов растровой графики относятся BMP, TIFF, GIF, JPEG и другие.

Технология перевода бумажных карт в векторное представление состоит из следующих этапов:

1) сканирование – это процесс получения растрового изображения карты. На этом этапе очень важно подготовить растровое изображение с наилучшим качеством;

2) редактирование сканированных изображений. После сканирования получаем изображение, которое, как правило, можно улучшить для того, чтобы векторизация была менее трудоемкой. В ручном режиме возможно изменить яркость, контрастность и др. Чтобы растровое изображение

было более аккуратным и имело меньше дефектов, его можно подвергнуть «чистке». Набор инструментов для чистки растрового изображения зависит от того программного обеспечения, которое используется, а целесообразность его использования – от качества растра, который обрабатывается;

3) векторизация. Программы-векторизаторы, как правило, располагают функциями обработки растровых изображений, ручного ввода и полуавтоматической трассировки контуров и линий объектов. Некоторые программы позволяют распознать классы объектов, имеющие ярко выраженные свойства, например, точечные. В настоящее время не существует универсального метода и программного комплекса, позволяющего распознать все картографические объекты, поэтому процесс векторизации является трудоемким.

После загрузки растрового изображения в программу, его необходимо трансформировать, указав проекцию и координаты опорных точек. Далее в процессе векторизации указываются линии на растре, и система автоматически распознает, где ей следует провести векторную линию в пределах растровой, а там, где это сделать по какой-либо причине не удастся, она просит «помощи» оператора. В процессе векторизации создаваемые объекты группируются по слоям, и им, в зависимости от используемого ПО, может присваиваться атрибутика. Создаваемые объекты также могут непосредственно на стадии векторизации подвергаться топологической обработке.

В этом подразделе студенты должны выполнить обзор программного обеспечения с учетом следующих критериев:

- назначение программного продукта;
- основные функции (*обратить внимание на возможность автоматической и полуавтоматической векторизации*);
- функции редактирования растрового изображения;
- функции редактирования векторных данных;
- возможности импорта/экспорта данных;
- возможности модернизации и расширения функционала программного продукта;
- преимущества и недостатки по сравнению с аналогичным ПО.

3.4. Цифровые топографические планы

Топографический план – крупномасштабное картографическое изображение ограниченного участка местности без учета кривизны поверхности, которое является важнейшим элементом информационного обеспечения САПР.

Цифровые топографические карты и планы используются в перечисленных ниже случаях:

- разработка генеральных планов и проектов размещения строительства;
- составление технических проектов промышленных и горнодобывающих предприятий;
- предварительная разведка и дальнейшая эксплуатация месторождений;
- составление генеральных маркшейдерских планов разрабатываемых нефтегазовых месторождений, проектирование обустройства месторождений и решение горнотехнических задач;
- землеустройство, земельном кадастре;
- проектирование, строительство и учет объектов инфраструктуры;
- создание проектов озеленения территории;
- решение задач оборонного характера.

Преимущества цифровых топографических планов состоит в следующем:

- изменяемость;
- мобильность;
- стабильность и долговечность.

3.4.1. Векторные модели данных

Векторные модели широко применяются в САПР. Они строятся на векторах, занимающих часть пространства, в отличие от занимающих все пространство растровых моделей. Это определяет их основное преимущество – требование на порядки меньшего объема памяти для хранения и меньших затрат времени на обработку и представление, а главное более высокую точность позиционирования и представления данных. При построении векторных моделей объекты создаются путем соединения точек прямыми линиями, дугами окружностей, полилиниями. Площадные объекты – ареалы задаются наборами линий. Векторные модели используются преимущественно в транспортных, коммунальных, маркетинговых приложениях. В САПР имеют дело не с абстрактными линиями и точками, а с реальными объектами, содержащими линии и территории, занимающими пространственное положение, а также со сложными взаимосвязями между этими объектами. Соответственно, полная векторная модель данных отображает пространственные данные как совокупность следующих основных частей:

- геометрические (метрические) объекты (точки, линии и полигоны);
- атрибуты-признаки, связанные с объектами;
- связи между объектами.

Векторные модели с помощью дискретных наборов данных отображают непрерывные объекты или явления. Следовательно, можно говорить о векторной дискретизации. При этом векторное представление позволяет отразить большую пространственную изменчивость для отдельных районов по сравнению с растровым представлением, что обусловлено более четким показом границ и их меньшей зависимостью от исходного образа (изображения), чем при растровом отображении.

Некоторые объекты являются векторными по определению, например, границы соответствующего земельного участка, границы районов и т.д. Поэтому векторные модели обычно используют для сбора данных координатной геометрии (топографические записи), данных об административно-правовых границах и т.п.

В векторных форматах набор данных определен объектами базы данных. Векторная модель может организовывать пространство в любой последовательности и дает «произвольный доступ» к данным. В векторной форме легче осуществляются операции с линейными и точечными объектами. В растровых форматах точечный объект должен занимать целую ячейку. Это создает ряд трудностей, связанных с соотношением размеров растра и размера объекта. Что касается точности векторных данных, то здесь можно говорить о преимуществе векторных моделей перед растровыми, так как векторные данные могут кодироваться практически с любой степенью точности, которая ограничивается лишь возможностями метода внутреннего представления координат. Обычно для представления векторных данных используется 8 или 16 десятичных знаков (одинарная или двойная точность).

Только некоторые классы данных, получаемых в процессе измерений, соответствуют точности векторных данных. Это данные, полученные точной съемкой (координатная геометрия); карты небольших участков, составленные по топографическим координатам, и политические границы, определенные точной съемкой. В растровой системе эта неопределенность задается размером ячейки. Следовательно, необходимо помнить, что в САПР действительное представление о точности дают размер растровой ячейки и неопределенность положения векторного объекта, а не точность координат. Для анализа связей в векторных моделях необходимо рассмотреть их топологические свойства, т.е. рассмотреть топологические модели, которые являются разновидностью векторных моделей данных.

Векторно-нетопологическое представление данных (модель «спагетти») – цифровое представление точечных, линейных и полигональных пространственных объектов в виде набора координатных пар с описанием только геометрии объектов.

Векторно-топологическое представление (линейно-узловое представление) – разновидность векторного представления линейных и полигональных пространственных объектов, описывающего не только их геометрию, но и топологические отношения между полигонами, дугами и узлами.

Пример векторного представления пространственных объектов показан на рисунках 4.1 – 4.3.

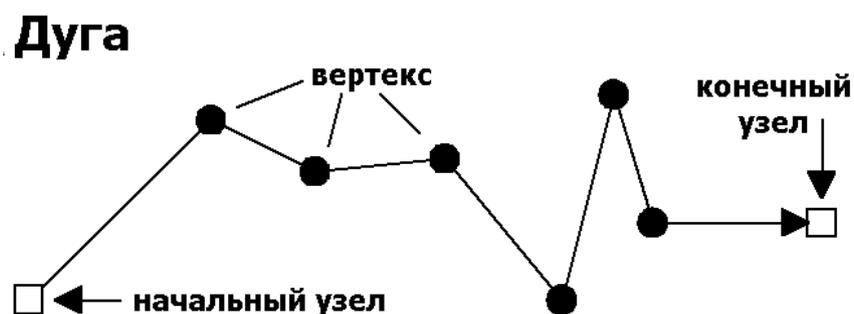


Рисунок 4.1. – Типы векторных объектов, основанные на определении пространственных размеров

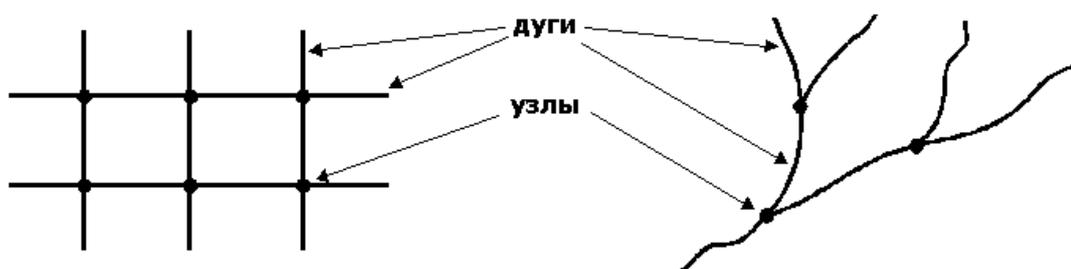


Рисунок 4.2. – Пример слоев, составленных из пространственных объектов линейного типа

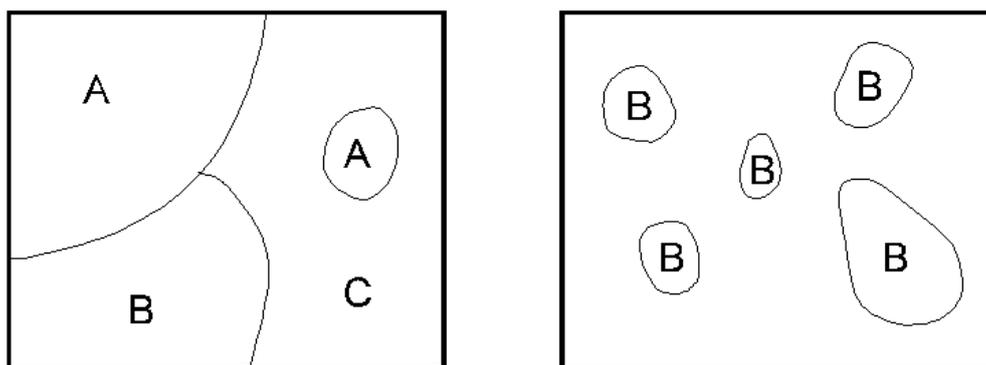


Рисунок 4.3. – Примеры слоев, составленных из пространственных объектов полигонального типа

Формирование топологии включает определение и кодирование взаимосвязей между точечными, линейными и площадными объектами (рисунок 4.4).

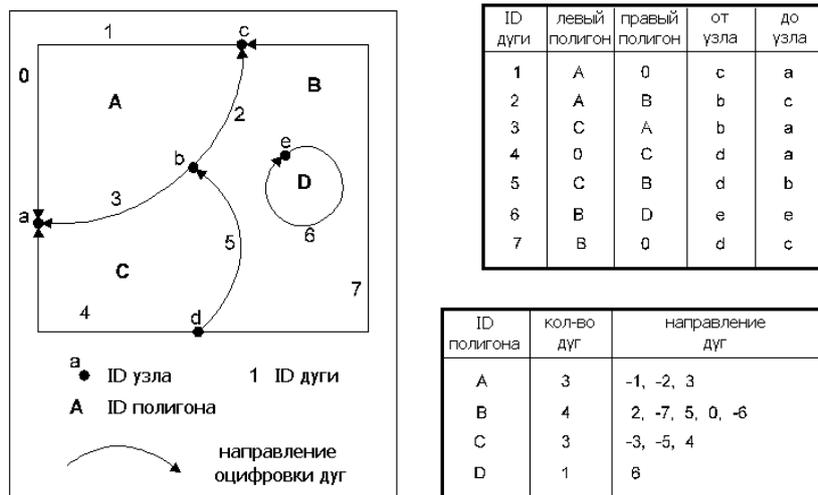


Рисунок 4.4. – Топологическое представление векторных объектов

3.4.2. Классификатор CREDO Topoplan

Редактор Классификатора (ПК) – это отдельное приложение к комплексу программных продуктов CREDO III, с помощью которого создается и наполняется Классификатор.

Классификатор имеет иерархическую структуру и содержит информацию о тематических объектах (ТО).

Редактор Классификатора позволяет создавать и редактировать в Классификаторе различные по типу ТО (точечные, линейные и площадные) с семантическим наполнением и отображением условными знаками и информационными блоками (типа характеристики древостоя, водотоков, подписи скважин) в соответствии с масштабом генерализации.

Тематические объекты используются при создании в системах CREDO III цифровой модели местности (ЦММ) в процессе выполнения топографо-геодезических работ, проектирования генпланов, дорог и др.

Классификатор, содержащий разделы «Топоплан» (топографические объекты), «Генплан и транспорт» (объекты проектирования генплана и транспортных сооружений), входит в состав поставляемой Базы данных. Он содержит практически полный состав топографических объектов, созданных на основе нормативных документов, регламентирующих использование условных знаков для крупных (1:500 – 1:2000) и мелких (1:10 000 – 1:25 000) масштабов. Работа по дополнению и редактированию Классификатора для Корпоративной и Персональной Баз данных должна вестись централизованно. Это вызвано тем, что в производстве для обеспечения слияния и использования данных CREDO III смежниками должен использоваться единый Классификатор. Несанкционированное удаление или дополнение отдельных объектов может привести к потере данных.

Полный набор данных о территории формируется в иерархической структуре проектов, позволяющих группировать данные по необходимым для пользователя принципам, например, по площадной принадлежности (планшеты, кварталы и т.п.), или составу данных (ситуация, рельеф, коммуникации и т.д.), или их комбинации. В свою очередь, проекты состоят из иерархически организованных слоев. Тематические слои (фильтры) проекта формируются программой автоматически на основе использующихся в нем объектов классификатора.

Для создания цифровой модели ситуации в системе CREDO Topoplan разработан классификатор топографических объектов, в котором определяется тип локализации объекта, состав семантической информации, условия отображения и генерализации. Данные классификатора составляют многослойную систему, в которой описываются точечные, линейные и площадные топографические объекты.

Данный классификатор представляет собой набор всех условных знаков. Классификатор представляет собой древовидную структуру, в которой все условные обозначения разбиты по группам. На рисунке 4.5 показан Классификатор с выбранным разделом «ГГС».

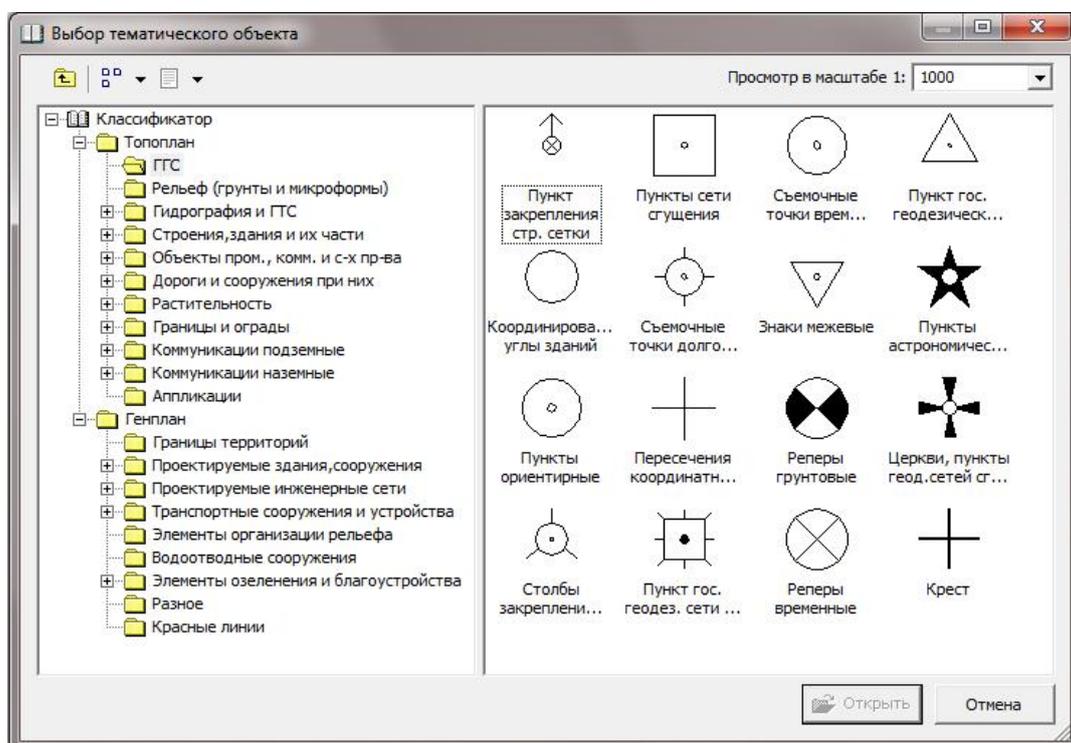


Рисунок 4.5. – Классификатор CREDO Topoplan

В правой части окна отображаются доступные условные обозначения и их названия. В правом верхнем углу есть раскрывающийся список для

просмотра знаков в определенном масштабе. Возможность выбора масштаба варьируется от 1:10 до 1:100 000. При этом в этом же масштабе условные знаки будут наноситься на план, т.е. масштаб плана и условного знака должны совпадать для корректного отображения знаков на плане.

Преимуществом системы является определяемый пользователем масштабный ряд визуализации объекта. Один и тот же объект в зависимости от настроек классификатора и текущего масштаба съемки может либо отображаться на плане разными символами, либо не отображаться совсем. Данная возможность позволяет пользователю частично автоматизировать генерализацию топографического плана.

3.4.3. Классификатор GeoniCS

Топографические объекты в GeoniCS Topoplan классифицируются по стандартному иерархическому 8-уровневому классификатору топографических объектов для крупных масштабов. Любой создаваемый объект хранит в себе 8-разрядный классификационный код.

Если Классификатор открыт, пользователи сами могут вносить необходимые им специальные знаки и их группировки.

Например, Классификатор расширен некоторыми специальными знаками, применяемыми на топопланах Москвы и Киева, где ряд знаков на топопланах не совпадают со стандартными знаками. Классификатор GeoniCS – это набор панелей с кнопками, каждой из которых присвоен свой условный знак либо линия.

В классификаторе находится полная библиотека топографических условных знаков (точечные, линейные, полосные, площадные), а также средства их отрисовки, редактирования и замены. Можно выделить три основных источника данных, на основе которых в модуле «Топоплан» создаются топографические карты и модели рельефа:

- **архивные картматериалы на твердом носителе.** Эти материалы сканируются, полученные растровые изображения корректируются и вставляются в чертеж *dwg* в реальных изыскательских координатах. Соответствующие топознаки отрисовываются в режиме «сколки»;

- **данные полевых топографо-геодезических наблюдений,** которые можно импортировать из *rgd*-файла (обменный формат программы GeoniCS Изыскания) или из текстового файла ведомости координат и отметок. Соответствующие топознаки отрисовываются в режиме «сколки» или замены, если в программе GeoniCS Изыскания были закодированы линейные объекты;

– топологические данные различных ГИС-систем, представляющие описание точечных, линейных и площадных объектов, которые можно импортировать через *dxf*-файл. Соответствующие топонизации отрисовываются в режиме замены. На рисунках 4.6–4.8 приведены примеры классификатора топографических условных знаков GeoniCS.

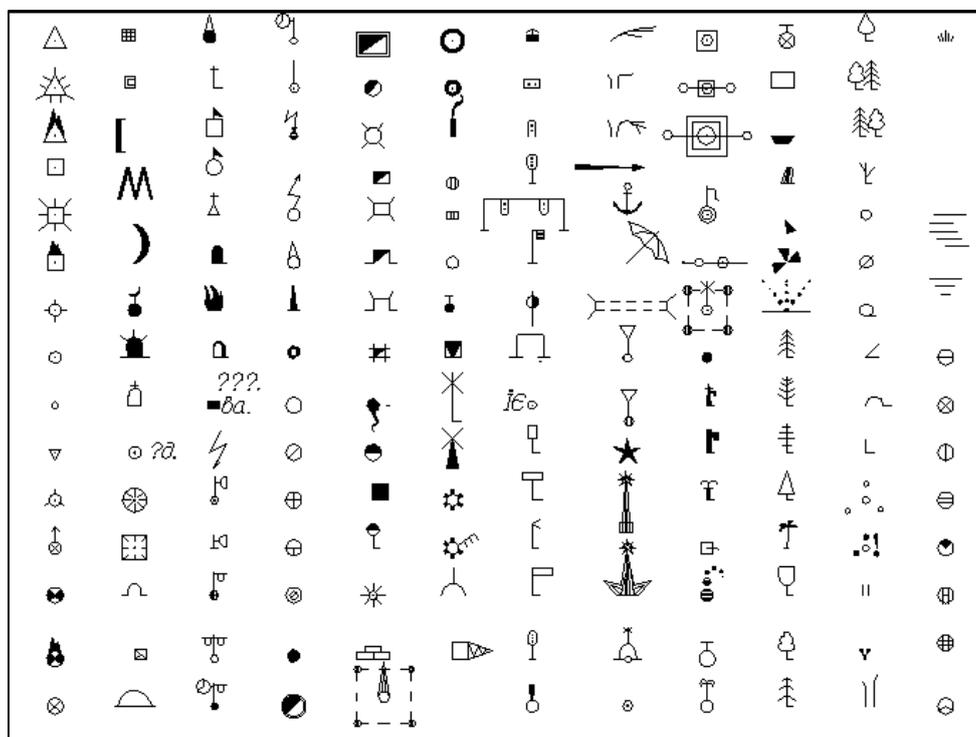


Рисунок 4.6. – Точечные условные знаки

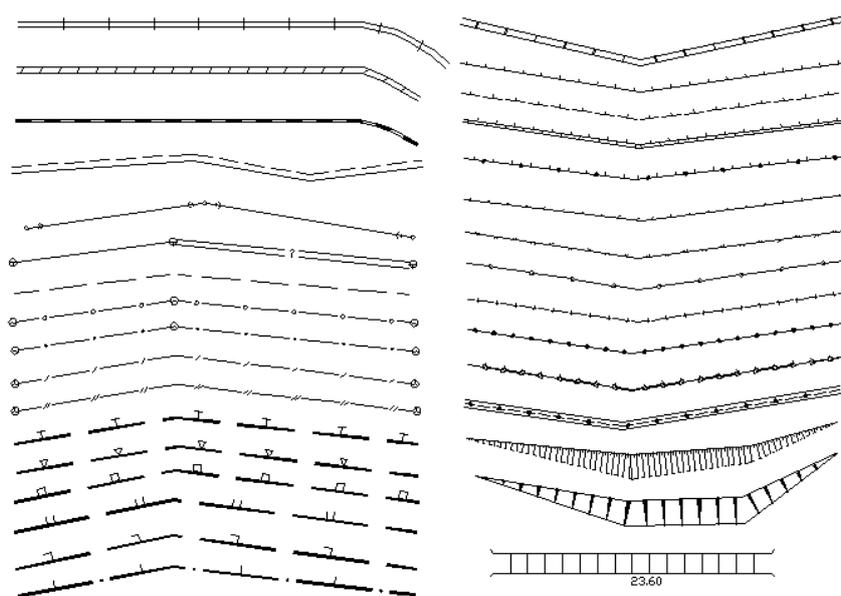


Рисунок 4.7. – Линейные условные знаки

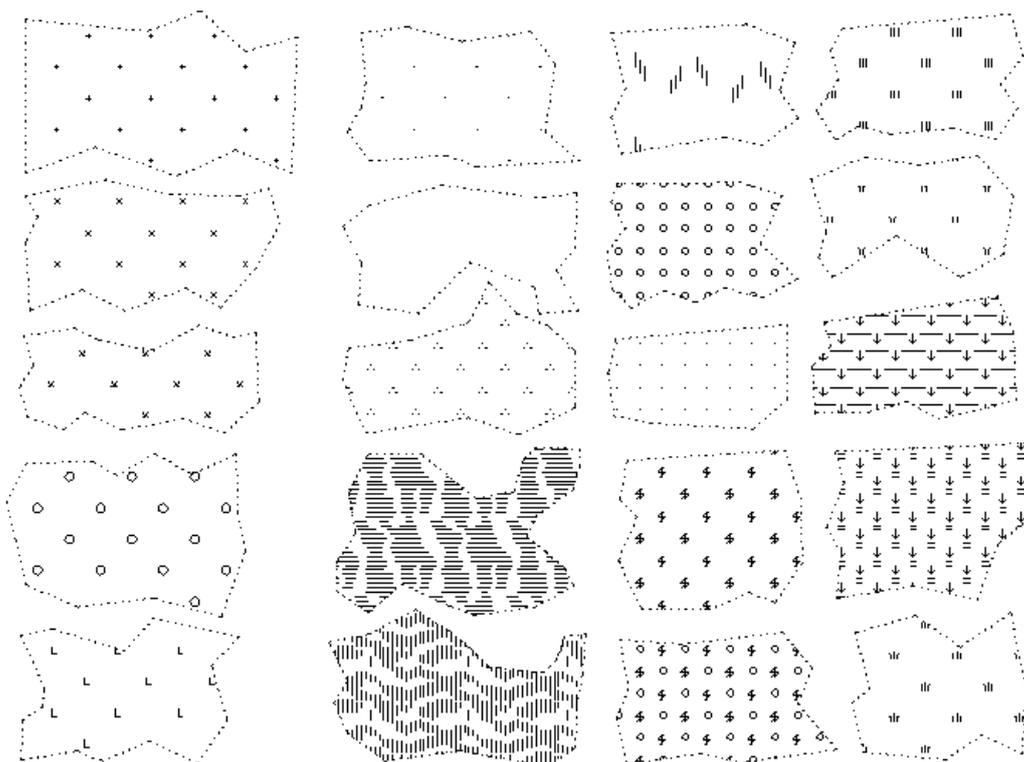


Рисунок 4.8. – Площадные условные знаки

Выбор необходимого топонима возможен несколькими способами: через топографический классификатор, через алфавитный указатель, а также через вызываемые тематические панели инструментов. Кроме того, модуль «Топоплан» снабжен встроенной справочно-нормативной базой, где собрана информация по правилам отрисовки топографических знаков, а также в нем реализован режим «ассистента», который предоставляет пользователю подсказки, касающиеся отрисовки выбранных знаков.

На основании анализа структуры, содержания, использования и редактирования классификаторов CREDO Topoplan и GeoniCS студент должен сделать вывод о преимуществах и недостатках рассмотренных классификаторов.

3.5. Цифровые модели рельефа

Цифровая модель рельефа – это средство цифрового представления трехмерных пространственных объектов (поверхностей, рельефа) в виде трехмерных данных как совокупности высот или отметок глубин и иных значений аппликат (координаты Z) в узлах регулярной сети с образованием матрицы высот, нерегулярной треугольной сети или как совокупности записей горизонталей или иных изолиний.

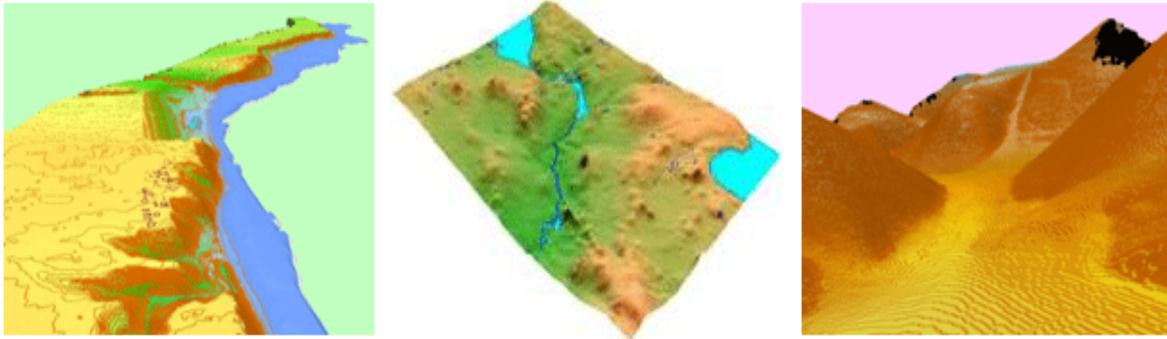


Рисунок 5.1. – Виды представления цифровой модели рельефа

3.5.1. Методы построение ЦМР

Применяемые в настоящее время способы построения ЦМР в зависимости от принятой схемы размещения точек и типа математической модели можно условно разделить на две группы: **DEM – регулярная** и **TIN – нерегулярная модели** (рисунок 5.2).

Модель на сетке со сторонами, параллельными координатным осям X и Y системы местности, называется регулярной. Она основана на интерполяции значений высот и известна как модель DEM (Digital Elevation Model). Регулярная ЦМР может быть рассчитана на любую область и может иметь любой размер, ограниченный только размером диска. Регулярную ЦМР можно представить себе как бесконечную решетку, параллельную осям координат, к узлам которой приписаны значения высоты. Интерполяция рассчитывает значения ячеек на основании ограниченного числа точек измерений.

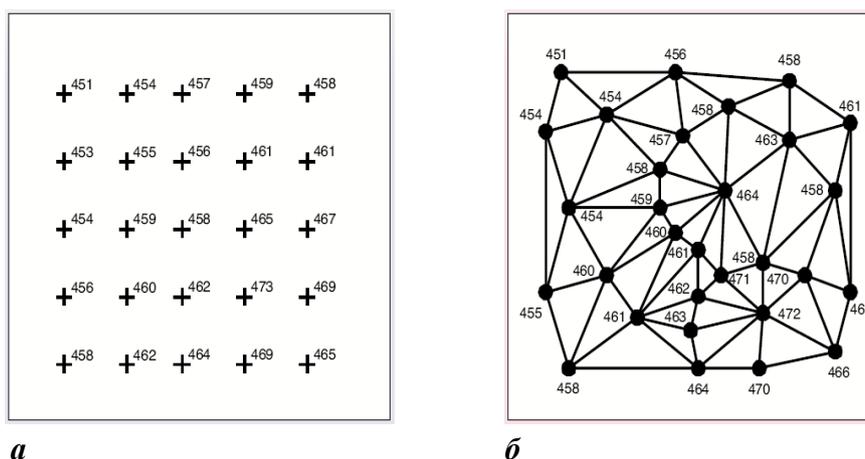


Рисунок 5.2. – Типы математической модели ЦМР:
a – регулярная (DEM); *б* – нерегулярная (TIN)

Измерить высоту, величину или концентрацию какого-либо свойства в каждой точке исследуемой области обычно трудно. Вместо этого можно

выбрать набор распределенных по некоей схеме точек замеров и по ним рассчитать значения в остальных точках. Благодаря интерполяции можно получить новую информацию, создав новый набор данных, который выявляет определенные закономерности в исходном наборе данных.

Наиболее распространенные способы интерполяции (аппроксимации) рассмотрены ниже.

Kriging (кригинг) – это метод интерполяции, учитывающий не только удаленность исходных точек от интерполируемых, но и их взаиморасположение, при этом близкие друг к другу исходные точки считаются более коррелированными и потому получают меньший вес.

Слово кригинг (*Kriging*) является синонимом «оптимального прогнозирования». Это метод интерполяции, который определяет неизвестные значения по данным наблюдений с известным положением. Этот метод использует вариограммы, чтобы предать пространственные изменения, и минимизирует ошибки определяемых значений, которые оцениваются пространственным распределением оцениваемых значений.

Метод кригинга оптимизирует процедуру интерполяции на основе статистической природы поверхности полиномами первого, второго и третьего порядка (рисунок 5.3).

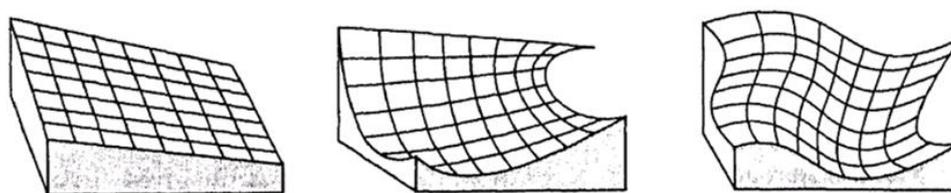


Рисунок 5.3. – Порядки поверхностей тренда.

Поверхности первого, второго и третьего порядка в зависимости от сложности полинома, используемого для представления поверхности

Весовые коэффициенты определяются из эмпирической полувариограммы $\gamma(h)$, которая вычисляется по формуле

$$\gamma(d) = \frac{1}{2n_h} \sum_{i=1}^{n-h} (Z_i(x) - Z_i(x+d))^2, \quad (5.1)$$

где Z_i – значение параметра моделируемого поля, взятое в точке i ;

$Z_i(x+d)$ – другое значение, взятое через интервал d ;

n – число точек измерения;

Другими словами, найдена сумма квадратов разностей между значениями поля геологического параметра в паре точек, разделенных расстоянием h . Число точек равно n , так что число сравнений между парами точек есть $n - h$.

Если вычислить полудисперсии для различных значений d , то можно нанести результаты на график в виде полувариограммы. Когда расстояние d между точками измерения равно нулю, то значение в каждой точке сравнивается с самим собой. Следовательно, если все разности равны нулю, то полудисперсия для $\gamma(d)$ есть нуль. Если d – малое расстояние, точки при сравнении оказываются очень похожими, и полудисперсия будет мала. По мере увеличения расстояния d связь между сравниваемыми точками ослабевает и расстояния между ними увеличиваются, что приводит к большим значениям $\gamma(d)$.

Предположим, что на некотором расстоянии сравниваемые точки находятся так далеко, что они не связаны друг с другом, и их квадраты разностей будут равны по величине дисперсии относительного среднего значения. Полудисперсия более не растет и полувариограмма переходит в плоскую область, называемую порогом (P) картируемого параметра. Расстояние, на котором полудисперсия приближается к дисперсии, называется рангом или размахом (R) геологического параметра. Оно определяет окрестность, в пределах которой все значения Z_i статистически связаны друг с другом.

Для некоторой произвольной точки можно представить себе окрестность как симметричный интервал (или площадь, или объем в зависимости от размерности) вокруг точки. Если переменная стационарна или всюду имеет одно и то же среднее значение, то любое положение вне этого интервала совершенно независимо от центральной точки и не может давать информацию вокруг значения поля геологического параметра в этой точке. В пределах этой окрестности, однако, поле геологического параметра во всех наблюдаемых точках связано с полем геологического параметра в центральной точке и, следовательно, может быть использовано для оценки ее значения. Если использовать множество измерений, сделанных в точках внутри этой окрестности для оценки значения поля геологического параметра в центральной точке, то полувариограмма обеспечит собственные веса, которые должны быть приписаны каждому измерению. Одна из возможных схем отбора точек для вычисления $\gamma(d)$ по формуле (5.1) показана на рисунке 5.4.

В принципе экспериментальная полувариограмма может быть прямо использована для получения оценок. Однако полувариограмма известна только в дискретном наборе точек, расположенных на расстоянии d . На практике полувариограммы могут потребоваться для любых расстояний независимо от того, являются ли они кратными d или нет. По этой причине дискретная экспериментальная полувариограмма должна быть приближена некоторой непрерывной функцией, которую можно вычислить для любого желаемого расстояния.

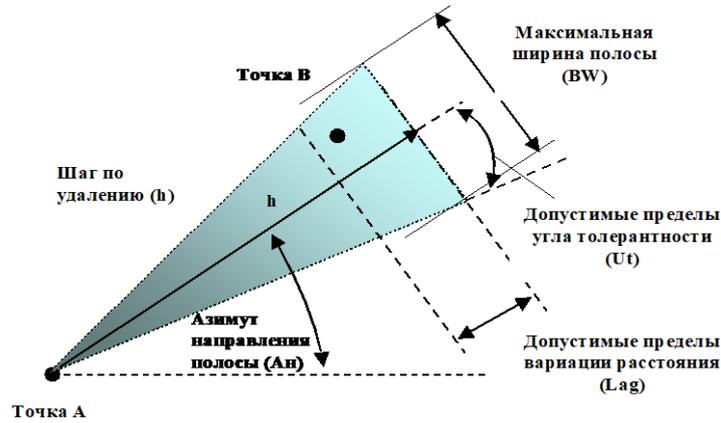


Рисунок 5.4. – Схема геометрических элементов полувариограммы для формирования пар точек

Охарактеризуем некоторые модельные полувариограммы:

- полувариограмма параболической формы показывает отличную коррелированность геологической переменной (рисунок 5.5, а);
- полувариограмма линейной формы показывает умеренную коррелированность (рисунок 5.5, б);
- полувариограмма горизонтальной формы соответствует случайной переменной, не имеющей пространственной автокорреляции (рисунок 5.5, в);
- полувариограмма с явным отклонением от начала координат показывает, что переменная сильно изменчива при расстояниях, меньших, чем интервал опробования (рисунок 5.5, г).

Отметим, что описанный способ вычисления весов w_i обладает еще одним положительным свойством: он доставляет минимум дисперсии среднего значения.

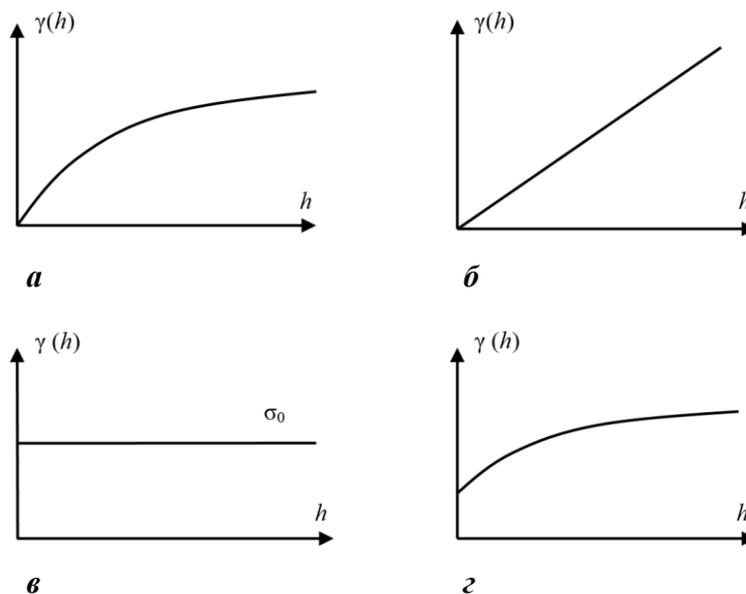


Рисунок 5.5. – Модели полувариограммы

(А) Мультиквадриковый метод аппроксимации топографической поверхности

При использовании этого метода аппроксимация топографической поверхности осуществляется путем суммирования поверхностей заранее фиксированного вида, в качестве которых применяются конусы и гиперboloиды. Каждая такая поверхность, характеризуемая уравнением $z = c_j q(x_j, y_j, x, y)$, связана с некоторой точкой топографической поверхности j и имеет определенный наклон c_j . Элемент $q(x_j, y_j, x, y)$ называется квадрикой точки j .

Для n квадрик аппроксимирующая топографическую поверхность формула имеет вид суммы частных квадрик $z_i = \sum_{j=1}^n c_j q(x_j, y_j, x_i, y_i)$ и называется мультиквадриковой поверхностью.

Квадрика q , представляемая гиперboloидом, имеет вид

$$q(x_j, y_j, x, y) = [(x_j - x_i)^2 + (y_j - y_i)^2 + R]^{\frac{1}{2}}, \quad (5.2)$$

где $d = \left[(x_j - x_i)^2 + (y_j - y_i)^2 \right]^{1/2}$ – расстояние от точки интерполяции до выбранной точки;

R – параметр сглаживания.

При $R = 0$ гиперboloид превращается в круговой конус, радиус основания которого равен высоте, а вершина лежит в плоскости XOY . Координаты вершины совпадают с координатами x_j и y_j точки j .

Коэффициенты c_j получаются решением системы из n уравнений:

$$z_i = \sum_{j=1}^n c_j q(x_j, y_j, x_i, y_i), \quad (5.3)$$

где z_i – i -я компонента вектора $z = [z_i]$;

c_j – j -я компонента вектора неизвестных коэффициентов $c = [c_j]$;

$q(x_j, y_j, x_i, y_i)$ – элементы q_i матрицы $Q = [q_{ij}]$.

С геометрической точки зрения коэффициенты c_j – это тангенсы углов наклона образующих соответствующих конусов к плоскости XOY .

Координата любой определяемой точки на вычисленной мультиквадриковой поверхности рассчитывается как сумма всех частных значений точек пересечения каждой частной квадрики с вертикальной линией, проходящей через точку A .

$$z_A = \sum_{j=1}^n z_j^A. \quad (5.4)$$

Величина параметра R может принимать различные значения в зависимости от сложности рельефа и размеров стороны квадрата.

Как показали исследования, мультиквадриковая поверхность наиболее адекватна топографической поверхности, когда значение параметра R имеет тот же порядок, что и квадрат стороны участка аппроксимации. При неправильном выборе этого параметра происходит систематический сдвиг поля высот.

(B) Метод Radial Basis Functions – natural cubic spline

В этом методе искомая функция находится как линейная комбинация набора радиальных базисных функций:

$$S(x, y) = a + \sum_{i=1}^n \mu_i B_i(d), \quad (5.5)$$

где a – константа;

i – индекс точки измерений;

μ_i – неизвестные коэффициенты;

$B_i(d)$ – базисные функции, зависящие от расстояния d точки интерполяции до i -й точки наблюдения.

Существует несколько типов базисных функций:

– Inverse Multiquadric

$$B(d) = \frac{1}{\sqrt{d^2 + R^2}}; \quad (5.5)$$

– Multilog

$$B(d) = \log(d^2 + R^2); \quad (5.6)$$

– Мультиквадратичная¹ (Multiquadric)

$$B(d) = \sqrt{d^2 + R^2}; \quad (5.7)$$

– Natural Cubic Spline

$$B(d) = (d^2 + R^2)^{\frac{3}{2}}; \quad (5.8)$$

– Thin Plate Spline

$$B(d) = (d^2 + R^2) \log(d^2 + R^2), \quad (5.9)$$

¹ Мультиквадратичная функция используется наиболее часто.

где R^2 – фактор сглаживания. Чем больше значение этого параметра, тем более сглаженной будет поверхность. Разумные значения фактора сглаживания находятся в интервале от среднего межточечного расстояния выборки до половины этого среднего значения.

Цифровая модель рельефа TIN, основанная на треугольниках произвольной формы, покрывающих всю область моделирования, представляет рельеф наиболее точно, поскольку обеспечивает плотное прилегание треугольников к моделируемой поверхности. Построение TIN сводится к созданию оптимальной сети треугольников, элементы которой стремятся быть как можно ближе к равносторонним. Чтобы поверхность оптимально моделировалась треугольниками, применяется алгоритм, известный как триангуляция Делоне. Использование модели TIN для получения высот новых точек не совсем удобно, поскольку для этого необходимо не только определить принадлежность определяемой точки конкретному треугольнику, но и выполнить линейную интерполяцию высот по отметкам его вершин.

В триангуляции Делоне в качестве исходных данных используются только точки.

Все треугольники триангуляции Делоне удовлетворяют условию Делоне – внутри окружности, описанной вокруг треугольника, не попадает ни одна из точек, участвующих в триангуляции. На рисунке 5.6 показаны описанные окружности для нескольких треугольников триангуляции Делоне.

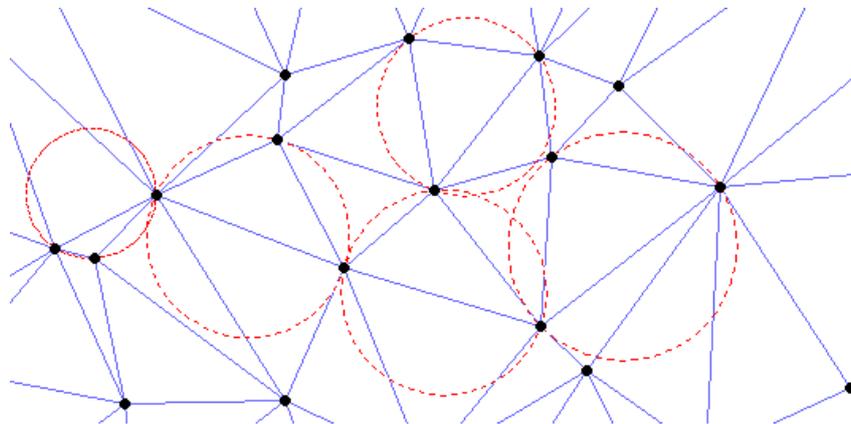


Рисунок 5.6. – Триангуляция Делоне с окружностями

Одним из свойств триангуляции Делоне является максимизация минимального угла среди всех углов всех построенных треугольников, т.е. можно говорить о минимизации количества треугольников с острыми углами.

При построении моделей поверхностей во многих случаях в качестве исходных данных используются не только точки, но и полилинии. То есть некоторые ребра будущих треугольников присутствуют уже в исходных

данных, причем новые ребра, получаемые в результате триангуляции, не должны пересекать ребра, полученные из полилиний.

Триангуляция с использованием не только точек, но и полилиний называется триангуляцией Делоне с ограничениями.

При триангуляции Делоне с ограничениями в создании нового треугольника не могут принимать участия точки, соединение с которыми приводит к получению ребер, пересекающих ребра, полученные из исходных полилиний. Для точек, которые могут принимать участие в образовании нового треугольника, действует то же правило (условие Делоне), как и в триангуляции без ограничений.

На рисунке 5.7 показано, что для точек 1, 2, 3, 4 условию Делоне удовлетворяет треугольник, составленный из точек 1, 2, 4 (и смежный с ним треугольник из точек 2, 3, 4). Однако построен треугольник из точек 1, 3, 4 и треугольник из точек 1, 2, 3, потому что ребро из точек 1 и 3 получено из исходной полилинии. Если построить треугольник 1–2–4, то получится ребро 2–4, которое будет пересекать исходное ребро 1–3, что недопустимо:

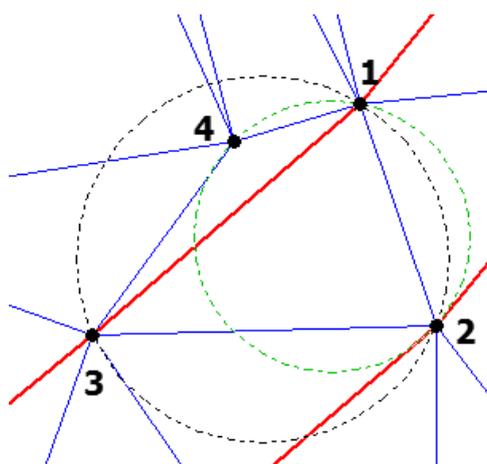


Рисунок 5.7. – Треугольники, построенные по методу триангуляции Делоне с ограничениями

Из-за того, что часть ребер подается на вход триангуляции в готовом виде, возможно появление треугольников с более острыми углами, чем в случае, если бы на вход триангуляции подавался тот же набор точек, но без заранее соединенных ребер. Однако этот недостаток не очень существенен, тем более что в определенной степени с ним можно бороться, если в исходных полилиниях не допускать «больших» расстояний между точками.

У триангуляции Делоне с ограничениями имеется гораздо более серьезный недостаток, который рассмотрим ниже.

На рисунке 5.8 показан фрагмент модели поверхности, полученный в результате триангуляции Делоне с ограничениями. В качестве исходных данных использованы изолинии рельефа.

В результате триангуляции получено некоторое количество горизонтальных треугольников, которые опираются на точки одной и той же изолинии либо на точки разных изолиний с одинаковой высотной отметкой. Горизонтальные площадки, составленные из таких треугольников, на рисунке закрашены желтым цветом. На рисунке 5.9 представлен фрагмент того же участка модели поверхности в 3D окне.

Понятно, что истинная поверхность не имеет таких горизонтальных площадок, которые получены в результате триангуляции.

Теоретически могут быть единичные горизонтальные треугольники, но это исключение, а не правило.

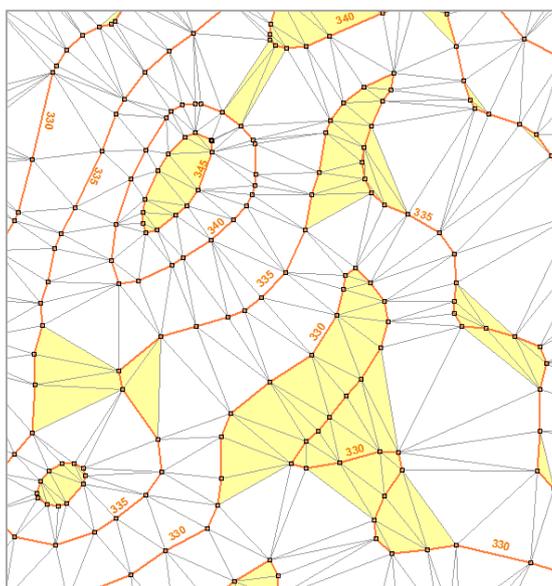


Рисунок 5.8. – Триангуляция Делоне, построенная на основании горизонталей

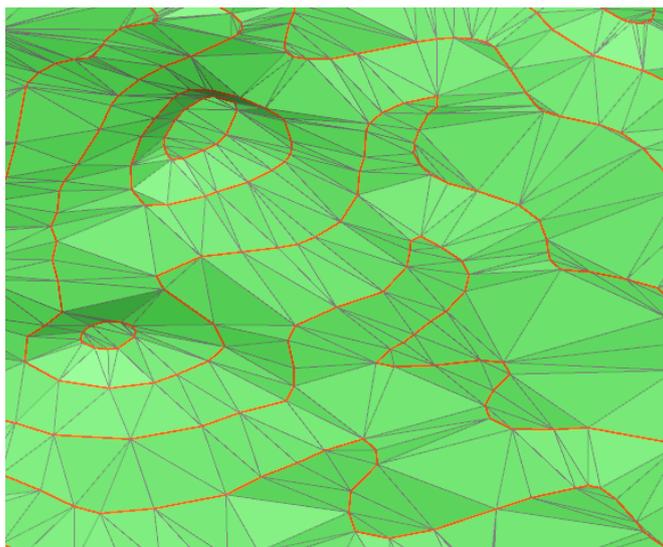


Рисунок 5.9. – Вид триангуляции, показанный в трехмерном виде

Таким образом, если в чистом виде использовать триангуляцию Делоне с ограничениями применительно к изолиниям рельефа, то модель поверхности будет содержать заведомые ошибки в случае использования ее для подсчета объемов и визуально модель поверхности будет выглядеть неестественно.

Модели DEM более подходят для целей мелкомасштабного отображения, идентификации водосборных бассейнов, анализа зон видимости и затопления, моделирования рельефа поверхности, распространения загрязнений, геохимических, гидрологических, климатических и многих других данных.

Модели TIN более подходят для решения крупномасштабных задач на небольших территориях, где используются высокоточные данные, например, в проектных инженерных приложениях для отображения строений на рельефе, вычисления объемов земельных выемок и иных задач.

Автоматизация процесса векторизации помогает значительно ускорить процесс ввода данных.

Выбор способа построения ЦМР зависит от имеющихся данных и поставленных задач.

Располагая пикеты на характерных элементах рельефа (например, водоразделах и тальвегах), мы игнорируем более мелкие элементы в промежутках. При построении горизонталей по таким ребрам треугольников возникает ошибка, которая зависит от величины неровности рельефа и угла наклона местности. Например, средняя погрешность съемки рельефа, не должна превышать $1/3$ сечения рельефа при углах наклона поверхности от 2 до 10 градусов. Можно рассчитать, что при сечении рельефа 0,5 м пре-

дельная величина пропущенной неровности (то есть отклонения поверхности земли от прямой, проходящей через соседние пикеты) не должна превышать $(0,5/3) \cdot \cos 10^\circ = 0,16$ м.

Для точности определения объема перемещаемого грунта важна также площадь, занимаемая не учитываемой деталью рельефа. Допустим, в квадрате 20×20 м между двумя парами пикетов имеется цилиндрическая выпуклость с максимальной высотой 0,15 м. Нетрудно подсчитать, что ее неучет при представлении данной поверхности только двумя треугольниками приведет к ошибке приблизительно в 40 м^3 . Не так уж много, но для участка в 1 га, расположенного на холме или верхней (как правило, выпуклой) части склона, получится уже $40 \cdot 25 = 1000 \text{ м}^3$ лишнего грунта. Если же брать пикеты в два раза чаще (то есть через 10 м), ошибка уменьшится вчетверо и составит 250 м^3 на гектар. Этот фактор можно учесть заранее, поскольку положительные формы равнинного рельефа обычно имеют выпуклую форму, а отрицательные – вогнутую. Если на подлежащий съемке участок имеются приближенные данные о рельефе, то радиус кривизны поверхности и необходимую густоту пикетов легко рассчитать по величинам заложения горизонталей или отдельным высотным отметкам (рисунок 5.10).

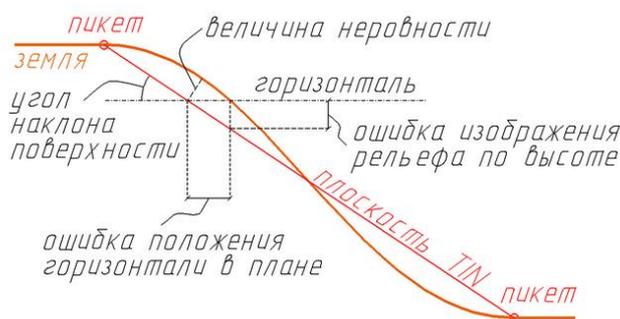


Рисунок 5.10. – Расчет радиуса кривизны поверхности и необходимой густоты пикетов

3.5.2. Векторизация горизонталей

Для создания цифровой модели рельефа каждому студенту в качестве исходных данных выдается небольшая часть топографического плана масштаба 1:2000 (рисунок 5.11).

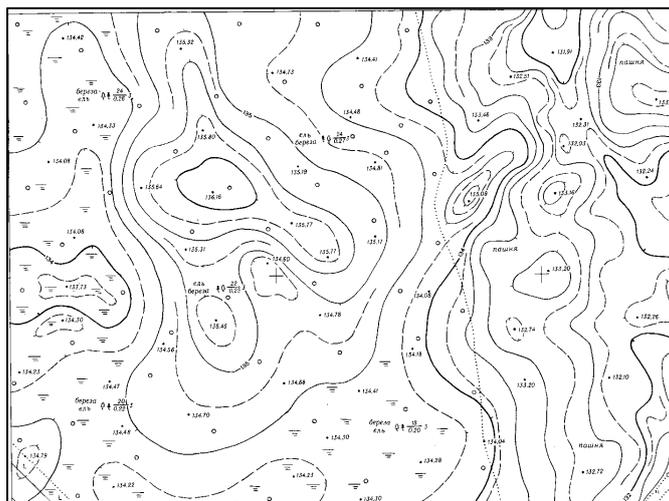


Рисунок 5.11. – Исходный план

Векторизация горизонталей выполняется, например, в программе AutoCAD, путем отрисовки (векторизации) горизонталей полилиниями, а характерных мест рельефа – точками. Всем отвекторизованным линиям и точкам присваиваются значения их высот (рисунок 5.12).

При векторизации горизонталей точки надо расставлять таким образом, чтобы линии были более или менее плавными и в то же время не следует располагать очень часто точки на горизонтали.

После завершения векторизации всех необходимых объектов на плане выделяются все точки и полилинии и при помощи модуля ToolPac производится экспорт точек из AutoCAD в текстовый файл. Формат экспортируемых данных имеет вид [X.x],[Y.y],[Z.z].

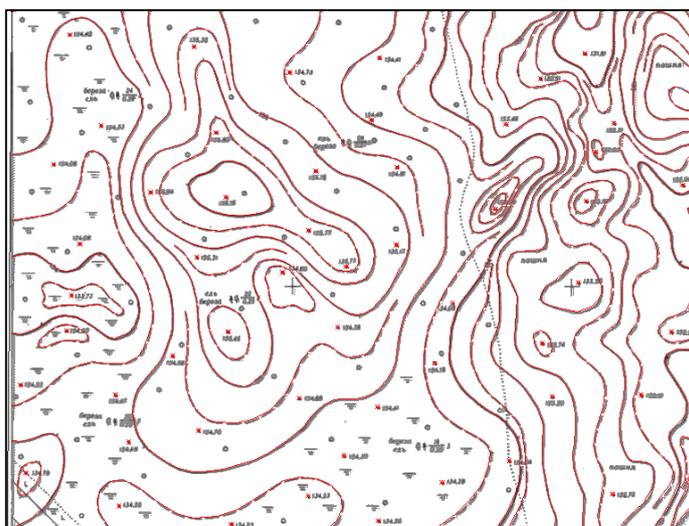


Рисунок 5.12. – План с векторизованными горизонталями и отметками высот

3.5.3. Построение модели рельефа по данным векторизации горизонталей

Модель рельефа предлагается построить в программе Surfer. Модель необходимо создать 4 методами:

- Kriging;
- Radial Basis Functions – multiquadric;
- Radial Basis Functions – natural cubic spline;
- Triangulation with linear interpolation.

Процесс создания модели поверхности рельефа выполняется в следующей последовательности:

1) в открытой программе Surfer загружаем текстовый файл с каталогом точек, экспортированных из AutoCAD, с помощью следующих команд: Grid → Data → «экспортированный текстовый файл с каталогом точек» (рисунок 5.13);

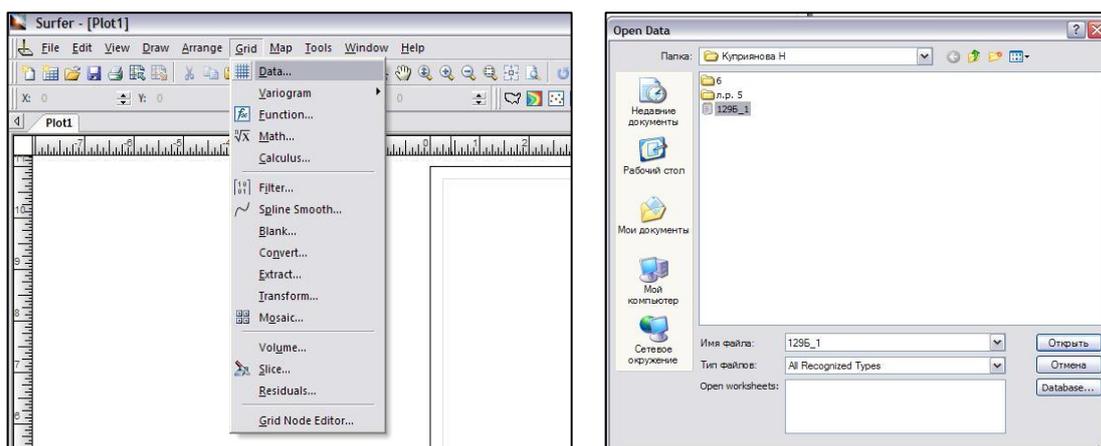


Рисунок 5.13. – Окно загрузки текстового файла с каталогом точек

9) после нажатия кнопки **Открыть** появляется окно с информацией текстового файла (рисунок 5.14). Маркером выбираем способ разделения колонок, в нашем случае это запятая. Нажимаем **ОК**;

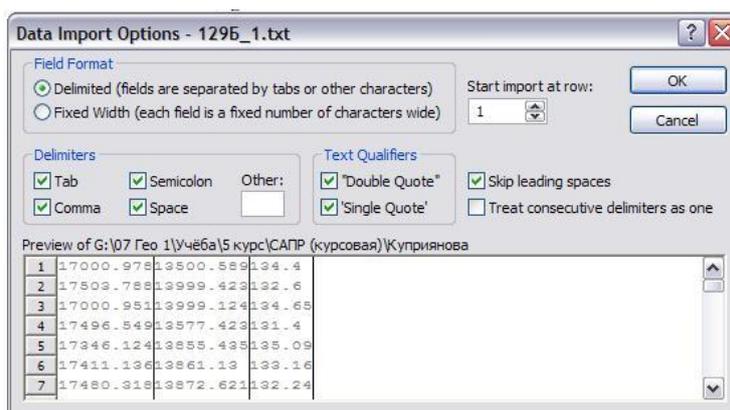


Рисунок 5.14. – Окно с информацией из текстового файла

10) далее появляется окно с настройками для нашей модели. Единственное отличие при построении моделей разными способами заключается в данном пункте. Здесь мы задаем метод интерполяции и соответствующие опции по построению модели указанным способом (рисунок 5.15). Остальные настройки, такие как размер регулярной сетки, создание отчета и путь сохранения выходных данных, будут одинаковыми для всех 4 способов.

После выполнения предыдущих операций получаем файл *.grd (рисунок 5.15, метка 6).

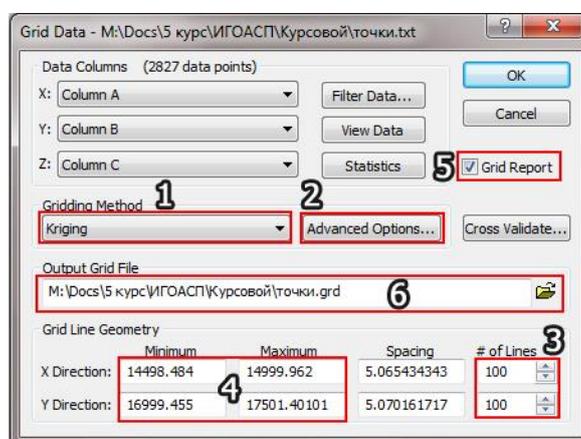


Рисунок 5.15. – Окно опций по построению модели заданным способом

3.5.4. Визуализация ЦМР

С того момента, как появились первые карты, перед картографами встала проблема отображения трехмерного рельефа на двухмерной карте. С этой целью использовались горизонтали (линии равных высот), на картах выполнялась отмывка (штриховка) рельефа, разные высоты рельефа местности выделялись заливкой различных оттенков. В настоящее время использование компьютерной техники дает новые возможности представления релье-

ефа местности. Все большую популярность приобретает трехмерная визуализация модели рельефа, т.к. она позволяет даже непрофессионалам получить достаточно полное представление о рельефе. Современные технологии трехмерной визуализации позволяют «взглянуть» на рельеф местности из любой точки пространства под любым углом, а также «полетать» над местностью.

В программе Surfer отобразить полученную поверхность можно двумя способами:

- 1) используя меню программы (рисунок 5.16);

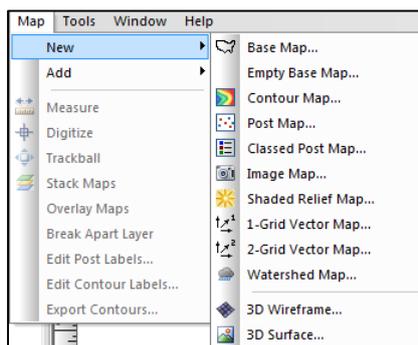


Рисунок 5.16. – Меню программы Surfer

- 2) используя панель инструментов (рисунок 5.17).



Рисунок 5.17. – Панель инструментов программы Surfer

На рисунках 5.18 и 5.19 приведены примеры отображения поверхностей, построенных в программе Surfer.

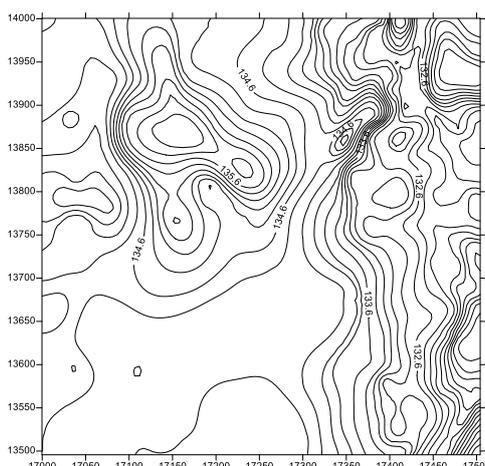


Рисунок 5.18. – Отображение построенной поверхности в виде изолиний

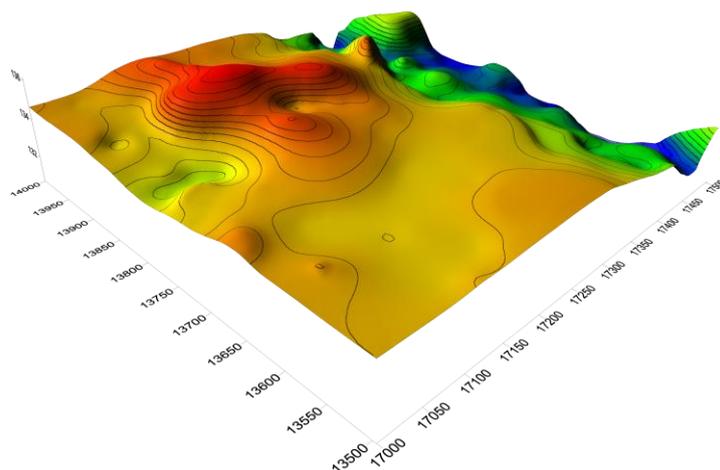


Рисунок 5.19. – Отображение построенной поверхности в 3D-виде

3.6. Анализ полученных результатов

Анализ полученных результатов проводится способом сравнения высот точек, полученных при построении модели рельефа, и одноименных точек, полученных путем векторизации горизонталей.

Последовательность проведения анализа:

- 1) в открытой программе Surfer выполняем команду Grid → Residuals;
- 2) в открывшемся окне выбираем файл исследуемого метода построения модели рельефа с расширением **.grd*;
- 3) в новом окне открываем текстовый файл с каталогом точек, экспортированных из AutoCAD;
- 4) после нажатия кнопки **Открыть** появляется окно с информацией текстового файла (рисунок 6.1). Щелчком мыши выбираем способ разделения колонок, в нашем случае это запятая. Нажимаем **ОК**;

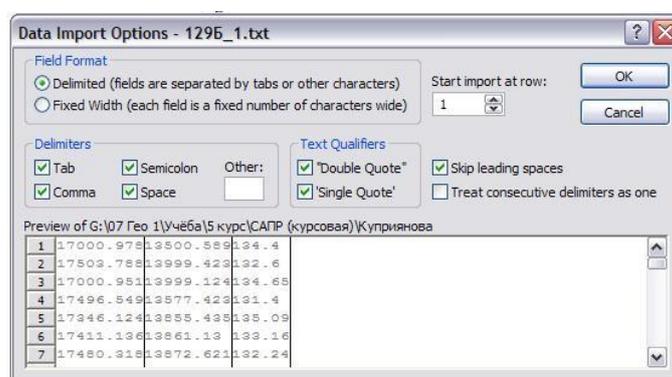


Рисунок 6.1. – Окно с информацией из текстового файла

- 5) следующее окно (рисунок 6.2) определяет, в каких колонках будут находиться координаты высоты и разность высотных отметок;

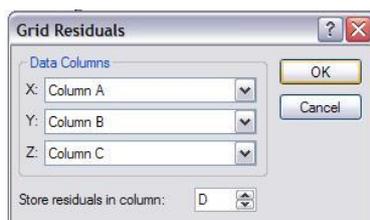


Рисунок 6.2. – Окно выбора колонки с координатами и разностью высотных отметок

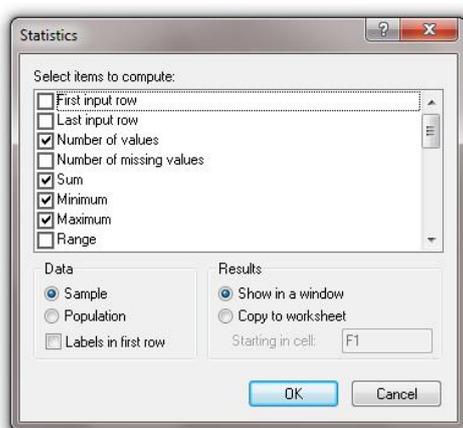
б) после выполнения действий 1)–5) появится таблица, содержащая всю вышеперечисленную информацию по точкам рельефа (рисунок 6.3).

	A	B	C	D
1	17000.978	13500.589	134.4	0.0008261
2	17503.788	13999.423	132.6	-0.0040753
3	17000.951	13999.124	134.65	0.0062248
4	17496.549	13577.423	131.4	0.0363119
5	17346.124	13855.435	135.09	0.0489906
6	17411.136	13861.13	133.16	0.0572953
7	17480.318	13872.621	132.24	0.0703396
8	17417.785	13896.688	132.03	-0.1412665
9	17431.057	13917.168	132.31	0.0068837

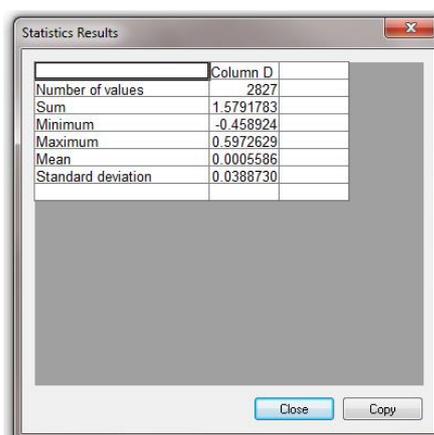
Рисунок 6.3. – Окно с информацией о точках рельефа

Далее мы можем провести по полученным данным анализ результатов. Для этого необходимо выделить колонку с разностью высотных отметок (столбец D на рисунке 6.3) и выполнить команду Data → Statistics. Откроется окно «Statistics», в котором следует выбрать те условия, по которым будет составляться статистический отчет (рисунок 6.4, а).

После выбора условий нажимаем **OK** – открывается окно «Statistics Results», в котором отображены необходимые нам статистические данные (рисунок 6.4, б).



а



б

Рисунок 6.4. – Окно статистических данных

Действия 1)–б) выполняются для всех четырех методов построения модели рельефа. В таблице 6.1 приведен пример результата для метода Kriging.

Таблица 6.1. – Пример результата для метода Kriging

	Column D
Number of values	3174
Sum	2,502755398
Minimum	-0,1572831
Maximum	0,126952671
Range	0,284235772
Mean	0,000788518
Median	-4,0563E-05
Standard error	0,000353003

Для визуального анализа качества методов мы можем по данным разности отметок точек и по их координатам построить «поля» ошибок, на которых будут четко видны места значительных расхождений в отметках точек. Пример приведен на рисунке 6.5.

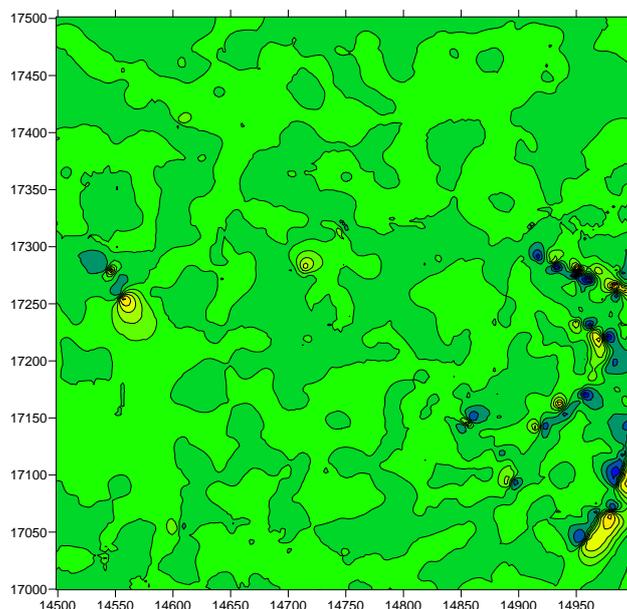


Рисунок 6.5. – «Поле» отклонений для метода Kriging: темным цветом выделены максимальные отклонения

Анализ также можно выполнить путем наложения точек, имеющих отклонения больше допустимого, на исходное растровое изображение, например, с помощью программы AutoCAD.

Студенты самостоятельно выбирают метод анализа и визуализации его результатов. Полученные статистические данные в обязательном порядке следует проанализировать и сделать соответствующие выводы.

Допустимое расхождение можно рассчитать исходя из соотношения $m = 1 / 3h$, где h – высота сечения рельефа на исходном топографическом плане.

3.7. Вычисление объемов земляных работ

3.7.1. Вычисление объемов методом квадратов

Подсчет объемов земляных работ по устройству выемок (котлованов, траншей) и насыпей при известных размерах достаточно прост. При сложных формах выемок и насыпей их разбивают на ряд более простых геометрических тел, которые затем суммируют.

Подсчет объемов земляных работ необходим для того, чтобы обоснованно выбрать методы и средства их выполнения, установить необходимость отвозки или возможность распределения вынутого из котлованов или траншей грунта на прилегающей территории и последующего его использования для устройства обратных засыпок, определить стоимость и продолжительность производства земляных работ.

Вычисление объемов земляных работ методом квадратов достаточно широко описано в курсе «Инженерная геодезия» и в нормативной литературе, поэтому студенты должны самостоятельно описать сущность и алгоритмы проводимых вычислений.

3.7.2. Вычисление объемов по регулярной ЦМР

Для подсчета объемов по регулярной ЦМР воспользуемся стандартным инструментом программы Surfer – Volume:

- 1) выполним команду Grid → Volume... Откроется окно выбора поверхности, относительно которой необходимо посчитать объемы;
- 2) нажимаем ;
- 3) в открывшемся окне «Grid Volume» указываем либо плоскую поверхность (отметка Z), либо загружаем заранее созданную. В нашем случае будем указывать отметку средней плоскости. Далее программа производит расчеты и выдает отчет о вычислениях.

В Surfer реализованы три метода вычисления объемов областей:

- метод трапеций (Trapezoidal Rule);
- метод Симпсона (Simpson's Rule);
- метод Симпсона «три восьмых» (Simpson's 3/8 Rule).

Разность значений, полученных различными методами, может служить качественной оценкой точности вычисления объемов. Если значения объемов, вычисленные всеми тремя методами разумно близки друг к другу, то они являются хорошим приближением истинного объема. Если же различные методы дают существенно разные результаты, то, вероятно, следует увеличить плотность сети и повторить операцию вычисления объемов. В качестве искомого объема области можно принять среднеарифметическое результатов трех методов. Относительную погрешность вычисленного объема

можно оценить путем сравнения результатов трех методов и выразить в процентах от среднего значения. В Surfer относительная погрешность определяется с помощью формулы

$$RE = (LR - SR) \cdot 100 / AVER \quad (7.1)$$

где RE – относительная погрешность;

LR – наибольший из результатов, полученных тремя методами;

SR – наименьший из результатов, полученных тремя методами;

$AVER$ – среднее арифметическое трех результатов.

Студенты должны выполнить расчет объема по четырем построенным ранее поверхностям, результаты вычислений свести в таблицу и выполнить сравнительный анализ полученных результатов. Пример оформления результатов расчета приведен в таблице 7.1.

Таблица 7.1. – Сравнение вычисленных объемов разными методами

Метод	Выемка, м ³	Насыпь, м ³	Разность, м ³	Относительная погрешность вычисленного объема
Kriging	307191.54	378506.82	71315.29	0,008%
RBF – Natural Cubic Spline	303585.69	374279.66	70693.97	0,030%
RBF – Multiquadric	306817.24	378089.11	71271.87	0,017%

ЛИТЕРАТУРА

Основная

1. Скворцов, А. В. Триангуляция Делоне и ее применение / А.В. Скворцов. – Томск : Издательство Томского ун-та, 2002. – 128 с.
2. Назаров, А.С. Автоматизированная обработка материалов топографо-геодезических и земельно-кадастровых работ (на примере комплекса Credo) : учеб. пособие / А.С. Назаров, Ю.К. Неумывакин, М.И. Перский. – М. : Кредо-диалог, 2009. – 267 с.
3. Ли, Конву. Основы САПР (CAD/CAM/CAE) / Конву Ли. – СПб. : Питер, 2004. – 560 с.
4. CREDO_DAT 3.1. Система камеральной обработки инженерно-геодезических работ : справочное руководство. – Минск : СП «Кредо-Диалог», 2006. – 326 с.
5. Spotlight/Spotlight Pro 7.0 : учеб. курс – М. : Consistent Software, 2006. 112 с.
6. Полещук, Н. П. Самоучитель AutoCAD 2006 / Н. П. Полещук, В.А. Савельева. – СПб. : БХВ-Петербург, 2005. – 704 с.
7. Соколова, Т. Ю. AutoCAD 2009 : учеб. курс / Т. Ю. Соколова. – СПб. : Питер, 2008. – с.576.
8. Мальцев, К. А. Основы работы в программе Surfer 7.0 : учеб.-метод. пособие / К. А. Мальцев. – Казань: Издательство Казанского гос. ун-та, 2008. – 24 с.
9. Силкин, К. Ю. Геоинформационная система Golden Software Surfer 8 : учеб.-метод. пособие / К. Ю. Силкин. – Воронеж : Воронежский гос. ун-т, 2008. – 66 с.
10. Методические указания к выполнению лабораторной работы «Редактирование и векторизация растровых изображений в программе Spotlight Pro 6.0». – Томск : изд. ТПУ, 2007. – 73 с.

Дополнительная

11. Основные положения по созданию топографических планов масштабов 1:5000, 1:2000, 1:1000 и 1:500 : ГКНП 02-004-2010 : утв. Гос. комитетом по имуществу Респ. Беларусь 30.04.10 : введ. 01.06.10. – Минск : БелНИЦзем, 2010. – 24 с.
12. Классификатор топографической информации (информация, отображаемая на картах и планах масштабов 1:500, 1:1000, 1:2000, 1:5000, 1:10000). – М., 1986. – 89 с.
13. Иванников, А. Д. Прикладная геоинформатика / А. Д. Иванников [и др.]. – М. : МАКС Пресс, 2005. – 360 с.

14. Халугин, Е. И. Цифровые карты / Е. И. Халугин, Е. А. Жалковский, Н. Д. Жданов. – М. : Недра, 1992. – 419 с.

15. Справочник современного изыскателя / Под общ. ред. Л. Р. Майляна. – Ростов н/Д : Феникс. 2006. – 590 с.

16. Инженерные изыскания для строительства. Условные обозначения для инженерно-топографических планов масштабов 1:1000, 1:500, 1:200 : ТКП 45-1.02-293-2014 (02250) : утв. М-вом архитектуры и стр-ва Респ. Беларусь 07.04.14 : введ. 07.04.14. – Минск : Минстройархитектуры, 2014. – 137 с.

Образцы оформления библиографического описания
в списке источников, приводимых в расчетно-пояснительной записке

Характеристика документа	Пример библиографического описания
1. Примеры описания самостоятельных документов	
Издания с одним, двумя и тремя авторами	Дробышевский, Н. П. Ревизия и аудит : учеб.-метод. пособие / Н. П. Гринин, Л. Е. Социальная макроэволюция: генезис и трансформации Мир-Системы / Л. Е. Гринин, А. В. Коротаев. – Изд. 2-е. – М. : URSS, 2013. – 567 с.
	Дьяченко, Л. С. Методические рекомендации по подготовке и сдаче государственного экзамена по педагогике / Л. С. Дьяченко, Н. К. Зинькова, Р. В. Загоруйко. – Витебск : Витеб. гос. ун-т, 2013. – 53 с.
	Rips, L. J. Lines of thought: central concepts in cognitive psychology / L. J. Rips. – New York ; Oxford : Oxford Univ. Press, 2011. – XXII, 441 p.
	Rüthers, B. Rechtstheorie: Begriff, Geltung und Anwendung des Rechts / B. Rüthers, Ch. Fischer. – 5. Aufl. – München : Beck, 2010. – 665 S.
Издания с четырьмя и более авторами	Закономерности формирования и совершенствования системы движений спортсменов (на примере метания копья) / В. А. Боровая [и др.]. – Гомель : Гомел. гос. ун-т, 2013. – 173 с.
	Инвестиции: системный анализ и управление / К. В. Балдин [и др.] ; под ред. К. В. Балдина. – 4-е изд., испр. – М. : Дашков и К°, 2013. – 287 с.
	Elternbasierte Sprachförderung im Vorschulalter / F. Petermann [et al.]. – Göttingen [etc.] : Hogrefe, 2009. – 150 S.
	Language, society and power: an introduction / L. Thomas [et al.] ; ed.: I. Singh, J. S. Peccei. – 2nd ed. – London : Routledge, 2004. – XXIV, 239 p.
Издания с коллективным автором	Национальная стратегия устойчивого социально-экономического развития Республики Беларусь на период до 2020 г. / Нац. комис. по устойчивому развитию Респ. Беларусь ; редкол.: Л. М. Александрович [и др.]. – Минск : Юнипак, 2004. – 202 с.
	Сборник правил перевозок и тарифов железнодорожного транспорта общего пользования / Белорус. ж. д. ; сост. Е. А. Гопова. – Минск : Пересвет, 2013. – 46 с.
Сборники статей, трудов	Инновационное развитие общества в условиях интеграции правовых систем : сб. науч. ст. / Гродн. гос. ун-т ; редкол.: Н. В. Сильченко (гл. ред.) [и др.]. – Гродно : ГрГМУ, 2013. – 454 с.
	Марксизм: очерки марксистской политической экономии : сб. ст. / Междунар. ассоц. политэкономов-марксистов ; под ред. А. А. Ковалева, А. П. Проскурина. – М. : Канон+, 2013. – 335 с.
	Наноструктуры в конденсированных средах : сб. науч. ст. / НАН Беларуси, Ин-т тепло- и массообмена ; редкол.: П. А. Витязь [и др.]. – Минск : Ин-т тепло- и массообмена, 2013. – 409 с.

Характеристика документа	Пример библиографического описания
	<p>Общевойские уставы и Строевой устав Вооруженных Сил Российской Федерации : [сборник]. – М. : За права военнослужащих, 2008. – 431 с. – (Право в Вооруженных Силах – консультант ; вып. 85).</p> <p>Российское общество: социологические перспективы : сб. тр. / Рос. акад. наук, Ин-т систем. анализа ; редкол.: Б. В. Сазонов (отв. ред.) [и др.]. – М. : Эдиториал УРСС, 2000. – 342 с.</p>
Материалы конференций	<p>Информационные технологии и управление : материалы 49 науч. конф. аспирантов, магистрантов и студентов, Минск, 6–10 мая 2013 г. / Белорус. гос. ун-т информатики и радиоэлектроники ; редкол.: Л. Ю. Шилин [и др.]. – Минск : БГУИР, 2013. – 103 с.</p> <p>Международная научно-техническая конференция «Техника и технология защиты окружающей среды», 9–11 октября 2013 г. : материалы конф. / Белорус. гос. технол. ун-т ; редкол.: И. М. Жарский (гл. ред.) [и др.]. – Минск : БГТУ, 2013. – 208 с.</p> <p>Методология и принципы ценообразования в строительстве. Инновационные технологии в строительной отрасли и их внедрение: материалы I Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 23–24 мая 2013 г. / Респ. науч.-техн. центр по ценообразованию в стр-ве ; редкол.: Г. А. Пурс [и др.]. – Минск : РНТЦ, 2013. – 153 с.</p>
Учебники, учебно-методические материалы	<p>Агапов, Е. П. Методы исследования в социальной работе : учеб. пособие / Е. П. Агапов. – 2-е изд. – М. : Дашков и К° ; Ростов н/Д : Наука-Спектр, 2013. – 223 с.</p> <p>Амасович, Н. В. Моя семья : метод. рекомендации / Н. В. Амасович, Т. Г. Завадская. – Витебск : Витеб. гос. ун-т, 2013. – 27 с.</p> <p>Хвойницкая, В. Ч. Русский язык : учеб. пособие : в 2 ч. / В. Ч. Хвойницкая, А. П. Ланец. – Минск : Адукацыя і выхаванне, 2013. – Ч. 2. – 143 с.</p> <p>Экономика организации (предприятия) : метод. указания / Витеб. гос. технол. ун-т ; сост.: Л. И. Китаева, В. А. Пожарицкая. – Витебск : ВГТУ, 2014. – 57 с.</p>
Отчеты о НИР	<p>Состояние и перспективы развития статистики печати Российской Федерации : отчет о НИР (заключ.) : 06-02 / Рос. кн. палата ; рук. А. А. Джиго ; исполн.: В. П. Смирнова [и др.]. – М., 2000. – 250 с. – Инв. № 756600.</p> <p>Становление духовно-нравственной культуры младших школьников средствами музыкального образования : отчет о НИР (заключ.) / Нац. ин-т образования ; рук. М. Б. Горбунов. – Минск, 2008. – 162 с. – № ГР 20082850.</p>
Обзорная информация	<p>Настоящее и будущее осушенных болот Беларуси / В. С. Аношко [и др.]. – Минск : Белорус. науч.-исслед. центр «Экология», 2005. – 45 с. – (Обзорная информация / М-во природ. ресурсов и охраны окружающей среды Респ. Беларусь, БелНИЦ «Экология»).</p>
Каталоги	<p>Каталог древесных растений основных коллекционных фондов Беларуси / Центр ботан. сад НАН Беларуси ; сост.: И. М. Гаранович [и др.] ; науч. ред. В. В. Титок. – Минск : Право и экономика, 2013. – 133 с.</p>
Сериальные издания	<p>Нехорошева, Л. Н. Инновационные системы современной экономики / Л. И. Нехорошева, Н. И. Богдан. – Минск : Белорус. гос. экон. ун-т, 2003. – 209 с. – (Серия «Экономика» ; вып. 9).</p>

Характеристика документа	Пример библиографического описания
	<p>Кульпанович, О. А. Благотворительность в медицине Беларуси XVI–XXI вв. / О. А. Кульпанович. – Минск : Департамент исполн. наказаний М-ва внутр. дел Респ. Беларусь, 2006. – 292 с. – (Приложение к научно-практическому и информационному бюллетеню «Вестник пенитенциарной медицины» ; № 1).</p> <p>Дыяспара. Культуралогія. Гісторыя : матэрыялы IV Міжнар. кангр. беларусістаў «Беларуская культура ў кантэксте культур еўрапейскіх краін», Мінск, 6–9 чэрв. 2005 г. / Міжнар. асац. беларусістаў [і інш.] ; падрэд. А. Мальдзіса, А. Смаленчука. – Мінск : Голас Радзімы, 2006. – 359 с. – (Беларусіка = Albaruthenica ; кн. 28).</p>
Электронные ресурсы удаленного доступа	<p>Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.pravo.by. – Дата доступа: 24.06.2016.</p> <p>UNBISnet [Electronic resource] : UN Bibliogr. Inform. System. – Mode of access: http://unbisnet.un.org. – Date of access: 24.06.2016.</p>
Технические регламенты	<p>О безопасности оборудования, работающего под избыточным давлением: ТР ТС 032/2013 : принят 02.07.2013 : вступ. в силу 01.02.2014 / Евраз. экон. комис. – Минск : Экономэнерго, 2013. – 38 с.</p>
Технические кодексы установившейся практики	<p>Здания и сооружения объектов нефтехимической и нефтеперерабатывающей промышленности. Противопожарные нормы проектирования = Будынкі і збудаванні аб'ектаў нафтахімічнай і нафтаперапрацоўчай прамысловасці. Супрацьпажарныя нормы праектавання : ТКП 455-2012 (09100). – Введ. 01.04.13 (с отменой на территории РБ ВУПП-88). – Минск : Белнефтехим, 2013. – 38 с.</p>
Стандарты	<p>Промышленные каталоги. Общие требования = Прамысловыя каталогі. Агульныя патрабаванні : ГОСТ 7.22-2003. – Взамен ГОСТ 7.22-80 ; введ. РБ 01.07.04. – Минск : Белорус.гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2004. – 3 с. – (Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу).</p> <p>Государственная система стандартизации Республики Беларусь. Порядок проведения экспертизы стандартов : РД РБ 03180.53–2000 : введ. 01.09.00. – Минск : Госстандарт : Белорус.гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2000. – 6 с.</p>
Руководящие документы. Техничко-экономические нормы и нормы	<p>Нормативы расхода ресурсов в натуральном выражении на реставрационно-восстановительные работы по материальным историко-культурным ценностям. Сб. 115. Реставрационные работы по озеленению и благоустройству территории, садов, парков = Нарматывы расхода рэсурсаў у натуральным выражэнні на рэстаўрацыйна-аднаўленчыя работы па матэрыяльных гісторыка-культурных каштоўнасцях. Зб. 115. Рэстаўрацыйныя работы па азеляненню і добраўпарадкаванню тэрыторыі садоў, паркаў : НРР 8.03.5115-2012 : утв. М-вом архитектуры и стр-ва Респ. Беларусь 23.10.11 : введ. 01.01.12. – Минск : Минстройархитектуры, 2013. – 27 с.</p>
Промышленные каталоги, прейскуранты	<p>Сухие строительные смеси : [пром. кат. / ПТ ООО] Тайфун. – [Б. м. : б. и., б. г.]. – 179 с. : цв. ил.</p> <p>Оптовые цены на редукторы и муфты соединительные : утв. Госкомцен Рос. Федерации 12.08.80 ; введ. в действие 01.01.82. – М. : Прейскурантиздат, 1981. – 60 с.</p>

Характеристика документа	Пример библиографического описания
2. Примеры описания составных частей документов	
Статьи из сборников	<p>Божанов, П. В. Направления развития транспортного комплекса Беларуси / П. В. Божанов // Современные концепции развития транспорта и логистики в Республике Беларусь : сб. ст. / Ин-т бизнеса и менеджмента технологий Белорус. гос. ун-та ; сост.: В. В. Апанасович, А. Д. Молокович. – Минск, 2014. – С. 56–64.</p> <p>Пухнарэвіч, Т. Індустрыяльны турызм у Беларусі / Т. Пухнарэвіч // Гуманітарызацыя і культура : зб. студэнц. навук. пр. / Брэсц. дзярж. ун-т ; рэдкал.: У. П. Люкевіч (старш.) [і інш.]. – Брэст, 2013. – С. 9–11.</p> <p>Шаўроў, С. Рэформа зямельнага адміністравання ў Беларусі / С. Шаўроў // На шляху да эканамічнага росту: патэнцыял развіцця рынкавых інстытутаў у Беларусі : зб. арт. / рэд.-склад. У. Валетка. – Мінск, 2013. – С. 213–234.</p>
Статьи из материалов конференций, семинаров, тезисов докладов	<p>Лукашевич, М. М. Текстуальный анализ. Алгоритм вычисления текстурных признаков / М. М. Лукашевич // Компьютерные системы и сети : материалы 48 науч. конф. аспирантов, магистрантов и студентов, Минск, 7–11 мая 2012 г. / Белорус. гос. ун-т информатики и радиоэлектроники ; редкол.: В. А. Прытков (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2012. – С. 12.</p> <p>Мойсак, О. И. Концепции логистики в управлении материальными потоками / О. И. Мойсак // Наука – образованию, производству, экономике : материалы Девятой междунар. науч.-техн. конф., Минск, 27–29 янв. 2011 г. : в 4 т. / Белорус. нац. техн. ун-т ; редкол.: Б. М. Хрусталева, Ф. А. Романюк, А. С. Калиниченко. – Минск, 2011. – Т. 2. – С. 278.</p>
Статьи из справочных изданий	Аляхновіч, М. М. Электроннымікраскоп / М. М. Аляхновіч // Беларуская энцыклапедыя : у 18 т. / Беларус. Энцыкл. ; рэдкал.: Г. П. Пашкоў [і інш.]. – Мінск, 2004. – Т. 18, кн. 1. – С. 100.
Статьи из журналов	<p>Валатоўская, Н. А. Традыцыйны і сучасны вясельны абрад беларусаў і ўкраінцаў: агульнае і рознае ў сямейнай абраднасці славянскіх народаў / Н. А. Валатоўская // Нар.асвета. – 2013. – № 5. – С. 88–91.</p> <p>Влияние магнитного поля на скорость ионной компоненты пучка частиц, образующихся при наносекундном вакуумном перекрытии диэлектриков / А. С. Гилев [и др.] // Изв. вузов. Физика. – 2012. – Т. 55, № 6. – С. 3–6.</p>
3. Примеры описания официальных документов	
Конституции	Конституция Республики Беларусь : с изм. и доп., принятыми на респ. референдумах 24 нояб. 1996 г. и 17 окт. 2004 г. – Минск : Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь, 2016. – 62 с.
Кодексы	Кодекс Республики Беларусь о земле [Электронный ресурс] : 23 июля 2008 г., № 425-3 : принят Палатой представителей 17 июня 2008 г. : одобр. Советом Респ. 28 июня 2008 г. : в ред. Закона Респ. Беларусь от 31.12.2014 г. // ЭТАЛОН. Законодательство Республики Беларусь / Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2016.

Характеристика документа	Пример библиографического описания
	Кодекс Республики Беларусь об административных правонарушениях: 21 апр. 2003 г. № 194-З : принят Палатой представителей 17 дек. 2002 г. : одобр. Советом Респ. 2 апр. 2003 г. : в Кодекс с 28 апр. 2015 г. изм. и доп. не вносились. – Минск : Амалфея, 2015. – 419 с.
Декреты, Указы	<p>О Парке высоких технологий [Электронный ресурс] : Декрет Президента Респ. Беларусь, 22 сент. 2005 г., № 12 : в ред. Декрета Президента Респ. Беларусь от 03.11.2014 г. // ЭТАЛОН. Законодательство Республики Беларусь / Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2016.</p> <p>Об утверждении Директивы о стиле и методах работы Совета Министров Республики Беларусь по решению вопросов социально-экономического развития страны : Указ Президента Респ. Беларусь, 14 янв. 2000 г., № 18 // Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь. – 2000. – № 8. – 1/931.</p>
Законы	<p>Аб ратыфікацыі Пагаднення паміж Урадам Рэспублікі Беларусь і Урадам Кітайскай Народнай Рэспублікі аб паветраных зносінах : Закон Рэсп. Беларусь, 26 лют. 1997 г., № 22-3 // Ведамасці Нац. сходу Рэсп. Беларусь. – 1997. – № 16. – Арт. 297–298.</p> <p>О защите прав потребителей : Закон Респ. Беларусь от 9 янв. 2002 г. № 90-З : в ред. от 8 июля 2008 г. № 366-З : с изм. и доп. от 2 мая 2012 г. № 353-З. – Минск : Амалфея, 2013. – 59 с.</p>
Постановления	<p>О принятии в собственность Республики Беларусь имущества [Электронный ресурс] : постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 18 февр. 2014 г., № 137 // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – Режим доступа: http://pravo.by/main.aspx?guid=12551&p0=C21400137&p1=1&p5=0. – Дата доступа: 22.06.2016.</p> <p>Об утверждении Устава о дисциплине работников системы Госатомэнергонадзора СССР : постановление Совета Министров СССР, 18 нояб. 1987 г., № 1299 // Собр. постановлений Правительства СССР. Отд. первый. – 1988. – № 2. – Ст. 3.</p>
Приказы, решения, распоряжения	<p>О ведении государственной статистики в 2016 году [Электронный ресурс] : приказ Нац. стат. ком. Респ. Беларусь, 17 дек. 2015 г., № 367 // Национальный статистический комитет Республики Беларусь. – Режим доступа: http://www.belstat.gov.by/upload-belstat/upload-belstat-pdf/prikaz-o_vedenii_sttistikiki_22_2_2016.pdf. – Дата доступа: 22.06.2016.</p> <p>О признании утратившими силу некоторых решений Минского областного исполнительного комитета [Электронный ресурс] : решение Мин. обл. исполн. ком., 11 нояб. 2011 г., № 1571 // ЭТАЛОН. Решения органов местного управления и самоуправления / Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2016.</p> <p>О сроках исполнения документов [Электронный ресурс] : распоряжение Гос. ком. по стандартизации, метрологии и сертификации Респ. Беларусь, 19 сент. 1997 г., № 12р // КонсультантПлюс. Беларусь / ООО «ЮрСпектр», Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2016.</p>

Характеристика документа	Пример библиографического описания
Положения	Положение о порядке разработки, принятия, внесения изменений и отмены технического регламента Таможенного союза [Электронный ресурс] : [принято в г. Санкт-Петербурге 20.06.2012 г.] // КонсультантПлюс. Беларусь / ООО «ЮрСпектр», Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2016.
Инструктивно-нормативные документы	Инструкция по делопроизводству в государственных органах, иных организациях : утв. М-вом юстиции Респ. Беларусь 19.01.09 : по состоянию на 22 апр. 2013 г. – Минск : Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь, 2013. – 109 с.
	Инструкция по определению энтомологических показателей эпидемического сезона малярии : утв. М-вом здравоохранения Респ. Беларусь 02.05.13. – Минск : Респ. центр гигиены, эпидемиологии и обществ.здоровья, 2013. – 15 с.
Комментарии к нормативно-правовым актам	Воробей, Г. А. Комментарий к изменениям и дополнениям, внесенным в Бюджетный кодекс Республики Беларусь Законом Республики Беларусь от 15 октября 2010 г. № 175-З / Г. А. Воробей. – Минск : Амалфея, 2012. – 96 с.
	Чернюк, А. А. Предоставление гражданам жилого помещения в общежитии государственного учреждения образования и возмещение обучающимся расходов по найму жилья [Электронный ресурс] : [по состоянию на 15.10.2013 г.] / А. А. Чернюк // КонсультантПлюс. Беларусь / ООО «ЮрСпектр», Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2016.
	Привалов, И. Комментарий к постановлению Министерства финансов Республики Беларусь от 6 мая 2013 г. № 27 / И. Привалов // Консультант бухгалтера. – 2013. – № 9. – С. 17–23.