Министерство образования Республики Беларусь
Белорусский государственный университет
Факультет географии и геоинформатики
Кафедра почвоведения и геоинформационных систем

СОГЛАСОВАНО
Заведующий кафедрой
_____Клебанович Н. В.
«18» декабря 2019 г.

СОГЛАСОВАНО
Декан факультета
_____ Курлович Д. М.
«26» декабря 2019 г.

СОГЛАСОВАНО
Председатель
учебно-методической комиссии факультета
_____ Кольмакова Е. Г.
«25» декабря 2020 г.

Введение в ГИС

Электронный учебно-методический комплекс для специальности:
1-56 02 02 «Геоинформационные системы (по направлениям)»
направления специальности:
1-56 02 02-01 «Геоинформационные системы (земельно-кадастровые)»,
1-56 02 02-02 «Геоинформационные системы (специальные)»

Регистрационный № 2.4.2-12/13

Составители:
Н. В. Жуковская, кандидат географических наук, доцент;
О. М. Ковалевская

Рассмотрено и утверждено на заседании Научно-методического совета БГУ 03.01.2020 г., протокол № 3.

Минск 2019

УДК 91:004(075.8)
В 24

Утверждено на заседании Научно-методического совета БГУ.
Протокол № 3 от 03.01.2020 г.

Решение о депонировании вынес:
Совет факультета географии и геоинформатики
Протокол № 5 от 26.12.2019 г.

С о с т а в и т е л и:

Жуковская Наталья Викторовна, кандидат географических наук, доцент, доцент кафедры почвоведения и геоинформационных систем БГУ;

Ковалевская Ольга Михайловна, старший преподаватель кафедры почвоведения и геоинформационных систем БГУ.

Рецензенты:

кафедра физической географии и методики преподавания географии УО «Белорусский государственный педагогический университет им. М. Танка» (зав. кафедрой Таранчук А. В., кандидат географических наук, доцент);

Червань А. Н., ведущий научный сотрудник РУП «Институт почвоведения и агрохимии НАН Беларуси», кандидат сельскохозяйственных наук, доцент.

Введение в ГИС : электронный учебно-методический комплекс для специальности: 1-56 02 02 «Геоинформационные системы» (по направлениям)», направления специальности: 1-56 02 02-01 «Геоинформационные системы (земельно-кадастровые)», 1-56 02 02-02 «Геоинформационные системы (специальные)» / БГУ, Фак. географии и геоинформатики, Каф. почвоведения и геоинформационных систем ; сост.: Н. В. Жуковская, О. М. Ковалевская. – Минск : БГУ, 2019. – 40 с. : ил., табл. – Библиогр.: с. 39–40.

Электронный учебно-методический комплекс предназначен для студентов, обучающихся по специальности 1-56 02 02 «Геоинформационные системы». Содержание ЭУМК предполагает повышение эффективности управления образовательным процессом и самостоятельной работой студентов по освоению учебной дисциплины «Введение в ГИС» с помощью внедрения в образовательный процесс инновационных образовательных технологий, обеспечение качественной подготовки высококвалифицированных специалистов.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА 4
1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ 6
1.1. Понятие ГИС 6
1.2. Этапы развития и современное состояние ГИС-технологий 7
1.3. Источники данных для ГИС 10
1.4. Пространственные данные в ГИС 14
1.5. Векторная модель географических данных 16
1.6. Растровая модель географических данных 18
1.7. Пространственный анализ в ГИС 19
2. ПРАКТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ 25
Лабораторная работа 1. Основные приемы работы в QGIS 25
Лабораторная работа 2. Географическая привязка растров в QGIS 26
Лабораторная работа 3. Создание точечного слоя из текстовых данных в QGIS. Тепловые карты 27
Лабораторная работа 4. Создание туристической карты в QGIS 28
Лабораторная работа 5. Получение основных пространственных характеристик объектов в QGIS 28
Лабораторная работа 6. Соединение таблиц в QGIS 29
Лабораторная работа 7. Поиск кратчайшего маршрута с помощью Road graph для QGIS 30
Лабораторная работа 8. Построение и анализ цифровой модели рельефа 30
Лабораторная работа 9. Начало работы в GRASS ГИС через графический интерфейс QGIS 31
3. РАЗДЕЛ КОНТРОЛЯ ЗНАНИЙ 33
3.1. Перечень тестов и контрольных заданий 33
3.2. Вопросы к зачету по дисциплине 34
3.3. Организация самостоятельной работы 35
3.4. Перечень заданий по управляемой самостоятельной работе студентов 36
4. ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЙ РАЗДЕЛ 37
4.1. Учебно-методическая карта по учебной дисциплине для специальности 37
4.2. Рекомендуемая литература 39
4.3. Электронные ресурсы 39

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Электронный учебно-методический комплекс (ЭУМК) по учебной дисциплине «Введение в ГИС» (ГИС – географические информационные системы) предназначен для реализации требований образовательных программ, образовательного стандарта и учебного плана по специальности 1-56 02 02 «Геоинформационные системы». Его наличие обеспечивает стабильность качества образовательного процесса и является методической основой для обеспечения эффективной самостоятельной работы студентов.

ЭУМК по учебной дисциплине «Введение в ГИС» создан на научно-методическом и программно-техническом уровнях, соответствующих современным информационно-коммуникационным технологиям и призван обеспечить реализацию учебных целей и задач на всех этапах образовательного процесса по данной дисциплине.

Назначение – реализация требований образовательного стандарта и учебной программы, обеспечение непрерывности и полноты процесса обучения, систематизации и контроля знаний по учебной дисциплине «Введение в ГИС».

Цель ЭУМК – повышение эффективности управления образовательным процессом и самостоятельной работой студентов по освоению учебной дисциплины «Введение в ГИС» с помощью внедрения в образовательный процесс инновационных образовательных технологий, обеспечение подготовки высококвалифицированных специалистов.

Область применения – на лабораторно-практических занятиях по курсу «Введение в ГИС», в ходе самостоятельной подготовки к аудиторным занятиям, текущему и итоговому контролю знаний по разделам дисциплины, ориентация в выполнении управляемой самостоятельной работы.

Функциональные возможности ЭУМК – средство ориентации в содержании дисциплины «Введение в ГИС» и порядке изучения учебного материала, освоение теоретического и практического материала, подготовка к контролю знаний. Весь материал ЭУМК структурирован по разделам таким образом, чтобы знаниями по учебной дисциплине «Введение в ГИС» студент мог овладеть самостоятельно. ЭУМК по учебной дисциплине «Введение в ГИС» включает 4 основных раздела: теоретический, практический, контроля знаний и вспомогательный.

Теоретический раздел ЭУМК содержит конспект лекций для теоретического изучения учебной дисциплины, на основе учебного пособия Введение в ГИС: пособие для студентов геогр. фак. / Л.В. Гурьянова. – Минск: БГУ, 2009. – 128 с. [Электронный ресурс] / Электронная библиотека БГУ. – Режим доступа: http://elib.bsu.by/handle/123456789/15309 – Дата доступа 17.01.2020,

а также на основе курса лекций Аппаратно-программные средства ГИС: курс лекций / Л.В. Гурьянова. – Минск: БГУ, 2003. – 140 с. [Электронный ресурс] / Электронная библиотека БГУ. – Режим доступа: http://elib.bsu.by/handle/123456789/15304. – Дата доступа 15.01.2020.

Практический раздел ЭУМК включает методические рекомендации и варианты заданий для проведения лабораторно-практических занятий на основе пособия

Введение в ГИС на основе QGIS : пособие / Н. В. Жуковская. – Минск : БГУ, 2018. – 131 с. [Электронный ресурс] / Электронная библиотека БГУ. – Режим доступа: http://elib.bsu.by/handle/123456789/196241. – Дата доступа 21.01.2020.

Раздел контроля знаний ЭУМК содержит материалы к контролю знаний и к аттестации, позволяющие определить соответствие результатов учебной деятельности обучающихся требованиям образовательного стандарта и учебно-программной документации по специальности. Данный раздел включает: теоретические вопросы и практические задания к зачету, примеры тестовых заданий, перечень заданий и контрольных мероприятий управляемой самостоятельной работы.

Вспомогательный раздел ЭУМК содержит ссылки на учебную программу по учебной дисциплине «Введение в ГИС».

ЭУМК по учебной дисциплине «Введение в ГИС» предназначен для преподавателей, студентов, аспирантов, магистрантов, изучающих геоинформатику.

Дисциплина «Введение в ГИС» имеет прикладную направленность и ориентирована на формирование системы современных знаний в области геоинформационных систем и технологий. Рассматриваются общие вопросы геоинформатики, функциональные возможности географических информационных систем, модели представления пространственных данных в ГИС, операции пространственного моделирования и анализа геоданных. Курс разработан на основе ГИС QGIS, одной из самых динамично развивающихся географических информационных систем с открытым исходным кодом.

1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ

1.1. Понятие ГИС

Согласно современным представлениям, принятым в русскоязычной литературе, географическая информационная система (ГИС) или Geographic Information System (GIS) – это совокупность технических, программных и информационных средств, обеспечивающих ввод, хранение, обработку, математико–картографическое моделирование и образное интегрированное представление географических и соотнесенных с ними атрибутивных данных для решения проблем территориального планирования и управления.

Основными компонентами ГИС являются компьютер и компьютерная периферия со специальным программным обеспечением, геопространственные данные и ГИС–специалисты.

Все данные в ГИС разделяются на две большие группы – графику (пространственные данные) и атрибуты (тематические данные). ГИС поддерживают векторную и растровую графику.

Роль ГИС-специалистов заключается в разработке дизайна будущей геоинформационной системы, сборе геопространственной информации, ее оцифровке и принятии обоснованных решений по территориальному планированию на основе анализа геопространственных данных.

ГИС должны выполнять следующие основные функции:

- функции автоматизированного картографирования;
- функции пространственного анализа;
- функции управления данными.

Функции автоматизированного картографирования должны обеспечивать работу с картографическими данными ГИС с целью их отбора, обновления и преобразования для производства высококачественных карт и рисунков (таблица 1).

Функции пространственного анализа должны обеспечивать совместное использование и обработку картографических и атрибутивных данных в интересах создания производных картографических данных и выполнения пространственного анализа.

Функции управления данными должны обеспечивать работу с атрибутивными (неграфическими) данными ГИС с целью их отбора, обновления и преобразования для производства стандартных и рабочих отчетов.

Таблица 1 – Основные функции ГИС

Основные функции	**Содержание функций (выполняемые операции)**
Автоматизированного картографирования	Векторно—растровые преобразования
	Преобразования координатной системы
	Преобразования картографических проекций и масштабов
	«Склейка» отдельных листов
	Осуществление картометрических измерений (вычисления площадей, расстояний)
	Размещение текстовых надписей и внемасштабных картографических знаков
	Формирование макета печати
Функции пространственного анализа	Анализ географической близости
	Анализ сетей
	Топологическое наложение полигонов
	Интерполяция и изолинейное картографирование полей
	Вычисление буферных зон
Функции управления данными	Пользовательские запросы
	Генерация пользовательских документов
	Статистические вычисления
	Логические операции
	Поддержание информационной безопасности
	Стандартные формы запросов
	Стандартные формы представления результатов запросов

1.2. Этапы развития и современное состояние ГИС-технологий

Несмотря на то что геоинформатика как наука относительно молода она имеет свою историю, которая может быть разделены на четыре нечетко выраженных периода [5]:

– пионерный период (1960-е гг.);

– период государственных инициатив (1970-е гг.);

– период коммерческого развития (1980-е гг. – настоящее время);

– пользовательский период (поздние 1980-е гг. – настоящее время).

Пионерный период развивался на фоне успехов компьютерных технологий (появление электронных вычислительных машин, цифрователей, плоттеров, графических дисплеев и других периферийных устройств) при одновременном, часто независимом друг от друга, создании программных алгоритмов и процедур графического отображения информации на дисплеях и с помощью плоттеров, формальных методов пространственного анализа, программных средств управления базами данных [4].

Наиболее ярким примером этого периода было создание в 1963–1971 гг. Канадской ГИС (CGIS) под руководством Р. Томлинсона. Данная система со-

здавалась для анализа данных инвентаризации земель Канады в области рационализации землепользования [5].

Большое воздействие на развитие ГИС в середине 60-х годов оказала Гарвардская лаборатория компьютерной графики и пространственного анализа (Harvard Laboratory for Computer Graphics & Spatial Analysis) Массачусетского технологического института. Ее основал в середине 60-х годов Говард Фишер (Howard Fisher) с целью разработки программных средств многофункционального компьютерного картографирования, которые стали существенным шагом в алгоритмическом совершенствовании ГИС и оставались ими вплоть до начала 80-х годов [3].

На данном этапе было предложено: использование сканирования для автоматизации процесса ввода геоданных; расчленение картографической информации на тематические слои и разработка концептуального решения о «таблицах атрибутивных данных», что позволило разделить файлы плановой (геометрической) геоинформации о местоположении объектов и файлы, включающие тематическую информацию об этих объектах; функции и алгоритмы оверлейных операций с полигонами, подсчет площадей и других картометрических показателей [4].

Период государственных инициатив: ранние 1970-е – ранние 1980-е гг. В этот период прослеживается развитие крупных геоинформационных проектов, поддерживаемых государством, формирование государственных институтов снижение роли и влияния отдельных исследователей и небольших групп.

К тому времени Национальное бюро переписей США (U.S. Census Bureau) разрабатывает комплексный подход к географии переписей с использованием ГИС-технологий. В результате перепись населения США в 1970 г. впервые выполнена с картографической поддержкой. Для этих целей был разработан специальный формат представления картографических данных DIME (Dual Independent Map Encoding), для которого были определены прямоугольные координаты перекрестков, разбивающих улицы всех населенных пунктов США на отдельные сегменты. Алгоритмы обработки и представления картографических данных были заимствованы у разработчиков ГИС Канады и Гарвардской лаборатории и оформлены в виде программы POLYVRT, осуществляющей конвертирование адресов проживания в соответствующие координаты, описывающие графические сегменты улиц. Таким образом, в этой разработке впервые был широко использован топологический подход к организации управления географической информацией, содержащий математический способ описания пространственных взаимосвязей между объектами [3].

В этот период сформировалось понятие пространственных объектов, описываемых позиционными и непозиционными атрибутами. Оформились две альтернативные линии представления – растровые и векторные, включая топологические линейно-узловые представления. Чуть позже создана технология массового цифрования карт. Поставлены и решены задачи, образующие ядро геоинформационных технологий: наложение (оверлей) разноименных слоев, генерация буферных зон, полигонов Тиссена и иные операции манипулирования

пространственными данными, включая определения принадлежности точки полигону и операции вычислительной геометрии в целом [5].

Период коммерческого развития наступает в 1980-е гг., когда отдельные компьютерные программные пакеты по обработке данных, подготовке текстов или карт трансформируются в единую увязанную систему, способную помочь человеку в принятии ответственных решений [5]. В это же время создаются компьютерные локальные и глобальные сети, революционно изменившие доступ к базам данных. Отмечается быстрое развитие ГИС. Разработка коммерческих программных средств ГИС, связанная в немалой степени с возможностями мини- и микроконфигураций вычислительных средств, а позже и персональных ЭВМ, существенно меняет всю геоинформационную индустрию, появление которой связывается именно с этим периодом. Создание ГИС стало основываться не на уникальных программных и аппаратных средствах собственной разработки, а на адаптации функциональных возможностей универсальных программных продуктов к анализируемым проблемам. Именно это время стало периодом создания ГИС на базе персональных компьютеров [4]. Одним из ярких примеров этого периода является появление наиболее популярного в мире программного обеспечения ARC/INFO в Институте изучения систем окружающей среды (ESRI, Inc.) США, к созданию которого привело соединение стандартной реляционной системы управления базами данных (INFO) с программой (ARC). Другим успешным коммерческим предприятием в области производства аппаратно-программных средств для ГИС стал и до сих пор остается Integraph Corp.[3].

В 80-е годы существенно расширяется круг решаемых задач, геоинформационные технологии проникают во все новые сферы науки, производственной деятельности и образование. Осваиваются принципиально новые источники массовых данных для ГИС: данные дистанционного зондирования, включая материалы спутников серии Landsat, а позднее SPOT, данные глобальных систем позиционирования. Цифровые методы обработки изображений интегрируются с системами автоматизированной картографии и ГИС [5].

Пользовательский период – поздние 1980-е – настоящее время. Повышенная конкуренция среди коммерческих производителей геоинформационных технологий услуг дает преимущества пользователям ГИС, доступность и «открытость» программных средств позволяет использовать и даже модифицировать программы, появление пользовательских «клубов», телеконференций, территориально разобщенных, но связанных единой тематикой пользовательских групп, возросшая потребность в геоданных, начало формирования мировой геоинформационной инфраструктуры [15].

В этот период разработчики и владельцы геоинформационного программного продукта GRASS (Geographic Resources Analysis Support System), созданного американскими военными специалистами (Army Corps of Engineers) для задач планирования природопользования и землеустройства, открыли GRASS для бесплатного пользования. Примеру Army Corps of Engineers последовала корпорация ESRI, Inc., открывшая в 1994 г. для неограниченного бесплатного пользования свой программный продукт ArcView 1 for Windows. Таким образом, пользователи и программисты получили возможность создавать

собственные приложения, интегрируя вышеназванные ГИС с другими программными продуктами.

Появились интеллектуальные системы и технологии мультимедиа. Интенсивно велись работы в области моделирования: активно стала внедряться теория фракталов, катастроф, хаоса в географии и особенно применение нейронных сетей для многомерных классификаций и прогнозирования — задач, традиционно важных для всех географических наук. Бурно и стремительно ведутся работы по инфраструктурам пространственных данных. Очень многочисленными стали примеры интеграции ГИС и Интернет. Все большее внимание стало уделяться интеллектуальному анализу данных (data mining) [5].

1.3. Источники данных для ГИС

ГИС связывает и интегрирует самую разнородную информацию, которую трудно объединить и проанализировать совместно через какие-либо другие средства. Информационное наполнение ГИС осуществляется путем ввода различных первичных материалов, в том числе результатов измерений на местности, геологических исследований, картографирования, аэрофото – и космической съемки, специальной тематической информации. Необходимо отметить, что общая стоимость приобретения данных для ГИС и их ввод в цифровой форме оцениваются специалистами в сумму около 80% от общей стоимости ГИС-проекта [5].

Основными ***источниками данных для ГИС*** являются [4]:

– планово-картографические материалы;

– данные дистанционного зондирования Земли, полученные в результате аэро- и космосъемок, лидарной и сонарной съемок;

– геодезические измерения;

– данные систем спутникового позиционирования;

– материалы систем автоматизированного проектирования;

– базы данных текстовой и количественной информации;

– базы геоданных.

Географические карты являются основополагающим источником информации при создании ГИС. Географические объекты реального мира смоделированы на карте с использованием графических примитивов (точка, линия, полигон), специальных символов, цвета и текстовых подписей. При описании географических объектов в ГИС карта является важным источником информации о пространственных отношениях между объектами, т.е. взаимоотношениях между различными географическими объектами. Пространственные отношения присутствуют на карте в неявном виде - все зависит от того, каким образом и как интерпретируется ее содержание [3].

Наряду с традиционной картографической информацией, данные дистанционного зондирования (ДДЗ) составляют информационную основу ГИС-технологий. Под дистанционным зондированием понимаются исследования географических объектов неконтактным способом с использованием съемки с летательных аппаратов – атмосферных и космических, в результате которых

получается изображение земной поверхности в каком-либо диапазоне (диапазонах) электромагнитного спектра.

Данные ДДЗ могут классифицироваться по различным видам разрешения и охвата, по способу формирования (развертки) изображения, по специальным возможностям (стереорежим, сложная геометрия съемки), по типу орбиты, с которой производится съемка, и т.д. [3].

При обработке данных дистанционного зондирования важным показателем является пространственное разрешение на местности, т. е. минимально различимый размер географического объекта. ДДЗ характеризуются несколькими видами разрешений: пространственным, спектральным, радиометрическим и временным. Под термином «разрешение» обычно подразумевается пространственное разрешение. В зависимости от решаемых задач, могут использоваться данные низкого (более 100 м), среднего (10–100 м) и высокого (менее 10 м) разрешений [3].

Спектральное разрешение указывает на то, какие участки спектра электромагнитных волн (ЭМВ) регистрируются сенсором. При анализе природной среды, например, для экологического мониторинга, этот параметр – наиболее важный. Условно весь диапазон длин волн, используемых в ДДЗ, можно поделить на три участка - радиоволны, тепловое излучение и видимый свет. Такое деление обусловлено различием взаимодействия электромагнитных волн и земной поверхности, различием в процессах, определяющих отражение и излучение ЭМВ.

Наиболее часто используемый диапазон ЭМВ – это видимый свет и примыкающее к нему коротковолновое ИК-излучение. В этом диапазоне отражаемая солнечная радиация несет в себе информацию, главным образом, о химическом составе поверхности. Тепловое ИК-излучение несет информацию, в основном, о температуре поверхности. Помимо прямого определения температурных режимов видимых объектов и явлений (как природных, так и искусственных), тепловые снимки позволяют косвенно выявлять то, что скрыто под землей – подземные реки, трубопроводы и т.п. Сантиметровый диапазон радиоволн используется для радарной съемки. Важнейшее преимущество снимков этого класса – в их всепогодности. Поскольку радар регистрирует собственное, отраженное земной поверхностью, излучение, для его работы не требуется солнечный свет. Кроме того, радиоволны этого диапазона свободно проходят через сплошную облачность и даже способны проникать на некоторую глубину в почву.

По снимаемым спектральным диапазонам данные дистанционного зондирования могут различаться как полученные в одном спектральном диапазоне (чаще всего в широком видимом участке спектра – панхроматические) и съемки многозональные, когда одновременно, но раздельно фиксируются несколько изображений в различных зонах спектра. Их может 3, 4, 5, *7* и даже больше, вплоть до нескольких десятков и даже сотен узких спектральных зон. Если этих зон больше 16, то такие снимки уже называют не многозональными или мультиспектральными, а гиперспектральными [3].

Радиометрическое разрешение определяет диапазон различимых на снимке яркостей. Большинство сенсоров обладают радиометрическим разрешением 6 или 8 бит, что наиболее близко к мгновенному динамическому диапазону зрения человека.

Временное разрешение определяет, с какой периодичностью один и тот же сенсор может снимать некоторый участок земной поверхности. Этот параметр весьма важен для мониторинга чрезвычайных ситуаций и других быстро развивающихся явлений.

Автоматизированная компьютерная обработка разнородной пространственной географической информации с использованием ГИС-технологий вызвала необходимость получения высокоточных координат. В настоящее время высокоточное определение местоположения на местности как в статике так и в движении достигается использованием данных с систем спутникового позиционирования, которые затем интегрируются в ГИС.

Техника навигационных определений по сигналам искусственных спутников Земли (ИСЗ) стала отрабатываться начиная с 1957 г. Спутниковые радионавигационные системы первого поколения появились в начале 60-х годов.

В настоящее время в мире функционируют три основные системы спутникового позиционирования с разной степенью навигационного покрытия и уровнем сервиса предоставляемых навигационных услуг – GPS (США), ГЛОНАСС (Россия), Galileo (Европейский Союз).

Как нередко бывает с высокотехнологичными проектами, инициаторами разработки и реализации системы GPS (Global Positioning System – система глобального позиционирования) в США стали военные. Проект спутниковой сети для определения координат в режиме реального времени в любой точке земного шара был назван Navstar (Navigation system with timing and ranging – навигационная система определения времени и дальности), тогда как аббревиатура GPS появилась позднее, когда система стала использоваться не только в оборонных, но и в гражданских целях.

Первые шаги по развертыванию навигационной сети были предприняты в середине семидесятых, коммерческая же эксплуатация системы в сегодняшнем виде началась с 1995 г.

Система GPS в целом состоит из трех сегментов: космического, управляющего, пользовательского.

Космический сегмент. Основой системы являются 24 GPS-спутника, движущихся над поверхностью Земли по 6 орбитальным траекториям (по 4 спутника на каждой), на высоте 20 180 км, Наклонение траекторий составляет 55 градусов. Спутники GPS распределены по шести орбитальным плоскостям. Орбиты спутников обеспечивают одновременную видимость от четырех до двенадцати аппаратов в любой точке земной поверхности. Срок службы каждого из них составляет 10 лет, их заменяют по мере выхода из строя.

Управляющий сегмент. В этот сегмент GPS входят 5 контрольных центров (включая мастер-центр), дислоцированных на американских военных базах. Станции наблюдения, расположенные на Гавайях, атолле Кваджелейн (Kwajalein), островах Вознесения (Ascension Island) и Диего-Гарсия (Diego

Garcia) и в Колорадо-Спрингс (Colorado Springs), три наземные антенны (на островах Вознесения, Диего-Гарсия и атолле Кваджелейн), а также главная контрольная станция, расположенная на базе Falcon военно-воздушных сил США в Колорадо. Станции наблюдения следят за спутниками, записывая всю информацию об их движении, которая передается на главную командную станцию для корректировки орбит и навигационной информации.

Пользовательский сегмент. Самый насыщенный сегмент - в него входят десятки и сотни тысяч стационарных и персональных GPS-приемников, которые продаются в виде автономных устройств, модулей расширения к портативным компьютерам или же встраиваются в определенные виды оборудования (часы, сотовые телефоны и др. устройства). Пользовательские приемники позволяют определить координаты места, регистрируя излучаемые видимыми в данной точке спутниками сигналы. Среди независимых устройств наибольшую популярность имеют приемники, производимые компанией GARMIN (www.garmin.com). Компания выпускает очень широкую модельную сетку устройств, начиная от простейших персональных навигаторов до серьезных морских и авиационных приборов. Приёмники часто дополняются системами электронной картографии и другими специализированными электронными сервисами.

Подсистема космических аппаратов (ПКА) системы ГЛОНАСС состоит из 24-х спутников, находящихся на круговых орбитах высотой 19 100 км, наклонением 64,8 град, и периодом обращения 11 часов 15 минут в трех орбитальных плоскостях. Орбитальные плоскости разнесены по долготе на 120 град. В каждой орбитальной плоскости размещаются по 8 спутников. Такая конфигурация ПКА позволяет обеспечить непрерывное и глобальное покрытие земной поверхности и околоземного пространства навигационным полем.

Подсистема контроля и управления состоит из Центра управления системой ГЛОНАСС и сети станций измерения, управления и контроля, рассредоточенной по всей территории России.

Навигационная аппаратура потребителей состоит из навигационных приемников и устройств обработки, предназначенных для приема навигационных сигналов спутников ГЛОНАСС и вычисления собственных координат, скорости и времени.

Первый запуск спутника по программе ГЛОНАСС (Космос 1413) состоялся 12 октября 1982 года. Система ГЛОНАСС была официально принята в эксплуатацию 24 сентября 1993 года. Полная группировка в составе 24-х спутников в соответствии с федеральной целевой программой «Глобальная навигационная система» должна быть развёрнута в 2010 году.

Галилео (Galileo) — европейский проект спутниковой системы навигации. Европейская система предназначена для решения навигационных задач для любых подвижных объектов с точностью менее одного метра. Помимо стран европейского сообщества достигнуты договорённости на участие в проекте с государствами – Китай, Израиль, Южная Корея. Кроме того, ведутся переговоры с представителями Аргентины, Австралии, Бразилии, Чили, Индии, Малайзии, России и Украины.

Космический сегмент базируется на орбитальной группировке из 30 средневысотных спутников (MEO) и обеспечивает глобальное покрытие территории земного шара. Орбитальная группировка Galileo оптимизирована для обслуживания территорий, находящихся в высоких широтах.

Первый спутник системы Галилео был доставлен на космодром Байконур 30 ноября 2005 г. 28 декабря 2005 г. с помощью ракеты-носителя «Союз-ФГ» космический аппарат GIOVE-A (Galileo In-Orbit Validation Element) был выведен на расчётную орбиту высотой более 23000 км с наклонением 56°. Масса аппарата составляет 700 кг, габаритные размеры: длина – 1,2 м, диаметр – 1,1 м, срок активного существования – 12 лет.

1.4. Пространственные данные в ГИС

Согласно существующей терминологии в ГИС любой конкретный или абстрактный объект реального мира, который может быть определен однозначным содержанием и границами и описан в ГИС в виде набора геоданных, носит название реального пространственного объекта (Spatial Entity Object) или географического объекта (Geographic Entity).

Географические объекты в ГИС представляются в виде набора пространственных и атрибутивных данных с общим названием географические данные (Geographic data). Географические данные содержат четыре интегрированных компонента:

Географическое положение (размещение) пространственных объектов представляется 2—х, 3—х или 4—х мерными координатами в географически соотнесенной системе координат (широта/долгота).

Атрибуты − свойство, качественный или количественный признак, характеризующий пространственный объект (но не связанный с его местоуказанием).

Пространственные отношения определяют внутренние взаимоотношения между пространственными объектами (например, направление объекта А в отношении объекта В, расстояние между объектами А и В, вложенность объекта А в объект В).

Временные характеристики представляются в виде сроков получения данных, они определяют их жизненный цикл, изменение местоположения или свойств пространственных объектов во времени.

Каждый географический объект в ГИС имеет один или более атрибутов, которые определяют, что собой представляет объект, описывают его, или представляют некоторые величины, связанные с этим объектом.

Вид анализа, который выполняется в ГИС, в значительной мере определяется типом атрибутов. Объекты, имеющие сходные значения атрибутов можно объединить в группы объектов по определенному признаку, что хорошо прослеживается на примере выполнения классификаций геообъектов. Например, классификация населенных пунктов по численности населения, структуре промышленного производства, административному статусу, распределение видов растительности, виды водных объектов, категории землепользования и т.д.

Значения атрибутов подразделяются на следующие типы [9]:

- Категории;
- Ранги;
- Численность;
- Абсолютные величины;
- Относительные значения.

Категории представляют собой группы схожих объектов. Все объекты с одинаковым значением для категории ведут себя одинаково, и отличаются от объектов других категорий. Например, можно разделить на категории дороги по типам: автострады, шоссе, второстепенные местные дороги. Значения категорий можно представить, используя числовые коды или текстовый идентификатор.

Ранги используются для сортировки объектов по порядку от большего к меньшему и устанавливают относительный порядок для объектов. Ранги используют часто в тех случаях, когда произвести непосредственные измерения затруднительно, или, если количественная мера характеризуется комбинацией нескольких факторов. Например, трудно количественно охарактеризовать живописность ландшафта. В этом случае можно просто установить, что живописность ландшафта с озером и сосновым лесом на берегу имеет более высокий ранг, нежели живописность ландшафта около промышленного предприятия.

Численность и абсолютные величины дают представление о некоторых суммарных количественных характеристиках объектов. *Численность* характеризует реальное число объектов на карте. Абсолютная величина представляет собой некоторую суммарную величину, связанную с каждым объектом. Использование этих количественных характеристик позволяет лучше понять значение каждого объекта, а также количественно сравнивать объекты друг с другом.

Относительные значения показывают взаимные отношения между двумя количественными величинами, и находятся делением одной количественной величины на другую для каждого объекта. Наиболее часто применяются такие относительные значения, как средние значения, пропорции и плотности.

Средние значения используются для сравнения областей, содержащих небольшое число объектов, с областями, в которых таких объектов много.

В качестве характеристик атрибутов геообъектов могут выступать буквы, числа, индексы, абсолютные, относительные, условные (баллы, индексы) показатели.

В ГИС атрибутивные данные географических объектов представляются в форме специальных атрибутивных таблиц, состоящих из строк и столбцов. Таблица атрибутов векторных объектов – это особый тип файла данных, хранящий информацию о каждой точке, дуге или полигоне. В зависимости от содержания атрибутивных данных создается одно из возможных типов полей:

– Символьное (Character) – любая комбинация алфавитно-цифровых символов.

– Числовое (Number) – любые символы, которые составляют допустимое целое или вещественное число.

– Дата (Date) – занимает 8 байт.

Для оперативной и корректной обработки данных ГИС принято, что каждая запись в таблице атрибутов объектов содержит описание только одного объекта карты.

Каждая запись атрибутивной таблицы также содержит уникальный идентификатор объекта (ID), и эти идентификаторы должны иметь уникальные значения для каждой точки, дуги и полигона.

Для представления пространственных данных в ГИС используются формализованные системы представления географических данных, т. е. определенные способы цифрового описания пространственных объектов.

Наиболее распространенными способами цифрового описания пространственных объектов являются:

– векторное представление (точки, линии, полигоны);

– растровое представление (ячейки, сетки).

Дополнительно в ГИС используется грид-модель, в которой растровые геообъекты имеют атрибутивную таблицу и векторная модель TIN (Triangulated Irregular Network), которые используются для построения и анализа поверхностей. Например, TIN-модель рельефа представляет собой многогранную поверхность – нерегулярную сеть треугольников, вершинами которых являются исходные опорные точки, а также точки метрики структурных линий (хребты, линии водотока, автомагистрали и т.п.) и площадей заполнения постоянным значением (водные поверхности с постоянной высотой). Исходные точки для построения TIN-модели могут располагаться с переменной плотностью в зависимости от изменений формы моделируемой поверхности, что позволяет создать эффективную и точную модель.

1.5. Векторная модель географических данных

Векторная модель географических данных (Vector Geographic Data Model) − это способ представления географических данных в базе данных ГИС в виде задания пар прямоугольных координат точек (X,Y), которые определяют начало и направление вектора (элементарную дугу). Последовательность дуг образует линейный пространственный объект базы данных ГИС. Каждый линейный объект определяется упорядоченным набором пар координат точек. В свою очередь, набор замкнутых линейных объектов образует полигон − площадной пространственный объект базы данных ГИС.

В векторной модели данных ГИС реальные географические объекты представляются в виде графических примитивов. Например, определенные географические объекты могут быть представлены точками – колодец, водонапорная башня, линиями – шоссе, река, полигонами – дома, земельные участки и т.д.

В русскоязычной литературе по ГИС – технологиям точка (Point) − это элементарный геометрический объект географической базы данных ГИС нулевой размерности, который определяет местоположение соответствующего точечного реального пространственного объекта, рисунок 1.

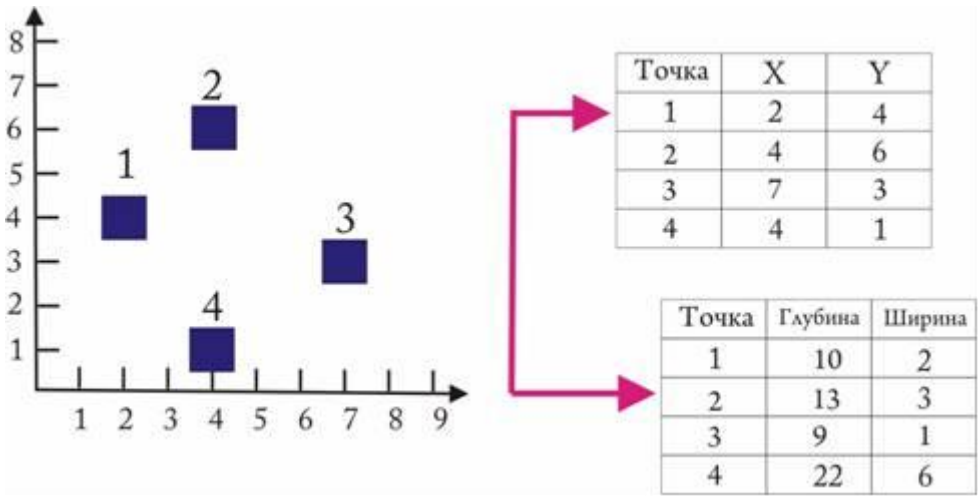

Рисунок 1 – Представление точечных геообъектов в ГИС.

Соответственно, реальные географические объекты линейной протяженности (дороги, реки, трубопроводы и др.) моделируются в ГИС виде дуг. Дуга (Arc) – это элементарный геометрический объект географической базы данных ГИС, который определяет местоположение соответствующего линейного реального пространственного объекта или его части, а также границы полигона или ее фрагмента, рисунок 2.

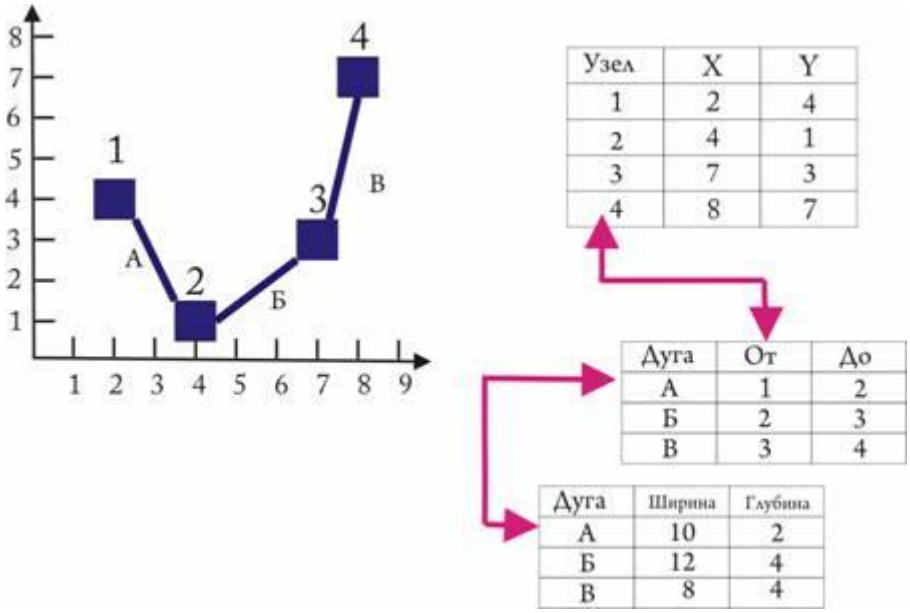

Рисунок 2 – Представление линейных геообъектов в ГИС.

Площадные географические объекты (земельные участки, озеро, постройка и др.) представляются полигонами. Полигон (Polygon) – это элементарный геометрический объект географической базы данных ГИС, который определяет местоположение соответствующего площадного реального пространственного объекта. В развитых полнофункциональных ГИС основные виды векторных графических примитивов дополняются секциями, маршрутами, регионами и др., рисунок 3.

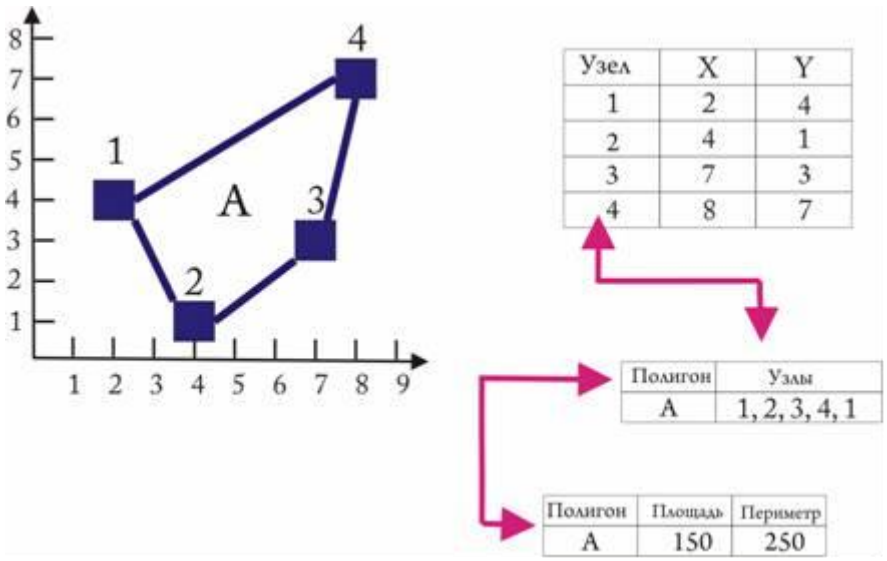

Рисунок 3 – Представление полигональных геообъектов в ГИС.

Векторная графика обрабатывается компьютером как идеальные геометрические фигуры, которые можно масштабировать, вращать и производить другие действия, при этом изменяются лишь координаты вершин отрезков и параметры кривых. К числу преимуществ представления пространственных объектов ГИС векторными моделями относятся компактная структура, качественная графика, топология.

1.6. Растровая модель географических данных

Растровая модель географических данных (Raster Geographic Data Model) – это способ представления географических данных в базе данных ГИС в виде равномерной ячеистой структуры, формирующей прямоугольную матрицу, в которой каждый элемент принимает определенное значение, присущее реальному пространственному объекту.

Таким образом, для растровой модели характерно то, что она разбивает всю территорию на элементы регулярной сетки, или ячейки, при этом каждая ячейка содержит только одно значение. Эта величина может, например, выражать яркость земной поверхности (для снимков дистанционного зондирования) или быть признаком принадлежности к тому или иному типу объектов (для растровых карт).

К достоинствам растровой графики относятся: техническая готовность внешних устройств для ввода изображений (к ним относятся сканеры, видеокамеры, цифровые фотокамеры, размещенные как наземно, так и на летательных платформах); фотореалистичность (можно получать живописные эффекты, например, туман или дымку, добиваться тончайшей нюансировки цвета, создавать перспективную глубину и нерезкость, размытость и т. д.); простая структура данных; эффективные моделирующие функции при использовании в ГИС. К недостаткам растровой графики можно отнести то, что при трансформации изображения (повороты, наклоны и др.) в графике наблюдаются существенные искажения. В растровой графике также отмечается невозможность увеличения

изображений для рассмотрения деталей, т. е. увеличение точек растра визуально искажает иллюстрацию и делает ее грубой (пикселизация).

Учитывая, что в настоящее время ГИС все чаще используются как средство серьезного анализа и моделирования, а также активное использование космоснимков в ГИС интерес к растровой модели данных ГИС возрастает. Например, растровые модели в ГИС являются основным способом представления непрерывно распределенных признаков (поля загрязнений, климатические характеристики, почвенно-растительный покров, геоморфологические особенности местности и т. д.) для выполнения анализа и моделирования.

Геометрические особенности растровых данных позволяют моделировать в ГИС как точечные, так и линейные и площадные объекты, рисунок 4. При этом точка имеет номер, координаты и атрибуты. Линия имеет порядковый номер, серию координат, формирующих линию и атрибуты. Полигон также имеет номер, группу координат, формирующих площадь и атрибуты.

Рисунок 4 – Растровое моделирование точечных, линейных и площадных объектов в ГИС.

1.7. Пространственный анализ в ГИС

Типовой набор ГИС-инструментов включает создание слоев пространственной информации по исследуемой территории, визуализацию, редактирование, комбинирование и анализ, создание и редактирование легенд и таблиц атрибутивных данных (например, высота зданий, тип дорожного покрытия, вид растительности и т.д.), построение диаграмм, оформление компоновок карт. Использование ГИС также обеспечивает традиционный анализ таблиц: запросы, сортировки, выборки. В целом пользователь получает мощный инструмент по визуализации результатов и выполнению пространственных запросов. Очень удобно, перемещаясь по записям в таблице, сразу отображать на карте объект,

соответствующий текущей записи. Используя механизм создания тематических карт можно составлять любые картограммы – типов почв, видов растительности и т.д. Выделение цветом по тем или иным параметрам позволяет сразу увидеть критические места на изучаемой территории, например, выброс загрязняющих веществ, свалки отходов и т.д.

Пространственный анализ включает базовые функции пространственного анализа, такие как построение буферных зон, определение близости, запрос на отображение области и расчет ее площади по координатам, измерение расстояний.

Типовые задачи по анализу территории, решаемые с помощью ГИС, можно сгруппировать следующим образом:

– Автоматизированное отображение позиции геообъекта на местности. ГИС размещает заданный географический объект на местности согласно введенным в компьютер данным по географическим координатам — географической широте и долготе с учетом географической проекции. Например, карта пунсонов населенных пунктов по административным областям Республики Беларусь.

– Автоматизированное построение тематических ГИС-картограмм по значениям атрибутов геообъектов. ГИС выполняет автоматизированное построение тематических картограмм по любым значениям как всех, так и выбранных геообъектов. Например, автоматизированное построение масштабируемых пунсонов городов в зависимости от общей численности населения в них.

– Автоматизированное построение тематических ГИС-карт характеристик плотности в виде изолиний или непрерывных грид-поверхностей. Например, построение карт плотности населения.

– Автоматизированный расчет расстояний, площадей, периметров, буферных зон геообъектов. Например, расчет площадей земельных участков, их периметров.

– Автоматизированный поиск места по критериям для размещения любого техногенного объекта. ГИС выполняет автоматизированное сложение и вычитание полигонов, позволяющее «шаг за шагом» оценивать по установленному списку критериев условия местности. Например, поиск места для размещения кирпичного завода или электростанции.

– Автоматизированное построение моделей рельефа с выделением водосборных территорий, расчетов уклонов, экспозиций, отмывок.

– Автоматизированные расчеты маршрутов передвижения всех видов транспортных средств с отлеживанием позиции в режиме реального времени.

– Классификация состояния территории по поверхностям, например, по растровым моделям, космоснимкам.

Обобщая, можно сказать, что создание ГИС позволяет решать несколько классов задач. Первым, наиболее распространенным классом задач являются информационно-справочные задачи, которые позволяют осуществлять поиск и уточнение местоположения и характеристик интересующих геообъектов.

Второй класс — это задачи анализа, моделирования и прогнозирования природных и техногенных процессов. Решение этих задач позволит в удобной и

наглядной картографической форме (на мониторе или на бумажном носителе) получать обобщенную или детализированную информацию. Примерами компьютерного моделирования могут быть карты зонирования (например, урожайности сельскохозяйственных культур или др.) или моделирование зон затопления при очень высоком уровне воды в реке, моделирование аварийных разливов и их влияние на объекты инженерно-транспортной инфраструктуры в зоне возможного затопления и многие другие.

Векторный анализ в ГИС используется при обработке цифровых векторных слоев с учетом атрибутов геообъектов. Основные виды векторного анализа в ГИС можно представить в виде четырех основных направлений.

Просмотр данных по векторным геообъектам и работа с атрибутами геообъектов. Основными задачами являются: анализ атрибутов, составление тематических картограмм по атрибутам, статистическая обработка атрибутов.

Пространственный анализ. Основными задачами являются: классификация геообъектов, метрические измерения (расстояния, длины, площади), оверлейные операции (наложение и вычитание векторных слоев), построение буферов, картографическое моделирование.

Пространственная статистика. Основными задачами являются: описательная статистика выборки, геообъекта.

Сетевой анализ. Основными задачами являются: построение сетевой модели, атрибуты сети, маршрутизация сети.

При выполнении векторного пространственного анализа используются инструменты для построения буферных зон, определения близости, запросы на отображение областей или объектов по запросам, расчет площадей геообъектов по координатам, измерение расстояний.

Построение буферов. ГИС-поддержка решения таких типов географических задач, как проектирование санитарно-защитных зон предприятий, водоохранных зон водных объектов и др. выполняется с использованием функции построения буферной зоны (Buffer). Построение буферных зон выполняется для точки, линии и полигона. В ГИС можно задавать расстояния буферных зон в разных единицах измерения, например, метрах, километрах, единицах стоимости и др. Предполагается, что зона влияния характеристик геообъекта распространяется в пределах буферной зоны.

Например, на рисунке 5 показано построение серии буферных зон на расстоянии 50 и 100 м вдоль дорожной сети. В данных буферных зонах будут выполнены мероприятия по обустройству дорожной инфраструктуры – размещение зон отдыха, автосервиса.

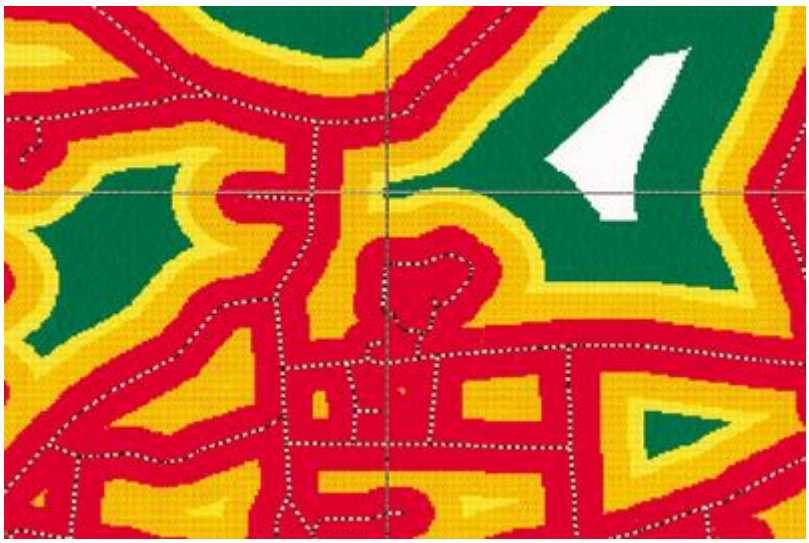

Рисунок 5 – Буферные зоны вокруг дорожной сети.

Наиболее активно используемыми ГИС-инструментами при выполнении ГИС-анализа является использование операций так называемых *оверлеев* (Overlay).

В векторной графике при выполнении оверлеев компьютер выполняет операции сложения и вычитания графических примитивов. Оверлеи могут быть выполнены по схеме – «точка в полигон», т. е выполняется наложение точечного объекта на полигональный объект или «линии в полигон», т.е. когда происходит наложение линейного объекта на полигональный объект, или «полигон в полигон», т.е. когда происходит наложение со сложением или с вычитанием одного полигонального объекта с другим полигональным объектам.

С помощью растровой модели в ГИС выполняется построение поверхностей географических характеристик, например, рельефа, распределения температуры воздуха, концентрации тяжелых металлов в почво-грунтах и т.д. Поверхности содержат в себе много разнообразной информации. Их можно просто просматривать, чтобы составить общее представление о данных, а можно проводить по ним самый различный анализ, например, построение моделей рельефа, расчет уклонов и экспозиций, скорости изменения каких-либо характеристик, определение видимости и т.д., рисунок 6.

В практике решения географических задач с помощью растровых моделей выполняются следующие виды анализа.

Анализ поверхности. Для анализа поверхности растровой модели в ГИС включаются: функция построения изолиний, показывающая местоположения с одинаковым значением; функция вычисления уклона, используемая, например, для определения риска эрозионных процессов; функция вычисления экспозиции склонов, полезная, например, при определении участков под конкретные сельскохозяйственные культуры; функция отмывки рельефа, используемая как для реалистичного отображения поверхности рельефа, так и для анализа освещенности местности в различное время дня и др.

Рисунок 6 – Построение растровой модели рельефа Дзержинского района Минской области.

Интерполяция растра. Интерполяция позволяет вычислить значения для всех ячеек растра по значениям ограниченного числа точек отбора проб. Может использоваться для предсказания значений любых географических данных – отметок высот, количества осадков, концентраций химических веществ, уровней шума и т.д. Используемые методы интерполяции включают несколько методов, таких как обратно взвешенных расстояний, кригинга, сплайна, которые основаны на различных предположениях о наилучшей оценке.

Реклассификация растра. Целью реклассификации является приведение всех растровых покрытий к единой шкале категорий. Например, категорий пригодности или категорий стоимости или др. В качестве примера можно привести расчеты по проектированию коммуникаций, когда учитывают, что строительство трассы на болотистых грунтах ведет к удорожанию проекта в 1,8 раза, а на песках — в 1,3 раза. Соответственно в ГИС в растровом покрытии типов почв пиксели, расположенные в пределах болотистых грунтов, должны получить значение 1,8, а в пределах песков – 1,3. Такого рода преобразования необходимо провести со всеми растровыми покрытиями, участвующими в определении интегрированной стоимости трассы.

Картирование плотности. Вычисление плотности распределения полезно, когда необходимо показать концентрацию точечных или линейных объектов. Например, имея данные по населению городов какого-либо региона, можно вычислить распределение населения по этому региону.

Картирование расстояний. Обычно растровые наборы данных, полученные в результате работы функции картирования расстояний, используются для вычисления минимального по стоимости (или кратчайшего) пути, например, для прокладки новой дороги или нитки трубопровода, рисунок 7.

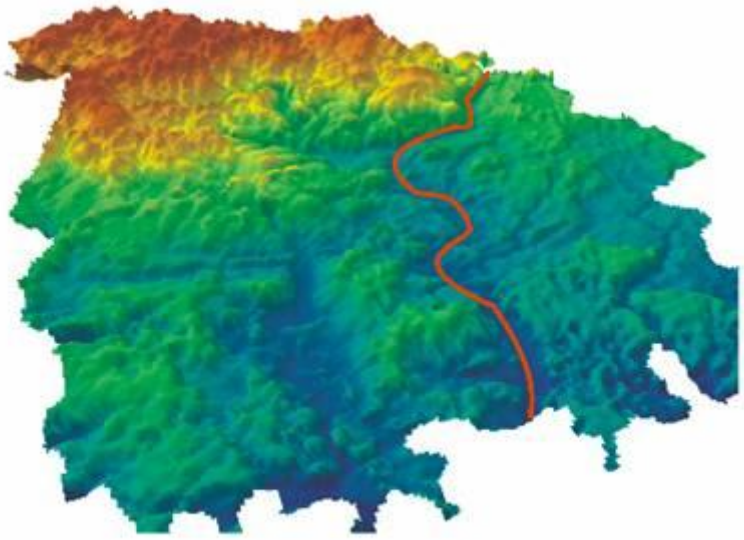

Рисунок 7 – Растровое моделирование для выбора наилучшего пути для трубопровода (Дзержинский район Минской области).

Полный курс лекций приведен в учебном пособии: Введение в ГИС: пособие для студентов геогр. фак. / Л.В. Гурьянова. – Минск: БГУ, 2009. – 128 с. / Электронная библиотека БГУ. – Режим доступа: http://elib.bsu.by/handle/123456789/15309. – Дата доступа 17.01.2020.

Дополнительная информация об источниках данных для ГИС и организации информации в ГИС приведена в учебном пособии: Аппаратно-программные средства ГИС: курс лекций / Л.В. Гурьянова. – Минск: БГУ, 2003. – 140 с. / Электронная библиотека БГУ. – Режим доступа: http://elib.bsu.by/handle/123456789/15304. – Дата доступа 15.01.2020.

Презентации лекций по дисциплине «Введение в ГИС» доступны на сайте факультета географии и геоинформатики БГУ https://geo.bsu.by/index.php/departments/soil-science/present.html.

2. ПРАКТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

Лабораторные работы

Лабораторная работа 1. Основные приемы работы в QGIS

Цель работы: знакомство с основными элементами интерфейса QGIS, загрузка в проект векторных данных, визуализация и изучение пространственных данных в QGIS.

ГИС QGIS – одна из самых динамично развивающихся географических информационных систем с открытым исходным кодом. QGIS выпускается на условиях лицензии GNU General Public License (GPL). Разработка QGIS под этой лицензией означает, что вы можете просмотреть и изменить исходный код, гарантирует доступ к программному обеспечению ГИС, которое является бесплатным и может быть свободно адаптировано. Работа над QGIS была начата в мае 2002 г., с 2014 г. очередная новая версия программы выходит несколько раз в год.

Рабочее окно программы состоит из пяти основных областей:

1. Главное меню – предоставляет доступ ко всем возможностям QGIS в виде стандартного иерархического меню.

2. Панели инструментов обеспечивают доступ к большинству тех же функций, что и меню, а также содержат дополнительные инструменты для работы с картой. Панели инструментов являются плавающими. Кроме того, каждую панель инструментов можно добавить/скрыть при помощи контекстного меню.

3. Легенда содержит список всех слоев проекта. Для каждого слоя отображается название, тип геометрии и условные обозначения. Флажок у каждого элемента легенды используется для настройки видимости. Порядок расположения слоев в легенде определяет порядок отображения слоев на карте. Слои, расположенные в начале списка, будут отображаться поверх слоев, расположенных в конце.

Расположенная в верхней части легенды панель инструментов содержит следующие элементы управления: Добавить группу (слоёв), Управление видимостью слоя, Фильтровать легенду по содержимому карты, Развернуть все, Свернуть все, Удалить слой и др.

4. Область карты. Наиболее важная часть QGIS, где дается картографическое изображение. Последнее определяется слоями, загруженными в QGIS. Данные в окне карты можно панорамировать (прокручивать, смещать фокус отображения карты на другую область) и масштабировать.

5. Строка состояния отображает позицию курсора на карте в текущих координатах или координаты границ вывода карты при масштабировании и панорамировании, масштаб карты. Масштаб можно выбирать из списка предустановленных значений от 1 : 500 до 1 : 1 000 000. Справа в строке состояния находится маленький флажок, позволяющий прекратить отрисовку слоев в окне

карты. Последним справа в строке состояния находится код EPSG текущей системы координат и значок Преобразование координат.

Одним из достоинств QGIS является гибкий легко настраиваемый интерфейс. Выполнить настройку позволяет диалоговое окно *Настройка интерфейса* (*Установки → Настройка интерфейса*).

Некоторые основные параметры QGIS могут быть определены в диалоговом окне *Параметры* (*Установки → Параметры*).

Состояние сеанса в QGIS называется проектом. В каждый момент времени можно работать только с одним проектом. Сохранить состояние вашего сеанса в файле проекта можно, используя пункт меню *Проекты → Сохранить* (или *Сохранить как…*). Информация, сохраненная в файле проекта, включает в себя: добавленные слои, свойства слоев, включая символизацию, систему координат проекта, последний охват карты и др. Проект не содержит сами данные, в нем хранятся только ссылки на них. Файл проекта сохраняется в формате XML с расширением .qgs.

Методика выполнения работы приведена в учебно-методическом пособии Введение в ГИС на основе QGIS : пособие / Н. В. Жуковская. – Минск : БГУ, 2018. – 131 с. [Электронный ресурс] / Электронная библиотека БГУ. – Режим доступа: http://elib.bsu.by/handle/123456789/196241

Лабораторная работа 2. Географическая привязка растров в QGIS

Цель работы: освоить основные алгоритмы выполнения географической привязки растровых изображений в QGIS.

Привязкой растровой информации называется ее преобразование из той системы координат, в которой она существует, в систему координат, связанную с поверхностью относимости или системой координат той проекции, которая может быть использована для решения реальных пространственных задач. Географическая привязка данных в QGIS выполняется с помощью специального модуля, который называется *Привязка растров* (GDAL).

Последовательность действий по привязке растров включает следующие шаги: загрузка привязываемого растра в модуль *Привязка растров*, с указанием целевой системы координат; расстановка опорных точек; выбор метода трансформации и настройка параметров трансформации; трансформация растра.

В QGIS доступно несколько методов трансформации растров, в том числе:

– *линейная трансформация* – аффинное преобразование, линейный сдвиг и масштабирование, пересчет (создание нового) растра при этом не происходит (поэтому пункт создания нового растра заблокирован), создается новый файл привязки;

– *трансформация Гельмерта* – сдвиг и поворот, создается новый файл в формате TIF и файл привязки;

– *полиномиальная трансформация 1, 2 и 3* – полиномиальное преобразование первого, второго или третьего порядка. Требует соответственно минимум 4, 6, 10 точек. Создаются новый файл в формате TIF и файл привязки. Самый применяе-

мый алгоритм – это трансформация второго порядка, которая допускает определенные искривления;

– *тонкостенный сплайн* (The Thin Plate Spline) – кусочно–линейное преобразование. Позволяет осуществлять локальные трансформации данных с целью «подогнать» их под точки привязки (аналог метода «резинового листа»). Используется в случае очень сильных локальных искажений исходного растра;

– *проективная трансформация* – линейное вращение и смещение координат.

Прежде чем осуществлять трансформацию, рекомендуется оценить результативность каждого из методов на основе значений *Ошибки трансформации*, которая автоматически рассчитывается в таблице точек (отдельно для каждой точки и суммарная): чем меньше значение – тем лучше.

Методика выполнения работы приведена в учебно-методическом пособии Введение в ГИС на основе QGIS : пособие / Н. В. Жуковская. – Минск : БГУ, 2018. – 131 с. [Электронный ресурс] / Электронная библиотека БГУ. – Режим доступа: http://elib.bsu.by/handle/123456789/196241

Лабораторная работа 3. Создание точечного слоя из текстовых данных в QGIS. Тепловые карты

Цель работы: освоить алгоритм выполнения преобразования наборов координат из различного рода таблиц в векторные слои точечного типа и создания тепловых карт в QGIS.

Часто географические данные хранятся в виде текста или таблиц и возникает необходимость преобразовать их в какой-либо векторный формат. QGIS предоставляет возможность отображать табличные данные, содержащие координаты объектов, в виде особых (виртуальных) слоев точечных объектов. Для создания последних используется инструмент *Добавить слой csv*. CSV – это текстовый формат, предназначенный для хранения табличных данных. Добавляемый текстовый файл должен содержать три основные колонки (другие поля данных также могут присутствовать): идентификатор (название или номер) точки; широта; долгота. Первая строка должна содержать заголовки полей. Значения координат x и y должны хранится в числовых полях.

Тепловая карта – это растровая карта, которая показывает плотность точечных данных. Теплокарты позволяют легко идентифицировать скопления точек и выявлять «горячие» области. Карты плотности в QGIS создаются при помощи специального модуля «Создание теплокарт». Для задания теплокарты используется параметр радиус, указывающий расстояние вокруг точки, на которое будет распространяться её влияние. Большие значения приводят к созданию более сглаженной поверхности, меньшие значения позволяют выявить более мелкие детали и изменения в плотности точек.

Методика выполнения работы приведена в учебно-методическом пособии Введение в ГИС на основе QGIS : пособие / Н. В. Жуковская. – Минск : БГУ,

2018. – 131 с. [Электронный ресурс] / Электронная библиотека БГУ. – Режим доступа: http://elib.bsu.by/handle/123456789/196241

Лабораторная работа 4. Создание туристической карты в QGIS

Цель работы: научиться создавать и редактировать векторные полигональные, линейные и точечные объекты и их атрибуты, действия и макеты карт в QGIS.

QGIS предоставляет разнообразные возможности для редактирования векторных данных. Создание или изменение векторных объектов или их атрибутов производится в сеансе редактирования. В QGIS редактирование выполняется для каждого слоя по отдельности. Перед началом редактирования узлов необходимо установить величину порога прилипания и радиуса поиска, что позволит оптимизировать редактирование геометрии векторных слоёв. Порог прилипания – это расстояние, используемое QGIS для поиска ближайшего узла и/или сегмента, к которому надо присоединиться при создании нового узла или передвижении уже существующего. Можно задать один из трех режимов прилипания по умолчанию: к вершинам, к сегментам, к вершинам и сегментам.

Радиус поиска ближайших вершин используется при перемещении, удалении или добавлении вершин. Радиус поиска – это расстояние, используемое QGIS для поиска ближайшей вершины, которую вы пытаетесь переместить, щелкая кнопкой мыши по карте. Порог прилипания и режим поиска ближайших вершин могут быть заданы в единицах карты или пикселях.

Действия в QGIS позволяют добавить к карте ряд дополнительных функций. К примеру, вы можете создать действия, чтобы вывести изображение, провести веб поиск или создать отчет из базы данных по значению.

Для создания макетов карт в QGIS используется компоновщик карт. Последний позволяет добавлять следующие элементы: карта QGIS, легенда, масштабная линейка, изображения, фигуры, стрелки и текстовые блоки. При создании макета доступны изменения размеров и положения каждого элемента, настройка их свойств, группировки. Готовое изображение можно распечатать или экспортировать в растровое изображение. Кроме того, макет можно сохранить как шаблон и использовать его повторно в другой сессии.

Методика выполнения работы приведена в учебно-методическом пособии Введение в ГИС на основе QGIS : пособие / Н. В. Жуковская. – Минск : БГУ, 2018. – 131 с. [Электронный ресурс] / Электронная библиотека БГУ. – Режим доступа: http://elib.bsu.by/handle/123456789/196241

Лабораторная работа 5. Получение основных пространственных характеристик объектов в QGIS

Цель работы: освоить алгоритмы получения основных пространственных характеристик объектов в QGIS.

Как и большинство современных ГИС, QGIS дает возможность автоматически рассчитывать пространственные характеристики (координаты, площади, периметры и др.) для объектов векторных слоев. На данный момент в QGIS реализованы следующие инструменты для расчета пространственных характеристик:

● инструмент *Экспортировать / добавить поле геометрии* (*Вектор → Обработка геометрии*). Добавляет к слою поле(я) с информацией о геометрии: xcoord, ycoord – для точечного слоя, length – для линейного, area, perimeter – для полигонального. Поддерживает три способа расчета пространственных характеристик: 1) в системе координат слоя; 2) в системе координат проекта; 3) на эллипсоиде. При расчете на эллипсоиде координаты точек по умолчанию возвращаются в десятичных градусах, а длины и площади – в метрах независимо от системы координат вида или слоя. Указать *Эллипсоид для вычислений* можно на вкладке *Общие* диалогового окна *Свойства проекта*. По умолчанию это универсальный эллипсоид WGS 84;

● набор функций для расчета пространственных характеристик в калькуляторе полей. Здесь на настоящий момент реализована поддержка расчетов только в системе координат слоя.

Методика выполнения работы приведена в учебно-методическом пособии Введение в ГИС на основе QGIS : пособие / Н. В. Жуковская. – Минск : БГУ, 2018. – 131 с. [Электронный ресурс] / Электронная библиотека БГУ. – Режим доступа: http://elib.bsu.by/handle/123456789/196241

Лабораторная работа 6. Соединение таблиц в QGIS

Цель работы: освоить алгоритм соединения таблиц по общему полю и пространственное соединение в QGIS; создание картодиаграмм.

В результате соединения таблиц данные из одной таблицы добавляются (присоединяются) к другой, т. е. результатом операции является новая (модифицированная) таблица, содержащая поля из двух объединенных таблиц. Соединение осуществляется по полю, имеющемуся в обеих таблицах. Связь осуществляется по принципу «один к одному или многие к одному (записям)». Имя поля необязательно должно быть одинаковым в обеих таблицах, но тип данных должен быть одинаковым. Вы можете соединить целые числа с целыми числами, строки со строками и т. д.

Пространственное соединение подобно соединению по атрибутам, т. е. в результате соединения атрибуты из одного слоя присоединяются к атрибутам другого, связанным по записям; однако основано оно на пространственной связи между объектами в двух темах. В QGIS эта функциональность доступна с помощью инструмента *Join Attributes by Location*.

Методика выполнения работы приведена в учебно-методическом пособии Введение в ГИС на основе QGIS : пособие / Н. В. Жуковская. – Минск : БГУ, 2018. – 131 с. [Электронный ресурс] / Электронная библиотека БГУ. – Режим доступа: http://elib.bsu.by/handle/123456789/196241.

Лабораторная работа 7. Поиск кратчайшего маршрута с помощью Road graph для QGIS

Цель работы: освоить алгоритм поиска кратчайшего маршрута между двумя точками линейного векторного слоя с помощью Road graph.

Расширение Road graph предназначено для поиска кратчайшего расстояния на графе дорог. В качестве слоя дорог может использоваться любой линейный векторный слой в формате, поддерживаемом QGIS. Основные возможности модуля: расчет маршрута, его протяженности и времени в пути; оптимизация по критерию расстояния или времени; экспорт маршрута в векторный слой.

После активации модуль Road graph создает вложенный пункт «Дорожный граф» в меню *Вектор* и добавляет панель *Кратчайший маршрут* в левой части окна QGIS. Панель может быть скрыта/показана с помощью пункта меню *Вид → Панели → Кратчайший маршрут*.

Методика выполнения работы приведена в учебно-методическом пособии Введение в ГИС на основе QGIS : пособие / Н. В. Жуковская. – Минск : БГУ, 2018. – 131 с. [Электронный ресурс] / Электронная библиотека БГУ. – Режим доступа: http://elib.bsu.by/handle/123456789/196241

Лабораторная работа 8. Построение и анализ цифровой модели рельефа

Цель работы: освоить алгоритмы интерполяции и анализа гипсометрических поверхностей, реализованные в QGIS.

Цифровая модель рельефа создается путем интерполяции значений высот опорных точек. Модуль *Интерполяция* QGIS позволяет интерполировать векторный точечный слой двумя методами: методом триангуляции (TIN – Triagular Irregular Network) и обратно-взвешенного расстояния (IDW – Inverse Distance Weighted).

QGIS дает возможность анализа и обработки цифровой модели рельефа (ЦМР) различными способами. Модуль морфометрического анализа может быть использован для расчета уклона, экспозиции, индекса пересеченности. Уклон для каждой ячейки растра показывает максимальную скорость изменения значения от этой ячейки к ее восьми соседям. Экспозиция для каждой ячейки растра определяется как направление наиболее крутого уклона от этой ячейки к ее соседям. Измеряется в градусах от 0 до 360° по часовой стрелке от направления на север (0° – север, 90° – восток и т. д.)

Для вычисления зон видимости можно используется внешний модуль *Viewshed Analysis*. В результате анализа видимости создается растр, в ячейках которого содержится код, указывающий, видны они из пункта наблюдения или нет.

Методика выполнения работы приведена в учебно-методическом пособии Введение в ГИС на основе QGIS : пособие / Н. В. Жуковская. – Минск : БГУ,

2018. – 131 с. [Электронный ресурс] / Электронная библиотека БГУ. – Режим доступа: http://elib.bsu.by/handle/123456789/196241

Лабораторная работа 9. Начало работы в GRASS ГИС через графический интерфейс QGIS

Цель работы: освоить алгоритм создания набора данных GRASS в QGIS и выполнения операций растрового ГИС-анализа при создании пути с наименьшей стоимостью.

Расширения (плагины, модули) составляют существенную и динамично развивающуюся долю функциональности QGIS. GRASS plugin – расширение, входящее в ядро QGIS, один из вариантов графического интерфейса для многофункциональной ГИС GRASS. При работе с ГИС GRASS все используемые данные должны храниться в определенном пользователем каталоге, который в терминологии GRASS носит название базы геоданных (DATABASE) (рисунок 8).

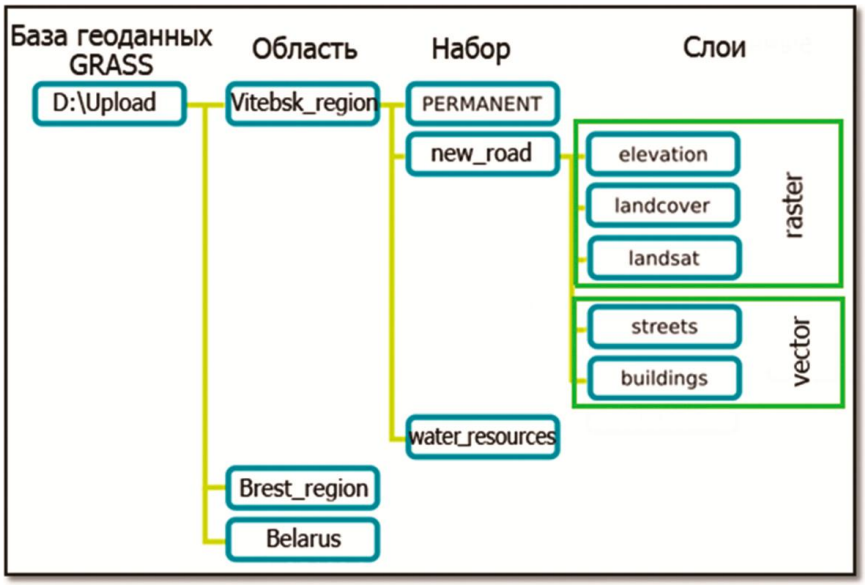

Рисунок 8 – База геоданных (DATABASE) GRASS.

Это обычный каталог, который может быть расположен в любом месте дерева каталогов на компьютере пользователя или в сети. Внутри этой директории данные GRASS организованы в виде проектов, содержащихся в поддиректориях, называемых областями (LOCATION). Область проекта определяется системой координат и пространственным охватом. Каждая область может содержать несколько наборов (MAPSET), которые используются для разделения проектов по различным темам, субрегионам или в качестве отдельных наборов для различных членов рабочей группы. В любой области должен быть задан как минимум один набор, название которого PERMANENT. Последний автоматически генерируется GRASS и в нескольких текстовых файлах содержит основную информацию о данной области, например, параметры системы координат и проекции (PROJ_INFO и PROJ_UNITS).

Методика выполнения работы приведена в учебно-методическом пособии Введение в ГИС на основе QGIS : пособие / Н. В. Жуковская. – Минск : БГУ, 2018. – 131 с. [Электронный ресурс] / Электронная библиотека БГУ. – Режим доступа: http://elib.bsu.by/handle/123456789/196241

3. РАЗДЕЛ КОНТРОЛЯ ЗНАНИЙ

3.1. Перечень тестов и контрольных заданий

Тесты и контрольные задания проводятся в течение первого семестра по следующим темам:

1. Понятие ГИС
2. Этапы развития и современное состояние ГИС-технологий
3. Источники данных для ГИС
4. Базовые модели представления пространственных данных в ГИС
5. Возможности ГИС для учета и анализа природно-ресурсного потенциала территорий

Примеры тестовых заданий по указанным темам:

1. Перечислите основные компоненты географических информационных систем?

2. Назовите функции обеспечивающие совместное использование и обработку картографических и атрибутивных данных в интересах создания производных картографических данных и выполнения пространственного анализа?

3. Назовите функции, обеспечивающие работу с атрибутивными (неграфическими) данными ГИС с целью их отбора, обновления и преобразования для производства стандартных и рабочих отчетов.

4. Отличительные функции ГИС:

1) интегрирование *2) визуализация*
3) анализ *3) управление данным.*

5. Осуществление картометрических измерений обеспечивают функции ГИС:

1) пространственного анализа *2) автоматизированного проектирования*
3) управления данными *4) автоматизированного картографирования*

6. Географические данные содержат четыре интегрированных компонента:

1) географическое положение *2) пространственные отношения*
3) атрибуты *4) модели геоданных*
5) векторные модели *6) временные характеристики*

7. Основными способами цифрового описания пространственных объектов являются:

1) определенные способы цифрового описания пространственных объектов
2) векторное представление
3) растровое представление
4) формализованные системы представления географических данных.

8. Свойство, качественный или количественный признак, характеризующий пространственный объект (но не связанный с его местоуказанием), называется:

1) атрибуты *2) характерный признак*

3) топология *4) постоянный признак*

9. Каждый географический объект в ГИС может иметь:

1) один атрибут *2) два атрибута*

3) один или более атрибутов

10. Способ представления географических данных в базе данных ГИС в виде равномерной ячеистой структуры, формирующей прямоугольную матрицу, в которой каждый элемент принимает определенное значение, присущее реальному пространственному объекту называется

1) растровая модель географических данных *2) GRID-модель*

3) векторная модель географических данных *4) TIN-модель.*

11. Пространственное разрешение – это

1) количество точек на фиксированной площади

2) размер стороны одного пикселя

3) размер наименьшего из различимых участков пространства, отображаемый одной ячейкой.

12. Пиксель – это

1) точка с координатами X Y

2) наименьший элемент растрового изображения

3) точка, создаваемая печатающим устройством

4) очень маленький полигон.

13. Потребности в объеме памяти несравнимо выше в

1) векторном формате *2) растровом формате.*

14. Реальные географические объекты линейной протяженности (дороги, реки, трубопроводы и др.) моделируются в ГИС в виде

1) серии точек *2) незамкнутых полигонов*

3) дуг.

3.2. Вопросы к зачету по дисциплине

Теоретические вопросы:

1. Определение ГИС. Основные компоненты ГИС.
2. Классификации ГИС.
3. Организация информации в ГИС. Особенности работы с пространственными данными в ГИС.
4. Особенности растровой модели представления пространственных данных в ГИС.
5. Особенности векторной модели представления пространственных данных в ГИС.
6. Особенности GRID-модели представления пространственных данных в ГИС.
7. Особенности TIN-модели представления пространственных данных в ГИС.
8. Источники данных для ГИС: бумажные планово-картографические материалы.
9. Источники данных для ГИС: данные дистанционного зондирования.

10. Источники данных для ГИС: системы спутникового позиционирования.

11. Источники данных для ГИС: геодезические технологии, САПР, базы данных.

12. Обзор наиболее распространенного программного ГИС-обеспечения.

13. Основы ГИС-анализа. Обзор наиболее распространенных операций векторного ГИС–анализа.

14. Основы ГИС-анализа. Обзор наиболее распространенных операций растрового ГИС-анализа.

15. Основы ГИС-анализа. Концепция трехмерного моделирования.

16. Примеры наиболее успешных ГИС-проектов в различных предметных областях (по выбору студента).

Практические задания:

1. Выполнить геопривязку топокарты по километровой сетке в QGIS.
2. Выполнить геопривязку по векторному слою в QGIS.
3. Изменить символизацию и подписать объекты векторного слоя в QGIS.
4. Создать действие просмотра изображений для векторного слоя в QGIS.
5. Выполнить векторизацию растрового изображения в QGIS.
6. Создание точечного шейп-файла из текстовых данных в QGIS.
7. Создать макет карты в QGIS.
8. Рассчитать основные пространственные характеристики объектов в QGIS.
9. Интерполяция растра в QGIS.
10. Выполнить анализ ЦМР в QGIS.
11. Поиск кратчайшего маршрута с помощью Road graph для QGIS.
12. Пространственное соединение данных в QGIS.
13. Выполнить соединение таблиц по общему полю в QGIS.
14. Создание картодиаграмм в QGIS.
15. Создание набора данных GRASS в QGIS.
16. ГИС-анализ расстояний.

3.3. Организация самостоятельной работы

Самостоятельная работа ведется на основании Положения о самостоятельной работе студентов (курсантов, слушателей), утвержденном Министром образования Республики Беларусь от 06 апреля 2015 г.

По изучаемой дисциплине планируется:

- составление алгоритма пространственного ГИС-анализа;
- работа с литературными источниками, в том числе с научными статьями;
- изучение тем и проблем, не выносимых на лекции;
- научные доклады.

<u>Перечень рекомендуемых средств диагностики</u>

- коллоквиумы;
- электронные тесты;

- проверка расчетно-графических работ;
- оценивание на основе модульно-рейтинговой системы;
- оценивание на основе проектного метода.

Методика формирования итоговой оценки

Итоговая оценка формируется на основе 3-х документов:

1. Правила проведения аттестации (Постановление № 53 от 29 мая 2012 г.);
2. Положение о рейтинговой системе БГУ;
3. Критерии оценки студентов (10 баллов).

3.4. Перечень заданий по управляемой самостоятельной работе студентов

УСР 1. Возможности ГИС для учета и анализа природно-ресурсного потенциала территорий.

Задания:

1. Базовые функции пространственного анализа;
2. Разработка алгоритма выполнения пространственного ГИС-анализа для учета и анализа природно-ресурсного потенциала территорий.

Форма контроля – отчет.

4. ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЙ РАЗДЕЛ

4.1. Учебно-методическая карта по учебной дисциплине для специальности 1-56 02 02 «Геоинформационные системы»

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов					Количество часов УСР	Формы контроля Знаний
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия рабсту-дента	Иное		
1.	**Введение в специальность (направление специальности) (всего 2 часа)**	**2**						
1.1	Тема 1.1. Введение в специальность (направление специально-сти)	2						
2.	**Понятие ГИС (всего 4 часа)**	**2**			**2**			
2.1	Тема 2.1. Понятие ГИС	2						Тестовое задание
2.1.1	ГИС-практикум. Изучение интерфейса пользователя и начало работы в ГИС ArcGIS 10.3				2			Проверка расчетно-графических работ (РГР)
3.	**Этапы развития и современное состояние ГИС-технологий (всего 4 часа)**	**2**			**2**			
3.1	**Тема 3.1. Этапы развития и современное состояние ГИС-технологий**	2						Тестовое задание
3.1.1	ГИС-практикум. Основы работы со слоями земельно-информационной системы Республики Беларусь.				2			Проверка РГР
4.	**Источники данных для ГИС (всего 2 часа)**	**2**						
4.1	Тема 4.1. Источники данных для ГИС	2						Тестовое задание
5.	**Базовые модели представления пространственных данных в ГИС (всего 14 часов)**	**2**			**12**			
5.1	Тема 5.1. Базовые модели представления пространственных данных в ГИС	2						Тестовое задание

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов					Количество часов УСР	Формы контроля Знаний
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия рабсту-дента	Иное		
5.1.1	**ГИС-практикум. Знакомство с интерфейсом пользователя Quantum GIS. Система модулей Quantum GIS.**				2			Проверка РГР
5.1.2	ГИС-практикум. Географическая привязка растровых изображений в QGIS.				4			Проверка РГР
5.1.3	ГИС-практикум. Создание точечного слоя из текстовых данных в QGIS.				2			Проверка РГР
5.1.4	Создание и редактирование векторных слоев средствами Quantum GIS.				4			Проверка РГР
5.1.5	ГИС-практикум. Создание макета карты в QGIS				2			Проверка РГР
5.1.6	ГИС-практикум. Расчет основных пространственных характеристик объектов в QGIS.				2			Проверка РГР
5.1.7	ГИС-практикум. Создание и анализ цифровой модели рельефа в QGIS				2			Проверка РГР
5.1.8	ГИС-практикум. Создание тепловых карт в QGIS				2			Проверка РГР
5.1.9	ГИС-практикум. Поиск кратчайшего маршрута с помощью Road graph для QGIS.				2			Проверка РГР
5.1.10	ГИС-практикум. Работа с атрибутивными данными. Соединение таблиц в QGIS. Пространственное соединение данных.				2			Проверка РГР
6.	**Возможности ГИС для учета и анализа природно-ресурсного потенциала территорий (всего 8 часов)**				**6**		**2**	
6.1	Тема 6.1. Возможности ГИС для учета и анализа природно-ресурсного потенциала территорий						2	Отчет
6.1.1	ГИС-практикум. Начало работы в GRASS ГИС через графический интерфейс QGIS				2			Проверка РГР
6.1.2	ГИС-практикум. Составление комплексного атласа территории.				4			Проверка РГР

4.2. Рекомендуемая литература

Основная

1. Жуковская, Н.В. Введение в ГИС на основе QGIS : пособие / Н.В. Жуковская. – Минск : БГУ, 2018. – 131 с.

Дополнительная

2. Гурьянова, Л.В. Введение в географические информационные системы: пособие для студентов географических факультетов / Л.В. Гурьянова. – Минск: БГУ, 2009. – 128 с.
3. Гурьянова, Л.В. Аппаратно-программные средства ГИС: курс лекций / Л.В. Гурьянова. – Минск: БГУ, 2003. – 140 с.
4. Курлович, Д.М. Геоинформационные методы анализа и прогнозирования погоды: учебн.-метод. пособие / Д.М. Курлович. – Мн.: БГУ, 2013. –191 с.
5. Геоинформатика : учеб. для студ. вузов / Е.Г. Капралов, А.В. Кошкарев, В.С. Тикунов и др.; под ред. В. С. Тикунова. М., 2005. – 480 с.
6. Ковин, Р.В. Геоинформационные системы: учебное пособие / Р.В. Ковин, Н.Г. Марков. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2008. – 175 с.
7. Геоинформатика. Толковый словарь основных терминов / Баранов Ю.Б. [и др.]; под ред. А.М. Берлянта и А.В. Кошкарева. – М.: ГИС Ассоциация, 1999. –204 с.
8. ДеМерс, М.Н. Географические информационные системы. Основы / М.Н. ДеМерс; пер. с англ. В. Андрианова. – М.: Изд-во Дата+, 1999. – 290 с.
9. Митчелл, Э. Руководство ESRI по ГИС анализу. Том 1: Географические закономерности и взаимодействия. – Нью-Йорк, ESRI Press, 1999 – 190 с.
10. Коросов, А.В. Экологические приложения Quantum GIS : учебное пособие для студентов биологических специальностей / А.В. Коросов, А.А. Зорина. – Петрозаводск : Издательство ПетрГУ, 2016. – 211 с.
11. Mastering QGIS / Kurt Menke [et al.]. – Birmingham: Packt Publishing Ltd., 2015. – 388 p.
12. Graser, Anfita. Learning QGIS. / Anfita Graser. – Birmingham: Packt Publishing Ltd., 2016. – 190 p.

4.3. Электронные ресурсы

1. Учебная программа по учебной дисциплине «Введение в ГИС» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://elib.bsu.by/handle/123456789/176785. – Дата доступа: 16.12.2019.
2. Свидзинская, Д.В. Основы QGIS / Д.В. Свидзинская, А.С. Бруй // Дослідницько-освітня лабораторія OSGeo КНУ [Электронный ресурс]. – 2014. – Режим доступа: https://lab.osgeo.org.ua/files/QGIS_intro.pdf. – Дата доступа: 02.02.2020.

3. Самардак, А.С. Геоинформационные системы: Учебное пособие / А.С. Самардак [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://window.edu.ru/resource/012/41012/files/dvgu133.pdf. – Дата доступа: 02.02.2020.

4. GIS-Lab. Географические информационные системы и дистанционное зондирование [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://gis-lab.info/.

5. ArcReview // Esri CIS [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.esri-cis.ru/news/arcreview/all.php. – Дата доступа 25.11.2019.