

# Плавное вступление в мир геоинформационных систем

Прилагается к Quantum GIS, бесплатному и открытому  
ГИС-приложению для каждого.



**T. Sutton, O. Dassau, M. Sutton**

спонсор:

Chief Directorate: Spatial Planning & Information, Department of  
Land Affairs, Eastern Cape, South Africa.



совместно с:

Spatial Information Management Unit, Office of the Premier,  
Eastern Cape, South Africa



Province of the  
**EASTERN CAPE**  
OFFICE OF THE PREMIER

Copyright (c) 2009      Chief Directorate: Spatial Planning  
                                 & Information, Department of Land  
                                 Affairs, Eastern Cape.

Вы имеете право копировать, тиражировать и/или вносить изменения в этот документ в соответствии с условиями лицензии GNU Free Documentation License, версия 1.2 или позже, опубликованной организацией Free Software Foundation;

Без неизменяемых разделов и текста на передней и задней стороне обложки.

Копия текста лицензии включена в содержание под названием «GNU Free Documentation License»

Вышеприведенный копирайт не относится к Руководству Пользователя QGIS, которое может быть прикреплено к этому документу. Для более подробной информации о лицензии Руководства Пользователя QGIS просмотрите его содержание.

## Предисловие от редактора:

Финансирование данного проекта было осуществлено Главным Управлением Информации и Пространственного Планирования Министерства Земельных Отношений (DLA) Провинции Восточный Мыс, ЮАР совместно с Подразделением Управления Пространственной Информации Канцелярии Провинции Восточный Мыс, ЮАР.

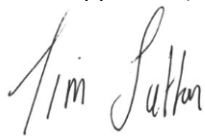
Геоинформационные системы приобретают все большее и большее значение в качестве ценного инструмента для природопользования, экологии, здравоохранения, криминалистики, маркетинга и многих других сфер нашей жизни. Как любой обладатель компьютера или сотового телефона, Вы наверняка уже использовали ГИС в той или иной форме, даже не осознавая этого. Возможно, это была карта на веб-сайте, приложение Google Earth или обыкновенный информационный стенд, подсказывающий Ваше текущее местоположение в незнакомом городе. Проприетарное программное обеспечение в сфере ГИС (т.е. не предусматривающее бесплатное копирование и модификацию) позволяет производить многие операции, включая все описанные нами в данном руководстве. Тем не менее, цена такого программного обеспечения обычно достаточно высока, и лицензии так или иначе ограничивают Вашу свободу копировать, опубликовывать и вносить изменения в код программы. Поставщики ПО в сфере ГИС иногда делают исключение для образовательных учреждений, предоставляя им более дешевые или даже бесплатные копии своих программ. Они делают это потому, что преподаватели и студенты привыкают пользоваться их продуктами и скорее всего не захотят изучать другие программы в будущем. Окончив образовательные учреждения, при осуществлении своей профессиональной деятельности люди будут пользоваться коммерческим программным обеспечением, даже не зная о том, что есть бесплатные альтернативы, способные решать те же самые задачи.

С Quantum GIS мы предлагаем альтернативу – программное обеспечение, являющееся бесплатным и открытым в социальном плане. Вы можете делать столько копий, сколько захотите. Покидая образовательные учреждения, студенты смогут воспользоваться этим приложением для развития своих навыков и решения различных проблем, в конечном счете улучшая мир вокруг себя.

Когда Вы покупаете коммерческое ПО, Вы ограничиваете свои возможности в будущем. Изучая, используя и продвигая бесплатное и открытое ПО, Вы улучшаете собственные навыки, перенаправляет финансы на более важные вещи и улучшаете экономику в целом.

Финансируя создание этого ресурса, DLA создали почву, на которой будут произрастать молодые таланты. Когда люди придерживаются принципов свободного обмена знаниями и данными, перед ними открываются увлекательные возможности. Мы сердечно благодарим DLA за это!

Мы надеемся, что Вам понравится изучать QGIS в духе философии Убунту!



Tim Sutton, апрель 2009

## Содержание

Часть 1: Введение в ГИС	5
Часть 2: Векторные данные	13
Часть 3: Атрибутивные данные	25
Часть 4: Создание данных	39
Часть 5: Растровые данные	51
Часть 6: Топология	60
Часть 7: Системы координат	66
Часть 8: Подготовка карт	79
Часть 9: Пространственный анализ векторных данных: построение буферов	87
Часть 10: Пространственный анализ растровых данных: интерполяция	95
Об авторах и участниках	103
Текст лицензии GNU Free Documentation License на русском языке	105
Текст лицензии GNU Free Documentation License на английском языке	113



Цель:

Понимание, что такое ГИС и для чего они используются.

Ключевые слова:

ГИС, Компьютер, Карты, Данные, Информационные системы, Пространство, Анализ

## Обзор:

Подобно тому, как мы пользуемся текстовым редактором для работы с наборами слов и подготовки документов, мы можем использовать **ГИС-приложение** для работы с наборами **пространственной информации** на компьютере. ГИС расшифровывается как «**Географическая Информационная Система**». Любая ГИС состоит из следующих взаимосвязанных компонентов:

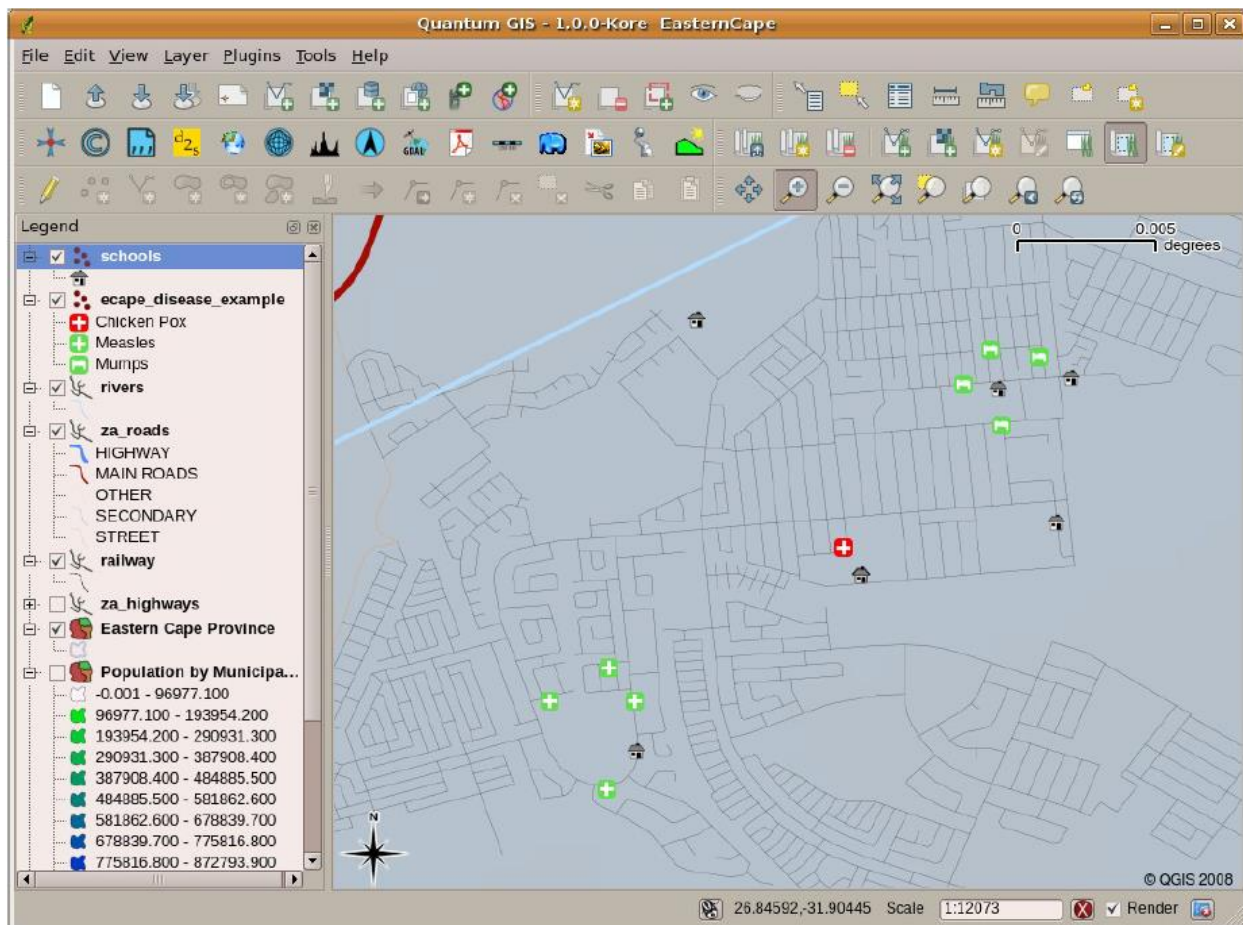
- **Цифровые данные** – географическая информация, которую Вы просматриваете и анализируете, используя аппаратное и программное обеспечение.
- **Аппаратное обеспечение** – компьютеры, используемые для хранения, отображения и обработки данных.
- **Программное обеспечение** – компьютерные программы, исполняемые на аппаратном обеспечении и позволяющие работать с цифровыми данными. Программное обеспечение, являющееся частью геоинформационной системы, называется ГИС-приложением.

С ГИС-приложением Вы можете открывать цифровые карты на своем компьютере, создавать новую пространственную информацию и добавлять ее на карту, подготавливать карты для печати, отвечающие Вашим потребностям, и выполнять пространственный анализ.

Ниже приведен простой пример использования ГИС. Представьте, что предприятие здравоохранения отметило место проживания и дату визита для каждого проходящего лечение пациента:

Долгота	Широта	Болезнь	Дата
26.870436	-31.909519	Грипп	13/12/2008
26.868682	-31.909259	Грипп	24/12/2008
26.867707	-31.910494	Грипп	22/01/2009
26.854908	-31.920759	Корь	11/01/2009
26.855817	-31.921929	Корь	26/01/2009
26.852764	-31.921929	Корь	10/02/2009
26.854778	-31.925112	Корь	22/02/2009
26.869072	-31.911988	Грипп	02/02/2009
26.863354	-31.916406	Ветряная оспа	26/02/2009

Из таблицы видно, что случаи кори приходятся на январь и февраль. Местоположение дома каждого пациента отмечено в таблице в виде широты и долготы. Используя эти данные в ГИС-приложении, мы можем быстро узнать больше деталей о закономерностях распространения болезни:



*Рисунок 1: Пример, показывающий записи о пациентах в ГИС-приложении. Легко увидеть, что пациенты, больные корью, живут близко друг от друга.*

### **Больше о ГИС:**

ГИС – это относительно новая область знаний, берущая свое начало в 1970-х годах. Раньше компьютеризированные системы были доступны только для крупных компаний и университетов, располагающих дорогостоящим оборудованием. Сегодня любой обладатель персонального компьютера или ноутбука может пользоваться ГИС-приложениями. Со временем ГИС-приложения также стали более простыми в использовании – раньше требовалось длительное обучение, а теперь любой человек может приступить к использованию ГИС для повседневных нужд. Как описано выше, ГИС – это больше, чем просто программное обеспечение, они охватывают все аспекты управления и использования цифровых геоданных. В предложенном руководстве мы будем говорить главным образом о ГИС-приложениях.

## Что такое ГИС-приложение (программное обеспечение)?

Вы можете видеть пример того, как выглядит **ГИС-приложение**, выше на Рисунке 1. ГИС-приложения – это компьютерные программы с графическим пользовательским интерфейсом, управляемым мышью и клавиатурой. Приложение содержит главное меню в верхней части окна («Файл», «Редактирование» и др.), которое при нажатии мышью показывает соответствующие командные панели. Команды предоставляют возможность сообщить ГИС-приложению, что именно Вы хотите сделать. Например, Вы можете использовать меню для отправки команды на добавление нового слоя в список отображения.

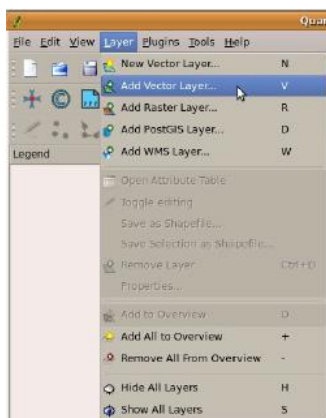


Рисунок 2: Меню приложения, открываемое мышью, показывает набор опций, каждая из которых является выполняемой командой.

**Панели инструментов** (ряды небольших иконок с командами, которые могут быть запущены кликом мыши) обычно располагаются прямо под главным меню и предоставляют быстрый доступ к наиболее часто используемым функциям.

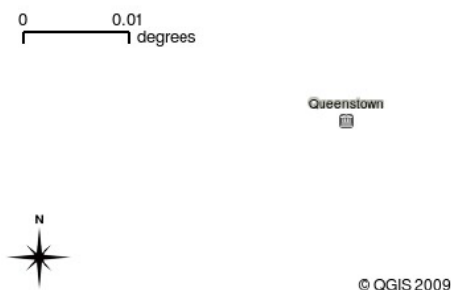


Рисунок 3: Панели инструментов обеспечивают быстрый доступ к часто используемым функциям. Наведение указателя на иконку обычно вызывает всплывающую подсказку с описанием соответствующей функции.

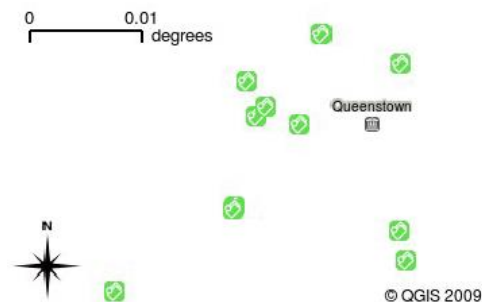
Часто используемая функция ГИС-приложения – отображение **картографических слоев**. Картографические слои хранятся в виде файлов на диске или внутри базы данных. Обычно каждый картографический слой соответствует конкретным объектам реального мира, например слой дорог показывает дорожную сеть.

Когда Вы открываете слой в ГИС-приложении, он появляется в **области карты**.

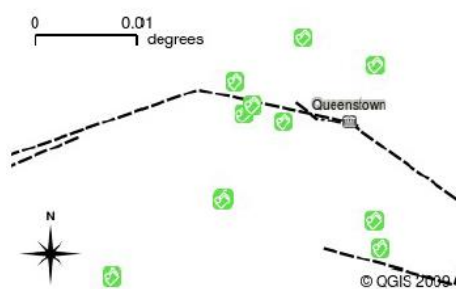
Область карты показывает графическое представление Вашего слоя. Когда Вы добавляете более одного слоя на карту, слои накладываются друг на друга. Рисунки 4-7 показывают карту, имеющую несколько добавленных слоев. Важная функция карты – навигация, включающая увеличение, уменьшение и передвижение карты.



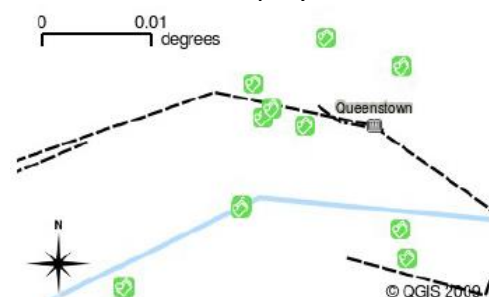
*Рисунок 4: Слой городов, добавленный на карту.*



*Рисунок 5: Слой школ, добавленный на карту.*

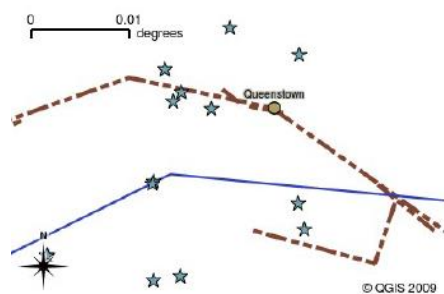


*Рисунок 6: Слой железных дорог, добавленный на карту.*



*Рисунок 7: Слой рек, добавленный на карту.*

В отличие от бумажных карт, карты, открытые в ГИС-приложениях, могут быть изменены после их создания. Вы можете менять форму и цвет условных обозначений картографических слоев. Например, если мы возьмем карту из Рисунка 7 и изменим ее условные обозначения, это полностью поменяет ее внешний вид, как показано на Рисунке 8. Условные обозначения играют важную роль в том, как мы читаем карты, и они быстро и просто меняются в ГИС-приложении.



*Рисунок 8: В ГИС-приложении легко можно изменять символику – способ отображения данных на карте.*



Другая распространенная функция ГИС-приложений – это **легенда карты**. Легенда карты содержит список картографических слоев, загруженных в ГИС-приложение. В отличие от легенды бумажной карты, легенда в ГИС-приложении предоставляет возможность менять порядок слоев, скрывать их и создавать группы слоев. Перетаскивания слои мышью, можно изменить порядок их прорисовки на электронной карте. На Рисунках 9 и 10 легенда карты показана в левой части окна ГИС-приложения. После изменения порядка слоев реки отображаются поверх дорог, а не наоборот.



Рисунок 9: Перед изменением порядка слоев реки перекрываются дорогами.

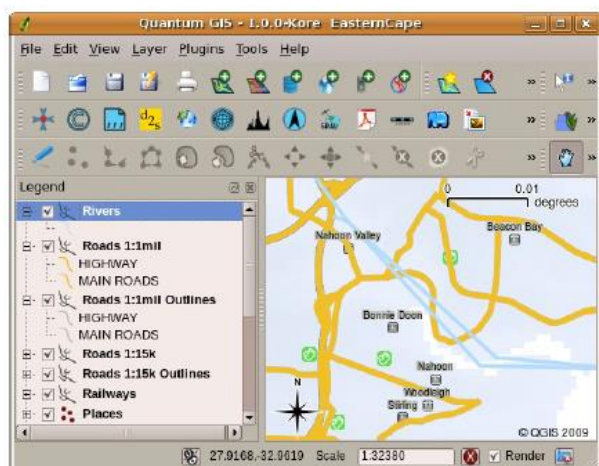


Рисунок 10: После изменения порядка слоев реки отображаются поверх дорог.

### Установка ГИС-приложения на Ваш компьютер:

Существует множество ГИС-приложений. Некоторые включают продвинутые узко специализированные инструменты и стоят десятки тысяч долларов за каждую лицензию. В то же время, существует ряд бесплатных ГИС-приложений. Выбор приложения зависит от того, какими финансами Вы располагаете, и от Ваших личных предпочтений. В контексте данного руководства используется приложение Quantum GIS, также известное как QGIS. Программа Quantum GIS абсолютно бесплатна, Вы можете копировать ее и предоставлять стольким людям, скольким пожелаете. Если Вы получили это руководство в печатной форме, к нему должна прилагаться копия QGIS. В ином случае, Вы можете посетить Интернет-страницу <http://qgis.org> и загрузить бесплатную копию.

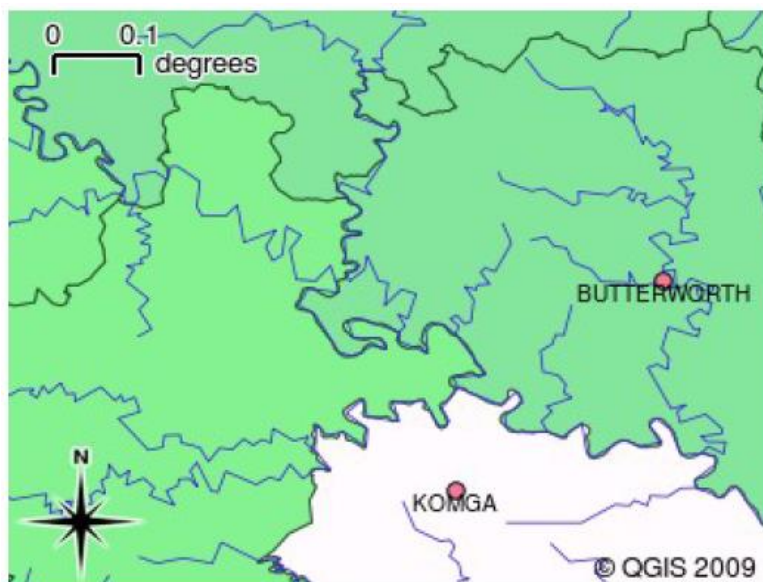
### Геоданные:

Теперь мы знаем, что такое ГИС и ГИС-приложения, поговорим о **геоданных**. Данные – это определенная **информация**. Информация, которую мы используем в ГИС, обычно имеет географическую (пространственную) привязку. Вспомните вышеупомянутый пример данных предприятия здравоохранения. Для хранения записей о пациентах создана таблица следующего вида:

Долгота	Широта	Болезнь	Дата
26.870436	-31.909519	Грипп	13/12/2008

Колонки долготы и широты содержат **географические (пространственные) данные**. Название болезни и дата являются **непространственными данными**. Распространенная функция ГИС – установление связи между первыми и вторыми. В сущности, ГИС-приложение может хранить множество сведений о каждом местоположении, в отличие от бумажной карты, возможности которой ограничены. Например, в рассматриваемую таблицу можно без труда вносить также пол и возраст пациентов. Добавив слой местоположений пациентов в ГИС-приложение, Вы можете задать его отображение так, что оно будет основано на возрасте или типе болезни, или на другом свойстве пациента по Вашему желанию, в то время как бумажная карта будет показывать только одно свойство. Таким образом, с ГИС-приложением мы можем изменить внешний вид своей карты, основываясь на непространственной информации, сопутствующей конкретным местоположениям.

ГИС-системы работают с многочисленными типами данных. **Векторные данные** хранятся в памяти компьютера в виде последовательностей координатных пар (X,Y). Векторные данные используются для представления точек, линий и областей (полигонов). На рисунке 11 показаны различные типы векторных данных, открытые в ГИС-приложении. Векторные данные будут более подробно рассмотрены в последующем содержании данного руководства.



*Рисунок 11: Векторные данные используются для представления точек (города), линий (реки) и полигонов (границы районов).*

**Растровые данные** хранятся в виде сетки значений. Многочисленные спутники пролетают по околоземным орбитам, и создаваемые ими фотографии являются растровыми изображениями, которые можно просматривать в ГИС-приложении. Одно из основных

видимых отличий растровых данных от векторных состоит в том, что когда Вы приближаете растровое изображение слишком близко, оно состоит из квадратов (см. Рисунки 12 и 13). Каждый из этих квадратов – отдельная клетка в сетке данных, составляющей растровое изображение. Растровые данные будут более подробно рассмотрены в последующем содержании данного руководства.



*Рисунок 12: Спутниковый снимок – типичный пример растровых данных. На этом снимке изображены горы.*



*Рисунок 13: Те же самые данные, но на этот раз в большем приближении. Видна сеточная структура изображения.*

### Что мы узнали?

Закрепим изученный материал:

- **ГИС** – это система из аппаратного и программного обеспечения и геоданных.
- **ГИС-приложение** позволяет Вам просматривать геоданные и является важной частью ГИС.
- ГИС-приложение обычно включает **главное меню, панели инструментов, область карты и легенду**.
- Географические данные, используемые в ГИС-приложении, бывают **растровые и векторные**.
- **Географические данные** могут быть объединены с **непространственными данными**.

### Попробуйте сами!

Ниже приведено несколько примеров практических заданий для Ваших учеников:

- Опишите понятие ГИС своим ученикам, как сделано в данном руководстве. Попросите их назвать 3 причины, по которым использование ГИС более удобно по сравнению с бумажными картами. Ниже приведены примеры ответов:

- ГИС-приложение позволяет создавать множество различных карт на основе одних и тех же данных;
  - ГИС – это отличный инструмент визуализации, который позволяет посмотреть на Вашу карту в разных масштабах;
  - Бумажные карты требуют длительной работы по созданию, и даже их просмотр занимает много времени. ГИС может хранить очень большие объемы данных и делает процесс поиска нужных местоположений простым и быстрым.
- Подумайте, как используются растровые данных из спутников. Например:
    - Во время природных катастроф растровые данные могут отображать пострадавшие территории. Например, свежий спутниковый снимок, сделанный во время наводнения, помогает найти людей, чьи дома ушли под воду.
    - Иногда люди причиняют вред окружающей среде, например складировать опасные химикаты, убивающие растения и животных. Используя данные со спутников, мы можем отслеживать подобные проблемы.
    - Службы городского планирования используют растровые данные со спутников, чтобы обнаружить новые постройки, и помочь в планировании инфраструктуры.

#### **Если у Вас нет компьютера:**

Многие темы, затрагиваемые в данном руководстве, можно наглядно показать с помощью проекционного аппарата и прозрачной пленки, т.к. они изображают похожее наложение слоев с информацией. Тем не менее, правильное понимание ГИС всегда достигается лучше с использованием компьютера.

#### **Дополнительные материалы:**

**Книга:** Desktop GIS: Mapping the Planet with Open Source Tools. Gary Sherman. ISBN: 9781934356067

**Веб-сайт:** <http://www.gisdevelopment.net/tutorials/tuman006.htm>

Руководство Пользователя QGIS также содержит более полную информацию о работе с QGIS.

#### **Что дальше?**

В следующих разделах мы более подробно покажем, как пользоваться ГИС-приложением. Все руководство основано на приложении QGIS. Давайте рассмотрим векторные данные.





Цель:

Понимание векторных данных и их использования в ГИС.

Ключевые слова:

Вектор, Точка, Полилиния, Полигон, Вершина, Геометрия, Масштаб, Качество Данных, Условные Обозначения, Источник Данных

### Обзор:

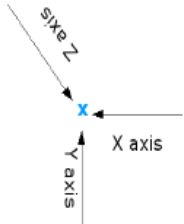
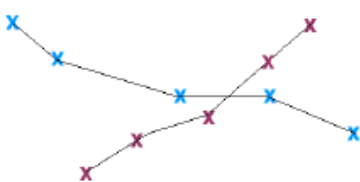
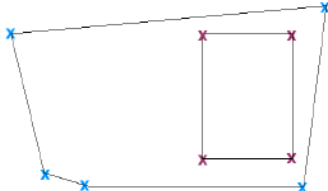
**Векторные данные** являются способом представления **объектов** реального мира в среде ГИС. Объект – это все, что Вы можете увидеть на ландшафте. Представьте себе, что Вы стоите на вершине холма. Глядя вниз, Вы различаете дома, дороги, деревья, реки и т.д. (см. Рисунок 14). Все это **объекты**, которые можно представить в ГИС-приложении. Векторные объекты имеют **атрибуты**, состоящие из текстовой и числовой информации, **описывающей** каждый объект.



*Рисунок 14: Глядя на пейзаж, Вы можете различить основные объекты, такие как дома, дороги и деревья.*

Векторный объект имеет форму, записанную в виде **геометрии**. Геометрия состоит из одной или большего числа связанных **вершин**. Вершина описывает позицию в пространстве, используя оси **X**, **Y** и (возможно) **Z**. Геометрии, которые включают вертикальную ось **Z**, часто называются **2.5D**, т.к. они описывают только высоту или только глубину каждой вершины, но не оба параметра одновременно.

Если геометрия объекта состоит из единственной вершины, этот объект называется **точечным** (см. Рисунок 15 ниже). Когда геометрия состоит из двух и более вершин, формируется **полилиния** (см. Рисунок 16). Если первая вершина равна последней и вершин четыре и более, они составляют замкнутый **полигон** (см. Рисунок 17).

Точечный объект Геометрия точки			Линейный объект Геометрия линии			Полигональный объект Геометрия полигона		
								
Атрибуты точки (описание)			Атрибуты линии (описание)			Атрибуты полигона (описание)		
№	Имя	Описание	№	Имя	Описание	№	Имя	Описание
1	Дерево	Снаружи классной комнаты	1	Тропинка 1	От класса до стадиона	1	Граница школы	Линия школьного забора
2	Фонарь	На выходе из школы	2	Тропинка 2	От школьных ворот до зала	2	Футбольное поле	Здесь мы играем в футбол

*Рисунок 15: Точечный объект, описываемый координатами X, Y и (возможно) Z. Атрибуты описывают каждую точку.*

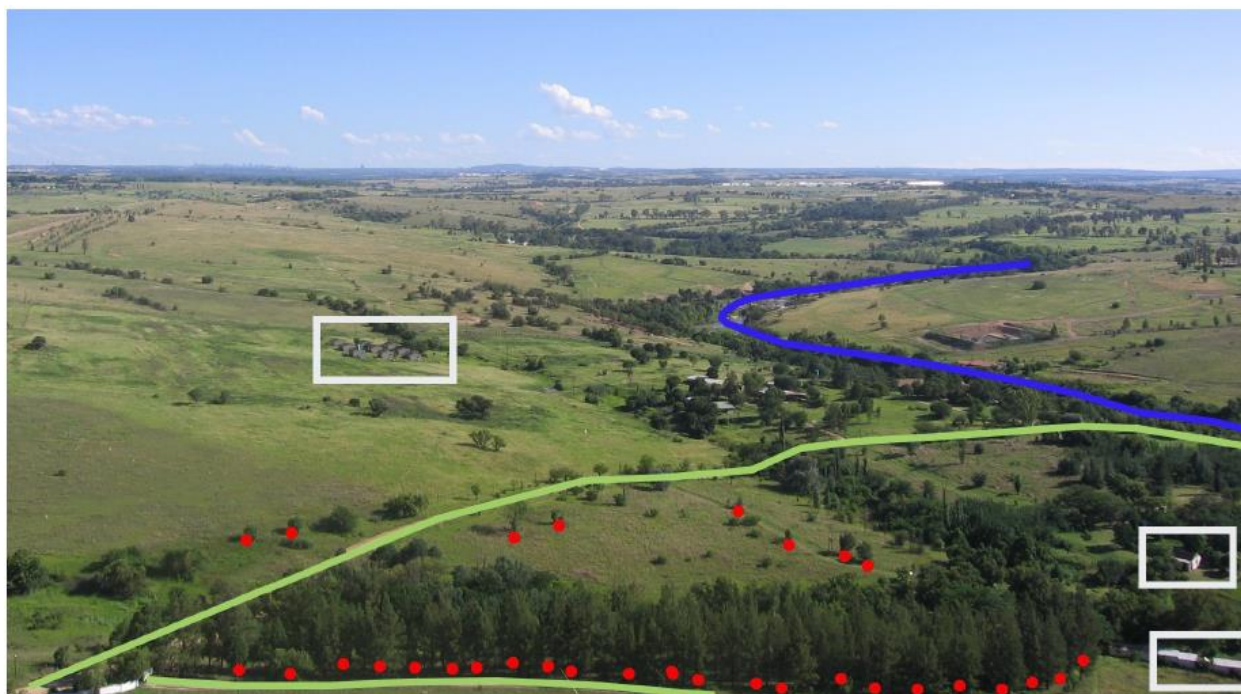
*Рисунок 16: Полилиния – это последовательность связанных вершин. Каждая вершина имеет координаты X, Y и (возможно) Z. Атрибуты описывают каждую полилинию.*

*Рисунок 17: Полигон, как и полилиния, является последовательностью вершин. При этом, первая и последняя вершины всегда совпадают.*

Взглянув на фотографию ландшафта еще раз, Вы сможете увидеть различные типы объектов в том виде, в каком их можно представить в геоинформационной системе (см. Рисунок 18 ниже).

### Подробнее о точечных объектах:

Первая вещь, которую надо отметить, говоря о точках, – это условность выбора точечного представления объекта и его зависимость от масштаба. В качестве примера рассмотрим города. Если у Вас мелкомасштабная карта (т.е. она покрывает большую площадь), целесообразно будет представить города в виде точек. Тем не менее, в случае увеличения масштаба (приближения) лучше показать границы городов в виде полигонов. При выборе точек для представления объектов необходимо руководствоваться масштабом карты (как мелко показаны объекты), удобством (проще и быстрее поставить точку, нежели нарисовать полигон) и типом объектов (такие объекты, как телефонные столбы, не имеет смысла представлять в виде полигонов даже в крупном масштабе).



*Рисунок 18: Представления объектов ландшафта в геоинформационной системе. Реки (синий цвет) и дороги (зеленый) могут быть представлены как линии, деревья (красный) как точки, а дома – как полигоны (белый).*

Как показано на Рисунке 15, точечный объект имеет значения X, Y и (возможно) Z. Значения X и Y зависят от используемой **системы координат (СК)**. Координатные системы будут рассмотрены более подробно в дальнейшем содержании руководства. На данный момент уточним, что СК используются для указания конкретных местоположений на поверхности Земли. Одна из наиболее распространенных координатных систем – **географическая**, состоящая из **долготы** и **широты**. Линии долготы (меридианы) пролегают от Северного до Южного полюса. Линии широты (параллели) идут с Запада на Восток. Вы можете точно описать свое местонахождение на Земле с помощью значений долготы (X) и широты (Y). Если Вы сделаете соответствующее измерение для дерева или телефонного столба и отметите его на карте, Вы создадите точечный объект. Так как мы знаем, что поверхность Земли не является плоской, часто бывает полезно добавить значение Z для каждой точки. Оно показывает, насколько высоко точка находится над уровнем моря.

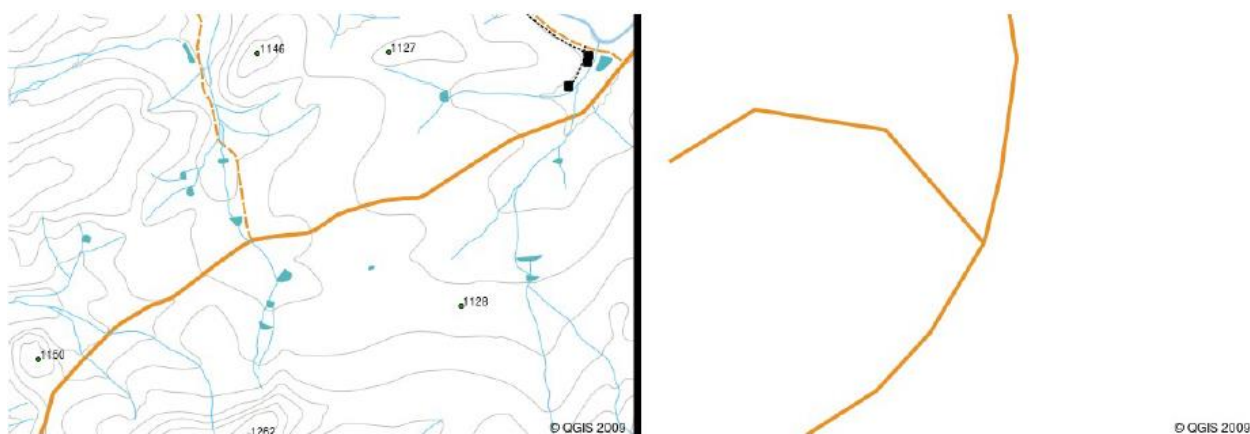
#### **Подробнее о полилиниях:**

Если точечный объект состоит из одной вершины, то **полилиния имеет две и более вершины**. Полилиния – это непрерывная линия, соединяющая последовательность вершин, как показано на Рисунке 16. Когда соединяются две вершины, создается линия. Когда к ним добавляются последующие вершины, получается «линия из линий», то есть **полилиния**. Полилинии используются для хранения геометрии линейных объектов, таких как дороги, реки, изолинии, маршруты и др. Иногда в дополнение к основной геометрии для полилиний устанавливаются специальные правила. Например, горизонтали высот

могут касаться друг друга (в случае отвесного склона), но никогда не должны пересекаться, а полилинии, используемые для хранения данных о дорожной сети, должны быть связаны в местах перекрестков. В некоторых ГИС-приложениях Вы можете устанавливать набор подобных правил для определенных типов объектов (т.е. дорог), и программа будет проверять полилинии на соответствие этим правилам. Мы рассмотрим эти правила в разделе «**Топология**».

Если волнистая полилиния имеет большие расстояния между вершинами, она может показаться угловатой или зубчатой, в зависимости от масштаба просмотра (см. Рисунок 19 ниже). Поэтому важно, чтобы полилинии были оцифрованы (отрисованы на компьютере) с такими расстояниями между вершинами, которые соответствовали бы масштабу предполагаемых карт.

**Атрибуты** полилиний описывают их свойства и характеристики. Например, полилиния дороги может иметь атрибуты, описывающие дорожное покрытие (асфальт, гравий и др.), количество полос, характер движения (одностороннее или двустороннее), и другие. ГИС может использовать эти атрибуты для присвоения полилиниям определенных цветов и стилей.



*Рисунок 19: Полилиния, отображенная в мелком масштабе (1:20 000 слева), может показаться гладкой и изогнутой. Приближенная в более крупном масштабе (1:500 справа), та же линия будет выглядеть угловатой.*

### **Подробнее о полигональных объектах:**

Полигональные объекты соответствуют **замкнутым площадям**, таким как острова, озера, границы государств и др. Подобно полилиниям, полигоны состоят из серии вершин, связанных непрерывной линией. В то же время, полигон всегда показывает замкнутую площадь, поэтому первая и последняя вершины всегда совпадают! Полигоны часто имеют **общую геометрию**, например границы прилегающих полигонов. Многие ГИС-приложения имеют возможность проверки точности прилегания соседних полигонов. Мы изучим подобные возможности в разделе «**Топология**» данного руководства.



Подобно точкам и полилиниям, полигоны имеют свои **атрибуты**, описывающие каждый полигон. Например, полигонам государственных границ можно присвоить имена, численность населения и значения ВВП на душу населения.

### **Векторные данные в слоях:**

Теперь, когда мы описали векторные данные, взглянем, как они управляются и используются в среде ГИС. Большинство ГИС-приложений группирует векторные объекты в **слои**. Объекты одного слоя имеют один тип геометрии (например, только точки) и один и тот же набор атрибутов (например, биологический вид и высота для точечного слоя деревьев). Допустим, Вы создали набор информации о тропинках, тогда он хранится в виде отдельного файла на жестком диске компьютера и показан в ГИС как отдельный слой. Это удобно, т.к. позволяет показать или скрыть все объекты слоя в ГИС-приложении с помощью единственного клика мышью.

### **Редактирование векторных данных:**

ГИС-приложение позволяет создавать и изменять геометрию данных в слое. Этот процесс называется **оцифровкой**, и мы рассмотрим его более внимательно в последующем содержании руководства. Если слой содержит полигоны (например, сельскохозяйственные дамбы), ГИС-приложение не позволит создавать линии в этом слое. Аналогично, если Вы хотите изменить форму объекта, то приложение позволит Вам это сделать только в том случае, если новая форма допустима. Например, он не позволит вам редактировать линию таким образом, чтобы она имела только одну вершину – как сказано выше, каждая линия должна иметь по крайней мере две вершины.

Создание и редактирование векторных данных является важной функцией ГИС, так как это один из основных способов создания новых данных об интересующих Вас объектах. Например, вы отслеживаете речное загрязнение. Вы могли бы использовать ГИС для оцифровки всех ливневых водостоков в виде точечных объектов. Кроме того, можно оцифровать саму реку в виде полилинии. И наконец, вы можете взять пробы уровня кислотности вдоль течения реки и оцифровать места забора в виде точек.

Помимо создания собственных данных, существует множество бесплатных векторных данных, которыми Вы можете пользоваться. Например, Вы можете получить данные, обратившись в официальную картографическую службу своей страны.

### **Масштаб и векторные данные:**

**Масштаб карты** – важная проблема, о которой необходимо помнить, работая с векторными данными в ГИС. Создание новых данных чаще всего происходит путем оцифровки существующих бумажных карт или съемкой на местности с помощью геодезического и GPS-оборудования. Карты имеют различные масштабы, и если Вы переносите векторные данные из карты в среду ГИС (например, оцифровывая бумажные

карты), эти данные будут иметь те же проблемы, что и исходные данные. Пример показан ниже на Рисунках 20 и 21. Из-за неверно выбранного масштаба могут возникнуть многие проблемы. Например, использование векторных данных, показанных на Рисунке 20, для планирования заповедной части болота может привести к исключению важных частей болот из заповедника! С другой стороны, если Вы хотите создать региональную карту, эти данные могут быть достаточны, и Вы сохраните время и усилия при их создании.

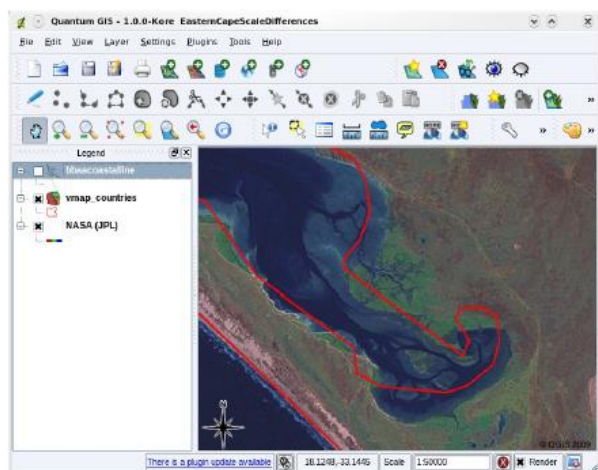


Рисунок 20: Векторные данные (красные линии), оцифрованные с мелко-масштабной карты (1:1 000 000).

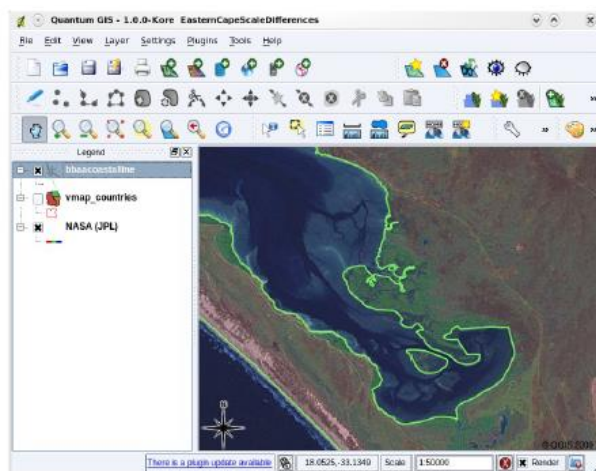


Рисунок 21: Векторные данные (красные линии), оцифрованные с крупно-масштабной карты (1:50 000).

### Условные обозначения:

Когда Вы добавляете векторный слой на карту в ГИС-приложении, он отображается с помощью случайного цвета и базовых символов. Одно из больших преимуществ ГИС состоит в том, что Вы можете очень легко настраивать карту. ГИС-приложение позволяет выбирать цвета, соответствующие объектам (например, Вы можете настроить отображение слоя водных объектов голубым цветом). ГИС также позволяет изменить используемые символы. Так, если у Вас есть точечный слой деревьев, Вы можете отображать каждое дерево в виде маленькой картинки дерева вместо обычного круглого маркера, используемого при изначальной загрузке слоя в приложение (см. Рисунки 22-24 ниже).

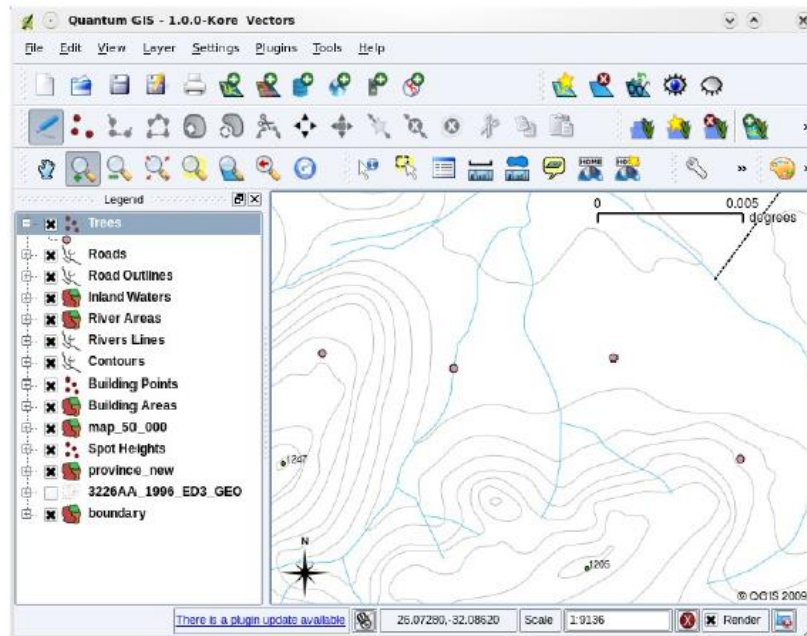


Рисунок 22: Когда слой (в данном случае слой деревьев) загружается в первый раз, ГИС-приложение присваивает ему базовый символ случайного цвета.

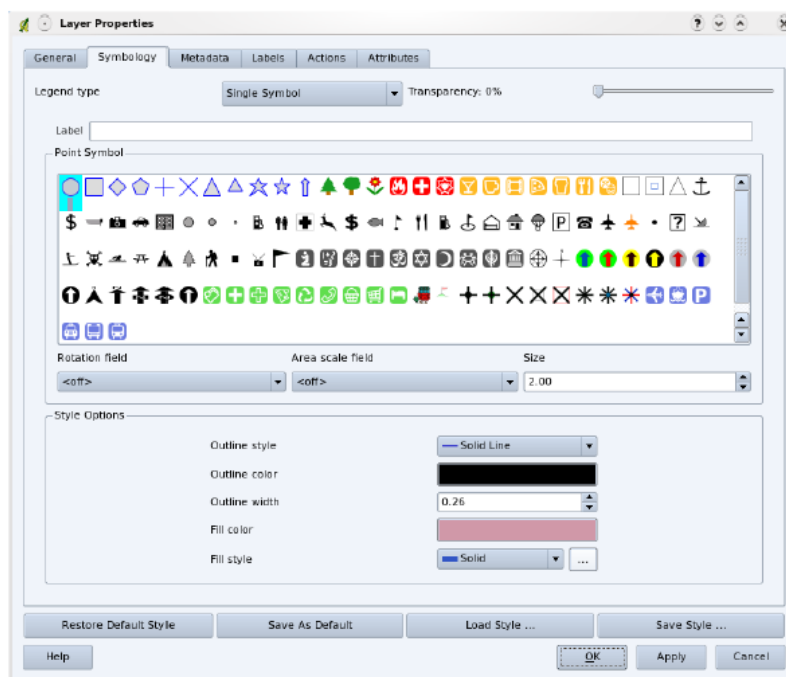
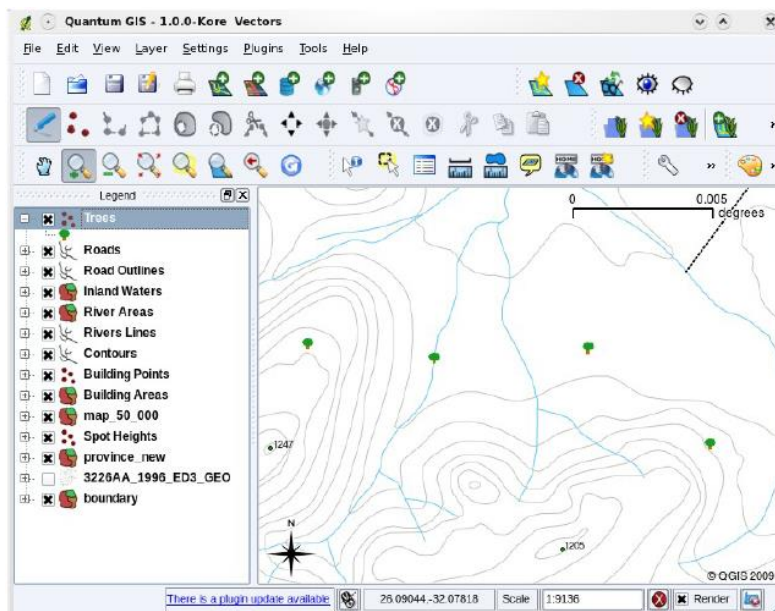


Рисунок 23: Каждое ГИС-приложение имеет наборы символов, которые можно выбирать для отображения слоев.



*Рисунок 24: После изменения настроек гораздо проще понять, что на карте изображены деревья.*

Условные обозначения – мощный инструмент для придания картам более «живого» вида и упрощения понимания данных, которыми располагает Ваша система. В следующей части («Атрибутивные данные») Вы подробнее узнаете, как символы помогают пользователю считывать данные с карты.

### Что мы можем делать с векторными данными в ГИС?

На самом простом уровне мы можем использовать векторные данные в ГИС-приложении так же, как мы используем обычные топографические карты. Реальные возможности ГИС начинают проявляться, когда вы начинаете задавать вопросы вроде «какие дома находятся в 100-летней зоне затопления близлежащей реки?», «где лучше разместить больницу, чтобы она была легко доступна как можно большему количеству людей?», «какие учащиеся проживают в определенном пригороде?» и т.д. ГИС является отличным инструментом для ответа на подобные вопросы с помощью векторных данных. Мы называем процесс ответа на такие вопросы **пространственным анализом**. В дальнейших разделах данного руководства мы рассмотрим пространственный анализ более детально.

### Распространенные проблемы с векторными данными:

Работа с векторными данными связана с некоторыми проблемами. Мы уже упомянули вопрос различающихся масштабов. Также векторные данные требуют немалой работы и текущего обслуживания для поддержания точности и достоверности данных. Неточные данные могут появиться, когда инструменты для их создания неверно настроены или люди, создающие данные, были невнимательны, а также когда время и финансы не позволяют достаточной степени точности сбора данных, и т.д. Если Вы располагаете

некачественными векторными данными, Вы часто можете обнаружить это, просматривая данные в ГИС-приложении. Например, Вы можете видеть **разрывы**, когда края прилегающих полигонов некорректно состыкованы (см. Рисунок 25 ниже). Когда линейный объект неточно прилегает к другому объекту, с которым он должен быть связан, например дорога не доходит до перекрестка или приток не впадает в реку, это также может вызвать проблемы. Рисунок 26 показывает, как выглядят подобные «недолеты» и «перелеты». Из-за возможности подобных ошибок очень важна внимательная и точная оцифровка. В последующем разделе «**Топология**» мы рассмотрим некоторые типы ошибок более детально.

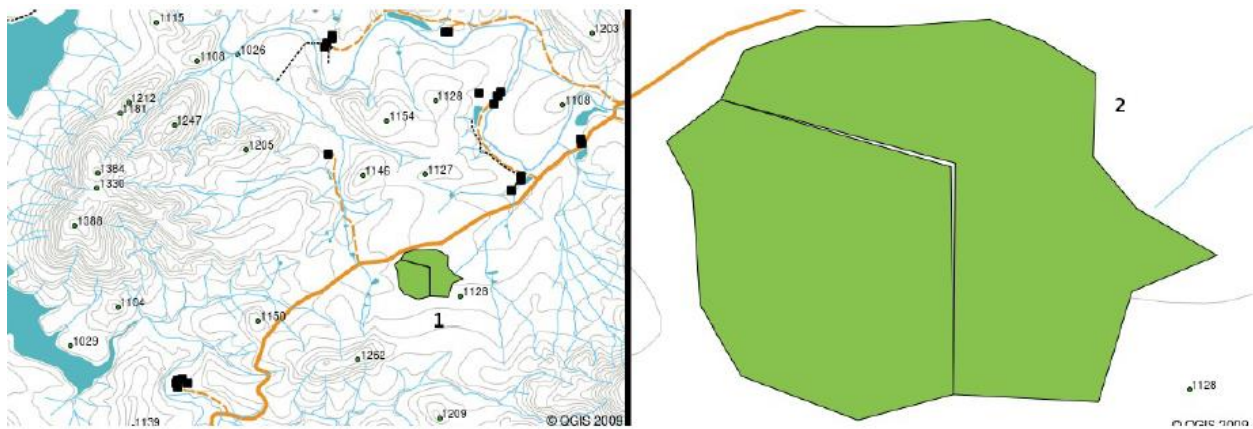


Рисунок 25: Когда вершины двух полигонов на их границах не совпадают, появляются разрывы. При мелком масштабе (слева) подобные ошибки могут быть не видны, но при более крупном масштабе можно увидеть небольшой пробел между двумя полигонами.



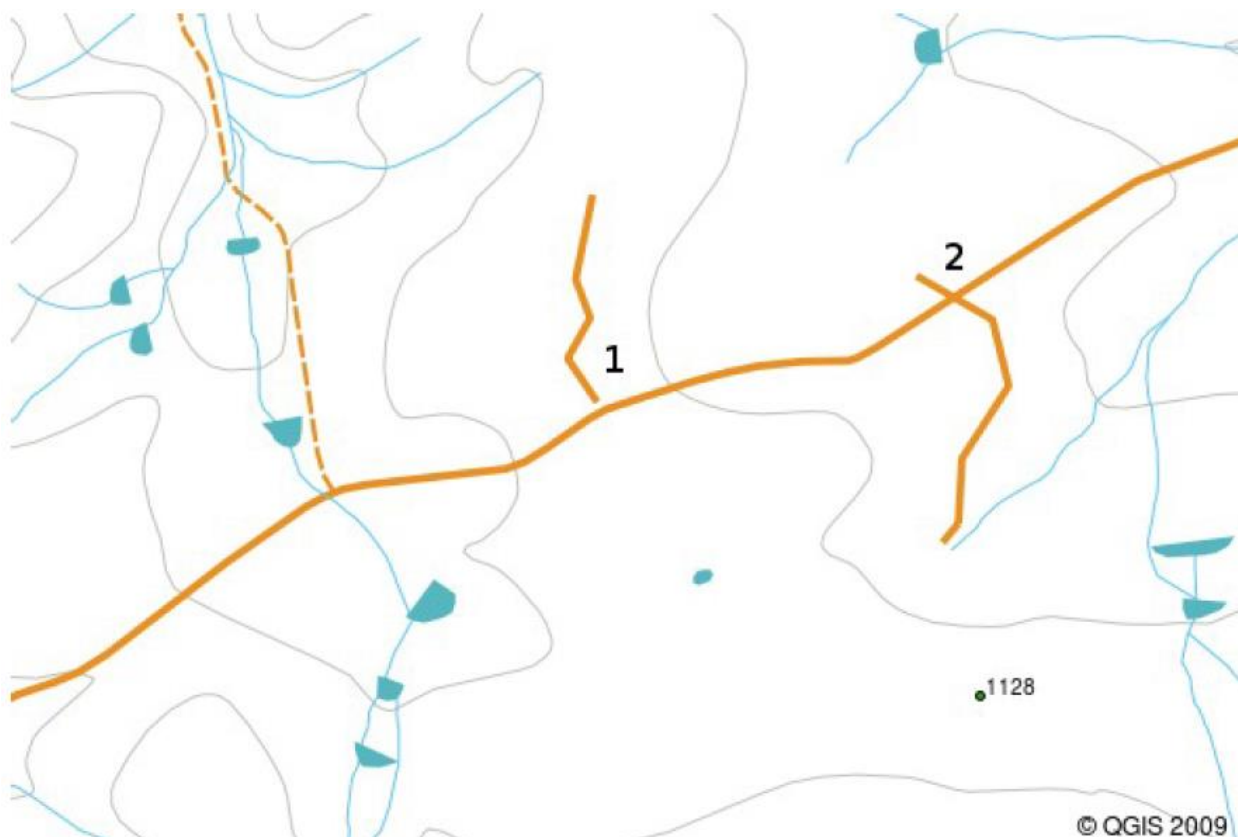


Рисунок 26: «Недолеты» (1) случаются, когда оцифрованная векторная линия, которая должна соединяться с другой, немного не доходит до нее. «Перелеты» (2) появляются, когда линия пересекает другую линию, с которой она должна быть связана.

### Что мы узнали?

Закрепим изученный материал:

- **Векторные данные** служат для представления **объектов** реального мира в ГИС.
- Векторный объект может иметь один из следующих типов **геометрии**: **точка**, **линия** или **полигон**.
- Каждый векторный объект имеет **атрибутивные данные**, описывающие его.
- Геометрия объектов записана в виде **вершин**.
- Точечная геометрия состоит из **одной вершины** (X,Y и возможно Z).
- Линейная геометрия состоит из **двух и более вершин**, формирующих связанную линию.
- Полигональная геометрия состоит из **четырех и более вершин**, формирующих замкнутый контур, т.е. первая и последняя вершины всегда совпадают.
- Выбор типа геометрии зависит от масштаба, удобства и задач, которые должна решать ГИС.
- **Оцифровка** – это процесс создания цифровых векторных данных путем отрисовки в ГИС-приложении.

- Векторные данные связаны с такими проблемами качества данных, как «перелеты», «недолеты» и **разрывы**, и о них необходимо помнить.
- Векторные данные можно использовать для **пространственного анализа** в ГИС-приложении, например для поиска ближайшей к школе больницы.
- Концепция векторных геоданных кратко изложена на Рисунке 27.

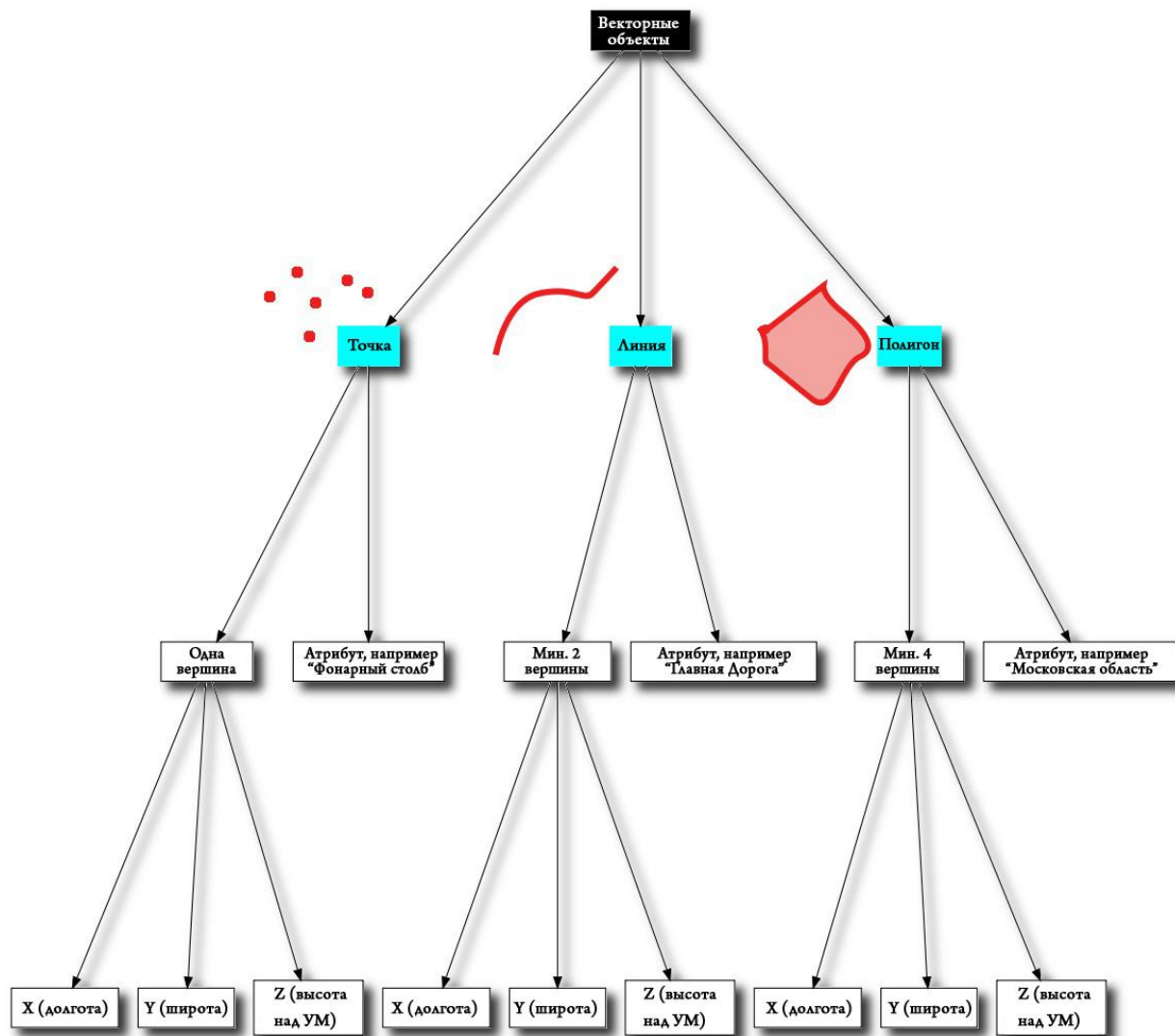


Рисунок 27: Диаграмма, показывающая как ГИС-приложения работают с векторными данными.

### Попробуйте сами!

Ниже приведено несколько примеров практических заданий для Ваших учеников:

- Используя лист топографической карты (такой, как изображен на Рисунке 28), определить различные типы векторных данных и выделить их на карте.

- Подумайте, как Вы создали бы векторные объекты в ГИС для представления реальных объектов вокруг Вашего учебного заведения или дома. Создайте таблицу объектов и попросите учеников решить, какой тип геометрии лучше всего подойдет каждому объекту – точка, линия или полигон. Пример таблицы приведен ниже (Таблица 1).

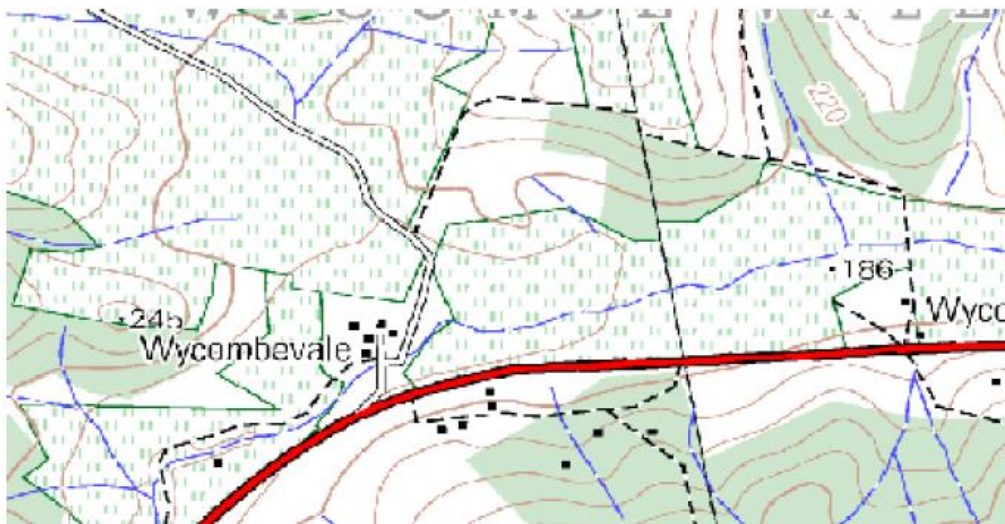


Рисунок 28: На этой карте можно найти два точечных, четыре линейных и один полигональный объект.

Объект реального мира	Подходящий тип геометрии
Футбольное поле	
Питьевые фонтаны	
Тропинки на территории	

Таблица 1: Создайте подобную таблицу и попросите учеников заполнить колонку с типами геометрии

### Если у Вас нет компьютера:

Вы можете использовать топографическую карту и кальку для демонстрации концепции векторных данных.

### Дополнительные материалы:

Руководство Пользователя QGIS включает более детальную информацию по работе с векторными данными в QGIS.

### Что дальше?

В следующем разделе мы подробнее рассмотрим **атрибутивные данные** и их возможности в описании векторных данных.





Цель:

Понимание, как атрибутивные данные связаны с векторными объектами и могут быть использованы для присвоения условных обозначений

Ключевые слова:

Атрибут, база данных, поле, данные, вектор, символы, условные обозначения

### Обзор:

Если бы каждая линия на карте имела одинаковый цвет, толщину и одну и ту же подпись, было бы очень трудно понять, что там изображено. Карта давала бы нам очень мало информации. Для примера сравните две карты на Рисунке 29.

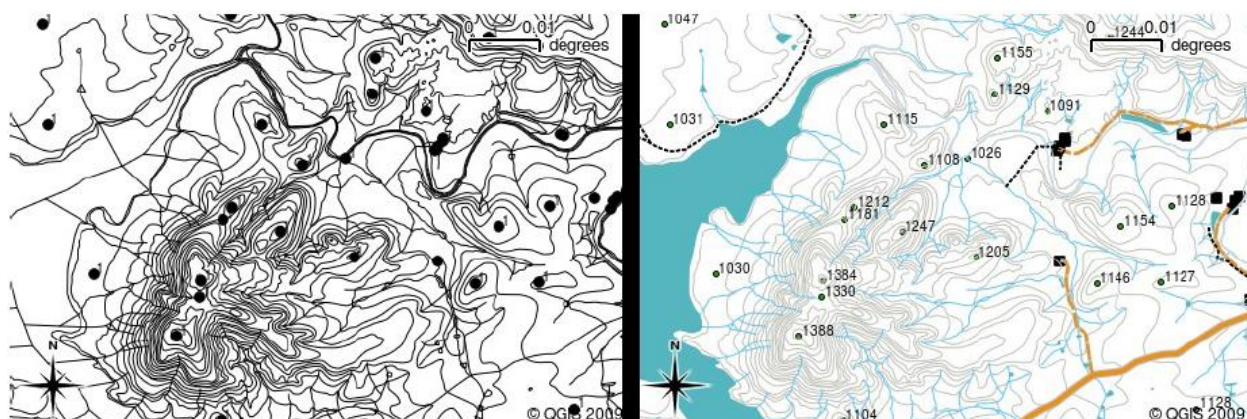


Рисунок 29: Карты «оживают», когда используются различные цвета и символы, помогающие различать типы объектов. Заметна ли разница между реками, дорогами и горизонталями слева? Глядя на карту справа, гораздо проще различить объекты.

В данной теме мы рассмотрим, как атрибутивные данные помогают нам создавать интересные и информативные карты. В предыдущем разделе мы упомянули, что **атрибутивные данные** служат для **описания векторных объектов**. Взглянем на картинки домов на Рисунке 30.

Дома имеют полигональный тип геометрии, основанный на планах, и атрибуты, такие как цвет крыши, наличие или отсутствие балкона и год постройки. Стоит отметить, что атрибуты необязательно описывают видимые характеристики – мы можем сохранять любую информацию, связанную с объектом, например год постройки. В ГИС-приложении мы можем представить подобные объекты в полигональном слое домов, и атрибуты – в атрибутивной таблице (см. Рисунок 31).

**Цвет крыши: красный**  
**Балкон: есть**  
**Год постройки: 2002**



**Цвет крыши: черный**  
**Балкон: нет**  
**Год постройки: 2000**



*Рисунок 30: Каждый объект имеет характеристики, которые мы можем описывать. Это могут быть видимые черты или то, что мы знаем об объекте (например, год постройки).*

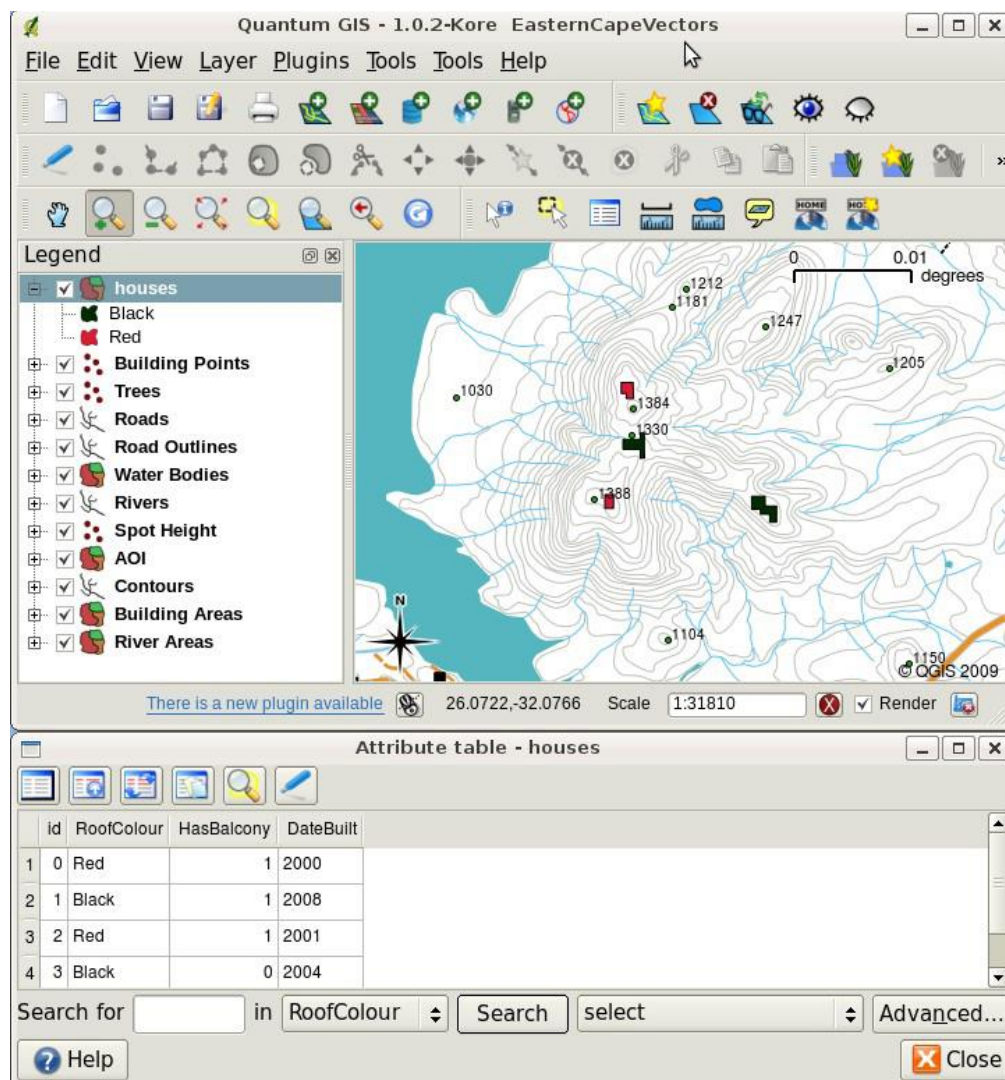


Рисунок 31: Слой домов. Атрибуты описывают цвет крыши и другие свойства домов. Атрибутивная таблица (внизу рисунка) включает атрибуты для домов, отображенных на карте.

Сочетание геометрии и атрибутов для описания объектов в ГИС-приложении открывает множество возможностей. Например, мы можем использовать атрибутивные значения для применения определенных цветов и стилей к объектам, отображаемым в ГИС-приложении (см. Рисунок 32). Процесс настройки цветов и стилей отображения называется присвоением **условных обозначений**.

Атрибутивные данные также бывают полезны для создания **подписей** к объектам. Большинство ГИС-приложений имеют функцию расстановки подписей для каждого объекта таким образом, что текст подписи берется из атрибутивной записи объекта.

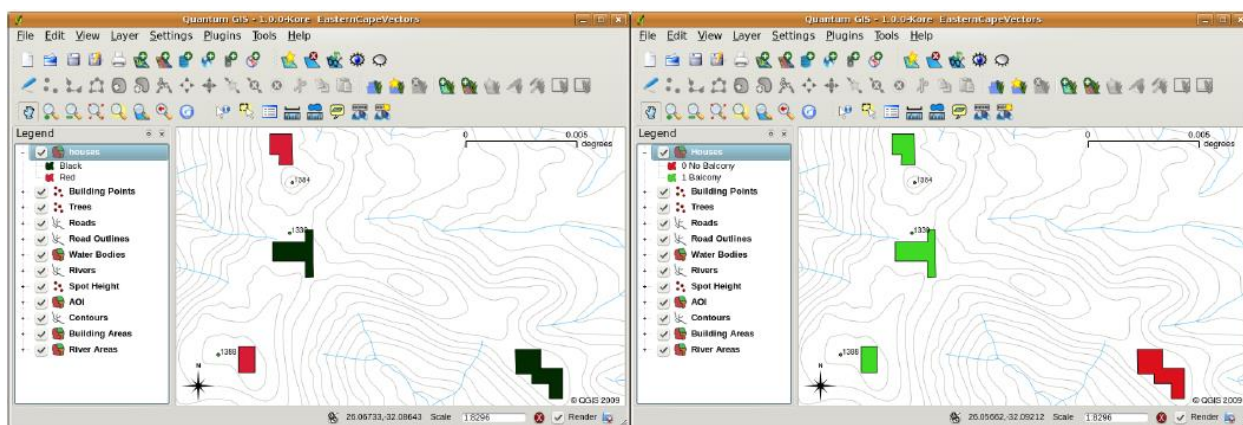


Рисунок 32: В ГИС-приложении Вы можете настраивать отображение объектов различным образом, основываясь на их атрибутах. Слева полигоны домов отображаются тем же цветом, что и атрибут «Цвет крыши». Справа цвета домов установлены, исходя из наличия балкона.

Если Вы когда-нибудь занимались **поиском** определенного объекта на бумажной карте, Вы наверняка знаете, как долго он может продлиться. Наличие атрибутивных данных делает поиск простым и быстрым. На Рисунке 33 показан пример атрибутивного поиска в ГИС.

Атрибутивные данные также очень полезны для проведения **пространственного анализа**. Пространственный анализ комбинирует пространственную информацию, хранимую в геометрии объектов, с их атрибутивной информацией. Это позволяет изучать, как одни объекты относятся к другим. Существует множество вопросов, на которые отвечает пространственный анализ. Например, Вы можете использовать ГИС, чтобы выяснить, сколько домов с красными крышами находится на определенной территории. Если у Вас есть слой деревьев, Вы можете использовать ГИС, чтобы понять, какие виды деревьев будут затронуты, если будет произведена застройка в конкретном месте. Вы можете использовать атрибуты проб воды, взятых по течению реки, и найти отрезок, на котором расположен потенциальный источник загрязнения. Возможности бесконечны! Пространственный анализ будет подробнее описан в соответствующем разделе.

До того как мы глубже рассмотрим атрибутивные данные, еще раз напомним:

Имея ГИС-приложение, можем создавать представления различных объектов реального мира, таких как дороги, границы участков, телефонные столбы и др. Объект имеет геометрию (которая может быть в виде точки, линии или полигона) и атрибуты (описательная информация). Пример показан на Рисунке 34.



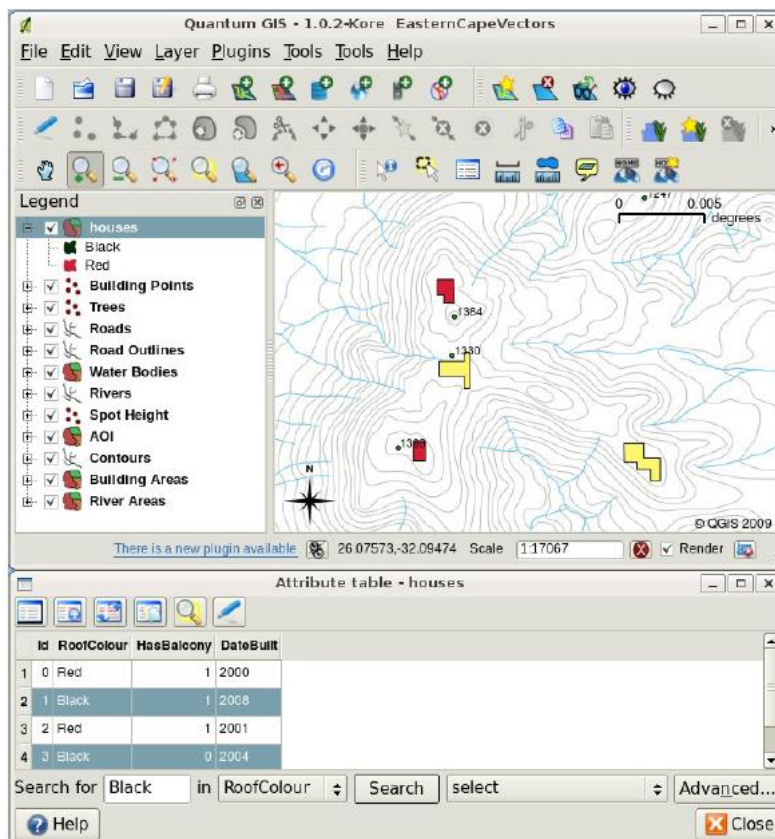


Рисунок 33: В ГИС-приложении мы можем находить объекты по их атрибутам. В данном случае мы ищем дома с черными крышами. Результат выделен желтым на карте и серо-голубым в таблице.

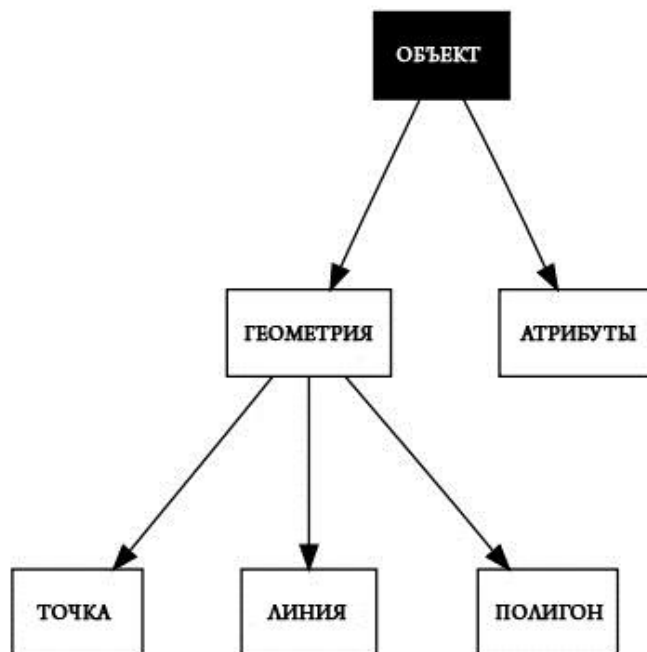


Рисунок 34: Диаграмма векторных объектов.

## Подробнее об атрибутах:

Атрибуты векторных объектов хранятся в **таблице**. Каждая колонка таблицы называется **полем**. Каждая строка – это **запись**. Таблица 2 внизу показывает простой пример того, как выглядит атрибутивная таблица в ГИС. Каждая запись в таблице соответствует одному объекту. Обычно информация такой таблицы хранится в той или иной базе данных. ГИС-приложение связывает атрибутивные записи с геометрией объектов так, что Вы можете находить записи в таблице, выбирая объекты на карте, и наоборот – находить объекты на карте, выбирая записи в таблице.

Таблица	Поле 1	Поле 2	Поле 3
	YearBuilt	RoofColor	Balcony
Запись 1	1998	Черный	Есть
Запись 2	2000	Красный	Нет
Запись 3	2001	Серебристый	Есть

*Таблица 2: Атрибутивная таблица состоит из строк (записей) и столбцов (полей).*

Каждое поле в атрибутивной таблице содержит определенный тип данных – текстовый, числовой или временной. Необходимо внимательно продумывать список атрибутов для Ваших объектов. В нашем примере с домами мы выбрали цвет крыши, наличие балкона и год сооружения. Мы так же легко могли бы выбрать и другие свойства:

- количество этажей
- количество комнат
- число жителей
- тип дома (частный дом, многоквартирный дом)
- общая жилая площадь и т.д.

Как правильно решить, какие атрибуты нужны, имея такой широкий выбор? Обычно это зависит от того, как Вы собираетесь использовать данные. Если Вы хотите создать карту, которая будет показывать разные дома разных цветов в зависимости от их возраста, Вам понадобится атрибут года постройки. Если Вы уверены, что такая информация не нужна, можно не создавать это поле. Поиск и занесение информации в таблицу – это плохая идея, если Вы ограничены во времени и средствах. Также часто мы получаем векторные данные от компаний или из правительственных ресурсов. В таких случаях обычно невозможно запросить определенные атрибуты, и приходится работать с тем, что есть.

## Как устанавливаются условные обозначения?

### Единый символ:

Если условные обозначения слоев устанавливаются без использования атрибутивных данных, каждый объект слоя показывается одинаково. Например, для точечного слоя можно установить цвет, размер и форму **маркера** (круглый, квадратный и т.д.), и не более того. С единым символом Вы не можете показывать объекты, основываясь на их свойствах, хранящихся в атрибутивной таблице. Чтобы сделать это, Вам нужно использовать **градуированные** или **непрерывные шкалы**, а также **уникальные символы**. Все эти символы описаны ниже.

Большинство ГИС-приложений позволяет устанавливать условные обозначения слоев, используя **диалоговое окно**, схожее с показанным на Рисунке 35. В этом диалоговом окне Вы можете устанавливать цвета и стили символов. В зависимости от типа геометрии слоев, доступны различные опции. Например, для точечного слоя устанавливаются **маркеры** различных стилей, в отличие от линейных и полигональных слоев, для которых выбираются **стиль** и **цвет линии** (например, пунктирная оранжевая или сплошная коричневая и т.д.), как видно из Рисунка 36. Для полигонального слоя также можно установить **стиль** и **цвет заливки**.

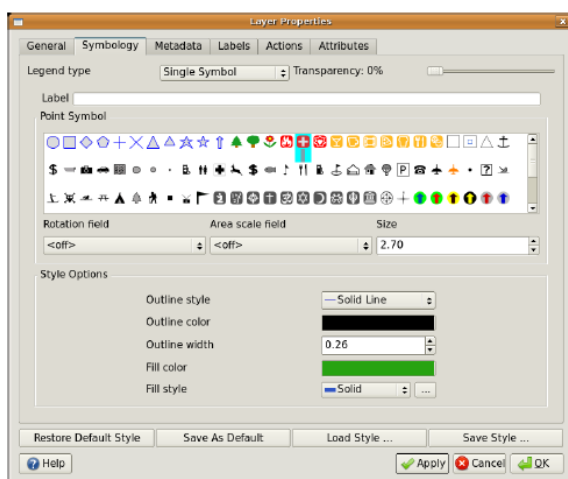


Рисунок 35: При использовании единого символа объекты показываются одинаково, вне зависимости от их атрибутивных значений. Здесь приведен диалог для точечного слоя.

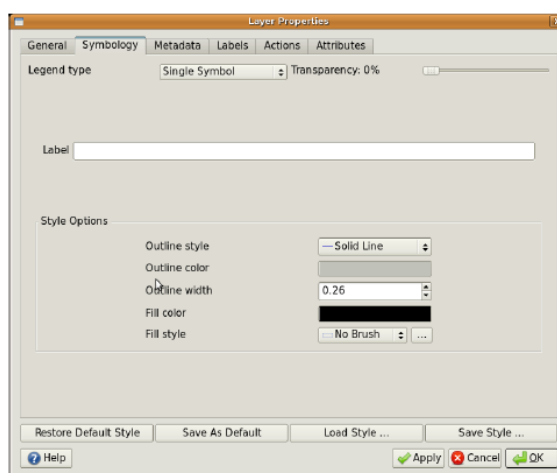


Рисунок 36: Существуют различные опции для определения единых символов для линий и полигонов.

### Градуированная шкала:

Иногда векторные объекты имеют различные числовые значения. Хорошим примером данного случая являются горизонтالي. Каждая горизонталь имеет атрибутивное значение

«Высота», которая содержит информацию о высоте местности на линии, по которой проходит эта горизонталь. На Рисунке 33 выше мы показывали горизонтали, отображаемые с помощью одного и того же цвета. Добавление разных цветов к горизонталям помогает нам понять их значение. Например, мы можем настроить отображение так, чтобы более низменные участки показывались одним цветом, средние – другим, а возвышенные – третьим.

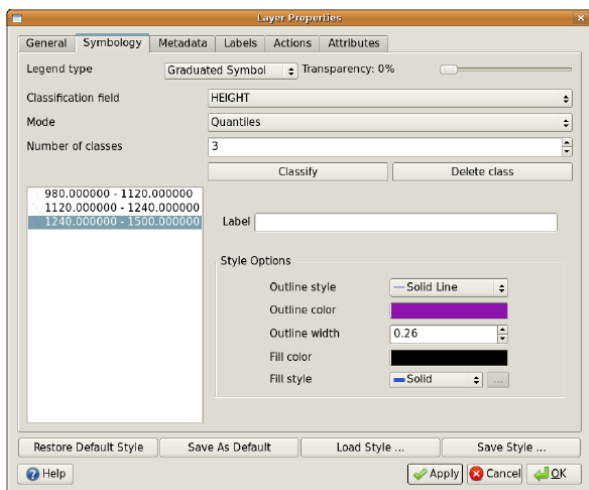


Рисунок 37. Атрибут высоты может быть использован для разделения горизонталей на 3 класса с присвоением отдельного цвета каждому классу:

От (м)	До (м)	Цвет
980	1120	светло-фиолетовый
1120	1240	серо-зеленый
1240	1500	ярко-фиолетовый

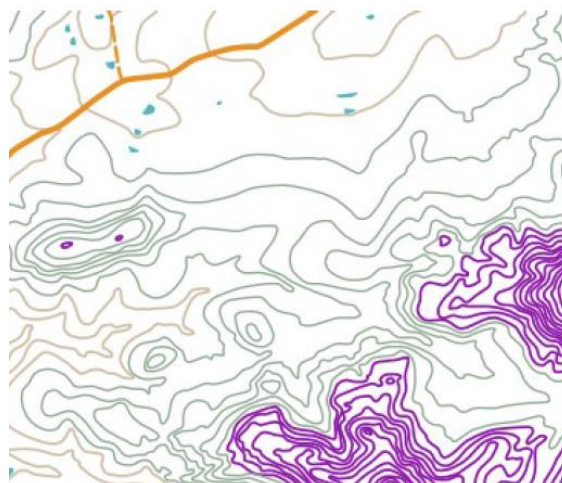


Рисунок 38: Вид карты после установки градуированных символов для горизонталей.

Набор цветов, основанный на дискретных группах атрибутивных значений, в ГИС называется градуированной шкалой. Процесс ее создания и результат показан на Рисунках 37 и 38. **Градуированная шкала применяется, когда пользователю нужно показать четкие различия между объектами, находящимися в различных диапазонах атрибутивных значений.** ГИС-приложение анализирует атрибутивные данные (например, значения высоты), и основываясь на выбранном количестве классов, распределяет каждый объект в тот или иной класс. Процесс проиллюстрирован на Таблице 3.



Диапазон	Атрибутивное значение	Класс и цвет
1-3	1	Класс 1
	2	Класс 1
	3	Класс 1
4-6	4	Класс 2
	5	Класс 2
	6	Класс 2
7-9	7	Класс 3
	8	Класс 3
	9	Класс 3

Таблица 3: Градуированная шкала разбивает весь список атрибутивных значений на несколько классов, число которых установлено пользователем. Объекты каждого класса отображаются отдельным цветом.

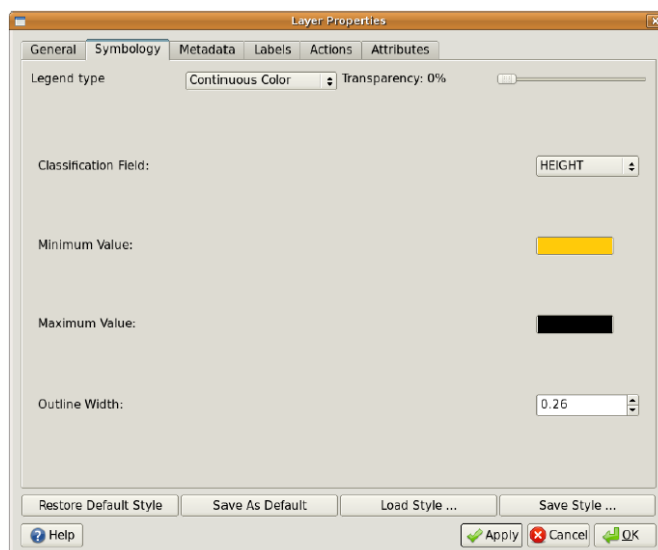
### Непрерывная шкала:

В прошлом случае с градуированной шкалой объекты отображаются отдельными группами, или классами. Иногда полезно показывать объекты в рамках **диапазона цветов**, плавно переходя от одного цвета к другому. ГИС-приложение использует числовое атрибутивное значение объекта (например, высоты горизонталей или уровни загрязнения притоков) для присвоения цвета. Таблица 4 показывает, как атрибутивные значения используются для определения цвета из непрерывного диапазона.

Атрибутивное значение	Цвет
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	

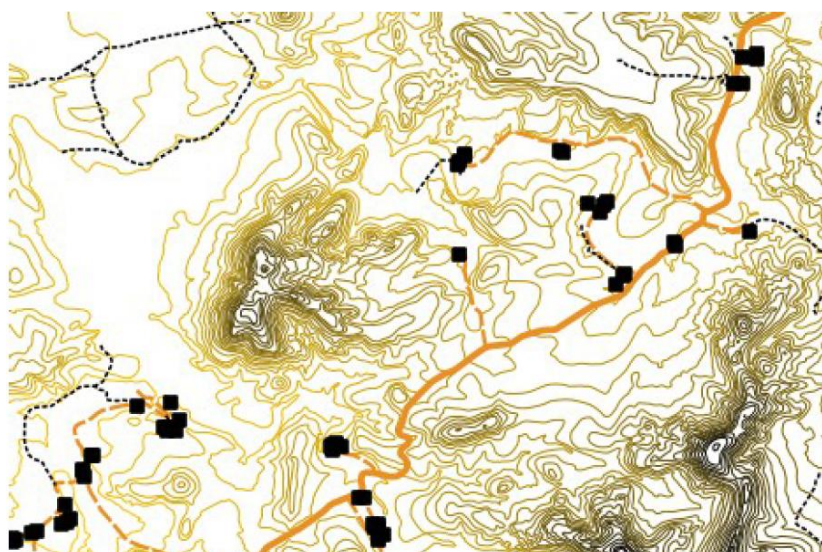
Таблица 4: Непрерывная шкала использует начальный и конечный цвет (в данном случае светло-оранжевый и темно-коричневый) и создает серию оттенков между этими цветами.

Используя те же горизонталы, что и в прошлом примере, посмотрим как определяется непрерывная шкала условных обозначений и как потом выглядит карта. Процесс начинается с установки свойств слоя на непрерывную шкалу с использованием диалога на Рисунке 39.



*Рисунок 39: Установка непрерывной шкалы. Атрибут высоты горизонталей используется для определения цветовых значений. Задаются начальный и конечный цвета диапазона. Затем ГИС-приложение создает серию полутонов (градиент) для отрисовки объектов, основываясь на их высотах.*

После определения **диапазона цветов** (начального и конечного цветов) объектам присваиваются цвета исходя из того, как их атрибутивные значения соотносятся с минимальным и максимальным значением атрибутов. Например, у Вас есть горизонтали, имеющие значения 1000 м и 1400 м, значит диапазон значений будет от 1000 до 1400. Если начальный цвет непрерывной шкалы – оранжевый, то горизонтали с высотами, близкими к 1000 м, будет отображаться оранжевым цветом. Если конечный цвет шкалы – черный, то горизонтали с высотами, близкими к 1400 м, будут отображаться черным цветом (см. Рисунок 40).



*Рисунок 40: Карта горизонталей, использующая непрерывную цветовую шкалу.*

## Уникальные символы:

Иногда атрибуты объектов являются **текстовыми**, а не числовыми значениями. Текстовые значения в компьютерной терминологии обозначают группы букв, чисел и других печатных символов. Текстовые атрибуты часто используются для классификации объектов по имени. Мы можем настроить ГИС-приложение так, чтобы каждое уникальное текстовое или числовое выражение в атрибутивной таблице отображалось отличным от других цветом и стилем. Пример показан в Таблице 5.





Атрибутивное значение	Символ
Автомостраль	
Главная дорога	
Второстепенная дорога	
Улица	

Таблица 5: Уникальные атрибутивные значения типа объектов (например, класс дороги) могут иметь собственные символы.

В ГИС-приложении мы можем устанавливать уникальные символы для слоев. Приложение находит все отличающиеся значения в атрибутивном поле и создает их список. Каждому значению можно присвоить отдельный цвет и стиль отображения. Диалоговое окно показано на Рисунке 41.

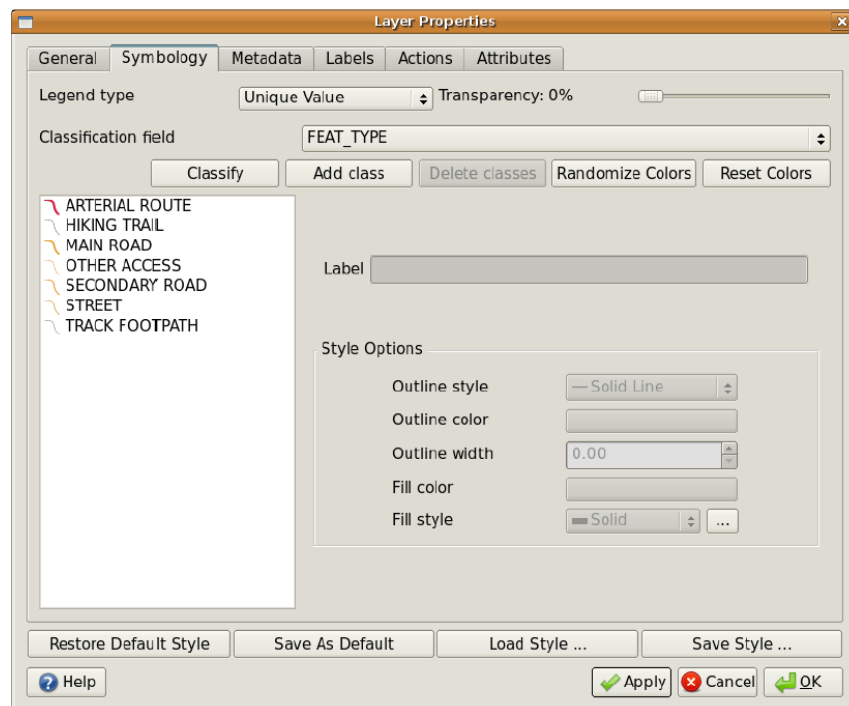


Рисунок 41: Установка уникальных символов для дорог на основе класса дороги.

Перед отображением слоя ГИС-приложение сканирует атрибутивную таблицу. Исходя из значений конкретного поля, встречающихся в таблице, линия дороги отображается тем или иным цветом и стилем. Пример показан на Рисунке 42.



*Рисунок 42: Условные обозначения векторного слоя дорог, основанные на уникальных значениях класса дороги.*

#### **О чем стоит помнить:**

Решение, какие атрибуты и символы использовать, требует некоторого планирования. Перед тем, как начать сбор каких-либо **геоданных**, Вы должны точно решить, какие именно атрибуты Вам нужны и как они будут определять условные обозначения карты. Очень сложно вернуться и собрать данные заново, если их сбор был изначально спланирован неправильно. Помните, что цель сбора атрибутивных данных – это анализ и интерпретация пространственной информации. Как Вы будете его производить, зависит от вопросов, на которые Вы пытаетесь ответить.

Условные обозначения – это визуальный язык, который позволяет пользователям Ваших карт видеть и понимать характеристики отображаемых объектов, основываясь на цветах и символах. Следовательно, Вы должны уделять большое внимание тому, какие условные обозначения Вы используете, и делать их простыми и интуитивными для понимания.

#### **Что мы узнали?**

Закрепим изученный материал:

- Векторные объекты имеют **атрибуты**.
- Атрибуты **описывают свойства** объектов.
- Атрибуты хранятся в **таблице**.
- Строки таблицы называют **записями**.

- На **один объект** в векторном слое приходится **одна запись** в таблице.
- Колонки в таблице называют **полями**.
- В каждом поле хранится определенное **свойство**, например высота или цвет крыши.
- Поля содержат **числовую, текстовую и временную** информацию (даты и время).
- Атрибутивные данные могут быть использованы для присвоения **условных обозначений**.
- **Градуированная шкала** группирует данные по отдельным классам.
- **Непрерывная шкала** присваивает цвета из диапазона.
- **Уникальные символы** присваиваются объектам с определенными атрибутивными значениями.
- Если атрибуты не используются для определения условных обозначений, объекты отображаются с **единым символом**.

### Попробуйте сами!

Ниже приведено несколько примеров практических заданий для Ваших учеников:

- Используя таблицу, созданную в прошлой теме, добавьте новую колонку для определения типа объектов и попросите учеников определить, какой тип условных обозначений они использовали бы (см. Таблицу 6 для примера)
- Попытайтесь определить, какие типы условных обозначений Вы использовали бы для следующих векторных объектов:
  - Точки, показывающие уровень кислотности почвенных проб
  - Линии, демонстрирующие дорожную сеть
  - Полигоны домов с атрибутом конструкционного материала (кирпич, дерево и «другой»)

Объекты реального мира	Тип геометрии	Условные обозначения
Футбольное поле	Полигон	<b>Единый символ</b>
Маршруты к ВУЗу	Полилиния	Посчитайте, сколько раз студенты пользуются каждым маршрутом, и предложите <b>градуированную шкалу</b> для демонстрации популярности каждого маршрута
Местоположения кранов с питьевой водой	Точка	<b>Единый символ</b>
Аудитории	Полигон	<b>Уникальные символы</b> , основанные на номере семестра находящихся в аудитории студентов
Аудитории	Полигон	Имея численность студентов в каждой аудитории, можно настроить <b>непрерывную шкалу</b>
Забор	Полилиния	<b>Градуированная шкала</b> , основанная на оценке состояния забора (от 1 до 9 баллов)

Таблица 6: Пример таблицы для определения условных обозначений к векторным слоям.

#### Если у Вас нет компьютера:

Вы можете использовать топографическую карту и листы кальки для экспериментов с различными типами условных обозначений. Например, можно обвести все горизонтали ниже 500 м красным, а 500 м и выше – зеленым фломастером. Подумайте, как можно воспроизвести на кальке другие типы символов.

#### Дальнейшая информация:

Веб-сайт: [http://en.wikipedia.org/wiki/Cartography#Map\\_symbolology](http://en.wikipedia.org/wiki/Cartography#Map_symbolology)

Руководство Пользователя QGIS также содержит более подробную информацию о работе атрибутивными данными и условными обозначениями в QGIS.

#### Что дальше?

В следующем разделе мы подробнее рассмотрим **создание данных**. Изученный материал, связанный с векторными данными, будет применен на практике при создании новых данных.



Цель:	Умение создавать и редактировать векторные данные и их атрибуты
Ключевые слова:	Редактирование, оцифровка, таблица, база данных

### Краткий обзор:

В предыдущих разделах мы рассматривали векторные данные. Мы знаем, что они состоят из двух ключевых компонентов: **геометрии** и **атрибутов**. Геометрия векторного объекта описывает его **форму** и **позицию в пространстве**, в то время как атрибуты описывают его **свойства** (цвет, возраст и т.д.)

В этом разделе мы более подробно рассмотрим процесс создания и редактирования векторных данных, а именно – геометрии и атрибутов.

### Как цифровые данные хранятся в ГИС?:

Многие программы, такие как текстовые и графические редакторы, позволяют создавать и редактировать цифровые данные. Каждый тип приложений сохраняет свои данные в файлы определенного формата. Например, текстовый редактор позволяет сохранять документы Word в формате .doc, а графический редактор – рисунки в формате JPEG (расширение .jpg), и т.д.

Подобно другим приложениям, ГИС-приложения хранят данные в файлах на жестком диске компьютера. Существует множество специальных ГИС-форматов, и наиболее распространенным, возможно, является шейп-файл. Хотя мы говорим об этом формате в единственном числе, на самом деле каждый шейп-файл состоит как минимум из трех файлов, которые работают вместе, отвечая за отдельные компоненты векторных данных, как показано на Таблице 7:

Расширение	Хранимая информация
.shp	Геометрия векторных объектов
.dbf	Атрибуты векторных объектов
.shx	Вспомогательная информация, позволяющая ГИС-приложению быстро находить объекты при поиске (индекс).

Таблица 7: Минимальный набор файлов, составляющий шейп-файл.

Если Вы посмотрите на файлы, составляющие шейп-файл, на жестком диске компьютера, Вы увидите нечто похожее на Рисунок 43. Если Вы хотите отправить кому-то векторные данные, хранящиеся в шейп-файле, важно отправить все файлы, относящиеся к слою. В

случае на Рисунке 43, Вам понадобилось бы отправить файлы trees.shp, trees.shx, trees.dbf и trees.prj.

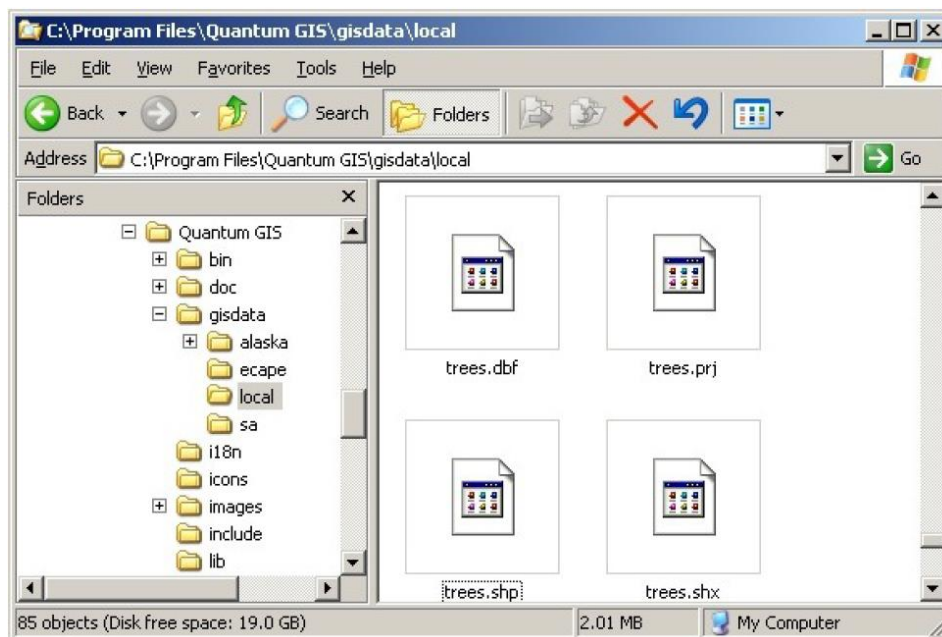


Рисунок 43: Файлы, составляющие шейп-файл “trees”, в папке компьютера.

Многие ГИС-приложения также позволяют хранить цифровые данные в **базе данных**. Хранение пространственных данных в базе данных является хорошим решением, т.к. с базой данных можно **эффективно** предоставлять доступ к **большим объемам** информации. Использование базы данных также позволяет **одновременную работу** с данными для множества пользователей. Настройка баз данных для хранения геоданных является более сложным процессом, чем использование шейп-файлов, поэтому в данном разделе мы сконцентрируем внимание на создании и редактировании шейп-файлов.

#### Перед тем, как Вы начнете:

Перед тем, как создать новый векторный слой, который будет храниться в виде шейп-файла, Вам нужно знать предполагаемый тип геометрии слоя (точка, линия или полигон) и список атрибутов, которые он будет включать. Давайте посмотрим на несколько примеров, чтобы лучше понять, как это делается.

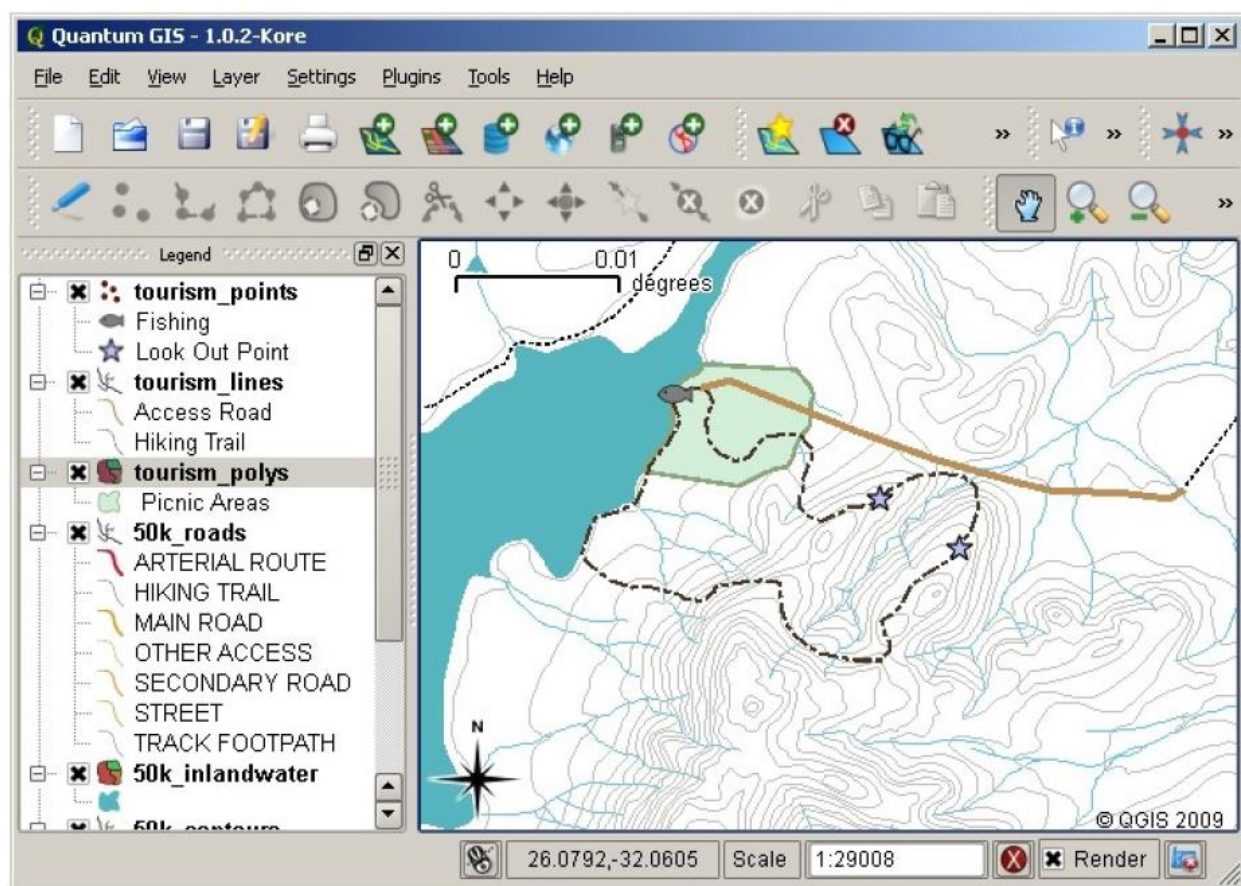
#### Пример 1: Создание туристической карты

Представьте, что Вы хотите создать красивую туристическую карту для мест, где Вы проживаете. В Вашем представлении это будет лист масштаба 1:50 000 с маркерами, поставленными на популярных туристических местах. Сначала подумаем о геометрии. Мы знаем, что можем представить объекты, используя точки, линии и полигоны. Что больше всего подходит для туристической карты? Мы можем использовать точки, если нам нужно



отметить конкретные места, такие как памятники или музеи. Если мы хотим показать популярный маршрут, нам понадобятся полилинии. Если существует интересный район, например исторический центр города или зоопарк, лучше использовать полигоны.

Иногда бывает нелегко определить, какой тип геометрии Вам понадобится. Распространенный подход к этой проблеме – создание нескольких слоев с разными типами геометрии. Например, государственные картографические службы предоставляют данные о реках в двух слоях: полигональном и линейном. Первый служит для показа широких участков рек (например, дельт или водохранилищ), второй – для узких. На Рисунке 44 мы можем увидеть, как выглядят слои туристической карты с разными типами геометрии.



*Рисунок 44: Туристическая карта. Мы использовали три различных типа геометрии для данных о туризме, и можем правильно показать различные объекты, в которых заинтересованы посетители.*

#### **Пример 2: Создание карты загрязнений вдоль реки**

Если Вы хотите измерить уровни загрязнения по течению реки, Вам понадобится спуститься вниз по реке на лодке или проехать вдоль ее берегов, регулярно останавливаясь и снимая пробы воды на такие показатели, как уровень растворенного

кислорода, содержание бактерий, количество взвесей и уровень кислотности. Также Вы будете фиксировать места забора проб на карте с помощью GPS-прибора.

Чтобы сохранить данные такого исследования в ГИС-приложении, Вам понадобится слой с точечной геометрией. Использование точек обосновано тем, что показатели в местах забора проб отражают условия в одной конкретной точке.

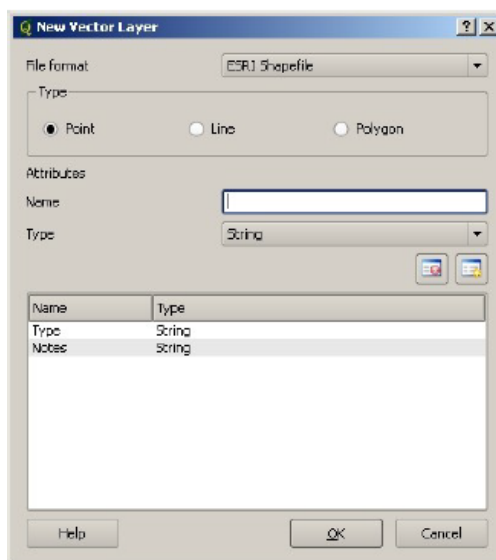
Для каждого показателя нам понадобится отдельное **атрибутивное поле**. Таблица будет выглядеть примерно так:

Номер пробы	pH	Кишечная палочка	Кислород	Взвесь	Дата
1	7	Нет	6	Мало	12/01/2009
2	6.8	Да	5	Средне	12/01/2009
3	6.9	Да	6	Много	12/01/2009

*Таблица 8: Нарисовав подобную таблицу перед созданием векторного слоя, Вы сможете понять, какие атрибутивные поля (колонки) Вам понадобятся. Стоит отметить, что геометрия (позиции забора проб) не показана в таблице. ГИС-приложение хранит ее отдельно!*

### Создание пустого шейп-файла:

Как только Вы решили, какие объекты хотите хранить в ГИС, и какой тип геометрии и набор атрибутов будут иметь эти объекты, Вы можете перейти на следующую ступень – создание нового шейп-файла. Это делается нажатием иконки «новый векторный слой» в Вашем ГИС-приложении. Затем выбирается **тип геометрии** (см. Рисунок 45). Как мы уже упомянули, это означает выбор точек, полилинии или полигона.



*Рисунок 45: Создание нового векторного слоя. Вы выбираете тип геометрии, затем добавляете атрибутивные поля.*

Затем Вы добавите поля в атрибутивную таблицу. Существуют правила присвоения имен полей: они пишутся латиницей, должны быть короткими и соответствовать содержанию поля, а также не должны включать пробелы. Примеры: «pH», «RoofColour», «RoadType» и т.д. Помимо выбора имени для каждого поля, Вам понадобится выбрать тип данных для каждого поля, т.е. номер, текст или даты.

В компьютерной терминологии текстовые значения носят название «**string**», поэтому для поля, где будет храниться, к примеру, названия улиц или рек, Вы должны выбрать тип данных «string».

Формат шейп-файла позволяет хранить количественную информацию в виде целочисленных значений (**integer**) или десятичных дробей (**floating point**), значит перед созданием атрибутивного поля Вам нужно будет определиться, имеют ли Ваши данные цифры после запятой или нет.

Последняя стадия (показанная на Рисунке 46) создания шейп-файла – это присвоение имени и выбор папки, где будет храниться файл. Опять же, лучше присваивать короткие и понятные имена, например «реки», «пробы воды» и т.д.

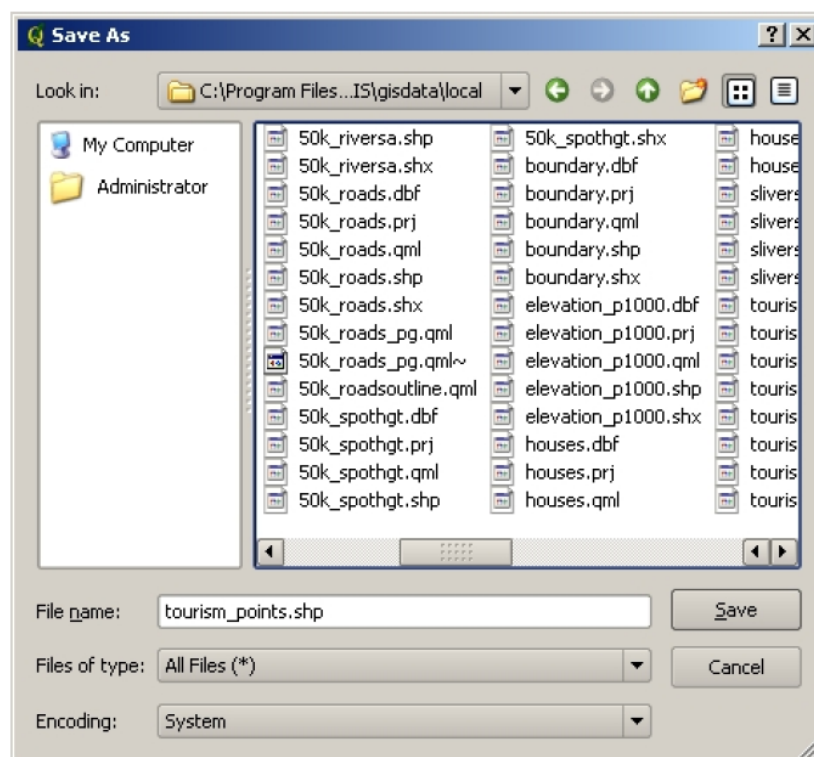


Рисунок 46: После определения геометрии и списка атрибутов нового слоя мы сохраняем файл на диск. Важно присваивать шейп-файлам короткие и понятные имена.

Давайте повторим. Чтобы создать шейп-файл, сначала нужно выбрать тип геометрии, потом создать одно или несколько атрибутивных полей, и в конце сохранить шейп-файл на диск, используя простое и понятное имя. Очень просто!

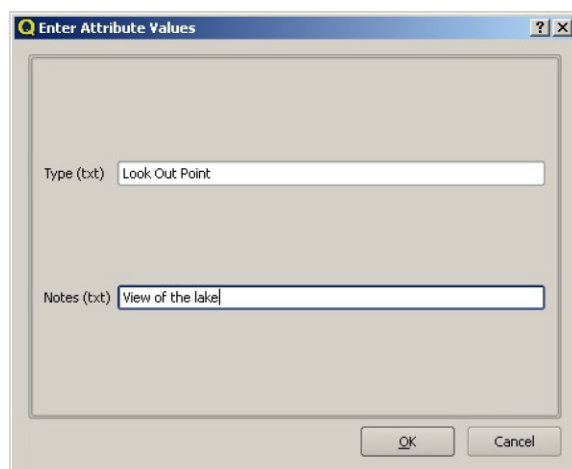
### **Добавление данных в шейп-файл**

На данный момент Вы располагаете пустым шейп-файлом. Теперь нужно **включить режим редактирования**, используя соответствующую команду в меню ГИС-приложения. По умолчанию шейп-файлы невозможно редактировать, это сделано для предотвращения случайного изменения или удаления данных. Включив режим редактирования, мы можем приступить к добавлению данных. Создание каждой **записи** в шейп-файле требует выполнения двух задач:

1. Создание геометрии
2. Ввод атрибутов

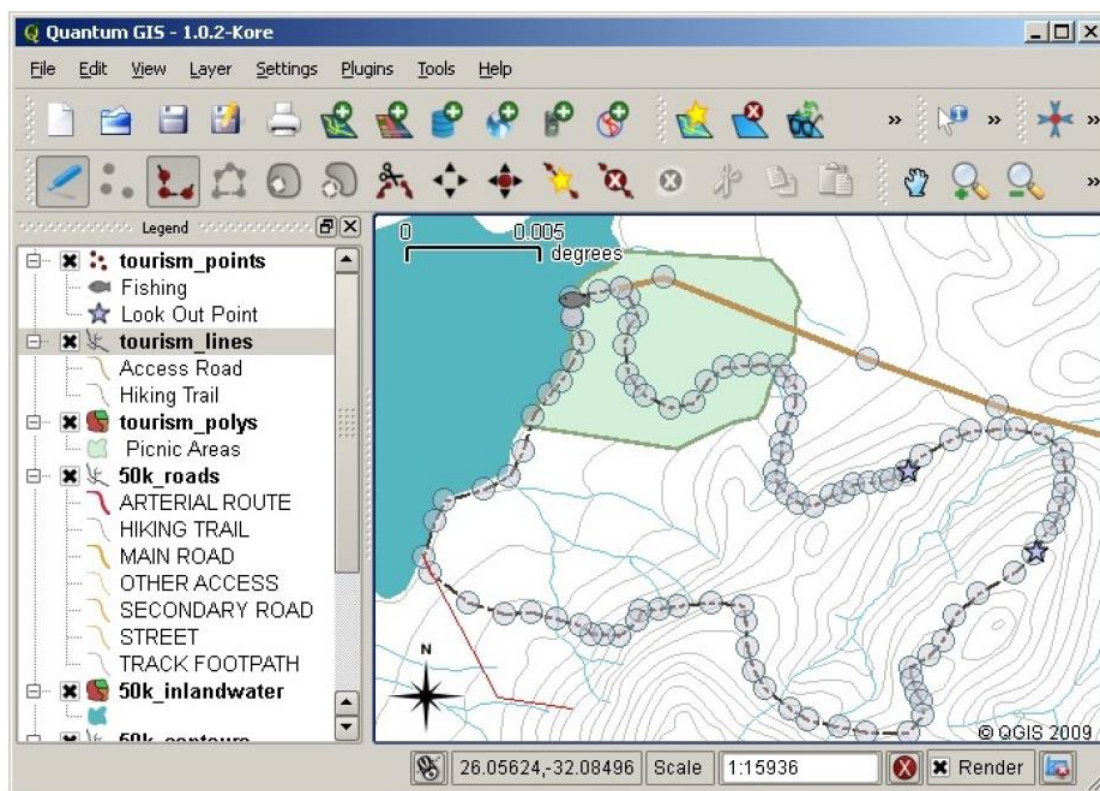
Процесс создания геометрии различается для точек, полилиний и полигонов.

Чтобы **создать точку**, сначала нужно перейти к области на карте, где Вам надо будет создавать данные, и выбрать достаточно крупный масштаб. Затем, включив инструмент редактирования, нужно кликнуть **левой кнопкой мыши** на том месте карты, где Вы хотите поставить новую точку. Как только клик сделан, появится окно, где Вы можете ввести все атрибутивные данные для новой точки (см. Рисунок 47). Если Вы не знаете, какие значения поставить в полях, их можно оставить пустыми, но помните, что если у Вас будет много пустых полей, создать полезную карту потом будет проблематично.



*Рисунок 47: Когда Вы создали геометрию точки, приложение просит указать атрибуты этой точки. Форма для введения атрибутов основана на списке полей, который Вы указали при создании слоя.*

Создание полилинии похоже на создание точки в том, что Вам сначала нужно приблизиться к нужной области на карте, используя инструменты приближения и перетаскивания вида карты. Вы должны будете достаточно приблизиться, чтобы Ваша



*Рисунок 48: Создание линий на туристической карте. При редактировании линейного слоя круглые маркеры означают вершины полилинии. Их можно двигать мышкой, чтобы корректировать геометрию линии. При создании новой линии, каждый клик левой кнопки мыши добавляет новую вершину.*

новая линия имела правильный масштаб (см. Раздел 2: Векторные данные для более подробной информации о проблемах масштаба). Когда область карты готова, можно выбрать инструмент редактирования и приступить к рисованию линии, кликая на карте. После первого клика, Вы заметите что конец линии двигается вслед за Вашим курсором, когда Вы его двигаете. Каждый раз, когда Вы кликаете **левой кнопкой мыши** на карте, к линии добавляется новая вершина. Процесс показан на Рисунке 48.

Когда Вы завершили процесс создания линии, используйте **правую кнопку мыши**, чтобы сообщить ГИС-приложению, что вы завершили редактирование. Как в случае с процедурой создания точки, Вам дальше понадобится ввести атрибутивные значения для нового объекта.

Процесс **создания полигона** практически совпадает с созданием полилинии. Вы заметите, что пока Вы рисуете геометрию нового полигона, ГИС-приложение показывает замкнутый объект.

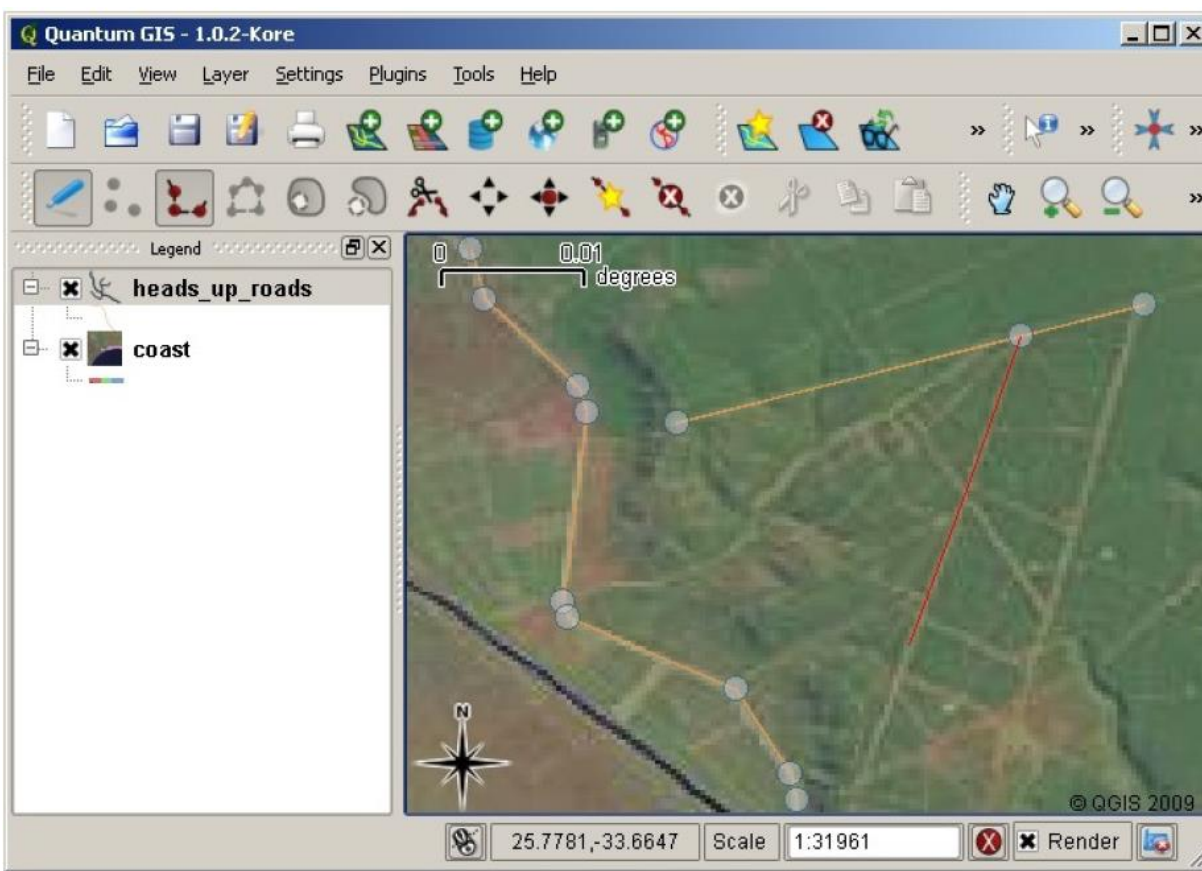
Чтобы создать еще один объект, снова кликните левой кнопкой мыши на карте, и процесс повторится заново.

Когда Вы создали все необходимые объекты, обязательно закройте сессию редактирования и сохраните изменения. ГИС-приложение запишет новые данные на жесткий диск. В противном случае Вы потеряете все изменения. Будьте осторожны!

### **Оцифровка с растра**

Как Вы уже могли догадаться, довольно трудно создавать векторные объекты, которые были бы **геометрически точными**, если нет других данных, используемых в качестве визуальной привязки. Одно из распространенных решений – использование растрового изображения в качестве подложки. Его можно использовать как средство контроля, а можно просто обводить контуры, видимые на растровом изображении, при создании векторных объектов. Этот процесс называется оцифровкой с растра и показан на Рисунке 49.





*Рисунок 49: Оцифровка с растрового изображения. В качестве подложки используется спутниковый снимок. Он служит основой для создания полилиний, которые проводятся по линиям, видимым на снимке.*

### **Оцифровка с использованием графического планшета**

Другой метод создания векторных данных основан на использовании графического планшета (дигитайзера). Этот подход менее распространен и требует дорогостоящего оборудования, поэтому применяется в профессиональной среде. Бумажная карта кладется на планшет и надежно закрепляется. Затем специальное устройство, именуемое «шайбой» используется для считывания карты. Конструкция «шайбы» обеспечивает четкое распознавание объектов. «Шайба» соединяется с компьютером, и каждый считанный объект сохраняется в памяти компьютера. Данное устройство показано на Рисунке 50.



*Рисунок 50. Графический планшет и шайба используется профессионалами для оцифровки данных с существующих бумажных карт.*

#### **После того, как объекты оцифрованы:**

Как только нужные объекты оцифрованы, Вы можете использовать методы настройки условных обозначений Вашего нового слоя, описанные в предыдущем разделе. Использование правильного типа символов поможет Вам лучше понять созданные данные при взгляде на карту.

#### **О чем стоит помнить:**

Если Вы производите оцифровку с растра, например с аэрофотоснимка или спутникового снимка, очень важно чтобы растровое изображение имело правильную координатную привязку. Растровый слой с корректной геопривязкой отображается в правильной позиции на карте ГИС-приложения. Пример некорректной привязки показан на Рисунке 51.



*Рисунок 51: Важность использования растровых изображений с правильной пространственной привязкой для задач оцифровки. Слева показан правильно привязанный спутниковый снимок. Видно, что линии дорог (оранжевый цвет) точно совпадают с дорогами на снимке. На снимке справа, привязанном некорректно, эти линии не совпадают. Если снимок справа будет использован для оцифровки, созданные данные также будут неточными!*

Также необходимо помнить, что очень важно настроить масштаб отображения карты так, чтобы созданные объекты были пригодны для дальнейшего использования. Например, если Вы оцифровываете данные, настроив масштаб отображения карты на 1:1 000 000, и собираетесь использовать эти данные для создания новой карты масштаба 1:50 000, это неудачная идея. В разделе «Векторные данные» мы указали, к каким проблемам может привести расхождение масштабов конечного продукта и используемых данных.

### Что мы узнали?

Закрепим изученный материал:

- **Оцифровка** – это процесс создания векторных объектов, включающих **геометрию** и **атрибуты**, и их сохранения в **цифровом формате** на диске компьютера.
- Геоданные могут храниться в виде **файла** и в **базе данных**.
- Один из наиболее распространенных форматов – **шейп-файл**, который физически является группой из трех и более файлов (.shp, .dbf and .shx).
- До того, как Вы создадите новый векторный слой, Вам понадобится спланировать его **тип геометрии** и **набор атрибутивных полей**.
- Тип геометрии может быть точечный, линейный и полигональный.
- Атрибуты могут быть целочисленными (**integer**), десятичными дробями (**decimal numbers**), текстовыми (**string**) и календарно-временными (**date**).
- Процесс оцифровки состоит из **отрисовки** геометрии объекта на карте и последующего ввода атрибутивных значений и повторяется для каждого объекта.
- **Оцифровка с раstra** происходит с использованием растровых изображений в качестве подложки.
- Профессиональные ГИС-оцифровщики иногда используют **графические планшеты**.



## **Попробуйте сами!**

Ниже приведено несколько примеров практических заданий для Ваших учеников:

- Составьте список объектов на территории Вашего учебного заведения, которые можно было бы занести в ГИС. Примеры: границы, спортивные объекты, пункты эвакуации и т.д. Постарайтесь использовать разные типы геометрии. Затем разделите учеников на группы и дайте каждой группе задание создать несколько объектов. Попросите их настроить символы, чтобы было проще понять, какие объекты изображены. На основе созданных данных изготовьте карту.
- Найдите спутниковый снимок и скажите ученикам оцифровать определенные объекты с раstra.

## **Если у Вас нет компьютера:**

Вы можете проделать тот же самый процесс, используя листы кальки и блокнот. Возьмите аэрофотоснимок или распечатанный спутниковый снимок в качестве подложки. В блокноте нарисуйте таблицу, соответствующую атрибутивной таблице в ГИС. Теперь можно рисовать геометрию объектов на кальке, отмечая каждый объект номером. Этот же номер ставится в первой колонке атрибутивной таблицы, а затем заполняются все остальные колонки.

## **Дополнительные материалы:**

### **Веб-сайт:**

<http://www.k12science.org/curriculum/waterproj/S00project/miami2000/miamiriverfinal.html>  
(школьный проект по оценке качества воды в местной реке).

Руководство Пользователя QGIS также включает более подробную информацию по оцифровке векторных данных в QGIS.

## **Что дальше?**

В следующем разделе мы подробнее рассмотрим растровые данные и узнаем, как изображения используются в ГИС.



Цель:

Понимание, что такое растровые данные и как они используются в ГИС

Ключевые слова:

Растр, Пиксель, Дистанционное Зондирование, Спутник, Изображение, Пространственная Привязка, Геопривязка, Пространственное Разрешение

### Обзор:

В предыдущих разделах мы подробно рассматривали векторные данные. В то время как векторные объекты используют геометрию (точки, полилинии и полигоны) для представления объектов реального мира, растровые данные основаны на другом подходе. Растры являются матрицами пикселей (также называемых ячейками), каждый из которых хранит определенное значение для области, соответствующую этому пикселу (см. Рисунок 52). В данном разделе мы подробнее изучим растровые данные и случаи их использования.

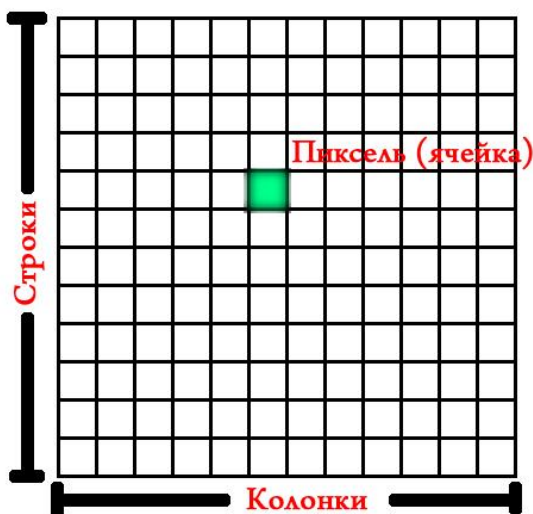


Рисунок 52: Растровые данные состоят из строк (горизонтальные полосы) и колонок (вертикальные полосы) пикселей (также называемых ячейками). Каждый пиксель соответствует определенной географической области, и значение пикселя означает какое-либо свойство, присущее этой области.

### Подробнее о растровых данных:

Растровые данные используются в ГИС-приложении для отображения информации, которая носит непрерывный характер. Во введении в векторные данные мы показывали фотографию на Рисунке 53. Точки, линии и полигоны хорошо работают для представления отдельно стоящих элементов пейзажа, таких как деревья, дороги и строения. В то же время, другие элементы с помощью векторных объектов представить проблематично.

Например, изображенные луга имеют много различий в цвете и плотности травяного покрова. Можно было бы сделать достаточно просто, обведя каждый луг единым полигоном, но много информации о лугах будет утеряно в ходе упрощения до простого полигона. Это происходит потому, что когда Вы присваиваете векторному объекту атрибутивное значение, оно соответствует всему объекту, то есть векторы не очень хороши в представлении негомогенных объектов (те, что неодинаковы на своем протяжении). Альтернативный подход заключается в оцифровке полигонов для каждой части луга, имеющей индивидуальный цвет и плотность покрова. Проблема в том, что этот подход неудобен и требует огромных трудовых и временных затрат.



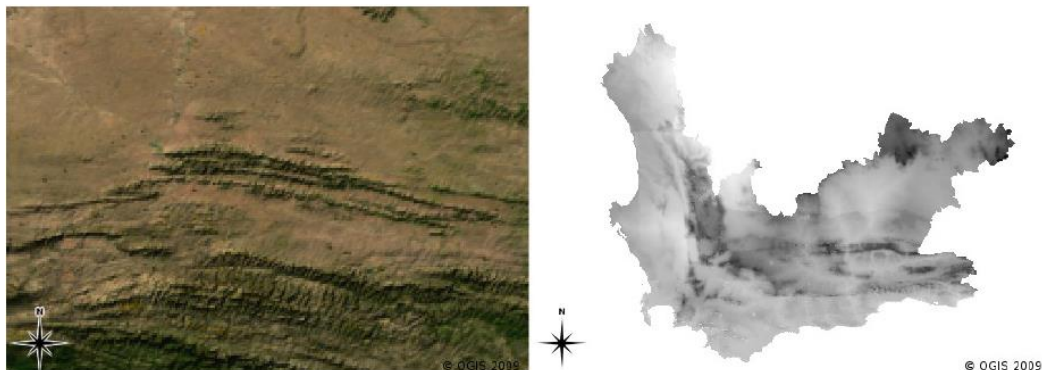
*Рисунок 53: Точки, линии и полигоны хорошо работают для представления некоторых элементов пейзажа, таких как деревья, дороги и строения. В других случаях это может быть непросто. Например, как бы Вы представили луга и пастбища? Как полигоны? А что на счет вариаций цвета, которые Вы можете видеть? Когда Вы представляете большие области с непрерывно меняющимися показателями, лучшим выбором будут растровые данные.*

Использование растровых данных является решением данной проблемы. Многие специалисты используют растровые данные в качестве подложки, отображаемой под векторными данными для их более полного понимания. Человеческий глаз очень хорошо распознает изображения, поэтому использование растрового изображения под векторными слоями наполняет карту смыслом. Растровая модель данных хороша не только для изображений поверхности реального мира (таких как аэрофотоснимки и спутниковые снимки), но и для представления более абстрактных категорий, таких как распределение осадков или риск возникновения пожара на территории. В этих случаях



каждая ячейка растра имеет собственное значение, например миллиметры осадков в год или риск возникновения пожара от 1 до 10.

Пример, показывающий разницу между спутниковым снимком и изображением, содержащим рассчитанные показатели, приведен на Рисунке 54.



*Рисунок 54: Полноцветное растровое изображение (слева) полезно тем, что оно показывает много деталей о местности, которые было бы сложно сохранить в виде векторных объектов, но легко увидеть на изображении. Растровые данные также могут быть нефототрафическими, например показывать рассчитанные значения средней температуры (справа).*

#### **Привязка снимка к карте:**

Привязка снимка к карте – это процесс установления точного местоположения территории, соответствующей снимку, на поверхности Земли. Позиционная информация хранится в цифровой версии снимка. Когда ГИС-приложение открывает снимок, оно использует позиционную информацию, чтобы «положить» снимок на правильный участок карты. Обычно эта информация включает координаты верхнего левого пиксела изображения, размер одного пиксела по осям X и Y, и градус поворота изображения (если есть). С этим набором значений ГИС-приложение может обеспечить отображение снимка в правильном месте. Позиционная информация часто прилагается к растру в виде отдельного текстового файла.

#### **Источники растровых данных:**

Растровые данные могут быть получены различными способами. Два наиболее распространенных способа – аэрофотосъемка и спутниковая съемка. В первом случае самолет с закрепленной на дне камерой облетает территорию. Затем фотографии копируются на компьютер и происходит их привязка к карте. Спутниковые снимки создаются искусственными спутниками, вращающимися вокруг Земли по определенным орбитам. Снимки отправляются на Землю с помощью радиосигналов и принимаются специальными станциями (см. Рисунок 55). Процесс получения растровых данных с помощью самолетов или искусственных спутников называется **дистанционным зондированием**.



*Рисунок 55: Центр Спутниковых Технологий неподалеку от Йоханнесбурга, ЮАР. Специальные антенны отслеживают спутники, проходящие над Центром и принимают изображения, закодированные с помощью радиоволн.*

В других случаях, растровые данные могут быть результатом расчетов. Например, страховая компания может использовать отчеты о преступлениях и создать карту, показывающую концентрацию преступлений в разных местах. Метеорологи регулярно составляют карты средней температуры, количества осадков и преобладающих направлений ветра (см. Рисунок 54 выше). В этих случаях они используют такие технологии, как интерполяция (которую мы описываем в Разделе 10).

Иногда растровые данные создаются на основе векторных данных, т.к. обладатели этих данных хотят опубликовать их в общедоступном формате. Например, компания, располагающая векторными данными о дорогах и земельных участках, генерирует растровые версии данных, чтобы ее работники могли свободно просматривать эти данные в веб-браузере. Этот подход полезен, когда атрибуты, которые нужно показать пользователям, могут быть отображены на карте с помощью надписей или условных обозначений. Если пользователю нужно иметь возможность просматривать или анализировать атрибутивную таблицу, растровые форматы не подойдут для такой задачи, т.к. большинство из них не имеет связанной атрибутивной таблицы.

### **Пространственное разрешение:**

Каждый растровый слой в ГИС имеет пиксели (ячейки) фиксированного размера, которые определяют его пространственное разрешение. Это хорошо видно, когда Вы смотрите на изображение в мелком масштабе (см. Рисунок 56), а затем приближаете его (см. Рисунок 57).



Рисунок 56: Спутниковый снимок выглядит хорошо в мелком масштабе...



Рисунок 57: ...но когда пользователь переходит на более крупный масштаб отображения, он может видеть отдельные пиксели, из которых состоит снимок.

Ряд факторов определяет пространственное разрешение изображения. Для спутниковых данных, пространственное разрешение обычно зависит от возможностей сенсора, с помощью которого получено изображение. Например, спутники SPOT5 могут осуществлять съемку изображений с размером пиксела 10x10 м. Другие спутники, такие как MODIS, производят съемку с разрешением всего 500x500 м. Для аэрофотосъемки достаточно распространены разрешения порядка 50x50 см. Изображения с размером пиксела, соответствующим маленькой области на поверхности Земли, классифицируются как имеющие **высокое разрешение**. Изображения с размером пиксела, соответствующим большой области, имеют **низкое разрешение**, т.к. у снимков низкая степень детализации.

В растровых данных, которые создаются методами пространственного анализа (таких как карты количества осадков), пространственное разрешение определяется плотностью информации, используемой для вычислений. Например, если Вы хотите создать карту осадков с высоким разрешением, Вам понадобятся данные с большого количества метеостанций, находящихся достаточно близко друг от друга.

Одна из главных вещей, о которых необходимо помнить, работая с растрами высокого пространственного разрешения, – требования к размеру жесткого диска. Допустим, растр

размером 3х3 пикселя в сумме имеет 9 пикселей, и его хранение требует место для 9 числовых значений в памяти компьютера. Представим, что нам нужен растр для всей территории Южной Африки с разрешением 1х1 км. Территория ЮАР составляет примерно 1,219,090 кв.км, что означает больше миллиона числовых значений на жестком диске компьютера. Уменьшение размера пикселя приведет к увеличению их количества, что вызовет сильное возрастание потребности в компьютерной памяти.

Иногда полезно работать с изображением низкого разрешения, если Вас интересует большая область и Вам не нужны детали местности. Карты облачности являются отличным примером – их показывают в масштабах государства. Изображение конкретного облака с высоким разрешением мало скажет Вам о надвигающейся погоде!

С другой стороны, использование данных низкого разрешения может быть проблематично, если Вам интересна небольшая область, т.к. Вы скорее всего не сможете извлечь никаких деталей.

### **Спектральное разрешение:**

Когда Вы делаете цветную фотографию цифровым фотоаппаратом, он использует электронные сенсоры для обнаружения красного, зеленого и синего света. Когда фотография отображается на экране или выводится на печать, красный, зеленый и синий цвета (**RGB**, от англ. Red, Green, Blue) комбинируются для показа спектра цветов, понятного Вашему глазу. Хранение RGB-данных в цифровом формате осуществляется отдельно для каждого из трех цветовых **каналов**.

В то время как человеческий глаз способен различать только комбинации красного, зеленого и синего цветов, электронные сенсоры могут обнаруживать световые волны другой длины, невидимые для нас. Конечно, цифровые фотоаппараты вряд ли записывают информацию о **невидимых** частях электромагнитного спектра, потому что люди заинтересованы в сохранении на фотографиях только того, что они могут увидеть сами. Растровые изображения, включающие данные о невидимых участках спектра, часто называются **мультиспектральными изображениями**. Запись невидимых участков спектра может дать нам полезную географическую информацию. Например, измерение инфракрасного излучения может быть полезным для обнаружения воды в почве.

Так как изображения, содержащие многочисленные цветовые каналы, так полезны для задач ГИС, растровые данные часто поставляются в виде **многоканальных изображений**. Каждый канал изображения является отдельным слоем. ГИС-приложение комбинирует три различных канала и показывает их как красный, зеленый и синий, чтобы мы могли увидеть их невооруженным глазом. Число каналов в растровом изображении часто называют **спектральным разрешением**.

Если изображение состоит из одного канала, оно называется **черно-белым**. Имея черно-белое изображение, можно применить к нему различные цветовые схемы, чтобы сделать

различия в значениях пикселей более очевидными. Изображения с цветовыми схемами называют **псевдоцветными изображениями**.

### **Получение векторных данных на основе растровых данных:**

В ходе обсуждения векторных данных мы отметили, что растровые данные часто используются в качестве подложки при оцифровке. Другой подход заключается в использовании продвинутых компьютерных программ для автоматического распознавания векторных объектов на изображениях. Некоторые объекты, такие как дороги, обнаруживаются по резкому перепаду значений соседних пикселей. Компьютерная программа ищет подобные перепады и автоматически создает векторные объекты на их основе. Подобная функциональность обычно доступна только в высокоспециализированных (и очень дорогих) ГИС-приложениях.

### **Получение растровых данных на основе векторных данных:**

Иногда бывает полезно конвертировать векторные данные в растровые данные. Побочным эффектом такого преобразования выступает потеря атрибутивных данных, связанных с векторной геометрией. В то же время, такая конвертация может быть полезной, если Вам необходимо предоставить геоданные людям, которые не являются специалистами в сфере ГИС. Имея изображение в распространенном формате (например, JPEG), они смогут просмотреть его на своих компьютерах без необходимости устанавливать специализированное ГИС-приложение.

### **Анализ растров:**

Существует множество интересных аналитических инструментов для работы с растровыми данными. Например, растры могут быть использованы для моделирования водного стока на основе модели рельефа.

Растровые данные широко используются в сельском и лесном хозяйстве для определения биопродуктивности растительности. К примеру, обладая спутниковым снимком, Вы можете выявить области менее интенсивного произрастания культур, и затем использовать полученные данные для увеличения вноса удобрений в конкретных участках полей. Лесники используют растровые данные для оценки количества древесины и потенциала добычи дерева на различных территориях.

Растровые данные также очень важны в управлении чрезвычайными ситуациями. Анализ ЦМР (цифровых моделей рельефа, или растров, пиксели которых содержат информацию о высотах над уровнем моря) помогает в оценке потенциально затопляемых площадей. Полученные данные могут быть использованы для оценки областей, наиболее пострадавших от наводнения, и концентрации спасательных работ на этих территориях.

### Об этом следует помнить:

Как мы уже упомянули, растровые данные высокого разрешения требуют большой объем дискового пространства на компьютере.

### Что мы узнали?

Закрепим изученный материал:

- Растровые данные представляют собой сеть **пикселей** одинакового размера.
- Растровые данные хорошо служат для представления **непрерывно изменяющихся значений**.
- Размер пиксела изображения на местности определяет его **пространственное разрешение**.
- Растровые изображения могут содержать один или несколько цветовых **каналов**, каждый из которых покрывает одну и ту же область, но хранит данные о разных волновых диапазонах.
- Когда растровые данные содержат различные спектральные каналы, они называются **мультиспектральными**.
- Три канала мультиспектрального изображения могут быть показаны красным, зеленым и синим цветами.
- Изображения с одним каналом называются **черно-белыми**.
- Одноканальные черно-белые изображения могут быть отображены в ГИС-приложении с помощью **псевдоцветов**.
- Растровые изображения могут занимать большое дисковое пространство.

### Попробуйте сами!

Ниже приведено несколько примеров практических заданий для Ваших учеников:

- Обсудите с учениками, в каких ситуациях Вы использовали бы векторные данные, а в каких растровые.
- Попросите учеников создать «растровую» карту района вокруг Вашего учебного заведения, используя кальку формата А4 с нанесенной сеткой. Наложите кальку на лист топографической карты или на аэрофотоснимок и попросите учеников закрасить клетки в сетке в соответствии с категориями объектов (здания, спортивные участки, деревья, тропинки и т.д.). Когда работа будет закончена, посмотрите какие объекты хорошо отображаются с помощью растровой графики и подумайте, как изменения размера ячеек скажется на возможности представления различных типов объектов.



### Если у Вас нет компьютера:

Вы можете показать как работают растровые данные, используя бумагу и карандаш. Нарисуйте сетку с квадратными ячейками на бумаге и подумайте, как можно изобразить футбольное поле на этой сетке. Заполните сетку номерами, означающими покрытие поверхности на каждой ячейке. Если земля голая, впишите 0. Если есть частичное покрытие травой, впишите 1. Если область ячейки полностью покрыта травой, впишите 2. Теперь возьмите карандаши или маркеры и закрасьте ячейки, основываясь на их значениях. Ячейки с нулевыми значениями закрашиваются коричневым цветом, единицы закрашиваются светло-зеленым, двойки – темно-зеленым. Когда Вы закончите, у Вас будет растровое изображение Вашего футбольного поля!

### Дополнительные материалы:

#### Книги:

- Chang, Kang-Tsung (2006): Introduction to Geographic Information Systems. 3rd Edition. McGraw Hill. (ISBN 0070658986)
- DeMers, Michael N. (2005): Fundamentals of Geographic Information Systems. 3rd Edition. Wiley. (ISBN 9814126195)

**Веб-сайт:** <http://en.wikipedia.org/wiki/GIS#Raster>

Руководство Пользователя QGIS также содержит более подробную информацию о работе с растрами в QGIS.

### Что дальше?

В следующем разделе мы подробнее изучим **топологию**, чтобы понять, как отношения между векторными объектами могут послужить для обеспечения наилучшего качества данных.



Цель:

Понимание топологии векторных данных.

Ключевые слова:

Вектор, Топология, Правила Топологии, Топологические Ошибки, Радиус Поиска, Расстояние Замыкания, Простой Объект

### Обзор:

**Топология** регулирует пространственные отношения связности и соседства векторных объектов (точек, линий и полигонов) в ГИС. Топологические данные полезны для обнаружения и исправления ошибок оцифровки (например, две линии дорог не сходятся на месте перекрестка). Корректная топология необходима для проведения некоторых типов пространственного анализа, таких как сетевой анализ.

Представьте, что Вы поехали в Лондон. Сначала Вы планируете посетить Собор Святого Павла, а вечером поехать на Ковент Гарден за подарками. Смотря на лондонскую карту метро (на Рисунке 58), Вы ищете, как доехать от Собора до Ковент Гарден. Поиск требует топологическую информацию о том, где можно совершать пересадки. На карте метро топологические отношения связности показаны кружками. Пересадки на отмеченных станциях позволяют Вам перейти с одной ветки метро на другую.

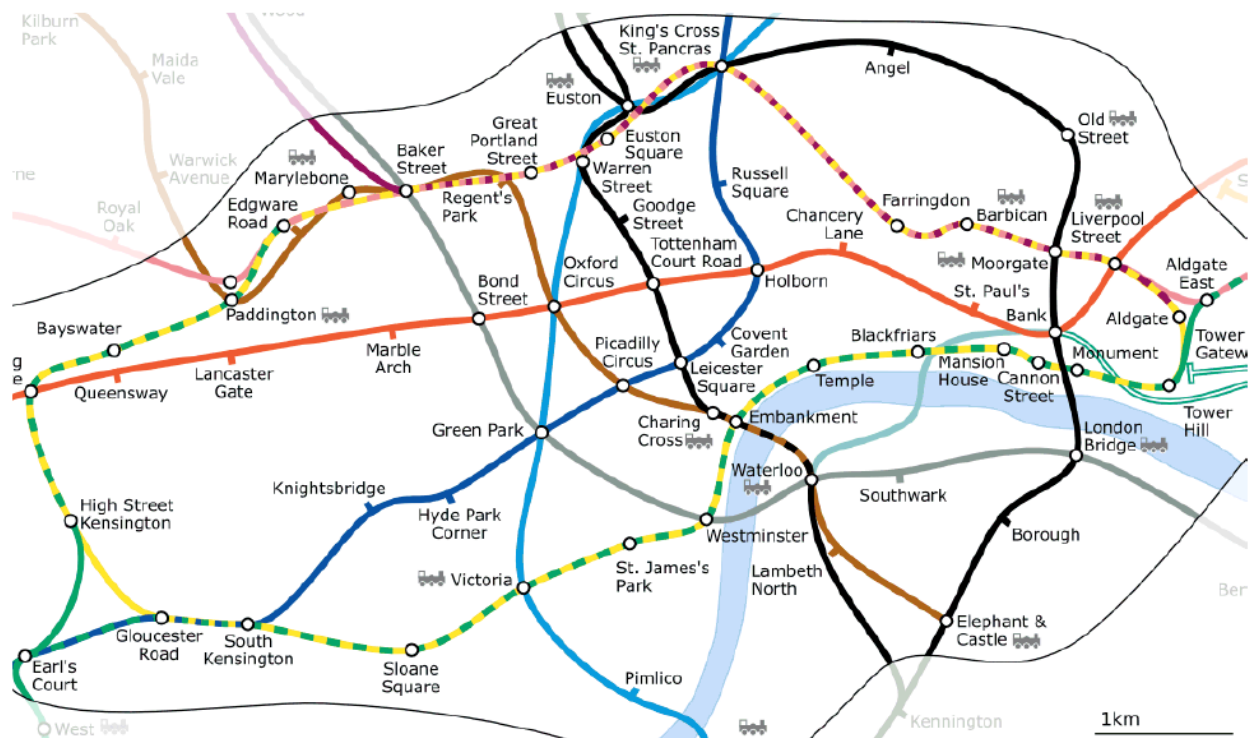
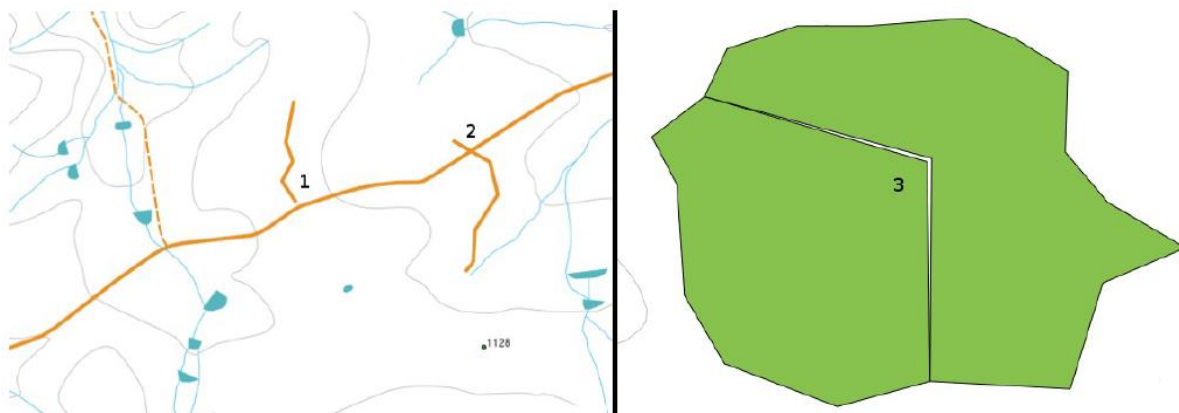


Рисунок 58: Топология сети лондонского метро.

## Топологические ошибки

Существуют различные типы топологических ошибок, и они могут быть сгруппированы в соответствии с типами геометрии (полигоны или полилинии). Топологические ошибки с **полигональными** объектами включают незакрытые полигоны, разрывы между прилегающими полигонами, а также перекрывающиеся полигоны. Распространенной ошибкой для **линейных** объектов является то, когда их конечные вершины не совпадают в тех местах, где они должны совпадать (например, улицы на перекрестках). Подобные ошибки называются «недолетами», когда между линиями наблюдается разрыв, и «перелетами», когда одна линия пересекает другую и заканчивается чуть дальше (см. Рисунок 59).



*Рисунок 59: «Недолеты» (1) появляются, когда оцифрованные векторные линии, которые должны соединяться друг с другом, не соединяются. «Перелеты» (2) происходят, когда одна линия заканчивается за другой линией, к которой должна быть присоединена. Когда вершины двух полигонов на их границах не совпадают, появляются разрывы (3).*

Результатами недолетов и перелетов являются так называемые «висячие узлы» в конце линий. Висячие узлы приемлемы в отдельных случаях, например для тупиковых улиц. Топологические ошибки нарушают отношения между объектами. Эти ошибки должны быть исправлены перед проведением таких типов анализа векторных данных, как сетевой анализ (т.е. поиск кратчайшего маршрута по дорожной сети) или измерения (т.е. выяснение длины рек). Помимо необходимости топологии в сетевом анализе и измерениях, существуют другие причины, почему следует иметь топологически корректные данные. Представьте, что Вы цифруете муниципальные границы Вашего района, и полигоны перекрываются или имеют разрывы. В случае таких ошибок Вы по-прежнему можете пользоваться инструментами измерений, но результаты будут некорректными. Полученная площадь будет неправильной, и будет непонятно, где именно находятся границы (например, в случае перекрывающихся полигонов принадлежность территории к двум муниципалитетам одновременно невозможна!).

Иметь топологически корректные данные важно не только для проведения собственного анализа, но и для других людей, которым Вы можете передать свои данные. Они могут не знать об ошибках и будут расценивать результаты своего анализа как правильные.

### Правила топологии

К счастью, многие распространенные ошибки, происходящие при оцифровке, могут быть предотвращены с помощью **правил топологии**, внедренных во многие ГИС-приложения. Кроме некоторых специализированных форматов геоданных, топология обычно не применяется по умолчанию. Многие широко распространенные ГИС, такие как QGIS, определяют топологию как серию правил, которые могут быть выбраны пользователем и применены к векторным слоям. Следующий список включает некоторые примеры правил топологии, определяемых для объектов реального мира на векторной карте:

- Элементы муниципальной карты **не должны перекрывать** друг друга.
- Элементы муниципальной карты **не должны иметь разрывов**.
- Полигоны земельных участков **должны быть замкнутыми**. «Недолеты» и «перелеты» границ участков не позволяют.
- Горизонтالي высот **не должны пересекаться**.

### Топологические инструменты

Многие ГИС-приложения имеют инструменты **топологического редактирования**. Например, в QGIS Вы можете включить топологическое редактирование для эффективного редактирования общих границ объектов полигональных слоев. ГИС-приложение обнаруживает общие границы объектов, и Вам достаточно будет передвинуть только одну вершину, в то время как приложение обновит вершину прилежащего полигона, как показано на Рисунке 60 (1). Другая опция топологического редактирования – установка ограничения на перекрытие полигонов (см. Рисунок 60 (2)). В QGIS, если Вы нарисуете новый полигон поверх существующего, приложение обрежет новый полигон по границе существующего.

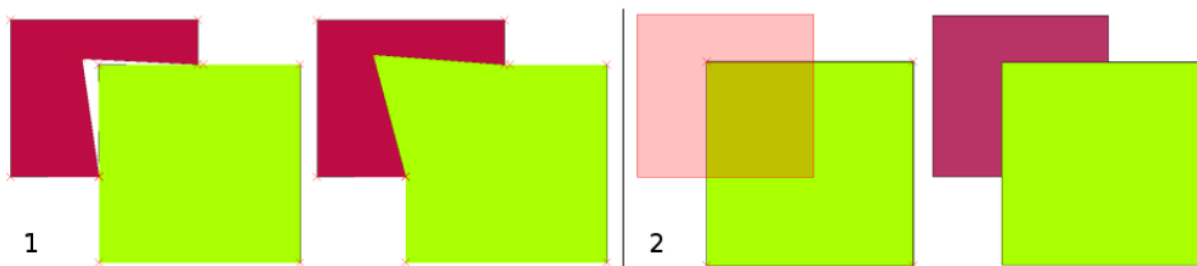


Рисунок 60: Топологическое редактирование. 1) Когда пользователь сдвигает вершину в углу бордового полигона, соответствующая вершина зеленого квадрата автоматически следует за ней. 2) Чтобы избежать перекрытия полигонов, новый объект (бордовый) автоматически обрезается по границе существующего (зеленый).

## Радиус замыкания

**Радиус замыкания** – это максимальный радиус поиска, который использует ГИС-приложение для стыковки инструмента редактирования с существующими вершинами или сегментами редактируемого слоя в ходе оцифровки (**сегмент** – это прямая линия, соединяющая две вершины полилинии или полигона). Если Ваш курсор находится внутри этого радиуса и Вы создаете новую вершину, ГИС-приложение стыкует ее к существующей вершине или сегменту (см. Рисунок 61). В противном случае вершина создается там, где был произведен клик мышью, независимо от существующих вершин.



*Рисунок 61: Радиус замыкания (черный кружок) определяется в единицах измерения карты (например, в десятичных градусах) для стыковки новой вершины к существующим вершинам или сегментам.*

## Радиус поиска

**Радиус поиска** – это расстояние, которое ГИС-приложение использует для поиска ближайшей к курсору вершины, когда Вы пытаетесь ее выделить для перетаскивания на карте. По сути, это почти то же самое, что и радиус замыкания, только для редактирования существующих вершин. Он также устанавливается в единицах измерения карты, и нужно попробовать разные значения, чтобы найти оптимальное. Если значение слишком большое, ГИС-приложение может при клике мышью выделить не ту вершину, которую Вы хотели выделить, просто потому что она тоже попала в радиус. Особенно эта проблема актуальна для объектов с большим количеством близко расположенных вершин. Если Вы укажете слишком маленькое значение, вершины вообще не будут выделяться, хотя будет казаться, что Вы подвели курсор прямо к вершине. Выбор оптимального радиуса поиска также зависит от чувствительности мышки и индивидуальных предпочтений пользователя.

### О чем стоит помнить:

Топология – это сложное представление векторных данных. Топологические наборы данных хранятся в специальных файловых форматах, включающих описание отношений между объектами. В то же время, наиболее распространенные форматы геоданных являются «простыми», то есть хранят только геометрию и атрибуты. Они разработаны для быстрого отображения на карте и не рассчитаны на топологический анализ (например,

поиск кратчайшего пути). Многие ГИС-приложения могут отображать и топологические и простые данные, а некоторые могут также создавать и редактировать эти данные.

### Что мы узнали?

Закрепим изученный материал:

- **Топология** описывает пространственные взаимоотношения соседствующих векторных объектов.
- В ГИС-приложениях за топологию отвечают **топологические инструменты**.
- Топологию можно использовать **для выявления и исправления ошибок**, возникших в ходе **оцифровки**.
- Корректная топология необходима для некоторых видов анализа, таких как **сетевой анализ**.
- Установка **радиуса замыкания** и **радиуса поиска** помогает нам производить топологически корректную оцифровку.
- **Простые векторные данные** не включают топологические правила, но они широко используются в ГИС-приложениях.

### Попробуйте сами!

Ниже приведено несколько примеров практических заданий для Ваших учеников:

- Отметьте автобусные остановки на листе топографической карты и попросите учеников найти кратчайший маршрут между двумя остановками.
- Подумайте, как бы Вы создали векторные объекты в ГИС для представления топологической сети дорог в Вашем городе. Какие топологические правила важны в данном случае и какие инструменты QGIS могут использовать ученики, чтобы проверить топологическую корректность созданного набора данных?

### Если у Вас нет компьютера:

Вы можете использовать карту автобусных или ж/д маршрутов и обсудить пространственные отношения и топологию с учениками.

### Дополнительные материалы:

#### Книги:

- Chang, Kang-Tsung (2006): Introduction to Geographic Information Systems. 3rd Edition. McGraw Hill. (ISBN 0070658986)
- DeMers, Michael N. (2005): Fundamentals of Geographic Information Systems. 3rd Edition. Wiley. (ISBN 9814126195)



**Веб-сайты:**

- <http://www.innovativegis.com/basis/primer/concepts.html>
- [http://en.wikipedia.org/wiki/Geospatial\\_topology](http://en.wikipedia.org/wiki/Geospatial_topology)

Руководство Пользователя QGIS включает более детальную информацию о топологическом редактировании.

**Что дальше?**

В следующем разделе мы изучим **системы координат**, чтобы понять как географические данные о шарообразной Земле переносятся на плоские карты.



Цель:

Понимание систем координат.

Ключевые слова:

Система координат (СК),  
Картографическая Проекция,  
Проецирование «На лету»,  
Широта, Долгота, Северное  
Смещение, Восточное Смещение

### Обзор:

**Картографические проекции** служат для представления сферической поверхности Земли на плоскости бумажной или компьютерной карты. **Системы координат (СК)** определяют, как двумерная спроецированная карта описывает реальные местоположения на Земле с помощью координат. Выбор картографической проекции и системы координат зависит от географической области, которую Вы хотите показать на карте, от задач, стоящих перед будущей картой, и часто от доступности данных.

### Подробнее о картографических проекциях

Традиционный метод представления формы Земли – это глобус. Тем не менее, здесь возникает ряд проблем. Хотя глобусы достаточно точно передают форму Земли и очертания континентов, их невозможно носить с собой в кармане. Также они подходят для использования в очень малых масштабах (примерно 1 к 100 млн). Большинство тематических данных, используемых в картографических приложениях, имеют гораздо более крупный масштаб. Типичные наборы геоданных имеют масштаб 1:250 000 или крупнее, в зависимости от уровня детализации. Глобус подобного масштаба было бы трудно произвести и еще более трудно сдвинуть с места. Поэтому картографы разработали ряд математических техник, называемых **картографическими проекциями**, разработанных для представления сферической поверхности Земли в двух измерениях.

Смотря на Землю с близкого расстояния, люди воспринимают ее плоской. Тем не менее, из космоса она выглядит шарообразной. Карты, как известно, являются представлением реальности. Они создаются для представления не только самих объектов, но и их формы, размеров и пространственных отношений. Каждая картографическая проекция имеет **достоинства и недостатки**. Выбор лучшей проекции зависит от **масштаба** карты и от цели ее создания. Например, проекция, которая будет иметь неприемлемые искажения в случае создания карты на весь африканский континент, может быть отличным решением для составления **крупномасштабной (детальной) карты** одного из африканских городов. Свойства картографической проекции также воздействуют на визуальные характеристики карты. Некоторые проекции хороши для малых областей, некоторые – для территорий с большим протяжением с запада на восток, третьи – с севера на юг.

## Три семейства картографических проекций

Процесс создания картографической проекции может быть наглядно показан путем помещения источника света внутрь прозрачного глобуса с обозначенными параллелями и меридианами. Свет падает на лист бумаги. Различные способы проецирования имитируются оборачиванием глобуса листом в форме **цилиндра**, **конуса**, или просто прикладыванием **плоского** листа. Каждый из этих методов называется **семейством картографических проекций**. Таким образом, существуют семейства **цилиндрических**, **конических** и **плоскостных проекций** (см. Рисунок 62а, б, в).

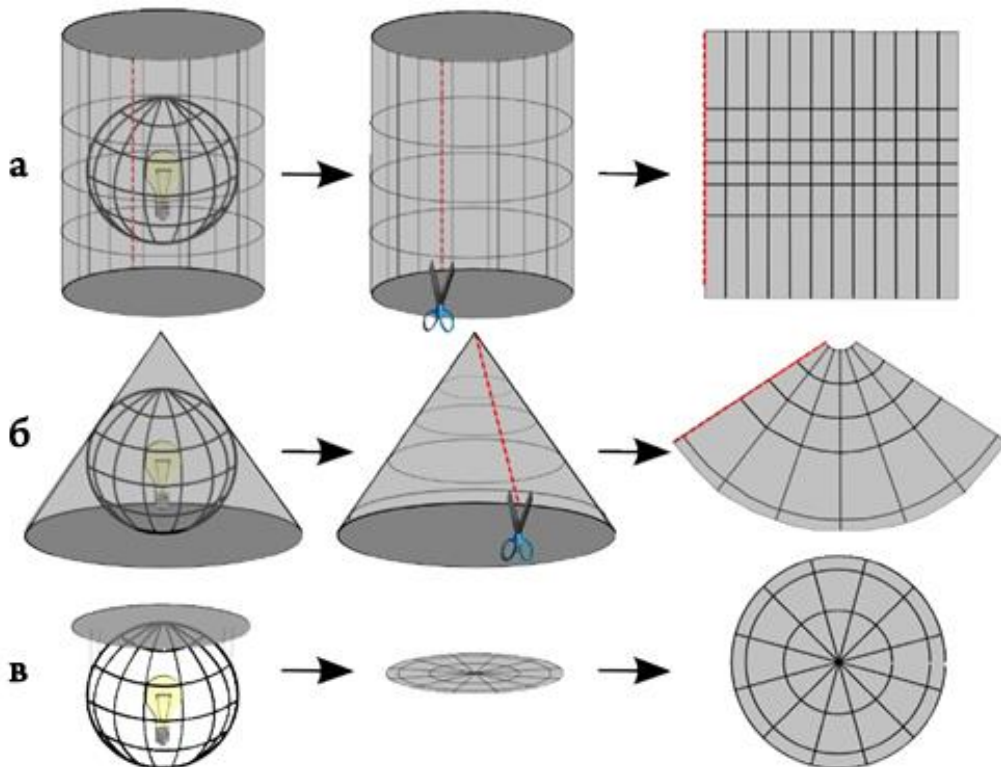


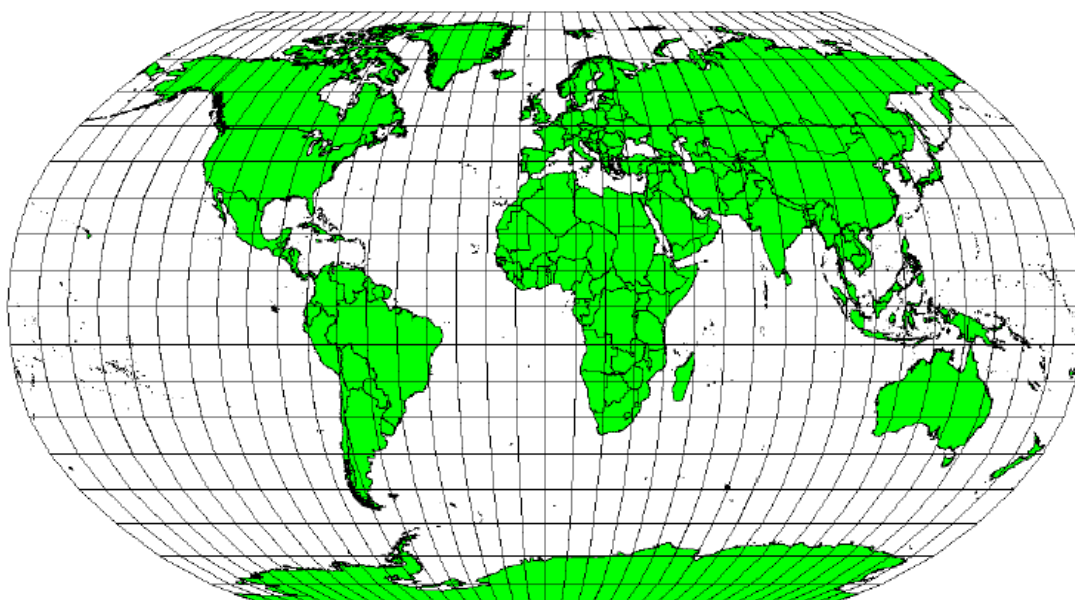
Рисунок 62: Три семейства картографических проекций:  
а) цилиндрические, б) конические и в) плоскостные проекции

Процесс проецирования осуществляется с использованием математических принципов геометрии и тригонометрии. Процесс, показанный выше, моделируется числовыми функциями.

## Точность картографических проекций

Картографические проекции по определению не могут передать сферическую поверхность со 100% точностью. В ходе проецирования любая карта будет иметь искажения **углов**, **расстояний** или **площадей**. Картографическая проекция может быть **компромиссной**, т.е. исказить все три свойства в некоторых допустимых пределах.

Примером компромиссной проекции служит **проекция Робинсона** (см. Рисунок 63), часто используемая для карт мира.

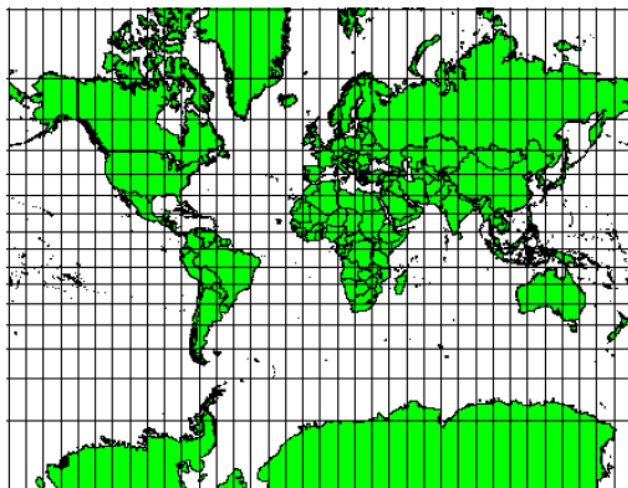


*Рисунок 63: Проекция Робинсона является компромиссной проекцией, в которой искажения площадей, углов и расстояний находятся на приемлемом уровне.*

Как уже сказано, при перенесении Земли на плоскость сохранить точность всех характеристик одновременно невозможно. Это означает, что если Вам нужно осуществлять точные аналитические операции по карте, Вы должны выбрать картографическую проекцию, которая наилучшим образом сохраняет точность характеристики, которую Вы будете измерять. Например, если Вы хотите измерять расстояния на Вашей карте, Вам следует выбрать проекцию, которая обеспечивает высокую точность расстояний.

### **Равноугольные картографические проекции**

На глобусе главные направления розы ветров (север, запад, юг и восток) всегда находятся под углом 90 градусов друг к другу. Другими словами, меридианы всегда находятся под прямым углом к параллелям. Такие **углы могут быть сохранены** на картографической проекции, называемой **равноугольной**. Также такая проекция называется **конформной**, или **ортоморфической**.



*Рисунок 64: Проекция Меркатора используется в случаях, когда важно сохранить углы. В то же время, она сильно искажает площади в высоких широтах.*

Подобные проекции используются, когда важно **сохранить правильные углы**, в частности для навигационных и метеорологических задач. Важно помнить, что сохранение правильных углов на карте ведет к искажению других характеристик и действительно на малых площадях. Так, конформная проекция искажает площади, т.е. если на карте с конформной проекцией будут измерены площади, их значения будут неправильными. Чем больше область, изображенная на карте, тем больше будут искажены площади. Примеры конформных проекций – **Проекция Меркатора** (см. Рисунок 64) и **Конформная Коническая Проекция Ламберта**. Подобные проекции используются на многих картах Геологической Службы США.

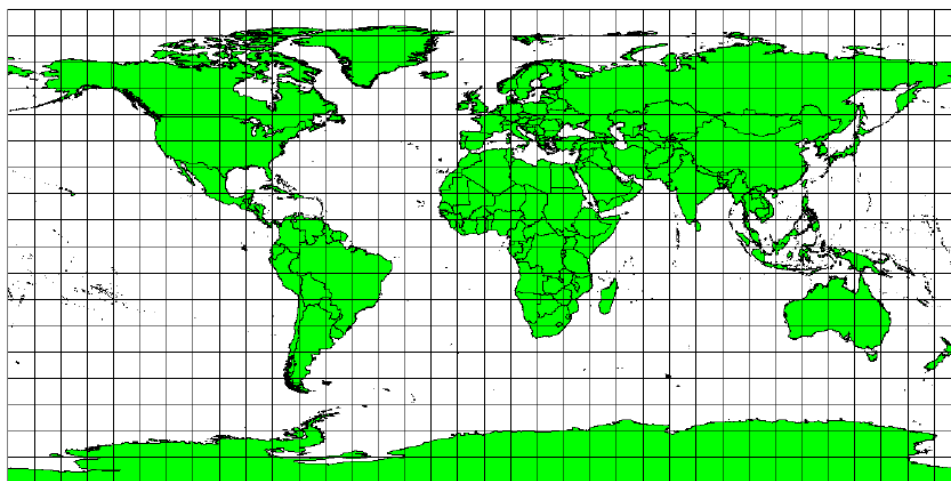
### **Равнопромежуточные проекции**

Если Вы хотите правильно измерять расстояния, Вам потребуется картографическая проекция, которая хорошо сохраняет расстояния. Такие проекции, называемые **равнопромежуточными**, поддерживают **постоянный масштаб карты**. Карта является равнопромежуточной, когда она корректно отображает расстояния от центра проекции



*Рисунок 65: На логотипе ООН используется азимутальная равнопромежуточная проекция.*

до любой другой точки на карте. Равнопромежуточные проекции обеспечивают правильные расстояния от центра проекции вдоль определенных линий. Эти проекции используются для сейсмического картографирования, а также для задач навигации. **Цилиндрическая Проекция Плате-Карре** (см. Рисунок 66) и **Равнопромежуточная проекция** относятся к этому типу проекций. Есть и другие проекции, например **Азимутальная Равнопромежуточная Проекция** используется на эмблеме ООН (см. Рисунок 65).



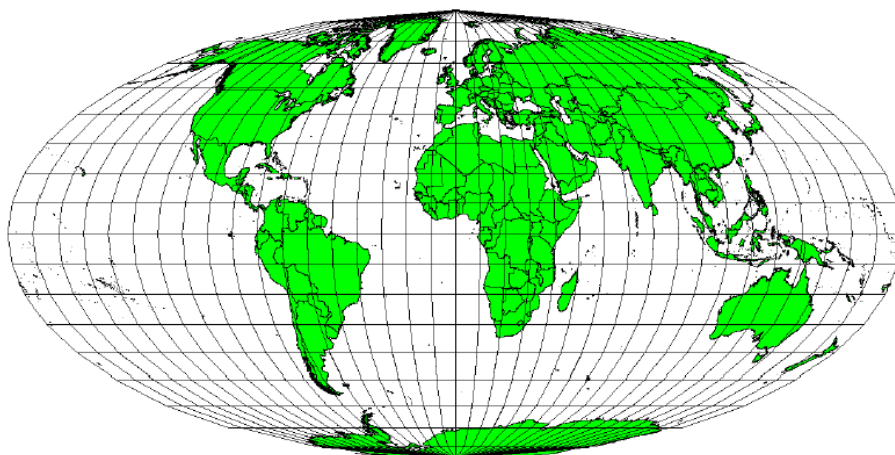
*Рисунок 66: Проекция Плате-Карре используется, когда важно правильное измерение расстояний.*

### **Равновеликая проекция**

Когда площади объектов на карте имеют те же пропорциональные отношения, что и площади объектов на Земле, это означает, что использована **равновеликая проекция**. Такие проекции широко используют на картах общего назначения, а также на образовательных картах. Как подсказывает название, эти карты лучше всего подходят для расчетов площадей. Например, если Вам нужно проанализировать конкретный район города, чтобы определить, достаточно ли там свободного места для нового супермаркета, лучшим выбором для карты будет равновеликая проекция. С одной стороны, чем больше будет территория покрытия Вашей карты, тем более точными будут Ваши измерения площадей в случае использования равновеликой проекции по сравнению с другими типами. С другой стороны, равновеликая проекция приводит к **искажению углов** при больших территориях охвата. На малых площадях искажения углов будут незначительными. Примеры равновеликих проекций, часто используемых в ГИС: **Равновеликая Проекция Альберса**, **Равновеликая Проекция Ламберта** и **Равновеликая Цилиндрическая Проекция Мольвейде** (см. Рисунок 67).



Помните, что картографические проекции – это очень сложная тема. Существуют сотни различных проекций, каждая из которых подходит для определенных территорий и задач. Чаще всего выбор правильной проекции лежит на ГИС-специалисте. Во многих странах есть свои популярные проекции, и в случае обмена данными люди просто следуют национальным тенденциям.



*Рисунок 67: Равновеликая Цилиндрическая Проекция Мольвейде обеспечивает правильные пропорции площадей.*

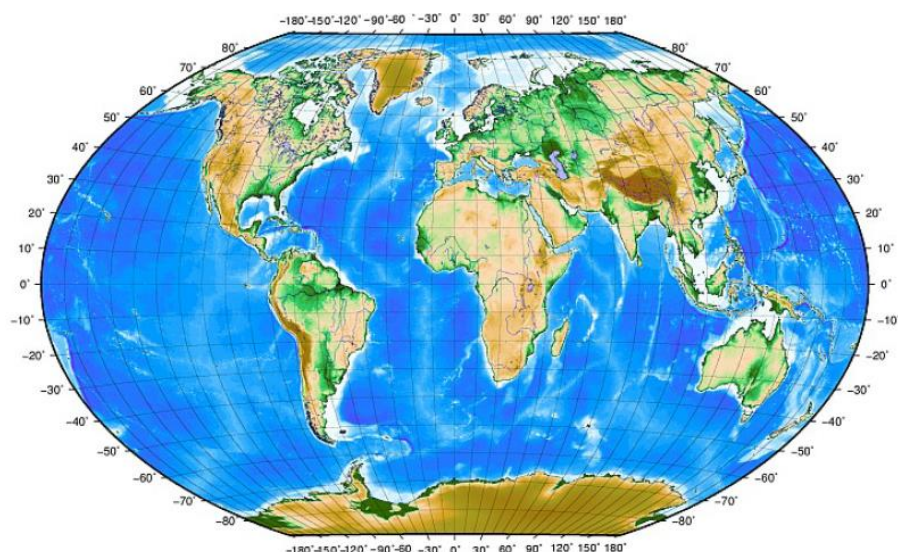
### Подробнее о системах координат (СК)

С помощью систем координат (СК) каждое место на Земле может быть описано набором из трех цифр, называемых координатами. В общем, СК делят на **системы географических координат** и **системы проекционных координат** (также называются картезианскими, или прямоугольными).

### Системы Географических Координат

Использование географических координат широко распространено. Системы географических координат основаны на **широте** и **долготе**, а также дополнительном значении высоты для описания местоположений на Земле. Самая популярная в наше время называется **WGS 84**.

**Линии широты (параллели)** идут параллельно экватору и разделяют Землю на 180 равных частей с севера на юг. Точкой отсчета широты является экватор, и каждое **полушарие** разделено на девяносто частей, каждая из которых представляет собой один градус широты. Градусы широты измеряются от 0 на экваторе до 90 на полюсах (Северный полюс располагается на 90° северной широты, Южный полюс – на 90° южной широты). Для упрощения математического представления, градусы широты в Южном полушарии представляют со минусовым знаком (от 0 до -90°). В любой точке Земли расстояние между параллелями одинаково – 60 морских миль (см. Рисунок 68).



*Рисунок 68: Система географических координат, состоящая из параллелей и меридианов.*

**Линии долготы (меридианы)**, с другой стороны, не являются регулярными. Они пересекают экватор под прямым углом, а потом сходятся на полюсах. Линия нулевой долготы (нулевой меридиан) идет от Северного полюса к Южному полюсу через Гринвич, Англия. Долгота измеряется от 0 до 180 градусов к западу или востоку от нулевого меридиана. Стоит заметить, что в ГИС-приложениях значения к западу от нулевого меридиана имеют негативные значения (см. Рисунок 68).

На экваторе, и только на экваторе, расстояние между соседними меридианами, равно расстоянию между соседними параллелями. По мере приближения к полюсам, расстояние между меридианами уменьшается до тех пор, пока все 360 градусов долготы не сходятся в одной-единственной точке полюса. Используя систему географических координат, мы имеем сетку линий, разделяющую Землю на фигуры, покрывающие примерно 12363.365 кв. км на экваторе... хорошее начало, но не очень полезное для точного определения местоположения.

Чтобы быть по-настоящему полезной, градусная сетка делится на более мелкие участки, которые способны определить местоположение объекта с допустимым уровнем точности. Для этого градусы разделены на **минуты (')** и **секунды (")**. В градусе 60 минут, в минуте 60 секунд, соответственно в градусе 3600 секунд. Значит, на экваторе одна секунда широты или долготы примерно равна 30.87624 м

## Системы проекционных координат

Двумерная координатная система обычно определяется двумя осями. Располагаясь под прямым углом друг к другу, они формируют так называемую XY-плоскость (см. Рисунок 69, слева). Горизонтальная ось обычно подписывается как X, вертикальная – как Y. В случае трехмерной системы координат добавляется третья ось Z. Она также располагается под прямым углом к двум первым осям (см. Рисунок 69, справа). Представьте себе, что внутри этой системы расположена сфера. Каждая точка на этой сфере, имеющая сферические координаты, может быть выражена в координатах **XYZ**.

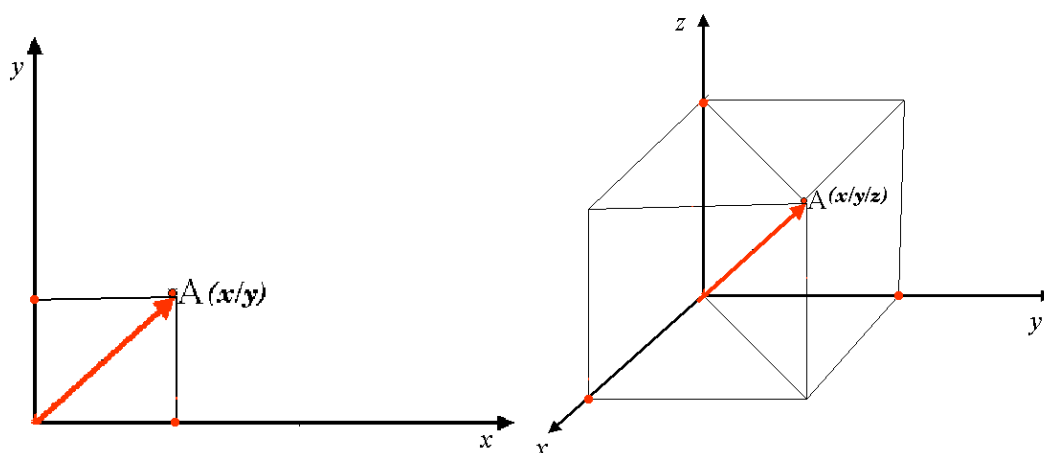


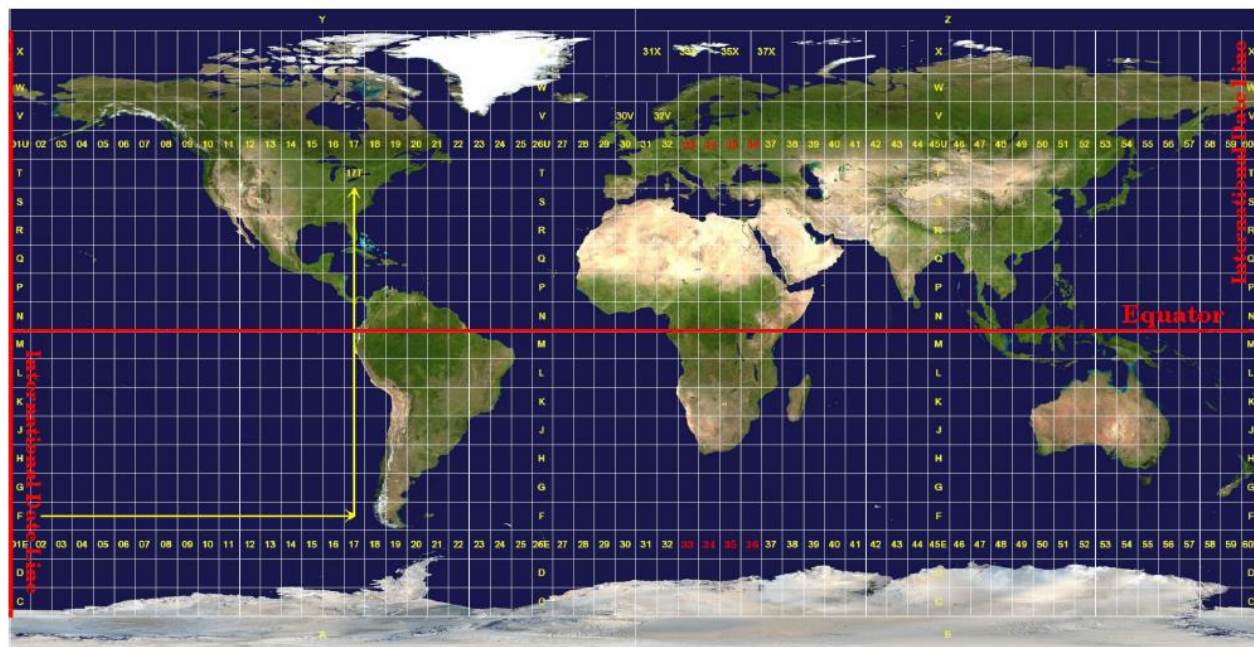
Рисунок 69: Система проекционных координат. Двумерная система с координатами X и Y (слева) и трехмерная система с координатами X, Y и Z (справа).

Система проекционных координат в Южном полушарии (к югу от экватора) берет отсчет на экваторе от определенной **долготы**. Это значит, что значения Y повышаются на юг, а значения X растут в сторону запада. В Северном полушарии (к северу от экватора) проекционная СК также берет начало от экватора на определенной долготе. При этом значения Y растут в сторону севера, а значения X увеличиваются на восток. Дальше мы опишем систему проекционных координат, называемую **Универсальной Поперечной Проекцией Меркатора (UTM)**, часто используемую для территории ЮАР.

### Подробнее об Универсальной Поперечной Проекции Меркатора

Точка отсчета системы координат UTM находится на экваторе на определенной долготе. Значения Y повышаются на юг, а значения X растут в сторону запада. UTM является глобальной картографической проекцией. Это означает, что она используется по всему миру. Но, как описано выше, с увеличением площади использования растет степень искажения геометрических параметров. Для того, чтобы избежать повышения искажений, Землю поделили на **60 одинаковых зон**, каждая из которых занимает **6 градусов долготы**. **Зоны UTM** пронумерованы **от 1 до 60**, и номера растут с запада на восток. Нумерация

начинается от **линии перемены дат** (**зона 1** находится на 180 градусах Западной долготы) и увеличивается на восток (**зона 60** примыкает к 180 градусами Восточной долготы), как показано на Рисунке 70.



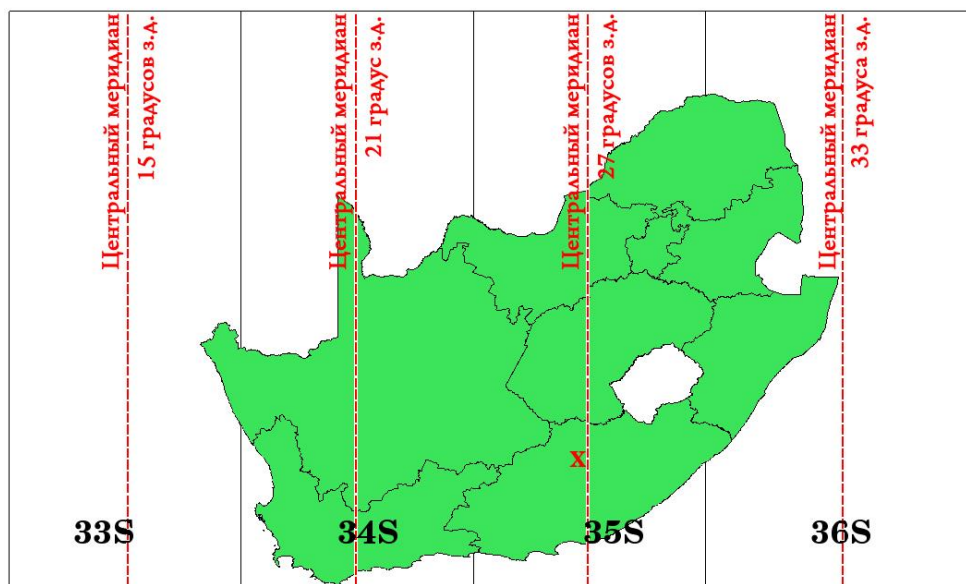


Рисунок 71: Зоны 33S, 34S, 35S и 36S, используемые для высокоточного проецирования территории ЮАР, и их центральные меридианы. Красным крестом помечена область интереса.

Например, мы хотим определить координаты в **области интереса**, помеченной красным крестиком на Рисунке 71. Как Вы можете видеть, область находится в **зоне 35S**. Это означает: для того, чтобы минимизировать искажения и получить корректный результат, нужно использовать **UTM**, **зону 35S** в качестве системы координат. Позиция координаты в системе UTM к югу от экватора описывается **номером зоны (35)** и **северным (y)** и **восточным (x) смещением**. Северное смещение – это расстояние от экватора в метрах. Восточное смещение – это расстояние от **центрального меридиана** используемой зоны UTM. Для зоны 35S центральный меридиан проходит по линии **27° в.д.**, как показано на Рисунке 71. Кроме того, в UTM используются только положительные значения, потому что ко всем значениям **y прибавляют 10 000 000 м**, а ко всем значениям **x прибавляют 500 000 м**. Это может показаться трудным, поэтому мы проиллюстрируем на примере, как найти правильную координату для области интереса в системе **UTM 35S**.

### Северное смещение (y)

Если интересующее нас место находится в 3 550 000 метрах к югу от экватора, северное смещение приобретает **негативное значение** и равняется -3 550 000 м. В соответствии с правилами UTM, нам необходимо прибавить **ложное смещение** на 10 000 000 м. Соответственно, значение северного смещения для координаты будет 6 450 000 м (-3 550 000 м + 10 000 000 м).



## Восточное смещение (x)

Сначала нам необходимо найти центральный меридиан зоны UTM 35S. Как можно видеть из Рисунка 71, он находится на 27° в.д. Интересующее нас место находится в 85 000 метрах к западу от центрального меридиана, поэтому значение приобретает отрицательный знак, в результате получается -85 000 м. По правилам UTM мы добавляем ложное смещение на восток в 500 000 м. Значит, восточное смещение (x) для нашей координаты равно 415 000 м (т. е.  $-85\,000 + 500\,000$  м).

В результате, координата для нашей **точки интереса (POI)**, проецированная в системе **UTM 35S**, будет записываться как **35 415000 mE / 6450000mN**. В некоторых ГИС, когда определена правильная зона и единицы измерения карты установлены на метры, координаты могут отображаться просто как **415000; 6450000**.

## Проекция «на лету»

Как Вы могли уже подумать, довольно распространены ситуации, когда данные, которые Вы хотите использовать в ГИС, находятся в разных системах координат. Например, у Вас может быть векторный слой границ в проекции UTM 35S и точечный слой с метеорологической информацией, записанный в географической системе WGS84. Если открыть эти слои в ГИС, мы увидим, что они отображаются в абсолютно разных местах, хотя по факту информация относится к одной и той же территории.

Для решения этой проблемы многие ГИС имеют функцию, называемую **проекцией «на лету»**. Это значит, что Вы можете **здать** определенную проекцию вашей карты перед тем, как добавлять слои, а затем по мере добавления слоев они будут автоматически отображаться в заданной проекции, вне зависимости от того, в какой проекции они записаны изначально. Эта функция обеспечивает корректное наложение слоев даже в случае **различающихся** систем координат.

## О чем стоит помнить:

Тема **картографических проекций** очень сложна, и даже профессионалы в области географии, геодезии и ГИС часто испытывают проблемы при ответе на вопрос, что такое картографические проекции и системы координат. Обычно, когда Вы работаете в ГИС, данные уже находятся в определенной проекции, так что Вам не понадобится определять проекцию. Более того, благодаря функции проецирования «на лету» часто нет необходимости перепроецировать данные. Тем не менее, всегда полезно знать, что означают эти термины.



## Что мы узнали?

Закрепим изученный материал:

- **Картографические проекции** отображают поверхность Земли в двумерном плоском пространстве бумажного листа или компьютерного экрана.
- Существуют глобальные картографические проекции для всей Земли, но наибольшее число проекций являются локальными, т.к. **оптимизированы для отображения более мелких территорий** земной поверхности.
- Картографические проекции не могут являться точными моделями сферической поверхности Земли. Они имеют **искажения углов, расстояний и площадей**. Невозможно одновременно сохранить корректность всех трех характеристик на одной и той же карте.
- **Система Координат (СК)** с помощью координат определяет, как объекты на двумерной проецированной карте соотносятся с реальными местоположениями на Земле.
- Существует два типа координатных систем: **географические и проекционные**.
- **Проекция «на лету»** позволяет корректно накладывать слои в ГИС, даже если они записаны в разных координатных системах.

## Попробуйте сами!

Ниже приведено несколько примеров практических заданий для Ваших учеников:

- Запустите QGIS и загрузите два слоя для одной и той же территории, записанные в разных проекциях и позвольте ученикам найти координаты нескольких мест на обоих слоях. Вы можете показать, что невозможно наложить эти два слоя. Затем в окне Свойства Проекта задайте координатную систему WGS84 (Географические/WGS84) и отметьте галочку «Разрешить Трансформацию «На лету». Загрузите эти два слоя снова и покажите, что получилось.
- Вы можете открыть диалоговое окно «Свойства Проекта» QGIS и показать Вашим ученикам множество различных систем координат, чтобы продемонстрировать разнообразие и сложность темы. Включив проецирование «на лету», попробуйте показать один и тот же слой в разных проекциях.

## Если у Вас нет компьютера:

Вы можете показать Вашим ученикам принципы трех семейств картографических проекций. Возьмите глобус и карту и продемонстрируйте общие принципы работы цилиндрических, конических и плоскостных проекций. С помощью кальки Вы можете нарисовать двумерную систему координат, состоящую из осей X и Y. Затем, позвольте Вашим ученикам определить координаты для различных мест.

## **Дополнительные материалы:**

### **Книги:**

- Chang, Kang-Tsung (2006): Introduction to Geographic Information Systems. 3rd Edition. McGraw Hill. (ISBN 0070658986)
- DeMers, Michael N. (2005): Fundamentals of Geographic Information Systems. 3rd Edition. Wiley. (ISBN 9814126195)
- Galati, Stephen R. (2006): Geographic Information Systems Demystified. Artech House Inc. (ISBN 158053533X)

### **Веб-сайты:**

- [http://www.colorado.edu/geography/gcraft/notes/mapproj/mapproj\\_f.html](http://www.colorado.edu/geography/gcraft/notes/mapproj/mapproj_f.html)
- [http://geology.isu.edu/geostac/Field\\_Exercise/topomaps/index.htm](http://geology.isu.edu/geostac/Field_Exercise/topomaps/index.htm)

Руководство пользователя QGIS также содержит более детальную информацию о работе с картографическими проекциями в QGIS.

### **Что дальше?**

В следующем разделе мы познакомимся с темой «**Создание карт**».



Цель:

Понимание того, как создавать карты на основе

пространственных данных

Ключевые слова:

Создание карт, макет карты, шкала масштаба, стрелка севера, легенда, градусная сетка, единица измерения карты

## Обзор:

**Подготовка карты** – это процесс расположения элементов карты на листе так, чтобы посторонний человек мог понять содержание карты. Карты часто создаются для презентаций и отчетов, предоставляемых непрофессиональной аудитории: политикам, горожанам или ученикам. Поэтому карта должна говорить сама за себя и обладать языком, способным донести пространственную информацию до ее пользователей. Для этого существуют общепринятые элементы карты: **заголовок**, **собственно карта**, **легенда**, **стрелка севера**, **шкала масштаба**, **картографическая рамка** и **заметка** (см. Рисунок 72).



Рисунок 72: *Общепринятые элементы карты (подписаны красным): заголовок, собственно карта, легенда, стрелка севера, шкала масштаба, отметка и граница карты.*

Также могут быть добавлены другие элементы, такие как **градусная сетка** или **название картографической проекции**. Вместе эти элементы помогают пользователю понять информацию, изображенную на карте. Собственно карта, конечно, является важнейшей ее частью, т.к. содержит информацию карты. Другие элементы помогают понять, что изображено на этой части. Например, заголовок говорит об общем смысловом содержании карты, а легенда соотносит символы карты и их значение.

#### Подробнее о заголовке карты:

**Заголовок карты** очень важен, т.к. он обычно является первым элементом, который попадает на глаза пользователю карты. Его можно сравнить с заголовком газеты. Он должен быть коротким, но при этом давать общее представление о том, что изображено на карте.

#### Подробнее о картографической рамке:

**Картографическая рамка** – это линия, определяющая края области, отображенной на карте. Печатая карту с градусной сеткой (ее мы опишем чуть ниже), Вы часто можете найти координатную информацию о линиях сетки, расположенную вдоль границ карты.

#### Подробнее о легенде карты:

Карта – это упрощенное представление реального мира с помощью **условных обозначений**, или **символов**. Без понимания условных обозначений мы не понимали бы карты. Для того, чтобы пользователи понимали карту, существует **легенда** карты, которая содержит объяснение использованных на карте символов. Она похожа на словарь, который помогает Вам понять графический язык карты. Легенда обычно размещается в виде небольшой прямоугольной области в одном из углов карты. Она содержит иконки, каждая из которых представляет тип объектов. Например, иконка дома поможет найти на карте дома (см. Рисунок 73).

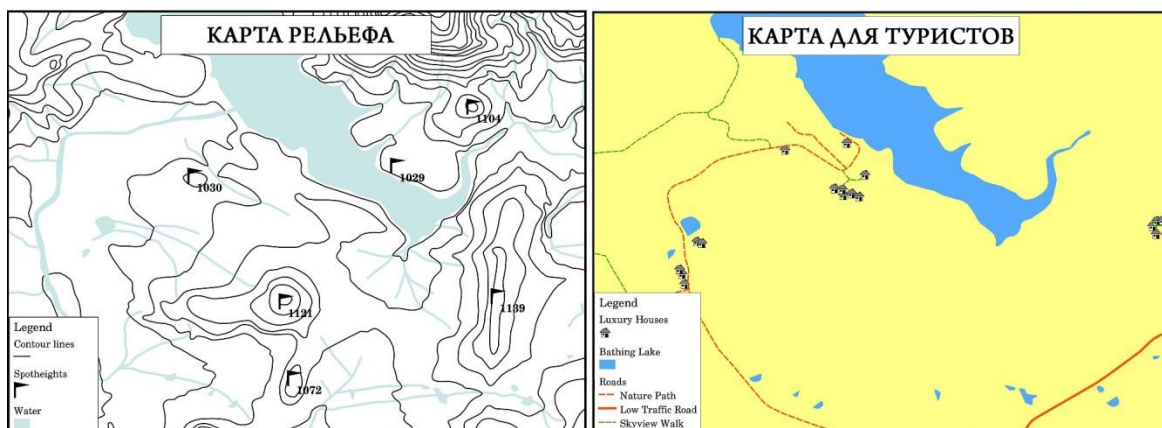


Рисунок 73: Две карты одной и той же области с разными наборами цветов и условных обозначений.

На Рисунке 73 слева показана карта с озером светло-голубого цвета и линиями горизонталей с отметками высот для изображения рельефа местности. Справа Вы можете видеть ту же самую территорию с озером, но на этот раз карта составлена так, чтобы показать туристам места, где они могут арендовать дома для отпуска. Она использует более яркие цвета и иконки домов.

### Подробнее о стрелке севера:

Стрелка севера, иногда называемая **розой ветров**, - это фигура, показывающая главные направления (**север, юг, запад и восток**). На карте она используется для обозначения северного направления. Например, если стрелка на карте направлена вверх, это значит, что дома, изображенные в верхней части карты, располагаются севернее, чем дома, расположенные в нижней, а дорога, идущая вправо от озера, ведет на восток. Если Вы ищете железнодорожную станцию к западу от озера, Вы найдете ее в левой стороне карты.

### Подробнее о масштабе:

**Масштаб карты** – это величина, показывающая соотношение расстояний на карте и расстояний на местности. Значения даются в единицах измерения длины (метры, футы или градусы). Масштаб может быть показан несколькими способами: именованный, дробный и линейный (см. Рисунок 74).

**Именованный (словесный) масштаб** является часто используемым методом, т.к. его преимущество заключается в простоте понимания большинством пользователей карты. Вы можете найти пример словесного обозначения масштаба на Рисунке 74а. Другим общеупотребительным способом является **дробный**, когда расстояние на карте и на местности дается в виде отношения в одних и тех же величинах. Например, значение 1:25000 означает, что любое расстояние на карте в 25000 раз меньше такового на местности (см. Рисунок 74b). Значение 25000 называется **знаменателем масштаба**. Более опытные пользователи предпочитают дробный способ. Когда значение масштаба является очень малой дробью, например 1:1 000 000, карта называется **мелкомасштабной**. Если же дробь достаточно большая, например 1:50 000, карта является **крупномасштабной**. Запомните: мелкомасштабная карта покрывает **крупную** область, а крупномасштабная карта – **маленькую** территорию!

**Линейный масштаб** – еще один широко используемый метод выражения масштаба карты. Вдоль графической шкалы отмерены расстояния на карте, а эквивалентные расстояния на местности показаны над шкалой, как можно видеть на Рисунке 74в.

а) (1 сантиметр равен 250 метрам)

б) 1:25 000

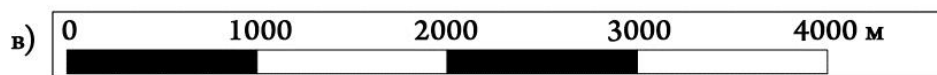


Рисунок 74: Масштаб бывает именованный (а), дробный (б) и линейный (в)

Карты обычно производятся в стандартных масштабах, например 1:10 000, 1:25 000, 1:50 000, 1:100 000, 1:250 000, 1:500 000 и т.д. Что это значит для пользователя карты? Это означает, что если Вы **умножите** расстояние, измеренное **по карте**, на **знаменатель масштаба**, то получите расстояние **на местности**. Например, если Вы измерили расстояние в 100 мм на карте масштаба 1:25 000, то расстояние на местности рассчитывается следующим способом:

$$100 \text{ мм} \times 25\,000 = 2\,500\,000 \text{ мм}$$

Это значит, что 100 мм на карте эквивалентны 2 500 000 мм (или 250 м) на местности.

Другим интересным аспектом масштаба является то, что карты более крупного масштаба содержат больше деталей. На Рисунке 75 показан пример двух карт одного размера и разных масштабов. Слева можно видеть больше деталей, например дома на юго-западе от озера четко отделены друг от друга. На карте справа можно видеть только кучку прямоугольников, а не каждый дом по отдельности.

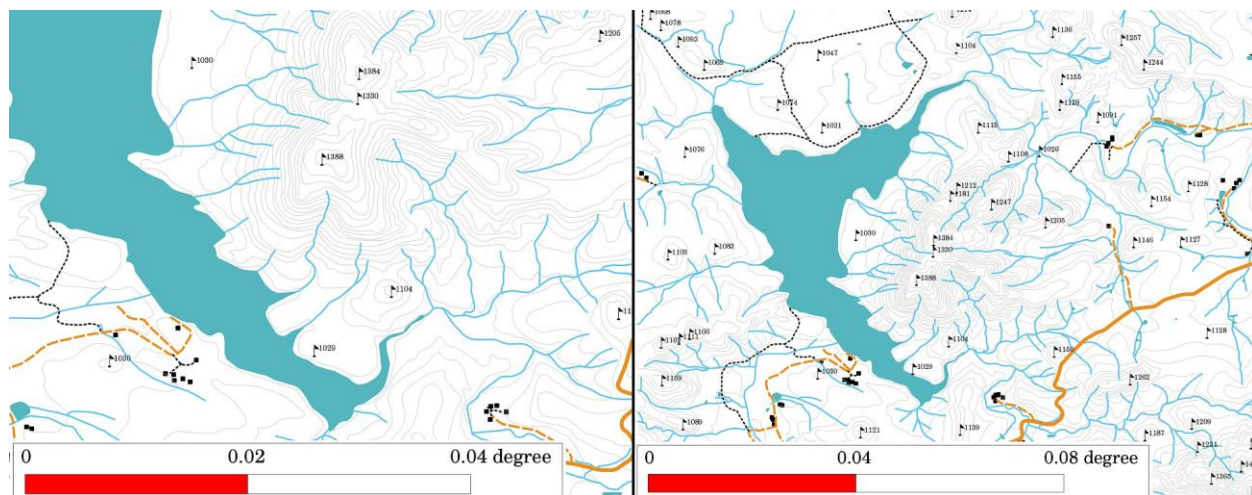


Рисунок 75: Карты, показывающие местность в разных масштаба.  
Слева масштаб равен 1:25 000, а справа – 1: 50 000.

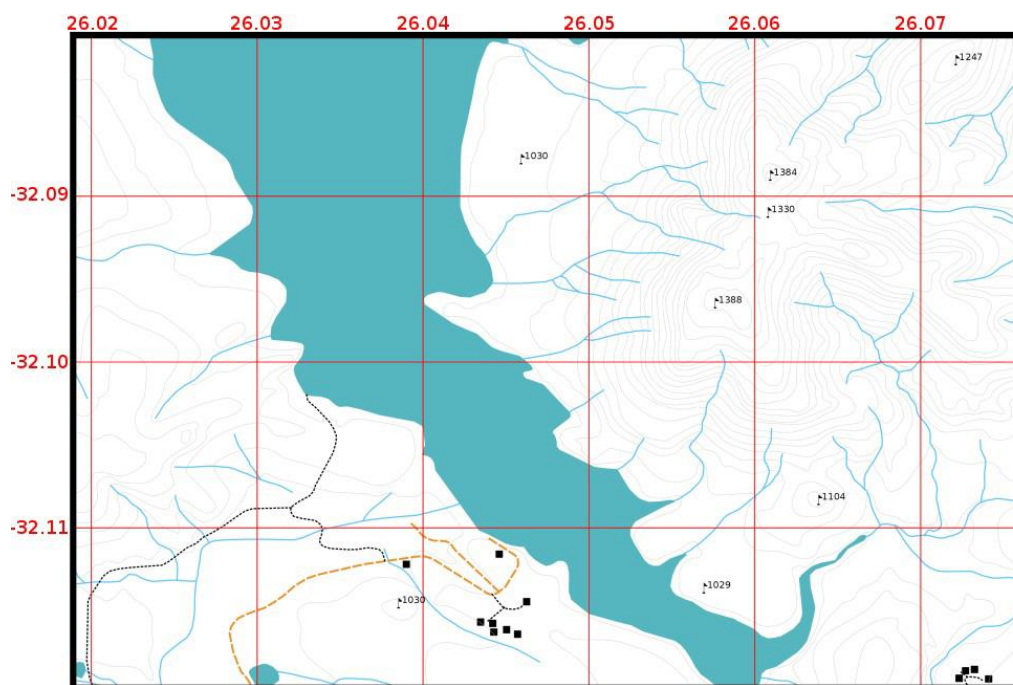


### Подробнее о заметке:

В заметке возможно добавить некоторое количество текста с важной информацией. Например, информация об использованных данных может быть полезна для определения того, как, кем и когда была создана карта. Когда Вы смотрите на топографическую карту Вашего города, бывает полезно узнать, кем и когда она была составлена. Если карте 50 лет, Вы скорее всего найдете много домов и дорог, которые уже не существуют, а также пустыри, которые впоследствии были застроены. Если Вы знаете, каким учреждением была создана карта, Вы можете связаться с ним и выяснить, могут ли они предоставить более свежую версию карты с обновленной информацией.

### Подробнее о градусной сетке:

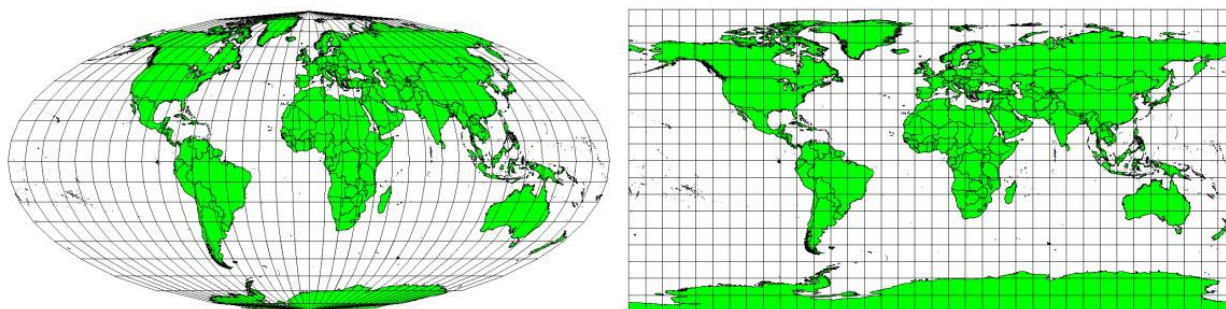
Градусная сетка – это сеть линий, наложенная на карту с целью упрощения ориентации для пользователя. Линии сетки используются в качестве ориентира. Например, они могут соответствовать параллелям и меридианам. Если Вы захотите описать определенную область на карте во время презентации, Вы можете сказать «в районе 32,11 градусов южной широты и 26,04 градусов восточной долготы часто случаются наводнения в весенний период» (см. Рисунок 76).



*Рисунок 76: Градусная сетка (красные линии), представляющая параллели и меридианы. Значения широты и долготы возле границ карты используются для ориентирования по карте.*

### Подробнее о названии проекции:

Картографическая проекция служит для представления сферической поверхности Земли на двумерной карте. Как мы уже обсудили в прошлом разделе, это достаточно сложная тема, и не существует проекций, которые передавали бы точно все геометрические характеристики земной поверхности (углы, расстояния и площади). Каждая проекция имеет свои достоинства и недостатки. Чтобы создавать максимально точные карты, люди изучили, модифицировали и произвели множество различных проекций. В итоге каждое государство разработало свою собственную проекцию для улучшенного изображения собственной территории (см. Рисунок 77).



*Рисунок 77: Карта мира в различных проекциях. Слева – Равновеликая проекция Мольвейде, справа – Равнопромежуточная Цилиндрическая проекция Плате-Карре.*

Если мы помним об этом, становится понятно, почему есть смысл добавлять название проекции на карту. Это позволяет пользователю быстро понять, может ли он сравнить две карты. Например, Вы можете видеть, что на Рисунке 77 очертания стран выглядят по-разному при двух разных проекциях. Для получения более подробной информации обратитесь к предыдущему разделу «Системы координат».

### О чем стоит помнить:

Достаточно трудно бывает создать внешне привлекательную и одновременно понятную для пользователя карту. Чтобы достичь этого, Вам нужно каждый раз находить правильную выкладку элементов карты. Подумайте, какое сообщение Вы хотите донести до пользователя своей картой и как Вам в этом помогут ее элементы, такие как легенда, масштабная линейка и заметка, а также где находятся лучшие позиции для этих элементов. Сделав это, Вы получите хорошо сконструированную и полную значения карту, которая понравится пользователям и будет им понятна.

## Что мы узнали?

Закрепим изученный материал:

- **Подготовка карты** означает расположение **элементов карты** на листе бумаги
- К элементам карты относятся **название, собственно карта, картографическая рамка, легенда, масштаб, стрелка севера и заметка.**
- **Масштаб** показывает разницу между расстояниями на карте и реальными расстояниями на местности.
- Масштаб изображается в **единицах измерения карты** (метры, футы или градусы).
- **Легенда** объясняет условные обозначения карты.
- Карты должна **объяснять сложную информацию наиболее простым способом.**
- **Север** обычно находится **вверху** карты.

## Попробуйте сами!

Ниже приведено несколько примеров практических заданий для Ваших учеников:

- Загрузите несколько векторных слоев в ГИС-приложение. Посмотрите, смогут ли ученики предложить примеры различных элементов легенды, такие как типы дорог или зданий. Создайте список элементов легенды и решите, как будут выглядеть условные обозначения для упрощения понимания содержания карты ее пользователями.
- Создайте с учениками макет карты на бумаге. Согласуйте заголовок карты, набор слоев, который Вы хотите изобразить и какие цвета и символы Вы хотите для этого использовать. Для настройки условных обозначений используйте методы, описанные в Разделах 2 и 3. Когда у Вас будет макет карты, откройте Режим Компоновки в QGIS и попытайтесь настроить намеченный макет в приложении.

## Если у Вас нет компьютера:

Вы можете использовать любую топографическую карту для обсуждения картографического дизайна с учениками. Выясните, как они понимают, о чем говорит карта. Какие улучшения можно предложить? Как точно карта описывает историю территории? Как карта 100-летней давности отличается от сегодняшней карты той же самой территории?

## **Дополнительные материалы:**

### **Книги:**

- Chang, Kang-Tsung (2006): Introduction to Geographic Information Systems. 3rd Edition. McGraw Hill. (ISBN 0070658986)
- DeMers, Michael N. (2005): Fundamentals of Geographic Information Systems. 3rd Edition. Wiley. (ISBN 9814126195)

### **Веб-сайты:**

- [http://en.wikipedia.org/wiki/Scale\\_\(map \)](http://en.wikipedia.org/wiki/Scale_(map))
- <http://www.colorado.edu/geography/gcraft/notes/mapproj/mapproj.html>

Руководство Пользователя QGIS также содержит более подробную информацию о подготовке карт в QGIS.

### **Что дальше?**

В следующем разделе мы увидим, что ГИС-приложения позволяют не только создавать хорошие карты, но и производить **векторный анализ**!



Цель:

Понимание использования  
буферов в векторном  
пространственном анализе

Ключевые слова:

Вектор, буферная зона,  
пространственный анализ,  
буферное расстояние, размытие  
границ, внешний и внутренний  
буфер, множественный буфер

### Обзор:

**Пространственный анализ** – это произведение вычислительных операций над геоданными с целью извлечения из них дополнительной информации. Обычно пространственный анализ выполняется в ГИС-приложениях. ГИС-приложения имеют специализированные инструменты пространственного анализа для статистики объектов (например, определяет, из скольких вершин состоит полилиния) или для геообработки (например, построение буферов). Используемые инструменты зависят от области применения. Специалисты, занятые в сфере водопользования и гидрологии, больше заинтересованы в анализе рельефа с целью моделирования водного стока. Экологи используют аналитические функции, помогающие выявить взаимоотношения между территориями дикой природы и освоенными областями. В данном разделе мы рассмотрим построение буферов как один из наиболее популярных инструментов векторного пространственного анализа.

### Подробнее о построении буферов:

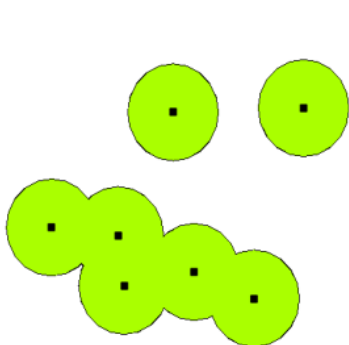
**Построение буфера** создает область определенного радиуса вокруг выбранных объектов. Эта область называется **буферной зоной**. Буферные зоны часто обозначают область, служащую для отделения одних объектов реального мира от других. Они создаются для защиты окружающей среды, частной или коммерческой собственности от природных и промышленных угроз или вторжения.



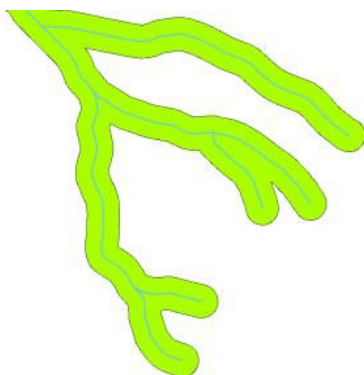
*Рисунок 78: Граница между США и Мексикой разделена буферной зоной.  
Источник фото - SGT Jim Greenhill 2006).*

Распространенные типы буферных зон – приграничные зоны отчуждения между государствами (см. Рисунок 78), зеленые пояса между жилыми домами, шумовые зоны вокруг аэропортов или водозащитные зоны вокруг рек.

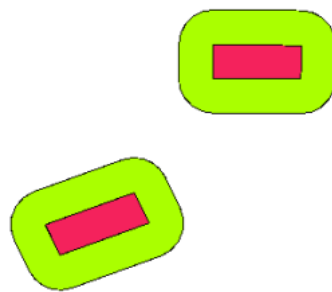
В ГИС-приложении буферные зоны всегда представлены в виде векторных полигонов, окружающих точечные, линейные или полигональные объекты (см. Рисунки 79-81).



*Рисунок 79: Буферная зона  
вокруг точечных объектов.*



*Рисунок 80: Буферная зона  
вокруг линейных объектов.*



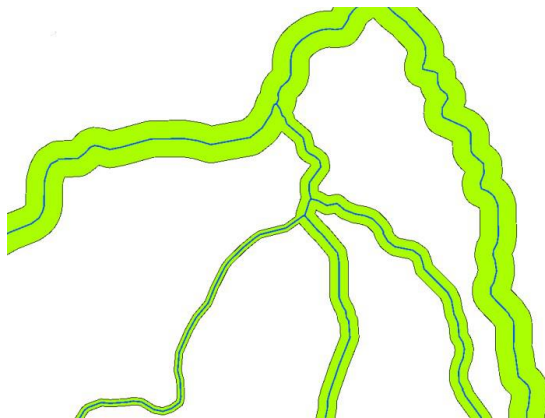
*Рисунок 81: Буферная зона  
вокруг полигональных  
объектов.*

#### **Вариации в построении буферов:**

Существует возможность вариаций в построении буферов. **Буферное расстояние**, или радиус буфера, может изменяться в соответствии с числовым значением в поле атрибутивной таблицы, которое присвоено объекту, вокруг которого строится буфер. Числовые значения должны быть определены в единицах измерения картографической проекции, в которой записаны данные. Например, ширина буферной зоны вдоль берегов реки может изменяться в зависимости от интенсивности землепользования на



прилежащих территориях. Для интенсивного земледелия буферное расстояние может быть больше, чем для органического земледелия (см. Рисунок 82 и Таблицу 9).



*Рисунок 81: Построение буферной зоны с варьирующимся расстоянием вокруг реки.*

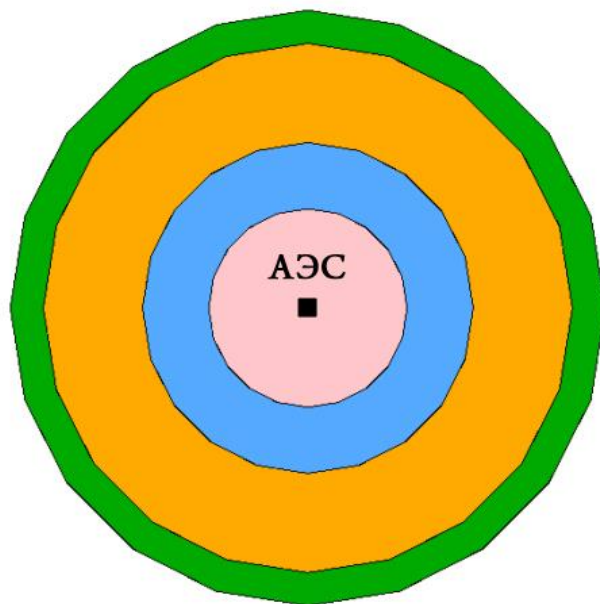
Река	Тип землепользования	Буферное расстояние (м)
Breede River	Интенсивное овощеводство	100
Komati	Интенсивное выращивание хлопка	150
Oranje	Органическое земледелие	50
Telle river	Органическое земледелие	50

*Таблица 9: Атрибутивная таблица с различными значениями буферного расстояния для рек, основанными на землепользовании на прилежащих территориях.*

Буферы вокруг полилиний, таких как реки или дороги, необязательно создавать с обеих сторон. Они могут быть слева или справа от линии. В таком случае сторона определяется тем, как была оцифрована линия, т.е. направлением от начальной до конечной точки.

#### **Множественные буферные зоны:**

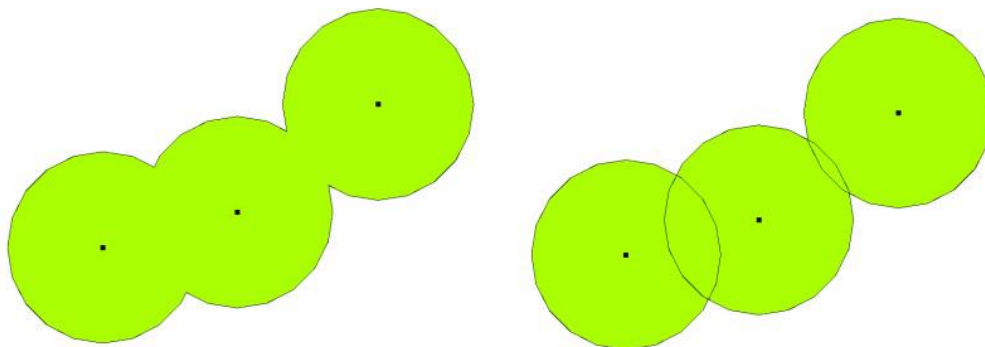
Объект также может иметь более одной буферной зоны. Например, атомная электростанция может иметь зоны в 10, 15, 25 и 30 километров, каждая из которых имеет свой эвакуационный режим (см. Рисунок 83).



*Рисунок 83: Множественные буферные зоны вокруг точечного объекта.*

#### **Построение буферов с размытыми или четкими границами:**

Часто объекты, вокруг которых строятся буферы, находятся друг от друга на меньшем расстоянии, чем радиус буфера, поэтому происходит перекрытие буферных зон. В некоторых случаях требуется найти общую буферную зону в виде одного полигонального объекта (см. Рисунок 84а). С другой стороны, иногда бывает полезно иметь каждый буфер в виде отдельного полигона с четкими границами, чтобы определить перекрывающиеся зоны, а значит – найти взаимодействующие объекты (см. Рисунок 84б).



*Рисунок 84: Буферные зоны могут накладываться с размытыми (а) и с четкими (б) границами.*

## Построение внутренних и внешних буферов

Буферные зоны вокруг полигональных объектов обычно простираются вокруг полигона, но также возможно построение буферов внутрь. Например, департамент туризма производит планировку новой дороги вокруг острова, и законы по охране окружающей среды требуют, чтобы дороги располагались минимум в 200 метрах от береговой линии. Департамент создает внутренний буфер острова с радиусом 200 м и использует его для планирования дороги так, чтобы дорога не попадала в полученную зону.

### О чем стоит помнить:

Большинство ГИС-приложений предлагает построение буферов как аналитический инструмент, но настройки, которые Вы указываете при создании буферов могут различаться. Например, не все ГИС-приложения позволяют строить буфер по правой или левой стороне линии, производить размытие границ или строить внутренние буферы. Буферное расстояние всегда должно быть определено как целочисленное значение (**integer**) или десятичная дробь (**float**). Это значение определяется в **единицах измерения карты** (метры, футы, десятичные градусы) в соответствии с системой координат векторного слоя, на основе которого Вы строите буфер. Например, если Ваш векторный слой записан в географической системе координат, то его единицы измерения – десятичные градусы, и чтобы построить буферную зону с радиусом 100 м, Вам необходимо перевести свой векторный слой в проекционную систему координат, иначе указав число 100, Вы получите буферную зону в 100 градусов.

### Другие инструменты пространственного анализа:

Построение буферов – это важный и часто используемый инструмент пространственного анализа, но существуют многие другие инструменты, которые так же используются в ГИС.

**Пространственное наложение** – это процесс, позволяющий выявить пространственные взаимоотношения между двумя полигональными слоями, имеющими общие участки. Результирующий векторный слой также является полигональным и основан на данных используемых слоев (см. Рисунок 85). Примеры функций пространственного наложения:

- **Пересечение:** результирующий слой содержит все перекрывающиеся (пересекающиеся) участки используемых слоев.
- **Объединение:** результирующий слой содержит все объекты используемых слоев, при этом выделены пересекающиеся участки.
- **Симметричная разница:** результирующий слой содержит все объекты используемых слоев, кроме пересекающихся участков.
- **Разница:** результирующий слой содержит все объекты первого слоя, которые не пересекаются со вторым слоем.

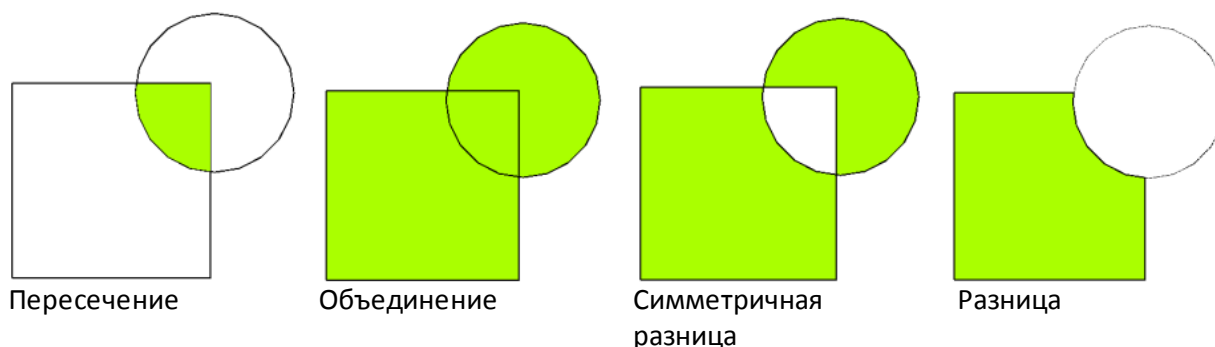


Рисунок 85: Пространственное наложение двух векторных слоев (1 – квадрат, 2 – круг). Результирующий слой изображен зеленым цветом.

### Что мы узнали?

Закрепим изученный материал:

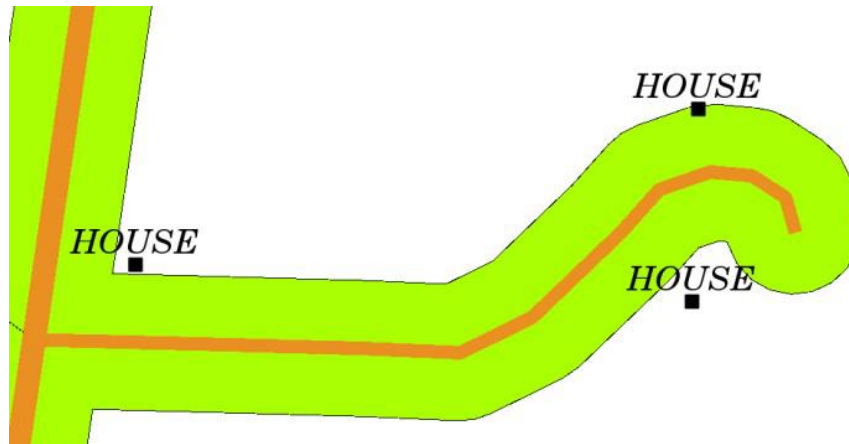
- **Буферные зоны** означают области вокруг объектов.
- Буферные зоны представлены в ГИС в виде **векторных полигонов**.
- Объекты могут иметь **несколько** буферных зон.
- Размер буферной зоны определяется **буферным расстоянием (радиусом)**.
- Буферное расстояние является целым числом (**integer**) или десятичной дробью (**float**).
- Буферное расстояние может быть разным для каждого объекта векторного слоя.
- Буферные зоны для полигонов могут быть построены **внутри** и/или **снаружи**.
- Пересекающиеся буферные зоны могут иметь **четкие** или **размытые** границы.
- Помимо построения буферов, существует множество других инструментов пространственного анализа, таких как **пространственное наложение**.

### Попробуйте сами!

Ниже приведено несколько примеров практических заданий для Ваших учеников:

- Из-за сильного увеличения потока машин, служба городского планирования хочет расширить главную дорогу и добавить вторую полосу. Создайте буфер вдоль дороги и найдите строения, которые попадают в зону буфера (см. Рисунок 86).
- Для контроля групп протестующих полиция хочет отгородить нейтральную зону вокруг здания, чтобы люди не могли подойти к нему ближе чем на 100 м. Создайте буфер вокруг здания и установите раскраску так, чтобы планировщики могли хорошо видеть буферную зону.

- Автосервис планирует расширение. Критерий выбора нового местоположения таков – новый сервис должен располагаться не дальше 1 км от загруженной автомагистрали. Создайте буфер вдоль главной дороги, чтобы понять, где его можно расположить.
- Городская управа хочет ввести закон, регулирующий расположение алкогольных магазинов так, что они не могут располагаться ближе чем на 1000 метров от школ и церквей. Создайте 1-км буферную зону и проверьте, попадают ли в эту зону какие-то из существующих алкогольных магазинов.



*Рисунок 86: Буферная зона (зеленый) вокруг дороги (коричневый). Вы можете видеть, какие дома попадают в буферную зону, и можете связаться с их владельцами и обсудить возможность аренды первого этажа для размещения автосервиса.*

#### **Если у Вас нет компьютера:**

Для построения буферов можно использовать лист топографической карты и циркуль. Возьмите циркуль и сделайте маленькие отметки на равных расстояниях от дороги на всем ее протяжении и соедините их с помощью линейки. Буферная зона готова!

#### **Дополнительные материалы:**

##### **Книги:**

- Galati, Stephen R. (2006): Geographic Information Systems Demystified. Artech House Inc. (ISBN 158053533X)
- Chang, Kang-Tsung (2006): Introduction to Geographic Information Systems. 3rd Edition. McGraw Hill. (ISBN 0070658986)
- DeMers, Michael N. (2005): Fundamentals of Geographic Information Systems. 3rd Edition. Wiley. (ISBN 9814126195)

#### Веб-сайты:

- [http://www.manifold.net/doc/transform\\_border\\_buffers.htm](http://www.manifold.net/doc/transform_border_buffers.htm)

Руководство Пользователя QGIS также содержит более подробную информацию о векторном пространственном анализе с помощью инструментов QGIS.

#### Что дальше?

В следующем разделе мы подробнее рассмотрим **интерполяцию** в качестве примера пространственного анализа, связанного с использованием растровых данных.





Цель:

Понимание интерполяции как примера пространственного анализа

Ключевые слова:

Точечные данные, метод интерполяции, обратное взвешенное расстояние (IDW), нерегулярная триангуляционная сеть (TIN)

### Обзор:

**Пространственный анализ** – это произведение вычислительных операций над геоданными с целью извлечения из них дополнительной информации. Обычно пространственный анализ выполняется в ГИС-приложениях. ГИС-приложения имеют специализированные инструменты пространственного анализа для статистики объектов (например, определяет, из скольких вершин состоит полилиния) или для геообработки (например, интерполяция). Используемые инструменты зависят от области применения. Специалисты, занятые в сфере водопользования и гидрологии, больше заинтересованы в анализе рельефа с целью моделирования водного стока. Экологи используют аналитические функции, помогающие выявить взаимоотношения между территориями дикой природы и освоенными областями. Каждый пользователь сам определяет используемые инструменты в зависимости от того, какие проблемы ему нужно решить.

### Подробнее о пространственной интерполяции:

#### Температуры в ЮАР

15 апреля 2009 г.

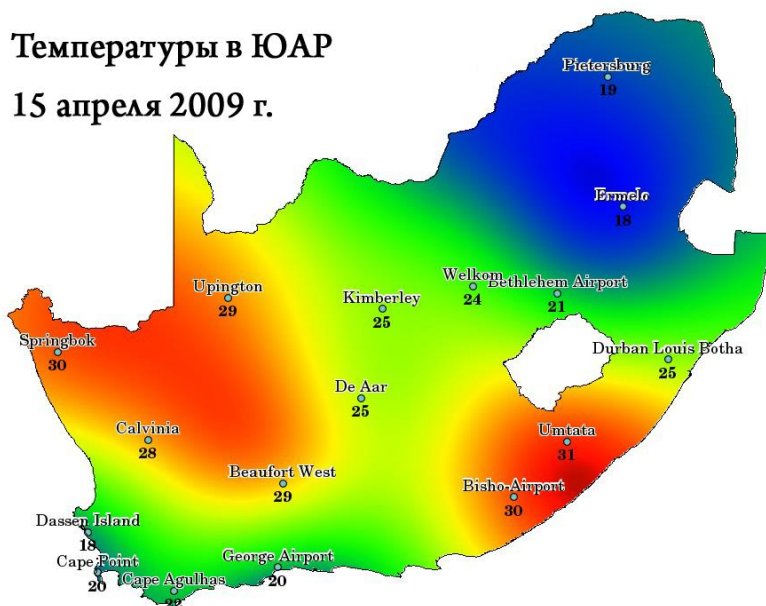


Рисунок 87: Карта температур ЮАР, созданная методом интерполяции

*на основе данных с метеостанций.*

Использование известных значений той или иной величины в определенных точках для оценки неизвестных значений в неизвестных точках называется **пространственной интерполяцией**. Например, создавая карту температур какой-либо страны, Вы не найдете достаточно метеостанций, равномерно распределенных по ее территории. Пространственная интерполяция помогает оценить температуры на всей территории, используя существующие данные, взятые с метеостанций (см. Рисунок 87). Результат такой интерполяции часто называют **статистической поверхностью**. Модели рельефа, карты осадков и накопления снега, а также карты плотности населения – вот некоторые примеры результатов пространственной интерполяции.

Из-за высокой стоимости и ограниченности времени и ресурсов сбор данных обычно производится на ограниченном количестве точек. В ГИС, интерполяция полученных значений позволяет построить растровое изображение, значения пикселей которого являются оценочными значениями, полученными на основе данных точек.

Например, чтобы создать цифровую модель рельефа на основе высотных данных, собранных с помощью GPS-устройства в определенных точках, выбирается метод интерполяции, подходящий для оптимальной оценки высоты в тех точках, где данные отсутствуют. Полученная модель может быть использована для проведения анализа или как основание для другой модели.

Существует целый ряд методов интерполяции. В этом разделе мы расскажем о двух широко используемых методах: **IDW** (англ. Inverse Distance Weighting, рус. Обратное Взвешенное Расстояние) и **TIN** (англ. Triangulated Irregular Networks, рус. Нерегулярная Триангуляционная Сеть). Если Вы хотите узнать больше о других методах интерполяции, просим Вас обратиться к источникам, указанным в рубрике «Дополнительная информация».

### **IDW – Обратное Взвешенное Расстояние**

Метод интерполяции **IDW** заключается в том, что происходит взвешивание точек таким образом, что влияние известного значения точки затухает с увеличением расстояния до неизвестной точки, значение которой надо определить (см. Рисунок 88).

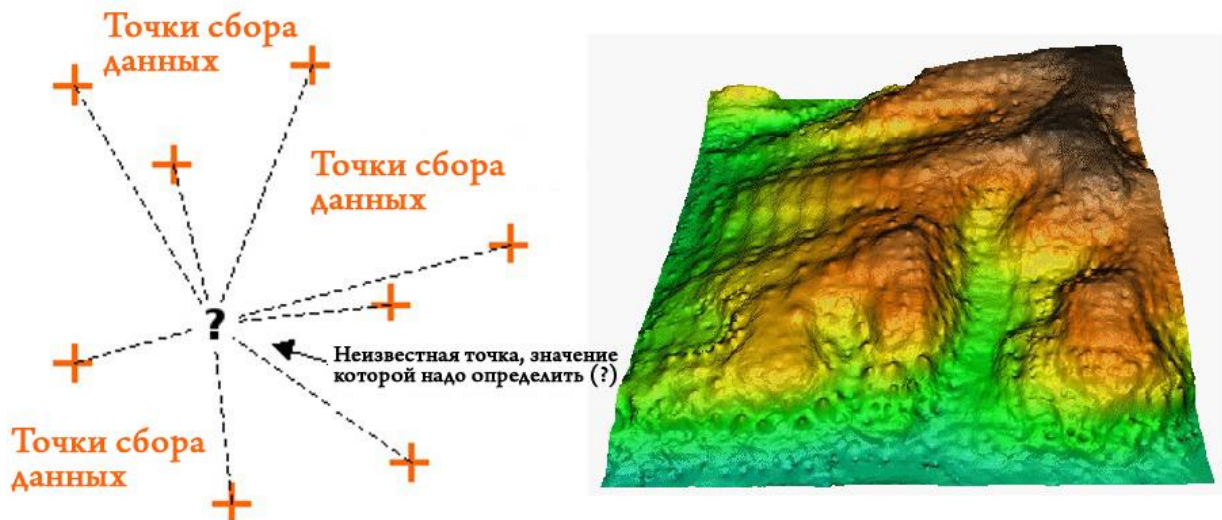


Рисунок 88: Метод интерполяции IDW, основанный на взвешенном расстоянии от точек сбора данных (слева). Итоговая поверхность рельефа создана методом IDW-интерполяции на основе точечного слоя с атрибутом высоты над уровнем моря. Источник изображения: Mitas, L., Mitasova, H. (1999)

Взвешивание присваивается точкам сбора данных на основе коэффициента взвешивания, который контролирует, как воздействие точки будет уменьшаться с увеличением расстояния до этой точки. Чем выше коэффициент взвешивания, тем меньше будет эффект, оказываемый точкой, если она будет далеко от неизвестной точки, значение которой определяется в ходе интерполяции. По мере возрастания коэффициента значение неизвестной точки будет приближаться к значению ближайшей точки сбора данных.

Важно отметить, что метод интерполяции IDW также имеет некоторые недостатки. Качество результата может снизиться, если распределение точек сбора данных носит неравномерный характер. Кроме этого, максимальные и минимальные значения интерполированной поверхности могут быть зафиксированы только в точках сбора данных. Это часто приводит к небольшим пикам и углублениям вокруг этих точек, как можно видеть на Рисунке 88.

В ГИС, результат интерполяции показан как двумерный растровый слой. На Рисунке 89 Вы можете видеть типичный результат IDW-интерполяции, основанной на точках высот, собранных на местности с помощью GPS-устройства.

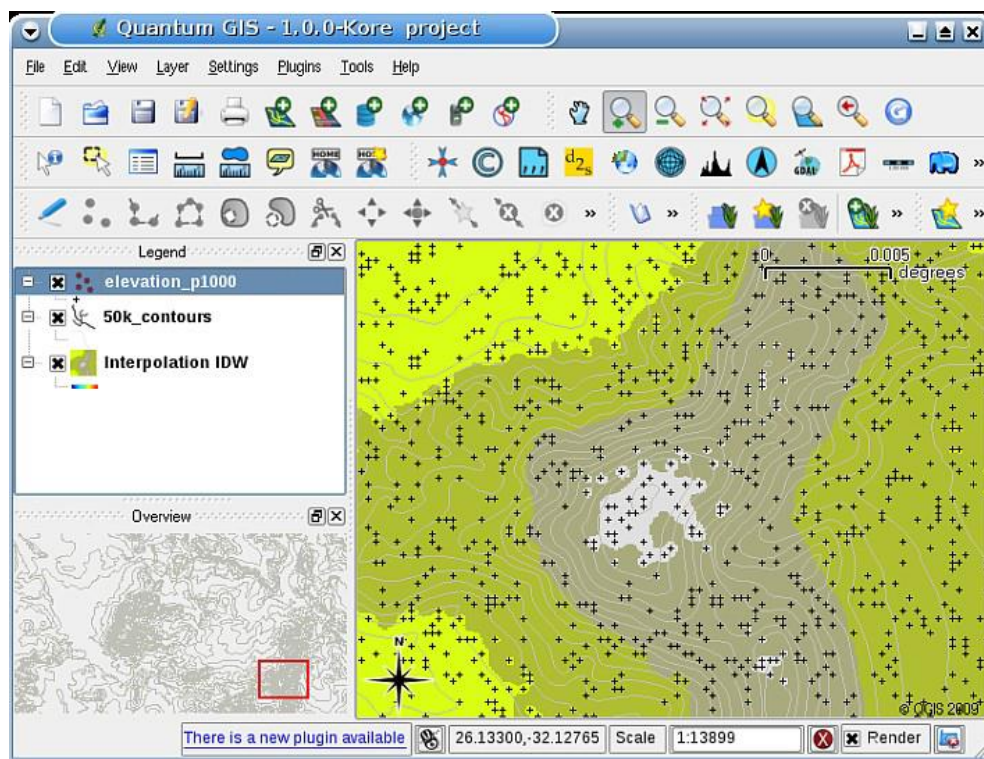


Рисунок 89: Результат IDW-интерполяции на основе случайно распределенных точек сбора данных о высотах (показаны черными крестиками).

## TIN – Нерегулярная Триангуляционная Сеть

Интерполяция методом **TIN** – еще один инструмент, популярный в среде ГИС. Распространенный алгоритм TIN называется триангуляцией **Делоне**. Он создает поверхность, состоящую из треугольников, формируемых ближайшими точками. Для этого вокруг точек сбора данных проводятся окружности, и их пересечения соединяются в сеть компактных треугольников, примыкающих друг другу без пересечений и разрывов (см. Рисунок 90).



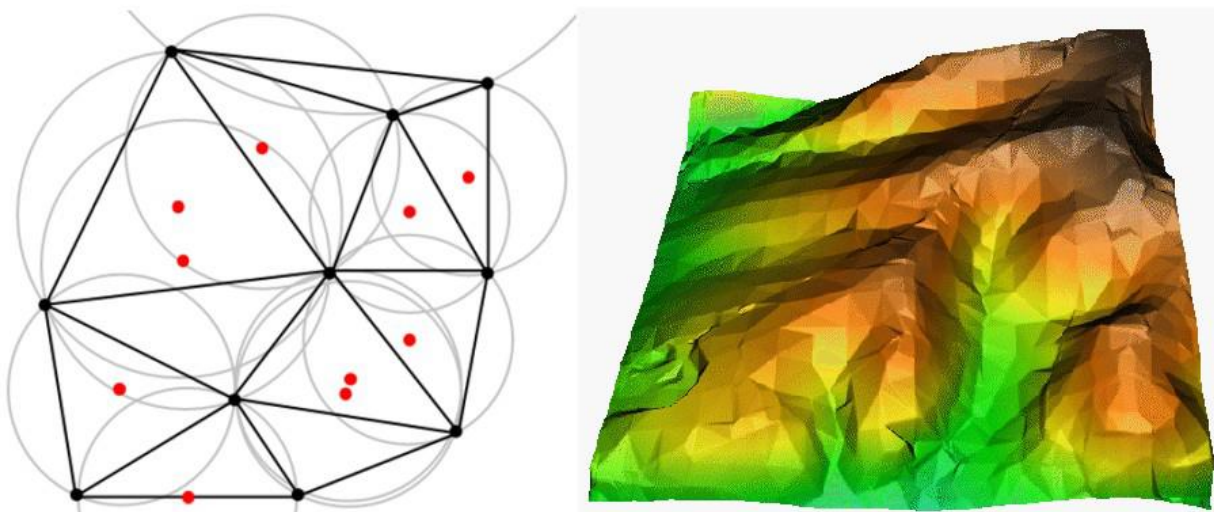


Рисунок 90: Триангуляция Делоне с окружностями, проведенными вокруг точек сбора данных (красные точки). Итоговая поверхность рельефа создана методом TIN-интерполяции на основе точечного слоя с атрибутом высоты над уровнем моря. Источник изображения: Mitas, L., Mitasova, H. (1999)

Главный недостаток метода TIN в том, что итоговая поверхность выглядит не гладкой, а весьма угловатой. Это вызвано тем, что получаемые уклоны носят прерывистый характер, т.е. имеют перепады в местах стыковки составляющих треугольников. Кроме того, триангуляция работает только между точками сбора данных, но не вокруг, и нерегулярность точек ведет к неожиданным результатам (см. Рисунок 91).

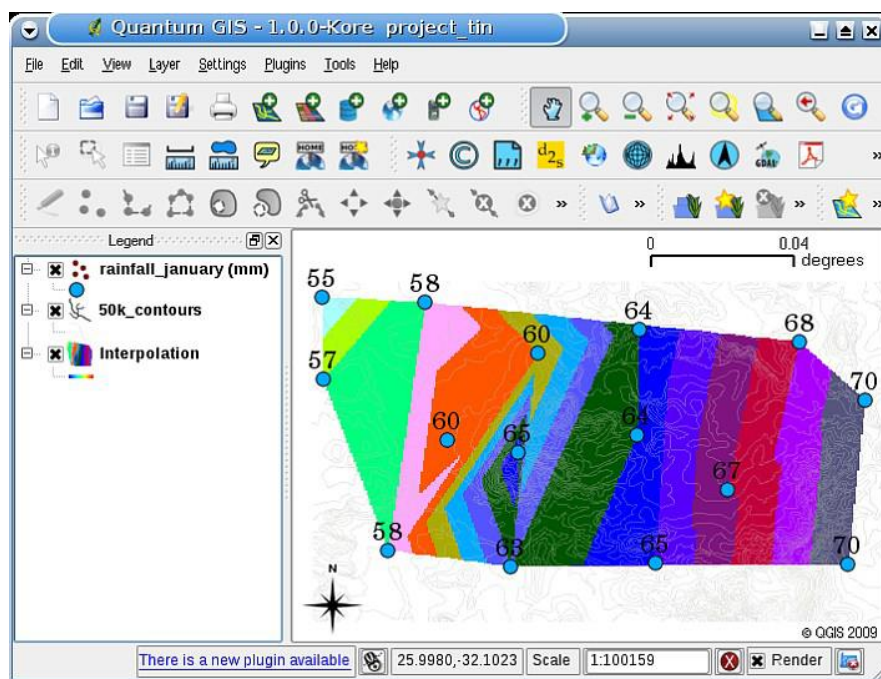


Рисунок 91: Триангуляция Делоне на основе нерегулярных точек сбора данных об осадках.

## О чем стоит помнить:

Важно помнить, что не существует такого метода интерполяции, который подходил бы ко всем ситуациям. Некоторые обеспечивают более точный результат, но требовательны к вычислительным ресурсам компьютера и исполняются дольше. У всех есть достоинства и недостатки. Выбор определенного метода интерполяции зависит от особенностей входных данных, требуемого типа итоговой поверхности и уровня допустимых ошибок оценки величин. В целом, рекомендуется производить три этапа оценки:

1. Оценить входные данные с точки зрения пространственного распределения точек. Это поможет определить подходящий метод интерполяции.
2. Рассмотреть задачу и найти метод, который подходит наилучшим образом. Если есть сомнения, можно попробовать несколько методов.
3. Сравнить результаты и выбрать лучший результат, а следовательно – самый подходящий метод.

Поначалу этот процесс будет выглядеть сложным, но по мере приобретения опыта работы с разными методами интерполяции время, необходимое для генерации подходящей поверхности, сильно сократится.

## Другие методы интерполяции

Хотя в данном разделе мы остановились на методах **IDW** и **TIN**, существует множество других методов интерполяции, например **RST** (англ. Regularized Splines with Tension, рус. Регуляризованный Сплайн с Натяжением), Кригинг (англ. Kriging) или трендовая интерполяция (англ. Trend Surface Interpolation). Дополнительная информация о них приведена по ссылке ниже.

## Что мы узнали?

Закрепим изученный материал:

- **Интерполяция** использует векторные точки с известными значениями той или иной величины для оценки этой величины в неизвестных точках и создает растровую поверхность, покрывающую всю область исследования.
- Результат интерполяции – **растровый слой** того или иного формата.
- Для оптимальной оценки величины важно выбрать **подходящий метод интерполяции**.
- **IDW-интерполяция** присваивает входным точкам коэффициенты взвешивания так, что воздействие точек затухает с увеличением расстояния до новой точки, где производится оценка значения величины.
- **TIN-интерполяция** использует входные точки для создания поверхности, состоящей из прилегающих друг к другу треугольников, основываясь на пространственном распределении этих точек.



## **Попробуйте сами!**

Ниже приведено несколько примеров практических заданий для Ваших учеников:

- Департамент Сельского Хозяйства планирует перевод земель в с/х использование, но помимо типа почв для этого нужно знать, достаточно ли осадков выпадает в данной области. Вся информация, которой они располагают, - это данные с нескольких метеостанций. Создайте поверхность интерполяции, которая показывает участки с наибольшим количеством осадков на территории.
- Департамент туризма хочет опубликовать информацию о погодных условиях в январе и феврале. У них есть данные метеостанций о температуре, осадках и силе ветра, и они попросили Вас найти территории с оптимальными условиями для туристов, а именно – мягкими температурами, отсутствием осадков и слабыми ветрами. Можете ли Вы найти эти территории, используя инструменты ГИС?

## **Если у Вас нет компьютера:**

Вы можете использовать лист топографической карты и линейку для оценки высот между горизонталями или температуры между гипотетическими метеостанциями. Например, если температура на станции А равна 20°C, а температура на станции В равна 24°C, то в точке, лежащей ровно посередине между этими станциями, температура примет значение в 22°C.

## **Дополнительные материалы:**

### **Книги:**

- Chang, Kang-Tsung (2006): Introduction to Geographic Information Systems. 3rd Edition. McGraw Hill. (ISBN 0070658986)
- DeMers, Michael N. (2005): Fundamentals of Geographic Information Systems. 3rd Edition. Wiley. (ISBN 9814126195)
- Mitas, L., Mitasova, H. (1999): Spatial Interpolation. In: P.Longley, M.F. Goodchild, D.J. Maguire, D.W.Rhind (Eds.), Geographical Information Systems: Principles, Techniques, Management and Applications, Wiley.

### **Веб-сайты:**

- <http://en.wikipedia.org/wiki/Interpolation>
- [http://en.wikipedia.org/wiki/Delaunay\\_triangulation](http://en.wikipedia.org/wiki/Delaunay_triangulation)
- [http://www.agt.bme.hu/public\\_e/funcint/funcint.html](http://www.agt.bme.hu/public_e/funcint/funcint.html)

Руководство Пользователя QGIS также содержит более подробную информацию об инструментах интерполяции, имеющихся в ГИС-приложении QGIS.

### **Что дальше?**

Это последний раздел. Вы можете воспользоваться Руководством Пользователя QGIS для поиска более подробной информации о всех остальных возможностях ГИС-приложений. Мы желаем Вам успехов в освоении Quantum GIS!

## Об авторах и участниках

---



### **Tim Sutton – Автор и Главный Редактор**

Тим – разработчик и член координационного комитета проекта Quantum GIS. Он увлечен перспективой сделать ГИС-приложения бесплатно доступными для каждого человека. Он также является одним из основателей компании Linfiniti Consulting CC. – небольшого предприятия, помогающего людям осваивать и использовать открытое программное обеспечение в сфере ГИС.

**Web:** <http://linfiniti.com>

**Email:** [tim@linfiniti.com](mailto:tim@linfiniti.com)

---



### **Otto Dassau - Соавтор**

Отто – заведующий документацией и член координационного комитета проекта Quantum GIS.

Он имеет богатый опыт обучения использованию бесплатного и открытого ПО в сфере ГИС.

**Web:** <http://www.nature-consult.de>

**Email:** [otto.dassau@gmx.de](mailto:otto.dassau@gmx.de)

---



### **Marcelle Sutton – Менеджер Проекта**

Марсель изучала английский язык и драматическое искусство и является квалифицированным преподавателем. Она также является одним из основателей компании Linfiniti Consulting CC. – небольшого предприятия, помогающего людям осваивать и использовать открытое программное обеспечение в сфере ГИС.

**Web:** <http://linfiniti.com>

**Email:** [marcelle@linfiniti.com](mailto:marcelle@linfiniti.com)

---



### **Lerato Nsibande – Видео Презентации**

Лерато – 12-классница из Претории. Она изучает географию в школе и с нами начала изучать ГИС!



### **Sibongile Mthombeni – Видео Презентации**

Сибонгиль живет неподалеку от Йоханнесбурга со своей маленькой дочкой. Она хочет продолжить учебу и стать няней. В ходе работы над этим проектом Сибонгиль первый раз использовала компьютер.

---

## Текст лицензии GNU Free Documentation License на русском языке

Ниже представлен русский перевод лицензии, размещенный на странице Википедии:

[http://ru.wikipedia.org/wiki/Википедия:Текст лицензии GNU Free Documentation License](http://ru.wikipedia.org/wiki/Википедия:Текст_лицензии_GNU_Free_Documentation_License)  
1.2

Оригинальный текст можно прочитать следом за русской версией или на странице <http://www.gnu.org/licenses/old-licenses/fdl-1.2.html>

Внимание! Текст является всего лишь переводом, а ни в коем случае не российской официальной версией. Юридической силой обладает только английская версия документа.

Версия 1.2, ноябрь 2002 г.

Copyright (C) 2000,2001,2002 Free Software Foundation, Inc. 59 Temple Place – Suite 330, Boston, MA 02111-1307, USA Каждый вправе копировать и распространять экземпляры настоящей Лицензии без внесения изменений в ее текст.

### 0. ПРЕАМБУЛА

Цель настоящей Лицензии — сделать свободными справочники, руководства пользователя или иные функциональные и полезные документы в письменной форме, то есть обеспечить каждому право свободно копировать и распространять как с изменениями, так и без изменений, за вознаграждение или бесплатно указанные документы. Настоящая Лицензия также позволяет авторам или издателям документа сохранить свою репутацию, не принимая на себя ответственность за изменения, сделанные третьими лицами.

Настоящая Лицензия относится к категории «copyleft». Это означает, что все произведения, производные от документа, должны быть свободными в соответствии с концепцией «copyleft». Настоящая Лицензия дополняет General Public License GNU, которая является лицензией «copyleft», разработанной для свободного программного обеспечения.

Настоящая Лицензия разработана для применения ее к документации на свободное программное обеспечение, поскольку свободное программное обеспечение должно сопровождаться свободной документацией. Пользователь должен обладать теми же правами в отношении руководства пользователя, какими он обладает в отношении свободного программного обеспечения. При этом действие настоящей Лицензии не распространяется только на руководство пользователя. Настоящая Лицензия может применяться к любому текстовому произведению независимо от его темы или от того, издано ли данное произведение в виде печатной книги или нет. Настоящую Лицензию рекомендуется применять для произведений справочного или обучающего характера.

### 1. СФЕРА ДЕЙСТВИЯ, ТЕРМИНЫ И ИХ ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Условия настоящей Лицензии применяются к любому руководству пользователя или иному произведению на любом носителе, которое в соответствии с уведомлением, помещенным правообладателем, может распространяться на условиях настоящей Лицензии. Таковое уведомление предоставляет всемирную, свободную от выплат и неограниченную по сроку действия лицензию на использование такового произведения на определенных в данном соглашении условиях. Далее под термином «Документ» понимается любое подобное руководство пользователя или произведение. Лицо, которому передаются права по настоящей Лицензии, в дальнейшем именуется «Лицензиат». Лицензиат принимает условия этой лицензии

если он копирует, модифицирует или распространяет произведение способом, требующим разрешения в соответствии с законодательством об авторском праве. «Модифицированная версия Документа» – любое произведение, содержащее Документ или его часть, скопированные как с изменениями, так и без них и/или переведенные на другой язык.

«Второстепенный раздел» – имеющее название приложение или предисловие к Документу, в котором отражено исключительно отношение издателей или авторов Документа к его содержанию в целом, либо к вопросам, связанным с содержанием Документа. Второстепенный раздел не может включать в себя то, что относится непосредственно к содержанию Документа. (То есть, если Документ является частью учебника по математике, во Второстепенном разделе не может содержаться что-либо имеющее отношение непосредственно к математике). Во Второстепенных разделах могут быть затронуты вопросы истории того, что составляет содержание или что связано с содержанием Документа, а также правовые, коммерческие, философские, этические или политические взгляды относительно содержания Документа.

«Неизменяемые разделы» – определенные Второстепенные разделы, названия которых перечислены как Неизменяемые разделы в уведомлении Документа, определяющем лицензионные условия. Если раздел не удовлетворяет приведённому выше определению Второстепенного раздела, то он не может быть назван Неизменяемым. Документ может не содержать Неизменяемых разделов. В случае, если в Документе не перечисляются какие бы то ни было неизменяемые разделы, то такие разделы отсутствуют.

«Текст, помещаемый на обложке» – определенные краткие строки текста, которые перечислены в уведомлении Документа, определяющем лицензионные условия, как текст, помещаемый на первой и последней страницах обложки. Текст, помещаемый на первой странице обложки, не может быть длиннее 5 слов, а текст, помещаемый на последней странице обложки, не может содержать более 25 слов.

«Прозрачный» экземпляр Документа – экземпляр Документа в машиночитаемой форме, представленный в формате с общедоступной спецификацией, подходящим для просмотра и исправлений, при условии, что документ может просматриваться и редактироваться непосредственно с помощью общедоступных текстовых редакторов или общедоступных программ для векторной или растровой графики (в случае, если в документе содержатся изображения векторной или растровой графики). Указанный формат должен обеспечить ввод текста Документа в программы форматирования текста или автоматический перевод Документа в различные форматы, подходящие для ввода текста Документа в программы форматирования текста. Экземпляр Документа, представленный в ином формате, разметка или отсутствие разметки которого затрудняет или препятствует внесению в Документ последующих изменений пользователями, не является Прозрачным. Графический формат не является Прозрачным, если он применён для сколько-нибудь значительного количества текста. Экземпляр документа, не являющийся Прозрачным, называется «Непрозрачным».

Форматы, в которых может быть представлен Прозрачный экземпляр Документа, включают простой формат ASCII без разметки, формат ввода Texinfo, формат ввода LaTeX, SGML или XML с использованием общедоступного DTD, а также соответствующий стандартам простой формат HTML, PostScript и PDF, предназначенный для внесения модификаций человеком. В число графических форматов, являющихся Прозрачными, входят PNG, XCF и JPG. «Непрозрачные» форматы включают в себя форматы, которые можно прочитать и редактировать только с помощью текстовых редакторов, права на использование которых свободно не передаются, форматы SGML или XML, для которых DTD или инструменты для обработки не являются общедоступными, а также генерируемый компьютером HTML, Postscript или PDF, который вырабатывается некоторыми текстовыми редакторами исключительно в целях отображения.

«Титульный лист» – для печатной книги собственно титульный лист, а также следующие за ним страницы, которые должны содержать сведения, помещаемые на



титульном листе в соответствии с условиями настоящей Лицензии. Для произведений, формат которых не предполагает наличие титульного листа, под Титульным листом понимается текст, который помещен перед началом основного текста произведения, после его названия, напечатанного наиболее заметным шрифтом.

Раздел, «Озаглавленный AAA» означает подраздел Документа, который озаглавлен либо точно AAA, либо содержит AAA в скобках, которые сопровождают текст-перевод AAA на другой язык. (Здесь AAA означает конкретное название подраздела, упомянутое ниже, такое как «Благодарности», «Посвящения», «Одобрения» или «История».) «Сохранять название» такого раздела при модифицировании Документа, означает, что он остаётся разделом, «Озаглавленным AAA» в соответствии с этим определением.

Документ может включать Отказ от ответственности после уведомления о том, что данная Лицензия применяется к Документу. Эти Отказы от ответственности как включённые в данную Лицензию посредством ссылки, но только в качестве отказов от ответственности – любые другие значения, которые эти Отказы от ответственности могут иметь – ничтожны и не оказывают влияния на значение данной Лицензии.

## **2. КОПИРОВАНИЕ БЕЗ ВНЕСЕНИЯ ИЗМЕНЕНИЙ**

Лицензиат вправе воспроизводить и распространять экземпляры Документа на любом носителе за вознаграждение или безвозмездно при условии, что каждый экземпляр содержит текст настоящей Лицензии, знаки охраны авторских прав, а также уведомление, что экземпляр распространяется в соответствии с настоящей Лицензией, при этом Лицензиат не вправе предусматривать иные лицензионные условия дополнительно к тем, которые закреплены в настоящей Лицензии. Лицензиат не вправе использовать технические средства для воспрепятствования или контроля за чтением или последующим изготовлением копий с экземпляров, распространяемых Лицензиатом. Лицензиат вправе получать вознаграждение за изготовление и распространение экземпляров Документа. При распространении большого количества экземпляров Документа Лицензиат обязан соблюдать условия пункта 3 настоящей Лицензии.

Лицензиат вправе сдавать экземпляры Документа в прокат на условиях, определенных в предыдущем абзаце, или осуществлять публичный показ экземпляров Документа.

## **3. ТИРАЖИРОВАНИЕ**

Если Лицензиат издаёт печатные экземпляры (или экземпляры на носителе, обычно имеющем печатные обложки) Документа в количестве свыше 100, и в соответствии с уведомлением Документа, определяющим лицензионные условия, Документ должен содержать Текст, помещаемый на обложке, Лицензиат обязан издавать экземпляры Документа в обложке с напечатанными на ней ясно и разборчиво соответствующими Текстами, помещаемыми на обложке: Тексты, помещаемые на первой странице обложки – на первой странице, Тексты, помещаемые на последней странице – соответственно на последней. Также на первой и последней странице обложки экземпляра Документа должно быть ясно и разборчиво указано, что Лицензиат является издателем данных экземпляров. На первой странице обложки должно быть указано полное название Документа без пропусков и сокращений, все слова в названии должны быть набраны шрифтом одинакового размера. Лицензиат вправе поместить прочие сведения на обложке экземпляра. Если при издании экземпляров Документа изменяются только сведения, помещенные на обложке экземпляра, за исключением названия Документа, и при этом соблюдаются требования настоящего пункта, такие действия приравниваются к копированию без внесения изменений. Если объем текста, который должен быть помещен на обложке экземпляра, не позволяет напечатать его разборчиво полностью, Лицензиат обязан поместить

разумную часть текста с его начала непосредственно на обложке, а остальной текст на страницах Документа, следующих сразу за обложкой. Если Лицензиат издает или распространяет Непрозрачные экземпляры Документа в количестве свыше 100, Лицензиат обязан к каждому такому экземпляру приложить Прозрачный экземпляр этого Документа в машиночитаемой форме или указать на каждом Непрозрачном экземпляре Документа адрес в компьютерной сети общего пользования, где содержится полный Прозрачный экземпляр без каких-либо добавленных материалов, полный текст которого каждый пользователь компьютерной сети общего пользования вправе записать в память компьютера с использованием общедоступных сетевых протоколов. Во втором случае Лицензиат обязан предпринять разумные шаги с тем, чтобы доступ к Прозрачному экземпляру Документа по указанному адресу сохранялся по крайней мере в течение одного года после последнего распространения Непрозрачного экземпляра Документа данного тиража, независимо от того, было ли распространение осуществлено Лицензиатом непосредственно или через агентов или розничных продавцов. Прежде, чем начать распространение большого количества экземпляров Документа, Лицензиату заблаговременно следует связаться с авторами Документа, чтобы они имели возможность предоставить Лицензиату обновленную версию Документа. Лицензиат не обязан выполнять данное условие.

#### **4. ВНЕСЕНИЕ ИЗМЕНЕНИЙ**

Лицензиат вправе воспроизводить и распространять Модифицированные версии Документа в соответствии с условиями пунктов 2 и 3 настоящей Лицензии при условии, что Модифицированная версия Документа публикуется в соответствии с настоящей Лицензией. В частности, Лицензиат обязан передать каждому обладателю экземпляра Модифицированной версии Документа права на распространение и внесение изменений в данную Модифицированную версию Документа, аналогично правам на распространение и внесение изменений, которые передаются обладателю экземпляра Документа. При распространении Модифицированных версий Документа Лицензиат обязан:

- А) поместить на Титульном листе и на обложке при ее наличии название модифицированной версии, отличающееся от названия Документа и названий предыдущих версий. Названия предыдущих версий при их наличии должны быть указаны в Документе в разделе «История». Лицензиат вправе использовать название предыдущей версии Документа с согласия издателя предыдущей версии;
- В) указать на Титульном листе в качестве авторов одно или более лиц, ответственных за изменения в Модифицированной версии, а также не менее пяти основных авторов Документа либо всех авторов, если их менее пяти, если только они не освободили Лицензиата от этого требования;
- С) указать на Титульном листе наименование издателя Модифицированной версии, с указанием, что он является издателем данной Версии;
- Д) сохранить все знаки охраны авторского права Документа;
- Е) поместить соответствующий знак охраны авторского права на внесенные Лицензиатом изменения рядом с прочими знаками охраны авторского права;
- Ф) поместить непосредственно после знаков охраны авторского права уведомление, в соответствии с которым каждому предоставляется право использовать Модифицированную Версию в соответствии с условиями настоящей Лицензии. Текст уведомления приводится в Приложении к настоящей Лицензии;
- Г) сохранить в уведомлении, указанном в подпункте Ф, полный список Неизменяемых разделов и Текста, помещаемого на обложке, перечисленных в уведомлении Документа;
- Н) включить в Модифицированную версию текст настоящей Лицензии без каких-либо изменений;
- И) сохранить в Модифицированной версии раздел, Озаглавленный «История», включая его Название, и дополнить его пунктом, в котором указать так же, как данные сведения указаны на Титульном листе, название, год публикации,

наименования новых авторов и издателя Модифицированной версии. Если в Документе отсутствует раздел, Озаглавленный «История», Лицензиат обязан создать в Модифицированной версии такой раздел, указать в нем название, год публикации, авторов и издателя Документа так же, как данные сведения указаны на Титульном листе Документа и дополнить этот раздел пунктом, содержание которого описано в предыдущем предложении;

Ж) сохранить в Модифицированной версии адрес в компьютерной сети, указанный в Документе, по которому каждый вправе осуществить доступ к Прозрачному экземпляру Документа, а также адрес в компьютерной сети, указанный в Документе, по которому можно получить доступ к предыдущим версиям Документа. Адреса, по которым находятся предыдущие версии Документа, можно поместить в раздел «История». Лицензиат вправе не указывать адрес произведения в компьютерной сети, которое было опубликовано не менее чем за четыре года до публикации самого Документа. Лицензиат вправе не указывать адрес определенной версии в компьютерной сети с разрешения первоначального издателя данной версии;

К) сохранить без изменений названия разделов, Озаглавленных «Благодарности» или «Посвящения», а также содержание и стиль каждой благодарности и/или посвящения;

Л) сохранить без изменений названия и содержание всех Неизменяемых разделов Документа. Нумерация данных разделов или иной способ их перечисления не включается в состав названий разделов;

М) удалить существующий раздел Документа, Озаглавленный «Одобрения». Такой раздел не может быть включен в Модифицированную версию;

Н) не присваивать существующим разделам Модифицированной версии название «Одобрения» или такие названия, которые повторяют название любого из Неизменяемых разделов;

О) сохранить без изменений любые Отказы от ответственности.

Если в Модифицированную версию включены новые предисловия или приложения, которые могут быть определены как Второстепенные разделы и которые не содержат текст, скопированный из Документа, Лицензиат вправе по своему выбору определить все или некоторые из этих разделов как Неизменяемые. Для этого следует добавить их названия в список Неизменяемых разделов в уведомлении в Модифицированной версии, определяющем лицензионные условия. Названия данных разделов должны отличаться от названий всех остальных разделов.

Лицензиат вправе дополнить Модифицированную версию новым разделом, Озаглавленным «Одобрения» при условии, что в него включены исключительно одобрения Модифицированной версии Лицензиата третьими сторонами, например оценки экспертов или указания, что текст Модифицированной версии был одобрен организацией в качестве официального определения стандарта.

Лицензиат вправе дополнительно поместить на обложке Модифицированной версии Текст, помещаемый на обложке, не превышающий пяти слов для первой страницы обложки и 25 слов для последней страницы обложки. К Тексту, помещаемому на обложке, каждым лицом непосредственно или от имени этого лица на основании соглашения с ним может быть добавлено только по одной строке на первой и на последней страницах обложки. Если на обложке Документа Лицензиатом от своего имени или от имени лица, в интересах которого действует Лицензиат, уже был помещен Текст, помещаемый на обложке, Лицензиат не вправе добавить другой Текст. В этом случае Лицензиат вправе заменить старый текст на новый с разрешения предыдущего издателя, который включил старый текст в издание.

По настоящей Лицензии автор(ы) и издатель(и) Документа не передают право использовать их имена и/или наименования в целях рекламы или заявления или предположения, что любая из Модифицированных Версий получила их одобрение.

## **5. ОБЪЕДИНЕНИЕ ДОКУМЕНТОВ**

Лицензиат с соблюдением условий п.4 настоящей Лицензии вправе объединить Документ с другими документами, которые опубликованы на условиях настоящей Лицензии, при этом Лицензиат должен включить в произведение, возникшее в результате объединения, все Неизменяемые разделы из всех первоначальных документов без внесения в них изменений, а также указать их в качестве Неизменяемых разделов данного произведения в списке Неизменяемых разделов, который содержится в уведомлении, определяющем лицензионные условия для произведения, и сохранить без изменений все Отказы от ответственности.

Произведение, возникшее в результате объединения, должно содержать только один экземпляр настоящей Лицензии. Повторяющиеся в произведении одинаковые Неизменяемые разделы могут быть заменены единственной копией таких разделов. Если произведение содержит несколько Неизменяемых Разделов с одним и тем же названием, но с разным содержанием, Лицензиат обязан сделать название каждого такого раздела уникальным путем добавления после названия в скобках уникального номера данного раздела или имени первоначального автора или издателя данного раздела, если автор или издатель известны Лицензиату. Лицензиат обязан соответственно изменить названия Неизменяемых разделов в списке Неизменяемых разделов в уведомлении, определяющем лицензионные условия для произведения, возникшего в результате объединения.

В произведении, возникшем в результате объединения, Лицензиат обязан объединить все разделы, Озаглавленные «История» из различных первоначальных Документов в один общий раздел, Озаглавленный «История». Подобным образом Лицензиат обязан объединить все разделы, Озаглавленные «Благодарности» и «Посвящения». Лицензиат обязан исключить из произведения все разделы, Озаглавленные «Одобрения».

## **6. СБОРНИКИ ДОКУМЕНТОВ**

Лицензиат вправе издать сборник, состоящий из Документа и других документов, публикуемых в соответствии с условиями настоящей Лицензии. В этом случае Лицензиат вправе заменить все экземпляры настоящей Лицензии в документах одним экземпляром, включенным в сборник, при условии, что остальной текст каждого документа включен в сборник с соблюдением условий по осуществлению копирования без внесения изменений.

Лицензиат вправе выделить какой-либо документ из сборника и издать его отдельно в соответствии с настоящей Лицензией, при условии, что Лицензиатом в данный документ включен текст настоящей Лицензии и им соблюдены условия Лицензии по осуществлению копирования без внесения изменений в отношении данного документа.

## **7. ПОДБОРКА ДОКУМЕНТА И САМОСТОЯТЕЛЬНЫХ ПРОИЗВЕДЕНИЙ**

Размещение Документа или произведений, производных от Документа, с другими самостоятельными документами или произведениями на одном устройстве для хранения или распространения информации или носителе, называется «подборкой», если авторское право, возникающее в результате такой компиляции не используется для ограничения пользователей компиляции сильнее, чем указано в лицензии каждого из отдельных произведений. При включении Документа в «подборку», условия настоящей Лицензии не применяются к самостоятельным произведениям, размещенным вышеуказанным способом вместе с Документом, при условии, что они не являются произведениями, производными от Документа.

Если условия пункта 3 настоящей Лицензии относительно Текста, помещаемого на обложке, могут быть применены к экземплярам Документа в Подборке, то в этом случае Текст с обложки Документа может быть помещен на обложке только

собственно Документа внутри подборки при условии, что Документ занимает менее половины объема всей Подборки. Если Документ занимает более четвертой части объема Подборки, в этом случае Текст с обложки Документа должен быть помещен на печатной обложке всей Подборки.

## **8. ПЕРЕВОД**

Перевод является одним из способов модификации Документа, в силу чего Лицензиат вправе распространять экземпляры перевода Документа в соответствии с пунктом 4 настоящей Лицензии. Замена Неизменяемых разделов их переводами может быть осуществлена только с разрешения соответствующих правообладателей, однако Лицензиат вправе в дополнение к оригинальным версиям таких Неизменяемых разделов включить в текст экземпляра перевод всех или части таких Разделов. Лицензиат вправе включить в текст экземпляра перевод настоящей Лицензии, всех лицензионных уведомлений, включённых в Документ и всех Отказов от ответственности при условии, что в него включен также и оригинальный текст настоящей Лицензии на английском языке и оригинальные тексты всех уведомлений и отказов. В случае разногласий в толковании текста перевода и оригинального текста Лицензии, уведомлений или отказов, предпочтение отдается оригинальному тексту.

Если в Документе есть разделы, Озаглавленные «Благодарности», «Посвящения» или «История», требования (смотри раздел 4) сохранять без изменения их Названия (смотри раздел 1) часто требует изменения названия Документа.

## **9. РАСТОРЖЕНИЕ ЛИЦЕНЗИИ**

Лицензиат вправе воспроизводить, модифицировать, распространять или передавать права на использование Документа только на условиях настоящей Лицензии. Любое воспроизведение, модификация, распространение или передача прав на иных условиях являются недействительными и автоматически ведут к расторжению настоящей Лицензии и прекращению всех прав Лицензиата, предоставленных ему настоящей Лицензией. При этом права третьих лиц, которым Лицензиат в соответствии с настоящей Лицензией передал экземпляры Документа или права на него, сохраняются в силе при условии полного соблюдения ими настоящей Лицензии.

## **10. ПЕРЕСМОТР УСЛОВИЙ ЛИЦЕНЗИИ**

Free Software Foundation может публиковать новые исправленные версии GFDL. Такие версии могут быть дополнены различными нормами, регулирующими правоотношения, которые возникли после опубликования предыдущих версий, однако в них будут сохранены основные принципы, закрепленные в настоящей версии (смотри <http://www.gnu.org/copyleft/>).

Каждой версии присваивается свой собственный номер. Если указано, что Документ распространяется в соответствии с определенной версией, то есть указан ее номер, или любой более поздней версией настоящей Лицензии, Лицензиат вправе присоединиться к любой из этих версий Лицензии, опубликованных Free Software Foundation (при условии, что ни одна из версий не является проектом Лицензии). Если Документ не содержит такого указания на номер версии Лицензии, Лицензиат вправе присоединиться к любой из версий Лицензии, опубликованных когда-либо Free Software Foundation (при условии, что ни одна из версий не является Проектом Лицензии).

**ПРИЛОЖЕНИЕ: Порядок применения условий настоящей Лицензии к вашей документации**

Чтобы применить условия настоящей Лицензии к созданному вами документу, вам следует включить в документ текст настоящей Лицензии, а также знак охраны авторского права и уведомление, определяющее лицензионные условия, сразу после титульного листа документа в соответствии с нижеприведенным образцом:

© имя (наименование) автора или иного правообладателя, год первого опубликования документа  
Каждый имеет право воспроизводить, распространять и/или вносить изменения в настоящий Документ в соответствии с условиями GNU Free Documentation License, Версией 1.2 или любой более поздней версией, опубликованной Free Software Foundation;  
данный Документ не содержит Неизменяемых разделов, не содержит Текста, помещаемого на первой странице обложки и не содержит Текста, помещаемого на последней странице обложки.  
Копия лицензионного соглашения включена в секцию, озаглавленную "GNU Free Documentation License".

Если документ содержит Неизменяемые разделы, Текст, помещаемый на первой странице обложки либо Текст, помещаемый на последней странице обложки, замените три строки «данный .. обложки.» на нижеследующее:

Данный Документ содержит следующие Неизменяемые разделы (указать названия Неизменяемых разделов); данный документ содержит следующий Текст, помещаемый на первой странице обложки (перечислить),  
данный документ содержит следующий Текст, помещаемый на последней странице обложки (перечислить).

Если документ содержит Неизменяемые разделы, но не содержит Текстов, помещаемых на обложке, либо какую-нибудь другую комбинацию этих трёх утверждений, скомпонуйте две предложенные альтернативы так, чтобы они подходили к ситуации.

Если ваш документ содержит имеющие существенное значение примеры программного кода, мы рекомендуем вам выпустить их отдельно в соответствии с условиями одной из лицензий на свободное программное обеспечение, например GNU General Public License, чтобы их можно было использовать как свободное программное обеспечение.



## Текст лицензии GNU Free Documentation License на английском языке

Ниже представлена английская версия лицензии, размещенная на странице Википедии:  
[http://ru.wikipedia.org/wiki/Википедия:Текст лицензии GNU Free Documentation License 1.2](http://ru.wikipedia.org/wiki/Википедия:Текст_лицензии_GNU_Free_Documentation_License_1.2)

Оригинальный текст можно прочитать на странице <http://www.gnu.org/licenses/old-licenses/fdl-1.2.html>

Version 1.2, November 2002

Copyright (C) 2000,2001,2002 Free Software Foundation, Inc.

51 Franklin St, Fifth Floor, Boston, MA 02110-1301 USA

Everyone is permitted to copy and distribute verbatim copies of this license document, but changing it is not allowed.

### 0. PREAMBLE

The purpose of this License is to make a manual, textbook, or other functional and useful document "free" in the sense of freedom: to assure everyone the effective freedom to copy and redistribute it, with or without modifying it, either commercially or noncommercially. Secondly, this License preserves for the author and publisher a way to get credit for their work, while not being considered responsible for modifications made by others.

This License is a kind of "copyleft", which means that derivative works of the document must themselves be free in the same sense. It complements the GNU General Public License, which is a copyleft license designed for free software.

We have designed this License in order to use it for manuals for free software, because free software needs free documentation: a free program should come with manuals providing the same freedoms that the software does. But this License is not limited to software manuals; it can be used for any textual work, regardless of subject matter or whether it is published as a printed book. We recommend this License principally for works whose purpose is instruction or reference.

### 1. APPLICABILITY AND DEFINITIONS

This License applies to any manual or other work, in any medium, that contains a notice placed by the copyright holder saying it can be distributed under the terms of this License. Such a notice grants a world-wide, royalty-free license, unlimited in duration, to use that work under the conditions stated herein. The "Document", below, refers to any such manual or work. Any member of the public is a licensee, and is addressed as "you". You accept the license if you copy, modify or distribute the work in a way requiring permission under copyright law.

A "Modified Version" of the Document means any work containing the Document or a portion of it, either copied verbatim, or with modifications and/or translated into another language.

A "Secondary Section" is a named appendix or a front-matter section of the Document that deals exclusively with the relationship of the publishers or authors of the Document to the Document's overall subject (or to related matters) and contains nothing that could fall directly within that overall subject. (Thus, if the Document is in part a textbook of mathematics, a Secondary Section may not explain any mathematics.) The relationship could be

a matter of historical connection with the subject or with related matters, or of legal, commercial, philosophical, ethical or political position regarding them.

The "Invariant Sections" are certain Secondary Sections whose titles are designated, as being those of Invariant Sections, in the notice that says that the Document is released under this License. If a section does not fit the above definition of Secondary then it is not allowed to be designated as Invariant. The Document may contain zero Invariant Sections. If the Document does not identify any Invariant Sections then there are none.

The "Cover Texts" are certain short passages of text that are listed, as Front-Cover Texts or Back-Cover Texts, in the notice that says that the Document is released under this License. A Front-Cover Text may be at most 5 words, and a Back-Cover Text may be at most 25 words.

A "Transparent" copy of the Document means a machine-readable copy, represented in a format whose specification is available to the general public, that is suitable for revising the document straightforwardly with generic text editors or (for images composed of pixels) generic paint programs or (for drawings) some widely available drawing editor, and that is suitable for input to text formatters or for automatic translation to a variety of formats suitable for input to text formatters. A copy made in an otherwise Transparent file format whose markup, or absence of markup, has been arranged to thwart or discourage subsequent modification by readers is not Transparent. An image format is not Transparent if used for any substantial amount of text. A copy that is not "Transparent" is called "Opaque".

Examples of suitable formats for Transparent copies include plain ASCII without markup, Texinfo input format, LaTeX input format, SGML or XML using a publicly available DTD, and standard-conforming simple HTML, PostScript or PDF designed for human modification. Examples of transparent image formats include PNG, XCF and JPG. Opaque formats include proprietary formats that can be read and edited only by proprietary word processors, SGML or XML for which the DTD and/or processing tools are not generally available, and the machine-generated HTML, PostScript or PDF produced by some word processors for output purposes only.

The "Title Page" means, for a printed book, the title page itself, plus such following pages as are needed to hold, legibly, the material this License requires to appear in the title page. For works in formats which do not have any title page as such, "Title Page" means the text near the most prominent appearance of the work's title, preceding the beginning of the body of the text.

A section "Entitled XYZ" means a named subunit of the Document whose title either is precisely XYZ or contains XYZ in parentheses following text that translates XYZ in another language. (Here XYZ stands for a specific section name mentioned below, such as "Acknowledgements", "Dedications", "Endorsements", or "History".) To "Preserve the Title" of such a section when you modify the Document means that it remains a section "Entitled XYZ" according to this definition.

The Document may include Warranty Disclaimers next to the notice which states that this License applies to the Document. These Warranty Disclaimers are considered to be included by reference in this License, but only as regards disclaiming warranties: any other implication that these Warranty Disclaimers may have is void and has no effect on the meaning of this License.

## **2. VERBATIM COPYING**

You may copy and distribute the Document in any medium, either commercially or noncommercially, provided that this License, the copyright notices, and

the license notice saying this License applies to the Document are reproduced in all copies, and that you add no other conditions whatsoever to those of this License. You may not use technical measures to obstruct or control the reading or further copying of the copies you make or distribute. However, you may accept compensation in exchange for copies. If you distribute a large enough number of copies you must also follow the conditions in section 3. You may also lend copies, under the same conditions stated above, and you may publicly display copies.

### **3. COPYING IN QUANTITY**

If you publish printed copies (or copies in media that commonly have printed covers) of the Document, numbering more than 100, and the Document's license notice requires Cover Texts, you must enclose the copies in covers that carry, clearly and legibly, all these Cover Texts: Front-Cover Texts on the front cover, and Back-Cover Texts on the back cover. Both covers must also clearly and legibly identify you as the publisher of these copies. The front cover must present the full title with all words of the title equally prominent and visible. You may add other material on the covers in addition. Copying with changes limited to the covers, as long as they preserve the title of the Document and satisfy these conditions, can be treated as verbatim copying in other respects.

If the required texts for either cover are too voluminous to fit legibly, you should put the first ones listed (as many as fit reasonably) on the actual cover, and continue the rest onto adjacent pages.

If you publish or distribute Opaque copies of the Document numbering more than 100, you must either include a machine-readable Transparent copy along with each Opaque copy, or state in or with each Opaque copy a computer-network location from which the general network-using public has access to download using public-standard network protocols a complete Transparent copy of the Document, free of added material. If you use the latter option, you must take reasonably prudent steps, when you begin distribution of Opaque copies in quantity, to ensure that this Transparent copy will remain thus accessible at the stated location until at least one year after the last time you distribute an Opaque copy (directly or through your agents or retailers) of that edition to the public.

It is requested, but not required, that you contact the authors of the Document well before redistributing any large number of copies, to give them a chance to provide you with an updated version of the Document.

### **4. MODIFICATIONS**

You may copy and distribute a Modified Version of the Document under the conditions of sections 2 and 3 above, provided that you release the Modified Version under precisely this License, with the Modified Version filling the role of the Document, thus licensing distribution and modification of the Modified Version to whoever possesses a copy of it. In addition, you must do these things in the Modified Version:

Use in the Title Page (and on the covers, if any) a title distinct from that of the Document, and from those of previous versions (which should, if there were any, be listed in the History section of the Document). You may use the same title as a previous version if the original publisher of that version gives permission.

List on the Title Page, as authors, one or more persons or entities responsible for authorship of the modifications in the Modified Version, together with at least five of the principal authors of the Document (all of

its principal authors, if it has fewer than five), unless they release you from this requirement.

State on the Title page the name of the publisher of the Modified Version, as the publisher.

Preserve all the copyright notices of the Document.

Add an appropriate copyright notice for your modifications adjacent to the other copyright notices.

Include, immediately after the copyright notices, a license notice giving the public permission to use the Modified Version under the terms of this License, in the form shown in the Addendum below.

Preserve in that license notice the full lists of Invariant Sections and required Cover Texts given in the Document's license notice.

Include an unaltered copy of this License.

Preserve the section Entitled "History", Preserve its Title, and add to it an item stating at least the title, year, new authors, and publisher of the Modified Version as given on the Title Page. If there is no section Entitled "History" in the Document, create one stating the title, year, authors, and publisher of the Document as given on its Title Page, then add an item describing the Modified Version as stated in the previous sentence.

Preserve the network location, if any, given in the Document for public access to a Transparent copy of the Document, and likewise the network locations given in the Document for previous versions it was based on. These may be placed in the "History" section. You may omit a network location for a work that was published at least four years before the Document itself, or if the original publisher of the version it refers to gives permission.

For any section Entitled "Acknowledgements" or "Dedications", Preserve the Title of the section, and preserve in the section all the substance and tone of each of the contributor acknowledgements and/or dedications given therein.

Preserve all the Invariant Sections of the Document, unaltered in their text and in their titles. Section numbers or the equivalent are not considered part of the section titles.

Delete any section Entitled "Endorsements". Such a section may not be included in the Modified Version.

Do not retitle any existing section to be Entitled "Endorsements" or to conflict in title with any Invariant Section.

Preserve any Warranty Disclaimers.

If the Modified Version includes new front-matter sections or appendices that qualify as Secondary Sections and contain no material copied from the Document, you may at your option designate some or all of these sections as invariant. To do this, add their titles to the list of Invariant Sections in the Modified Version's license notice. These titles must be distinct from any other section titles.

You may add a section Entitled "Endorsements", provided it contains nothing but endorsements of your Modified Version by various parties--for example, statements of peer review or that the text has been approved by an organization as the authoritative definition of a standard.

You may add a passage of up to five words as a Front-Cover Text, and a passage of up to 25 words as a Back-Cover Text, to the end of the list of Cover Texts in the Modified Version. Only one passage of Front-Cover Text and one of Back-Cover Text may be added by (or through arrangements made by) any one entity. If the Document already includes a cover text for the same cover, previously added by you or by arrangement made by the same entity you are acting on behalf of, you may not add another; but you may replace the old one, on explicit permission from the previous publisher that added the old one.

The author(s) and publisher(s) of the Document do not by this License give permission to use their names for publicity for or to assert or imply endorsement of any Modified Version.

## **5. COMBINING DOCUMENTS**

You may combine the Document with other documents released under this License, under the terms defined in section 4 above for modified versions, provided that you include in the combination all of the Invariant Sections of all of the original documents, unmodified, and list them all as Invariant Sections of your combined work in its license notice, and that you preserve all their Warranty Disclaimers.

The combined work need only contain one copy of this License, and multiple identical Invariant Sections may be replaced with a single copy. If there are multiple Invariant Sections with the same name but different contents, make the title of each such section unique by adding at the end of it, in parentheses, the name of the original author or publisher of that section if known, or else a unique number. Make the same adjustment to the section titles in the list of Invariant Sections in the license notice of the combined work.

In the combination, you must combine any sections Entitled "History" in the various original documents, forming one section Entitled "History"; likewise combine any sections Entitled "Acknowledgements", and any sections Entitled "Dedications". You must delete all sections Entitled "Endorsements."

## **6. COLLECTIONS OF DOCUMENTS**

You may make a collection consisting of the Document and other documents released under this License, and replace the individual copies of this License in the various documents with a single copy that is included in the collection, provided that you follow the rules of this License for verbatim copying of each of the documents in all other respects.

You may extract a single document from such a collection, and distribute it individually under this License, provided you insert a copy of this License into the extracted document, and follow this License in all other respects regarding verbatim copying of that document.

## **7. AGGREGATION WITH INDEPENDENT WORKS**

A compilation of the Document or its derivatives with other separate and independent documents or works, in or on a volume of a storage or distribution medium, is called an "aggregate" if the copyright resulting from the compilation is not used to limit the legal rights of the compilation's users beyond what the individual works permit. When the Document is included in an aggregate, this License does not apply to the other works in the aggregate which are not themselves derivative works of the Document.

If the Cover Text requirement of section 3 is applicable to these copies of the Document, then if the Document is less than one half of the entire aggregate, the Document's Cover Texts may be placed on covers that bracket the Document within the aggregate, or the electronic equivalent of covers if the Document is in electronic form. Otherwise they must appear on printed covers that bracket the whole aggregate.

## **8. TRANSLATION**

Translation is considered a kind of modification, so you may distribute translations of the Document under the terms of section 4. Replacing

Invariant Sections with translations requires special permission from their copyright holders, but you may include translations of some or all Invariant Sections in addition to the original versions of these Invariant Sections. You may include a translation of this License, and all the license notices in the Document, and any Warranty Disclaimers, provided that you also include the original English version of this License and the original versions of those notices and disclaimers. In case of a disagreement between the translation and the original version of this License or a notice or disclaimer, the original version will prevail. If a section in the Document is Entitled "Acknowledgements", "Dedications", or "History", the requirement (section 4) to Preserve its Title (section 1) will typically require changing the actual title.

## 9. TERMINATION

You may not copy, modify, sublicense, or distribute the Document except as expressly provided for under this License. Any other attempt to copy, modify, sublicense or distribute the Document is void, and will automatically terminate your rights under this License. However, parties who have received copies, or rights, from you under this License will not have their licenses terminated so long as such parties remain in full compliance.

## 10. FUTURE REVISIONS OF THIS LICENSE

The Free Software Foundation may publish new, revised versions of the GNU Free Documentation License from time to time. Such new versions will be similar in spirit to the present version, but may differ in detail to address new problems or concerns. See <http://www.gnu.org/copyleft/>.

Each version of the License is given a distinguishing version number. If the Document specifies that a particular numbered version of this License "or any later version" applies to it, you have the option of following the terms and conditions either of that specified version or of any later version that has been published (not as a draft) by the Free Software Foundation. If the Document does not specify a version number of this License, you may choose any version ever published (not as a draft) by the Free Software Foundation.

### How to use this License for your documents

To use this License in a document you have written, include a copy of the License in the document and put the following copyright and license notices just after the title page:

Copyright (c) YEAR YOUR NAME.  
Permission is granted to copy, distribute and/or modify this document  
under the terms of the GNU Free Documentation License, Version 1.2  
or any later version published by the Free Software Foundation;  
with no Invariant Sections, no Front-Cover Texts, and no Back-Cover Texts.  
A copy of the license is included in the section entitled "GNU  
Free Documentation License".

If you have Invariant Sections, Front-Cover Texts and Back-Cover Texts, replace the "with...Texts." line with this:

with the Invariant Sections being LIST THEIR TITLES, with the  
Front-Cover Texts being LIST, and with the Back-Cover Texts being LIST.



If you have Invariant Sections without Cover Texts, or some other combination of the three, merge those two alternatives to suit the situation.

If your document contains nontrivial examples of program code, we recommend releasing these examples in parallel under your choice of free software license, such as the GNU General Public License, to permit their use in free software.