

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ
ГОУ ВПО «СИБИРСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ ГЕОДЕЗИЧЕСКАЯ АКАДЕМИЯ»

В.А. Середович, В.Н. Ключниченко, Н.В. Тимофеева

ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ
(назначение, функции, классификация)

Монография

Новосибирск
СГГА
2008

УДК 528.91
С32

Рецензенты:

Доктор технических наук, член-корреспондент Россельхозакадемии,
зам. председателя СО Россельхозакадемии,
директор Сибирского физико-технического института
В.В. Альт

Доктор технических наук, профессор
Новосибирского государственного архитектурно-строительного университета
Г.Г. Асташенков

Середович, В.А.

С32 Геоинформационные системы (назначение, функции, классификация)
[Текст] : монография / В.А. Середович, В.Н. Ключниченко, Н.В. Тимофеева. –
Новосибирск : СГГА, 2008. – 192 с.

ISBN 978-5-87693-265-5

Переход современного российского общества к рыночной экономике тесно связан с проблемами информационного обмена. Потоки информации, которые обрабатывают в настоящее время различные производственные и научные организации, обуславливают обязательность внедрения новейших технологий ее обработки, а также средств вычислительной техники, в том числе и геоинформационных систем.

В работе приведены основные характеристики ГИС и методы, используемые в современных ГИС-технологиях. Описаны возможности геоинформационных систем и области их применения.

УДК 528.91

Печатается по решению редакционно-издательского совета СГГА

ISBN 978-5-87693-265-5

© ГОУ ВПО «Сибирская государственная
геодезическая академия» (СГГА), 2008

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	4
1. Общие сведения об информационных системах.....	6
1.1. Понятие информационных систем.....	6
1.2. Обзор основных информационных систем.....	13
2. Понятие и назначение геоинформационных систем.....	16
2.1. Общие сведения о геоинформационных системах.....	16
2.2. Функциональные возможности ГИС.....	20
2.3. Характеристика задач, решаемых с помощью геоинформационных систем.....	24
3. Этапы развития ГИС.....	26
3.1. Общие сведения.....	26
3.2. Развитие средств вычислительной техники.....	27
3.3. Этапы развития ГИС и геоинформационных технологий.....	28
3.4. Понятие геоинформатики и топологии.....	33
4. Классификация гис и их составных элементов.....	39
4.1. Классификация ГИС.....	39
4.2. Составные элементы ГИС и их назначение.....	44
5. Применение ГИС в современных условиях.....	49
5.1. Область применения ГИС.....	49
5.2. Обзор российского рынка программного обеспечения геоинформационных технологий.....	54
5.3. Основные достоинства ГИС.....	55
5.4. Перспективы развития ГИС-технологий.....	57
5.5. Муниципальные ГИС.....	58
6. Характеристика данных, используемых в ГИС.....	61
6.1. Общие сведения о типах данных.....	61
6.2. Векторные и растровые данные.....	62
6.3. Масштабирование изображений.....	66
6.4. Аддитивные и субтрактивные цветовые пространства.....	69
6.5. Представление пространственных данных в ГИС.....	71
7. Порядок использования карт и планов в ГИС.....	75
7.1. Общие сведения о картах и планах.....	75
7.2. Цифровые карты и планы.....	78
7.3. Требования к электронным картам и планам.....	81
7.4. Понятие многослойной структуры электронной карты (плана).....	85
8. Порядок хранения семантической информации в ГИС.....	88
8.1. Порядок формирования моделей структур баз данных.....	94
8.2. Понятие задачи унификации документов и защиты информации.....	100
Заключение.....	103
Словарь терминов.....	104
Библиографический список.....	111

ВВЕДЕНИЕ

Развитие современного общества немыслимо без применения информационных технологий, поскольку для принятия решений в любой сфере деятельности человеку требуются актуальные знания о состоянии окружающей среды, тенденциях на рынке товаров и услуг, об экологической обстановке и т. д. Такая информация рассредоточена по множеству организаций различных министерств и ведомств и зачастую оказывается недоступной для потребителей или теряется в пучине информационных потоков. В связи с этим в России принят ряд важных документов, направленных на совершенствование процессов обмена информацией между физическими и юридическими лицами посредством создания сетей Internet и Intranet [49, 50]. В основу реализации этих процессов должны быть положены технологии, базирующиеся на геоинформационных системах.

Геоинформационные системы используются, как правило, в учреждениях, обрабатывающих пространственно-организованные данные, и являются частным случаем информационных систем. Интерес к данной области знаний неуклонно возрастает. Вместе с тем, на страницах многих журналов специалисты высказывают мнение о недостаточном внимании в России к информационному образованию, а также об отсутствии научной и методической литературы в этой области. Зарубежные специалисты скептически относятся к российским информационным системам. В связи с этим необходимо стимулировать развитие отечественных информационных технологий для выхода на мировой рынок. Поэтому целесообразно усилить профессиональное образование будущих специалистов [34, 36, 51]. Это касается, в частности, преподавания в вузах учебных дисциплин, базой для которых являются геоинформационные технологии.

Предлагаемая работа посвящена одному из наиболее интересных и важных разделов информатики – геоинформационным системам, открывшим путь геоинформатике. Несмотря на то, что в данной монографии рассмотрены вопросы, касающиеся довольно узкой тематики, она, несомненно, будет полезна и для широкого круга читателей. Работа содержит общие сведения о геоинформатике и топологии. Здесь также показаны достоинства и недостатки растровых и векторных типов данных и приведены формулы расчета размера растровых файлов. В конце монографии приведен глоссарий, в котором читатель может найти пояснение используемых в работе специфических терминов.

Монография полностью соответствует поставленной перед авторами цели и способствует введению читателя в мир необходимых понятий. Работа окажется полезной для производителей, которые желают применить геоинформационные системы в своей практической деятельности. Она будет востребованной также аспирантами и соискателями в процессе подготовки к экзаменам по специальности. Монография станет настольной книгой для студентов, изучающих геоинформационные системы, поскольку сложные вопросы в ней изложены без излишней детализации, кратко и понятно.

Авторы отдают себе отчет в том, что невозможно охватить в одной работе вопросы геоинформационного моделирования, картографирования и описания геоинформационного пространства. Это специальные разделы, которые должны быть представлены в отдельных изданиях, и их тематика выходит за рамки введения в геоинформационные системы.

В течение многолетней работы над монографией авторы выносили на обсуждение основные вопросы, касающиеся как концептуальных вопросов построения муниципальных геоинформационных систем, так и преподавания этой дисциплины в высшей школе. В ходе дискуссий совершенствовалось содержание монографии, в основу которой положены публикации авторов, а также работы отечественных и зарубежных специалистов в области геоинформационных систем. Из числа наиболее известных отечественных специалистов в области информатики и земельного кадастра можно выделить Ю.Б. Баранова, А.М. Берлянта, Л.М. Бугаевского, А.А. Варламова, С.А. Гальченко, Е.Г. Капралова, Н.В. Коновалову, А.В. Кошкарёва, В.С. Тикунова, В.Я. Цветкова.

Авторы представленной монографии выражают глубокую благодарность специалистам, которые высказывали критические замечания по ее содержанию на всех уровнях обсуждения. Все недостатки устранены, и их учет обеспечил адекватность теории и практики.

Особую благодарность авторы выражают заведующему кафедрой инженерной геодезии Новосибирского государственного архитектурно-строительного университета, доктору технических наук, профессору Асташенкову Геннадию Григорьевичу, который внимательно подошел к вопросу рецензирования монографии, и чьи рекомендации позволили существенным образом улучшить структуру и содержание работы.

Свою признательность авторы выражают также заведующему кафедрой картографии и геоинформатики Сибирской государственной геодезической академии, доктору технических наук, профессору Лисицкому Дмитрию Витальевичу за ряд ценных замечаний, учет которых был, безусловно, полезным.

В заключение хотелось бы добавить несколько слов о том, что представленная работа гармонично вписывается в ряд имеющихся публикаций в области геоинформационных систем и является дополнительным вкладом в процесс повышения уровня образования в данной сфере. Монография доступна и понятна читателям любого уровня подготовки, и в этом заслуга не только авторов, но и тех специалистов, которые принимали непосредственное участие в обсуждении и рецензировании ее содержания.

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ

1.1. Понятие информационных систем

Развитие современного общества практически невозможно без информации, касающейся, например, сведений о том, где какой продукт производится, какова его стоимость, как проехать к месту его реализации и т. д. Зачастую нужной для потребителей информацией обладает множество разрозненных организаций, что снижает эффективность ее использования. Следовательно, целью создания информационных систем является концентрация информации в специализированных центрах для более эффективного ее использования широкими слоями населения. Эти центры могут формироваться на базе организаций отраслевого или федерального значения. Ярким примером такого центра является Федеральное агентство кадастра объектов недвижимости, которое предназначено для предоставления информации физическим и юридическим лицам о земельных участках и расположенных на них строениях. (Слово «информация» происходит от латинского *informatio* – осведомление, разъяснение.)

Термин «система» произошел от греческого *system* и трактуется как «целое, составленное из отдельных частей». Следовательно, под *системой* понимается совокупность разнородных элементов, представляющих объект как единое целое. В информатике понятие «система» имеет множество смысловых значений. Чаще всего оно используется применительно к набору технических средств и программ. В частности, информационная система (ИС) состоит из совокупности самостоятельных, но взаимосвязанных элементов [55, 86]. Современное понимание информационной системы предполагает использование персонального компьютера в качестве основного технического средства обработки информации. Компьютеры вместе с программным обеспечением являются технической базой и инструментом для формирования информационных систем. Таким образом, *информационная система* представляет собой взаимосвязанную совокупность технических средств, программного обеспечения и методов, используемых операторами для хранения, обработки и выдачи потребителям информации. Информационная система немыслима без человека (оператора), взаимодействующего с компьютером. Такие системы называются *эргатическими*. Работу информационной системы любого назначения обеспечивают блоки, состав которых можно представить в виде схемы (рис. 1).

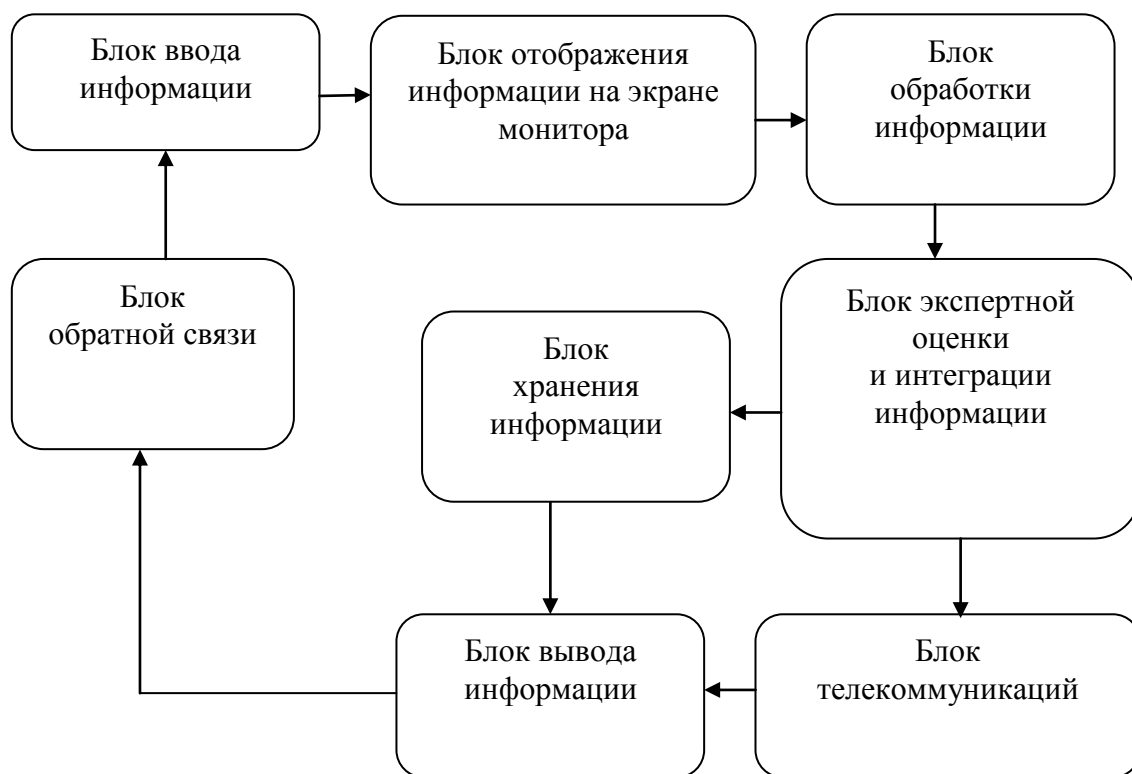


Рис. 1. Блоки информационной системы

Пополнение информационной системы данными с различных устройств (клавиатура, накопители информации и т. д.) обеспечивает **блок ввода информации**.

В **блок отображения информации** входят различные формы её представления для последующего просмотра и изучения.

Блок обработки информации является одним из центральных и предназначен для решения задач по ее преобразованию. Он формируется на базе мощного компьютерного оборудования, программного обеспечения и требует высококвалифицированного обслуживающего персонала.

Блок экспертной оценки и интеграции информации осуществляет анализ полученных данных, их оценку, преобразование и объединение с другими видами данных.

Блок хранения информации обеспечивает поддержку серверов реляционных баз данных, которые представляют собой данные о пространственных объектах местности, включающие сведения об их местоположении, форме и свойствах. Под **пространственными объектами** понимаются объекты или явления, которые могут быть однозначно определены в пространстве и описаны в виде набора атрибутов.

Блок телекоммуникаций формируется благодаря развитию сетей Internet и Intranet и обеспечивает обмен информацией.

Блок вывода информации требует специализированных устройств, таких как мониторы, плоттеры, принтеры и т. д.

Блок обратной связи предназначен для корректировки результатов, получаемых на выходе информационной системы.

Внедрение информационных систем способствует получению наиболее приемлемых вариантов решения задач путем использования автоматизированных методов, интеллектуальных и экспертных систем. Они обеспечивают также снижение доли рутинной работы операторов за счет автоматизации процессов формирования достоверной информации в условиях многократного ее использования.

Создание информационной системы осуществляется при условии ее полного функционального соответствия поставленной цели и решаемым задачам. Включение в систему дополнительных функций приводит к ее удорожанию. Это может существенно снизить привлекательность информационной системы для потенциальных пользователей. Современные системы создаются главным образом открытыми, и о них будет сказано позднее.

Общую структуру информационной системы, независимо от сферы применения, следует рассматривать как совокупность обеспечивающих компонентов, предназначенных для реализации основных ее функций (рис. 2).

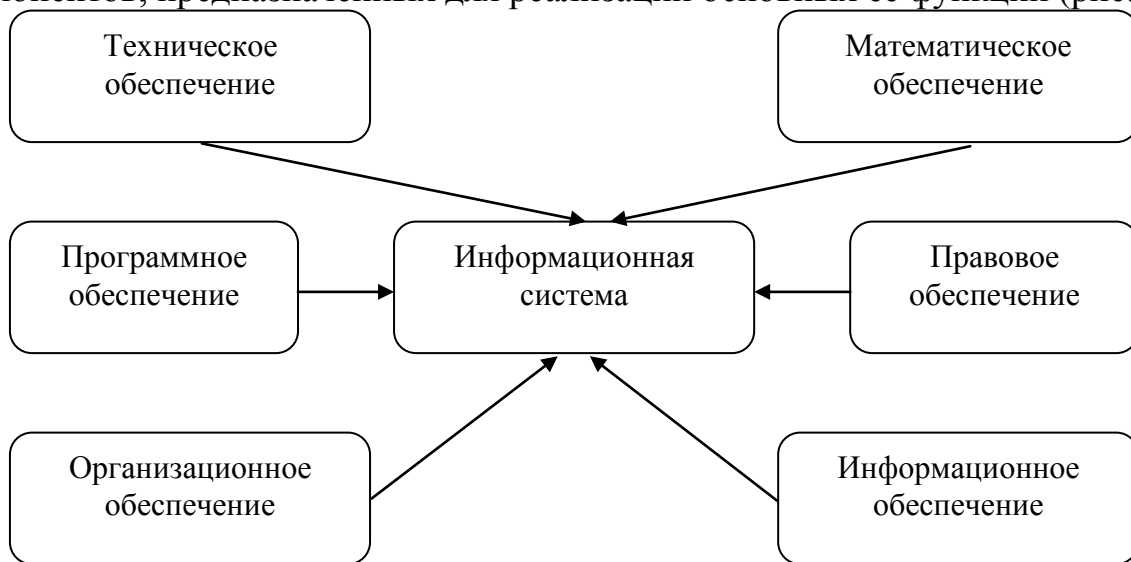


Рис. 2. Основные обеспечивающие компоненты информационных систем

Техническое обеспечение включает комплекс технических средств и соответствующих технологических процессов, предназначенных для функционирования информационной системы. Комплект технических средств, в свою очередь, составляют устройства сбора, накопления, обработки, передачи, преобразования и вывода информации.

К средствам **математического обеспечения** относится математическая статистика, методы математического моделирования и программирования технологических процессов, а также другие методы.

Правовое обеспечение определяется совокупностью правовых норм, регламентирующих юридический статус и функционирование информационных систем, а также порядок получения, обработки и использования информации.

Информационное обеспечение представляет собой совокупность методов классификации и кодирования информации. Сюда включаются дополнительно унифицированные системы документации, схемы информационных потоков и методология построения баз данных.

Организационное обеспечение формируется набором методов и правил, регламентирующих взаимодействие администратора системы с операторами. При этом устанавливается порядок использования технического оборудования в процессе эксплуатации информационной системы. Кроме этого, организационное обеспечение определяет алгоритм для подготовки и решения задач, распределения доступа к данным в целях эффективного использования информационной системы и соблюдения конфиденциальности информации.

Программным обеспечением является совокупность алгоритмов, методов программирования и программ, позволяющих реализовать проектные задачи информационной системы, а также надежное функционирование комплекса технических средств. Различают **общесистемное** и **специальное** программное обеспечение, каждое из которых включает **техническую** документацию.

Общесистемное программное обеспечение представлено комплексом программ, предназначенных для решения типовых задач обработки информации. Оно служит для реализации функциональных возможностей компьютеров, контроля и управления процессом обработки данных.

Специальное программное обеспечение базируется на совокупности программ, разработанных для выполнения конкретных функций информационной системы. В его состав входят пакеты прикладных программ (ППП), обеспечивающих функционирование отдельных специальных модулей системы.

Техническая документация на эксплуатацию программного обеспечения является неотъемлемым атрибутом любой разработки и содержит описание решаемых системой задач, текст и алгоритмизацию их решения, а также контрольные примеры.

В процессе создания информационных систем возникают проблемы, связанные с формальным математическим и алгоритмическим описанием решаемых задач. От адекватности реальной задачи и описывающей ее модели во многом зависит эффективность работы всей системы, а также уровень автоматизации, определяемый степенью участия человека в процессе принятия решения. Чем точнее математическое описание задачи, тем выше возможности компьютерной обработки данных, предполагающие минимум участия человека в технологическом процессе. В связи с этим информационные системы могут подразделяться по признаку структурированности задач. Различают три типа задач, для решения которых создаются информационные системы: структурированные (формализуемые), неструктурированные (неформализуемые) и частично структурированные. Перечисленные задачи представлены на рис. 3.



Рис. 3. Задачи, решаемые с помощью информационных систем

Структурированная, то есть формализуемая задача, представляет собой задачу, для решения которой известны все ее элементы и взаимосвязи между ними. В структурированной задаче представляется возможным выразить ее содержание в форме математической модели, имеющей точный алгоритм решения. Целью использования информационной системы в процессе реализации структурированных задач является полная автоматизация их решения, т. е. сведение роли человека к минимуму.

Неструктурированной (неформализуемой) задачей является задача, в которой невозможно выделить элементы и установить связи между ними. Решение неструктурированных задач сопряжено с большими трудностями вследствие сложности создания математического описания и разработки алгоритма достижения цели. Сфера применения информационных систем в этих условиях незначительна. Для решения таких задач используются специальные системы, базирующиеся не на информации, а на базах знаний. В последнее время необходимость получения оперативной и квалифицированной экспертной оценки в различных прикладных областях возрастает. Решить эту проблему можно с помощью методов развивающегося направления в информатике, основанного на искусственном интеллекте. Существенный результат в этой сфере достигнут в процессе создания экспертных систем.

Искусственный интеллект представляет собой раздел информатики, включающий разработку методов моделирования и воспроизведения отдельных функций деятельности человека с помощью персонального компьютера.

Экспертная система (ЭС) – это сложные программные комплексы, аккумулирующие знания специалистов в конкретных предметных областях и тиражирующие этот эмпирический опыт для консультаций менее квалифицированных пользователей. Такие системы предназначены для решения практических задач, возникающих в частично структурированной и трудно

формализуемой предметной области. Экспертная система позволяет на основании имеющихся и предоставляемых пользователем фактов распознать ситуацию, поставить диагноз, сформулировать решение или дать рекомендации пользователям по достижению поставленной цели.

База знаний является составным элементом экспертных систем и включает набор фактов и правил, обеспечивающих накопление опыта специалистов в конкретной предметной области в целях поиска ответов на вопросы, которые в явном виде не содержатся в базах данных.

Как показывает практика, структурированные и неструктурированные задачи встречаются весьма редко. В большинстве случаев известна лишь некоторая часть элементов и связей между ними. Подобные задачи называются **частично структурированными**. Для решения таких задач предоставляется возможность применения информационной системы, в которой генерируемая информация анализируется оператором. Подобные информационные системы являются автоматизированными, поскольку в их функционировании существенная роль отводится человеку. Ярким примером задач указанного выше типа является принятие решения по устранению ситуации, когда расчетная потребность в трудовых ресурсах для своевременного выполнения комплекса работ превышает их наличие. При этом возможны два основных варианта:

- выделение дополнительного финансирования на увеличение численности работающих;
- перенесение срока сдачи работ на более позднюю дату.

В данной ситуации информационная система может помочь специалисту принять то или иное решение, поскольку предоставляет информацию о положительных и отрицательных последствиях, характерных для каждого варианта. Информационные системы, использующие принцип «обратной связи» и применяемые для решения частично структурированных задач, подразделяются на два вида:

– создающие управленческие отчеты и ориентированные главным образом на обработку данных (поиск, сортировку, агрегирование, фильтрацию). Используя сведения, содержащиеся в этих отчетах, оператор получает информационную поддержку в процессе принятия конкретного решения;

– разрабатывающие возможные альтернативные решения применительно к конкретной ситуации. Действия оператора при этом сводятся к выбору одной из предложенных системой альтернатив.

Информационные системы обеспечивают доступ пользователей к информации, содержащейся в базах данных, и ее обработку. Процедуры взаимодействия оператора с данными в таких информационных системах должны обеспечивать:

- составление комбинаций данных, получаемых из различных источников;
- оперативное добавление или исключение того или иного источника данных, а также автоматическое подключение источников при поиске данных;

- манипулирование данными с использованием возможностей систем управления базами данных;
- логическую независимость данных, входящих в подсистему информационного обеспечения;
- автоматическое отслеживание потока информации для заполнения баз данных.

Круг решаемых с помощью информационных систем задач достаточно широк. Сюда можно также включить задачи повышения производительности труда инженеров и проектировщиков, систематизации графической и атрибутивной информации об объектах местности, улучшения эргономических характеристик рабочего места и т. д. Информационные системы обычно создаются в виде рабочих станций или офисных систем. Отдельно можно выделить группу информационных систем, которые предназначены для автоматизации обработки данных. Такие системы (в том числе и экспертные) включают в себя сведения, необходимые в процессе разработки или принятия альтернативных решений.

Широкий спектр решаемых задач обуславливает неограниченное количество пользователей информационных систем, которыми может быть затребована информация, привязанная к конкретной территории или имеющая, например, социальный или коммерческий характер. В связи с этим целесообразно выделить непространственные и пространственные информационные системы (рис. 4).

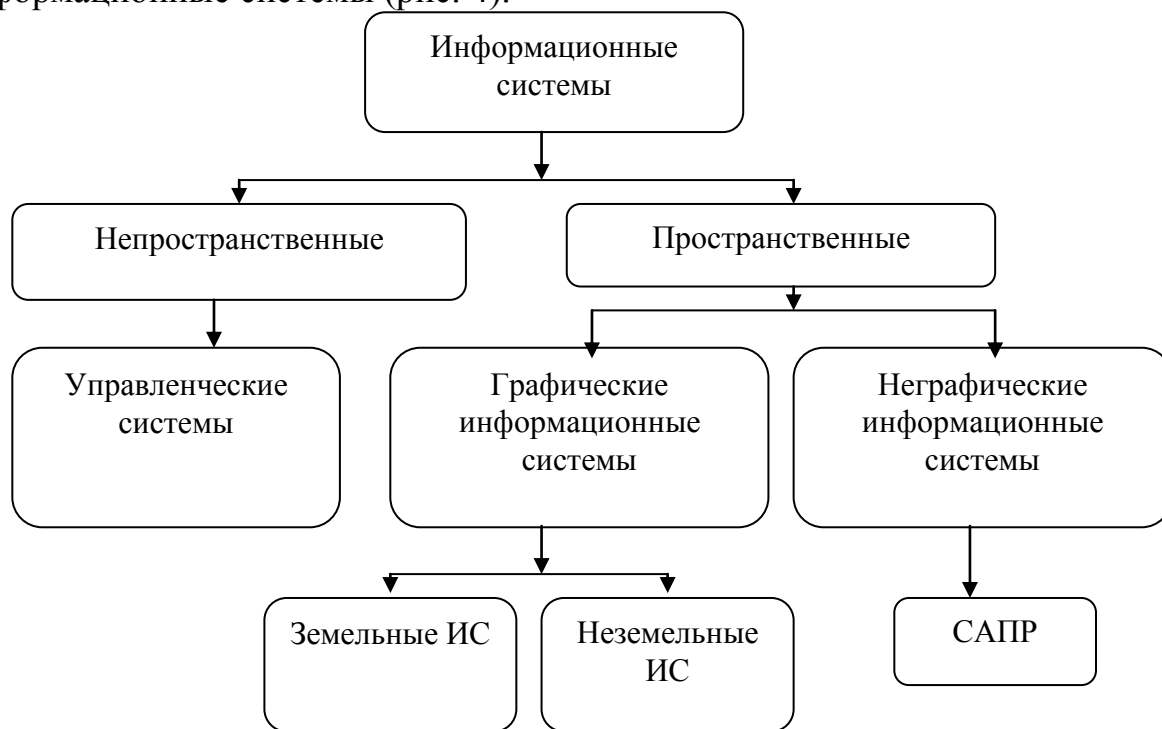


Рис. 4. Непространственные и пространственные информационные системы

Рис. 4 отражает различие между непространственными и пространственными информационными системами. Несмотря на то, что такое подразделение несколько искусственное, оно позволяет выделить информацию, непосредственно связанную и не связанную с землей. Примером

информационных систем, не связанных с землей, служат демографические системы, объектом исследования которых является население, жилищное строительство, производственная деятельность, но не сама земля, на которой проживает это население.

1.2. Обзор основных информационных систем

В настоящее время разработан ряд информационных систем различного функционального назначения. С учетом широкого круга решаемых с их помощью задач, они вторгаются практически во все сферы деятельности человека. Важное место среди этих систем занимают земельные информационные системы, работы по созданию которых начаты в 1980 году. Наиболее перспективными сферами их применения признано городское хозяйство, земельный кадастр, картография.

Термин «земельная информационная система» (ЗИС) впервые получил свое признание на международном конгрессе, состоявшемся в 1981 году в Швейцарии. До этого времени функционировали информационные системы, которые включали главным образом данные о правовом кадастре. В процессе эксплуатации таких систем информация о земле в них начала преобладать, и поэтому их стали называть земельными информационными системами. Эти системы сосредотачивали информацию о незначительных по площади земельных участках, называемых парцеллами. Первые земельно-информационные системы были реализованы для решения городских и региональных проблем, при этом они работали только с растровыми изображениями. Однако, несмотря на то, что ячейки растра были крупные, земельно-информационные системы считались достаточно эффективными. Современные ЗИС ориентированы в основном на работу с векторными данными.

Земельно-информационные системы не только описывают отдельные, незначительные по размеру земельные участки, но обладают также функцией трехмерного их представления. Поскольку ЗИС используют изображения только крупного масштаба (1 : 10 000 и крупнее), то в них не заложены функции генерализации. Кроме этого, они не позволяют осуществлять анализ данных. В связи с тем, что ЗИС обеспечивают решение лишь незначительной части задач, присущих информационным системам, они отнесены к подсистемам. Однако со временем границы указанного выше масштабного ряда существенно расширились, а областью применения ЗИС стали многие важные направления, включающие коммунальное хозяйство, службы трудоустройства населения, справочно-поисковые системы и т. д. [26, 27, 30, 31, 33, 34, 35, 38, 53, 54, 57, 59, 63].

Реализуемая в настоящее время программа создания рынка недвижимости выдвигает на первый план задачу формирования надежной и открытой системы кадастра, которая бы систематизировала сделки с недвижимым имуществом, фиксировала права на нее, тип сделки, вид разрешенного использования и т. д. Для эффективной работы земельного рынка требуется достоверная информация о границах земельных участков и расположенных на них объектах, их

площадях, правах собственности на недвижимое имущество и имеющихся обременениях. В этой сфере возрастает роль пространственных информационных систем [23]. Согласно статье 130 действующего Гражданского кодекса, под недвижимым имуществом понимаются земельные участки, участки недр, обособленные водные объекты и все, что прочно связано с землей (то есть объекты, перемещение которых без несоразмерного ущерба их назначению невозможно). К недвижимым вещам может быть отнесено также иное имущество, если «законодатель его посчитает таковым».

Любая система, которая содержит данные о земельных участках и обеспечивает поддержку их в актуальном состоянии, является жизнеспособной. Такие системы непрерывно пополняются информацией и актуализируются, поэтому их целесообразно внедрять в муниципальных службах, поскольку они напрямую связаны со сделками с недвижимым имуществом [60, 67, 69]. Практически одновременно с появлением этих систем Международная федерация геометров предложила определение земельной информационной системы, которое было принято только в 1982 году на шестнадцатом конгрессе землеустроителей в Монре. Согласно этому определению, земельная информационная система является инструментом для принятия решений в области права на объекты недвижимости, а также в сфере производства и управления.

Земельные информационные системы могут пополняться данными о собственниках и арендаторах земельных участков по сведениям кадастра объектов недвижимости, подразделений экологического мониторинга, а также по данным единого государственного реестра зданий и сооружений. При этом необходимо постоянное обновление данных о землях и прочих объектах недвижимости. В частности, важным составным элементом ЗИС становится актуальная информация о кадастровой и рыночной оценке земель, арендной плате, сделках с недвижимым имуществом и т. д. В настоящее время создаются информационные системы кадастровой оценки земельных участков и расположенных на них объектов с использованием многофункционального анализа различных факторов, оказывающих влияние на стоимость недвижимого имущества. Необходимая для этих целей информация должна иметь многоцелевой характер, формироваться по многим источникам, предназначаться для широкого круга потребителей и включать сведения:

- характеризующие пространственное положение объектов (местоположение, геометрические параметры, площадь и т. д.);
- обеспечивающие детальное изучение описательной информации о конкретных объектах (цель предоставления земельных участков, их назначение, местоположение, площадь и т. д.);
- отражающие правовые аспекты эксплуатации земельных участков и расположенных на них объектов (например, тип права, наличие обременений и сервитутов);
- включающие информацию о стоимости недвижимого имущества, размере арендной платы или земельного налога.

Кроме перечисленного, имеют место также и другие информационные системы, о которых следует сказать несколько слов.

Системы настольного картографирования используют графическое представление для организации взаимодействия пользователя с информацией. При этом все операции осуществляются по картам, которые связаны с базой данных. Большинство систем настольного картографирования могут функционировать на компьютерах малой мощности. Вместе с тем это важное достоинство не повышает существенно привлекательность вышеназванных систем, поскольку они имеют ограниченные возможности в отношении настройки на требования пользователей и управления данными. Кроме того, у них отсутствуют возможности пространственного анализа.

Что касается систем автоматизированного проектирования (САПР), то они обеспечивают свободное создание различных чертежей, планов зданий, схем подземных коммуникаций и так далее. Однако, несмотря на то, что некоторые из САПР обеспечивают поддержку картографического представления данных, эти системы содержат ограниченный набор аналитических функций. Таким образом, имеющиеся в них утилиты не позволяют эффективно управлять мощными базами пространственных данных и осуществлять их анализ, что в значительной степени снижает привлекательность систем автоматизированного проектирования.

Системы дистанционного зондирования предназначены для определения расстояний до изучаемых объектов, а также их размеров с использованием различных летательных аппаратов, приемников систем глобального позиционирования и других устройств. Эти приборы обеспечивают сбор данных в виде наборов координат или изображений, главным образом цифровых, для дальнейшей обработки, анализа и визуализации. Вместе с тем, отсутствие в системах дистанционного зондирования функций управления и анализа данными существенно образом сужает область их применения. Под **дистанционным зондированием** поверхности Земли понимается процесс изучения природных ресурсов, методов землепользования и состояния окружающей среды на основании использования свойств излучаемых, отраженных или рассеиваемых электромагнитных волн.

Таким образом, несмотря на то, что область применения информационных систем изначально была незначительной, в настоящее время их возможности существенно образом расширяются. В различные сферы производственной, научной и управленческой деятельности внедряются экспертные системы, системы принятия решения, экологические и прочие системы. Формируются они для решения конкретных задач, которые возникают перед юридическими и физическими лицами в процессе их профессиональной деятельности. Об этих и многих других системах читатель может узнать из литературы специального назначения.

2. ПОНЯТИЕ И НАЗНАЧЕНИЕ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

2.1. Общие сведения о геоинформационных системах

Информационные системы в настоящее время используются в различных сферах деятельности человека. Однако довольно часто у пользователей возникает необходимость определения пространственного положения изучаемых объектов. Любая пространственная информационная система формируется на принципах, которые присущи всем информационным системам. Такие системы представляются как автоматизированные информационные системы, предназначенные для отображения и анализа естественных, а также искусственных объектов, расположенных в пределах земной поверхности. Пространственная привязка изучаемых объектов послужила основанием для введения термина «географические информационные системы» (ГИС). Со временем этот термин получил более широкую трактовку и трансформировался в понятие «геоинформационная система», поскольку в сферу исследования ГИС включались объекты и явления, имеющие не только конкретное местоположение на земной поверхности, но и различные описательные характеристики. В широком смысле слова ГИС воспринимается как модель реального мира, а в узком смысле является системой накопления и хранения данных, привязанных к земной поверхности. При этом наиболее перспективным направлением развития ГИС признана возможность поддержки процессов принятия решений.

Составная часть сложных слов «гео» в переводе с греческого языка означает «земля». Область применения ГИС, естественно, не ограничивается *гео*графией, *гео*дезией или другими «геонауками». Применение ГИС, как показывает практика, весьма эффективно в любой предметной области, в которой важное значение имеет информация о взаимном расположении и формах описываемых или изучаемых объектов в пространстве (экология, сельское и лесное хозяйство, управление природными ресурсами, бизнес, кадастр объектов недвижимости, коммунальное хозяйство и т. д.). Таким образом, наиболее существенное отличие ГИС от других информационных систем заключается в том, что они содержат пространственно-временные и географически координированные данные, характеризующие конкретный объект. Эти данные могут включать географические координаты (широту и долготу), прямоугольные координаты (X и Y) или почтовые адреса, идентифицирующие местоположение объектов.

Термин «географическая информационная система» введен в 1963 году Р.Ф. Томлинсоном при внедрении электронной пространственной информационной системы в Канаде. Это понятие соответствовало новой технологии применения ЭВМ для хранения и обработки данных. Значительно позднее на базе таких систем были созданы указанные выше земельные информационные системы, характеризующие правовое, хозяйственное и пространственное положение незначительных по площади территорий.

Американский архитектор Ф. Харт предложил информацию различного рода помещать на кальке. При помощи подсветки представлялась возможность совмещать информацию, имеющуюся на нескольких листах кальки. Данную

идею развили другие американские ученые – Говард и Фишер, предложившие для совмещения изображений использовать компьютер. С 1977 года эта идея применяется в различных сферах производственной и научной деятельности специалистов.

В настоящее время автоматизация в области ГИС достигла такого уровня, который позволяет решать задачи пространственного анализа, осуществлять ведение графических и атрибутивных баз данных, корректировать информацию и выводить ее на печать. Таким образом, главное отличие ГИС от систем компьютерной графики заключается в том, что геоинформационные системы, кроме графического отображения, содержат разностороннюю информацию об объектах и их элементах [41, 84]. Кроме этого, они обеспечивают также определение площади и периметра замкнутых фигур, местоположение любых указанных объектов, их взаимное пересечение, наложение или примыкание, принадлежность, вид хозяйственного использования и т. д. Здесь следует сказать несколько слов о точности выполнения некоторых картометрических операций. Информация о каждом объекте, внесенном в ГИС, хранится в цифровом формате. Для формирования такой информации могут быть использованы, например, материалы автоматизированной съемки, сканирования, дистанционного зондирования. Если оператор выделит нужный объект и дважды щелкнет по нему «мышью», то на экране компьютера отобразится информация, присущая этому объекту. Таким образом, результат работы оператора существенным образом зависит от точности ранее внесенных в ГИС сведений. Поэтому площади и другие производные параметры будут вычисляться по содержащейся в базах данных информации. Чем точнее эта информация, тем надежнее результат будет получен оператором. Что касается количества значащих цифр после запятой или единиц измерения, то пользователь самостоятельно решает эту задачу с помощью элементарных системных настроек. Если не требуется высокая точность результатов (например, в процессе оценки кадастровой стоимости недорогих земельных участков), то пользователь может использовать «мышь» для приближенных построений и дальнейших вычислений.

Завершая тему точности, следует добавить еще несколько слов. В процессе эксплуатации ГИС различают не только точность измерений и точность вычислений. Здесь также приобретает важное значение точность представления данных, которая является производной от масштаба изображения и размера ячеек растра, а также точности введения координат, вида проекции и используемых аппроксимирующих моделей.

Спектр решаемых с помощью ГИС задач постоянно расширяется за счет имеющих место актуальных проблем муниципального управления, экологических проблем и т. д. Это обуславливает возрастание интереса к ГИС широкого круга юридических и физических лиц. Поэтому общее представление о геоинформационных системах должен получить практически каждый житель планеты Земля как потенциальный пользователь ГИС-технологий.

Основанные на ГИС геоинформационные технологии завоевывают все большую популярность и официальное признание в нашей стране. При этом

цифровой геопространственной информации отводится важная роль в процессе решения задач развития регионов России. Однако не все производственные организации имеют современные аппаратно-программные средства обработки цифровых геопространственных данных. Вместе с тем, руководители отдельных организаций также вынуждены признать факт недостаточной укомплектованности квалифицированными кадрами, владеющими навыками использования геоинформационных систем для проведения исследований или решения конкретных производственных задач. В условиях формирующегося цивилизованного рынка темпы освоения ГИС-технологий зависят в основном от наличия и доступности образовательных программ в области геоинформатики и ГИС.

Единое определение ГИС сформулировать достаточно сложно, поскольку их возможности могут рассматриваться с различных точек зрения. Это существенным образом видоизменяет сложившееся понятие о функциональных возможностях геоинформационных систем. В настоящее время имеют место несколько десятков определений ГИС. Объясняется это не только популярностью систем, но и областью их применения. Известно, что изначальная цель создания ГИС заключалась в формировании информации о территориях. В ходе существенных функциональных преобразований название сохранялось, хотя каждый разработчик вкладывал в него новое содержание. Таким образом, географические информационные системы совершенствовались с учетом динамики предъявляемых к ним требований, изменяя или углубляя свои изначальные свойства и функции. В свою очередь, это обуславливало также формирование ряда новых определений ГИС, учитывающих их специфические особенности, используемые для конкретных целей. В частности, под ГИС понимается [5, 9, 10, 13, 15, 16, 18, 28, 39, 46, 77, 79, 84, 85, 89]:

- комплекс аппаратно-программных средств, используемых человеком для хранения, отображения географических (пространственно-разнесенных) данных и манипулирования ими;

- внутренне позиционированная автоматизированная пространственная информационная система, создаваемая для управления данными, их картографического отображения и анализа;

- аппаратно-программный человеко-машинный комплекс, обеспечивающий сбор, обработку, отображение и распространение пространственно координированных данных, интеграцию знаний о территории для их эффективного использования в процессе решения научных и прикладных географических задач, связанных с инвентаризацией, анализом, моделированием, прогнозированием и управлением окружающей средой, а также территориальной организацией общества;

- система, в состав которой входят компоненты для сбора, передачи, хранения, обработки и выдачи информации о территории;

- система, включающая базу данных, техническое оснащение, специализированное математическое обеспечение и пакеты программ,

предназначенные для расширения базы данных, манипулирования данными, их визуализации, а также принятия решений о том или ином варианте хозяйственной деятельности;

– информационная система, которая обеспечивает ввод, манипулирование, анализ, преобразование и вывод пространственно-ориентированных данных.

Как видно из приведенных определений, термин «геоинформационные системы» базируется на двух принципиально различающихся понятиях. Во-первых, ГИС представляется как программное средство, программная оболочка, с помощью которой создается и используется информационно-справочная или информационно-аналитическая система, а также система поддержки принятия решений в какой-либо предметной области. В данном смысле часто имеются в виду инструментальные ГИС. Во-вторых, ГИС представляются как информационно-справочные системы, которые создаются и функционируют с помощью инструментальных ГИС. При этом ГИС включают программные средства, которыми оснащены рабочие места, а также информацию и конкретные структуры данных. Следовательно, в упрощенном виде ГИС можно рассматривать как базы данных.

Отсутствие единого подхода к определению ГИС обуславливается не только множеством решаемых с их помощью задач. Здесь также важную роль играет различие между компьютерной картографией и ГИС. Известно, что *системы компьютерной картографии*, использующие для создания карт графические примитивы в сочетании с описательными атрибутами, не содержат аналитических возможностей ГИС. Для картографических целей целесообразно использовать систему компьютерной картографии, разработанную непосредственно для ввода, преобразования и вывода графических данных. В этом смысле профессиональные многофункциональные ГИС, как показывает практика, оказываются неэффективными. *Системы компьютерного черчения*, специально разработанные для создания графических изображений, не привязанных к внешним описательным данным, являются прекрасным инструментом для проектирования, значительно упрощающим процессы создания чертежей и редактирования информации. Вместе с тем, они практически не пригодны для создания карт и не содержат функций пространственного анализа.

Известный математик Р. Декарт в свое время говорил, что необходимо определять значение используемых слов для того, чтобы избавить человечество от возможных заблуждений. Поэтому целесообразно было бы принять единое определение, обеспечивающее однозначное толкование данного термина: это аппаратно-программный комплекс или сама информация, хранимая в системе. Авторы поддерживают следующее определение ГИС, которое, по их мнению, является наиболее точным [7]: геоинформационная система – это совокупность аппаратно-программных средств и алгоритмических процедур, предназначенных для сбора, ввода, хранения, математико-картографического моделирования и образного представления геопространственной информации. Таким образом, геоинформационная система представляет собой информационную систему,

обеспечивающую сбор, хранение, обработку, отображение и представление пространственно-координированных данных. ГИС содержат данные об объектах в цифровой форме (векторной или растровой). Они включают соответствующий определенным задачам набор функциональных возможностей, реализуемых в различных геоинформационных технологиях. Так же, как и любые информационные системы, они базируются на программных, аппаратных, информационных, нормативно-правовых, кадровых и организационных компонентах [80].

Решаемые актуальные научные и прикладные задачи в сфере инвентаризации, мониторинга, оценки земель, кадастра объектов недвижимости, планирования, управления, поддержки процесса принятия решений и другие задачи определяют проблемную ориентацию ГИС. В частности, в интегрированных ГИС (ИГИС) совмещаются функциональные возможности ГИС и систем цифровой обработки изображений в единой информационной среде. Полимасштабные или масштабно-независимые ГИС основаны на множественных представлениях пространственных объектов. Они обеспечивают графическое воспроизведение данных на любом уровне предусмотренного для них масштабного ряда.

2.2. Функциональные возможности ГИС

Создание и функционирование ГИС сопряжено с рядом специфических задач организационно-правового, научно-технического и финансово-экономического характера. Например, в Польше функционируют такие системы, как «Земля», «Здания и сооружения», «Инженерные коммуникации». В ГИС используются колоссальные по размерам базы данных и качественная графика. Это требует значительных объемов машинной памяти и быстродействующих процессоров. Для этого необходимы более мощные компьютеры или так называемые рабочие станции профессионального уровня, стоимость которых значительно превышает стоимость персонального компьютера. Однако на базе персональных компьютеров также может быть создана полноценная ГИС, только с меньшим набором функциональных возможностей. Под **функциональными возможностями** ГИС понимается комплекс функций геоинформационных систем и соответствующего программного обеспечения, позволяющих пользователям решать свои научные, производственные и бытовые задачи [6].

ГИС не являются серийным продуктом, поскольку заказчик не в состоянии с самого начала точно представить себе все задачи, которые ему предстоит решать. Фирмы – разработчики ГИС, как правило, имеют для них готовые модули, обеспечивающие выполнение одной из задач, например: поддержка устройств ввода и вывода, работа с базами данных, визуализация и анализ данных. В процессе оформления заказа на геоинформационную систему согласовывается перечень модулей, необходимых конкретному заказчику. Некоторые модули могут быть созданы разработчиками в индивидуальном порядке. На рис. 5 показаны основные функции ГИС, которые обеспечивают пользователям решение широкого круга задач.

Ввод данных в ГИС представляет собой операцию чтения информации с различных носителей. Данные перед вводом в ГИС должны быть преобразованы в цифровой формат. Этот процесс называется оцифровкой и в современных ГИС может быть автоматизирован за счет применения сканерной технологии, что особенно важно для реализации крупных проектов. Если объемы работ незначительны, то целесообразно использовать дигитайзеры, которые также позволяют преобразовывать изображения в цифровую форму. Некоторые ГИС имеют встроенные векторизаторы, автоматизирующие процесс оцифровки растровых изображений. Ввод цифровой информации в ГИС может осуществляться с клавиатуры, из GPS-приемников, систем дистанционного зондирования, фотограмметрических приборов, электронных тахеометров, лазерных и магнитных носителей информации, а также путем импортирования из других систем и посредством речевого ввода. Устройство речевого ввода данных, как правило, включает микрофон, анализатор речевых звуков и блок их распознавания, блок эталонов звуков и блок их кодирования для ввода в компьютер.



Рис. 5. Функциональные возможности ГИС

Функция хранения, манипулирования и управления графической и атрибутивной (неграфической) информацией дает возможность пользователям осуществлять отбор, обновление, преобразование и хранение данных. Эта функция включает также статистические вычисления, поддержание

информационной безопасности, формирование стандартных форм пользовательских запросов и представление полученных результатов.

В небольших проектах географическая информация может храниться в виде обычных файлов. При увеличении объема информации для ее структуризации и хранения целесообразно применять системы управления базами данных и специальные компьютерные средства для работы с интегрированными наборами данных. Как правило, в современных ГИС используются реляционные модели данных, которые обеспечивают хранение информации в табличной форме. Манипулирование данными осуществляется в целях упорядочения информации по какому-либо полю (полям), а также ее поиска, редактирования и предоставления пользователям по их запросам. Управление информацией, имеющейся в различных таблицах, осуществляется по общим полям (например, поле «Владелец объекта недвижимости») при помощи языка структурированных запросов. Этот простой прием достаточно гибок и широко используется во многих приложениях для организации связи между данными и их преобразования.

Вывод данных является одним из важнейших этапов, в результате которого реализуется возможность изучения информации, ее корректировки и предоставления потребителю в удобном для него виде. Информация может быть представлена в графической, текстовой или табличной форме. К основным устройствам вывода данных относятся: монитор, принтер, графопостроитель, магнитные и лазерные носители информации, а также другие информационные системы (операция экспорта).

Картометрические операции представляют собой процесс выполнения различных измерений по карте для определения геометрических параметров пространственных объектов (например, длины линий, периметры и площади замкнутых объектов), а также оценки полученных результатов.

Генерация пользовательских запросов и документирование. Если в ГИС имеется необходимая информация, то предоставляется возможность получать ответы как на простые вопросы (кто владелец данного земельного участка), так и на более сложные запросы, требующие дополнительного анализа (например, где выбрать площадку для строительства нового дома с учетом сложившейся застройки). Решение таких задач осуществляется посредством использования Structured Query Language (SQL), что в переводе означает «язык структурированных запросов». **Запрос** – это поиск на электронной карте (плане) нужной информации и выделение каким-либо условным знаком объектов, соответствующих теме запроса.

Информация, предоставляемая пользователям по их запросам, должна не только удовлетворять поставленным условиям, но также быть формализована, то есть представлена в виде единых унифицированных форм документов, отчетов, графиков, таблиц, схем и т. д. Реализация вышеуказанных действий может быть осуществлена посредством встроенных языков программирования и макросов.

Оверлейные операции обеспечивают реализацию одной из основных функций геоинформационных систем, которые предназначены для наложения

друг на друга различных слоев, представленных в цифровой форме, в целях комплексного изучения содержания электронной карты.

Моделирование данных представляет собой процедуру преобразования пространственных данных, включающую совокупность правил формирования структуры таблиц и взаимосвязей информации в базах данных. **Геоинформационное моделирование** – это процесс преобразования моделей пространственных объектов, обеспечивающий корректировку их форм по изменившимся значениям таблиц баз данных.

Настройка геоинформационной системы на требования пользователя предназначена для ее адаптации под конкретные требования пользователей, которыми могут являться физические или юридические лица, использующие ГИС для решения своих научных, производственных или бытовых задач.

Визуализация данных обеспечивает отображение информации на экране монитора, ее масштабирование, перемещение, редактирование, а также создание и использование библиотеки условных обозначений в растровом или векторном форматах. Функция визуализации цифровой информации позволяет решать задачи по выявлению пространственно-логических отношений.

Преобразование пространственных данных. В процессе работы с данными возникает задача их преобразования для последующего картографического отображения и представления в удобном для пользователя виде. Сюда включаются операции по реструктуризации данных, которые обеспечивают, например, изменение размера ячеек растрового изображения, перевод данных из одного формата в другой. Процедура преобразования данных реализует задачу трансформации координат объектов при переходе из одной проекции в другую, а также перевычисление прямоугольных координат точек в географические (или географических координат в прямоугольные). Кроме перечисленного, данная функция позволяет осуществлять конвертирование данных в различные форматы в процессе реализации функций экспорта и импорта, а также **растрово-векторное и векторно-растровое** преобразование данных для последующего использования в различных ГИС.

Пространственный анализ является наиболее важной функцией, которая базируется главным образом на процессах визуализации объектов электронной карты (плана). Пространственный анализ включает следующие основные операции [30]:

- анализ наличия видимости (невидимости) между объектами;
- установление геометрических характеристик объектов, включая вычисление длин сторон полигонов, их периметров, площадей, расстояний между различными объектами и т. д.;
- определение топологических отношений между объектами (например, пересечение, примыкание, включение, соседство). Задание топологии возможно автоматически или вручную;
- построение буферных зон вокруг точечных, линейных и полигональных объектов. Такие зоны формируются эквидистантными линиями (то есть

равноудаленными друг от друга), отражающими область действия каких-либо факторов. **Под буферной зоной** понимается территория, отделяющая две или несколько зон различного функционального назначения. Такие зоны создаются например, для выделения опасных территорий вокруг аварийных объектов. Они могут быть рассчитаны по нормативам предельно-допустимых концентраций вредных веществ с учетом мощности концентрации, направления ветров, рельефа местности, а также сферы распространения вредных веществ, вибрации, шума и т. д.;

– поиск кратчайшего пути или оптимального расстояния по какому-либо критерию, а также ближайшего соседа.

На основании пространственного анализа решаются задачи по выявлению наличия пересечений и примыканий объектов, а также многие другие операции. Современные ГИС имеют множество мощных инструментов для пространственного анализа, среди которых наиболее значимы анализ видимости, близости и наложения.

Анализ **видимости** обеспечивает определение прямой видимости (или невидимости) между изучаемыми объектами с учетом рельефа местности и окружающих строений.

Для проведения **анализа близости** объектов относительно друг друга в ГИС применяется ранее указанный процесс, называемый буферизацией. При этом можно решать ряд практических задач, например, определить количество домов, расположенных в радиусе пятисот метров от указанного учреждения, подсчитать численность населения в конкретной зоне и т. д. Использование процесса буферизации предоставляет возможность решать проблемы водопользования, размещения объектов культурно-бытового назначения и т. д.

Процесс **наложения информации** обеспечивает интеграцию данных, расположенных в различных тематических слоях. Кроме обычного отображения объектов, здесь могут быть применены операции их физического объединения. Таким образом, могут быть решены различные задачи, связанные с определением рельефа местности, величины уклона и т. д.

2.3. Характеристика задач, решаемых с помощью геоинформационных систем

Геоинформационные системы содержат информацию о реальном мире в виде набора тематических слоев, которые объединены по принципу типизации объектов. Для представления, например, застроенной территории в ГИС можно выделить несколько слоев: «Здания», «Улицы», «Подземные коммуникации», «Зеленые насаждения», «Водные объекты». Этот простой и вместе с тем очень гибкий подход доказал свою актуальность в процессе решения разнообразных задач, к основным из которых можно отнести отслеживание передвижения транспортных средств, определение кратчайшего расстояния между двумя пунктами с учетом наличия транспортных коммуникаций и т. д. При этом предоставляется возможность детально изучать любые объекты, не перегружая изображение второстепенными элементами. Обычная топографическая карта этого достичь не позволяет. Таким образом, подключая нужные для изучения

слои и накладывая их друг на друга, пользователь может решить любую задачу (вычисление площадей и расстояний, определение координат объектов и т. д.).

Для автоматического решения подобных задач применяется процедура, называемая геокодированием. Под *геокодированием* понимается процесс присвоения различным точкам местности координат (X и Y), который обеспечивает поиск на электронной карте или плане любого реально существующего объекта для последующего изучения, например, местоположения землетрясения или наводнения, пути к нужному населенному пункту или объекту и т. д. Таким образом, зная название объекта, представляется возможность определить его местоположение на электронной карте, и наоборот, задавая его координаты, можно вывести этот объект на экран компьютера для детального изучения.

3. ЭТАПЫ РАЗВИТИЯ ГИС

3.1. Общие сведения

В восьмидесятые годы прошлого столетия в области ГИС произошли важные преобразования. В это время появились сетевые, пространственные и экологические системы. Здесь можно привести в качестве примеров земельную информационную систему, ландшафтную информационную систему (ЛИС), геологическую информационную систему (ГЕИС), экологическую информационную систему (ЭИС), статистическую информационную систему земельных угодий (СИСЗУ) и систему информации об окружающей среде (СИОС).

Десять лет спустя развитие ГИС получило новое ускорение. Локальные системы были объединены в сеть, что существенно упростило обмен данными. Геоинформационные системы того времени не были гибридными и работали только с растровыми или только с векторными данными. Однако в современных условиях особое значение приобретают интегрированные (гибридные) системы, которые обеспечивают работу и с растровыми, и с векторными данными. В процессе сбора информации все большее значение приобретает фотограмметрия. В качестве дальнейших революционных шагов в развитии методов сбора информации можно назвать системы дистанционного зондирования и спутниковые системы, которые постоянно модернизируются.

Традиционные технологии определения координат основываются главным образом на прямой видимости между пунктами. Однако такое условие не всегда выполнимо. Кроме этого, наземные способы наблюдений обеспечивают измерение направлений, а также расстояний между пунктами, которые не превышают тридцати километров. Этот недостаток устраняется путем внедрения Global Positioning System (GPS), то есть глобальных систем позиционирования [87, 89]. Позиционирование означает вычисление координат земных объектов, а также вектора скорости и направления движения спутника. Система является глобальной, поскольку она может обеспечить связь между объектами, расположенными на различных континентах. Это достигается благодаря запуску искусственных спутников Земли, которые являются носителями координат. В любой момент времени над произвольной точкой земного шара находится несколько спутников. Сигнал каждого спутника содержит его эфемериды, то есть данные о местоположении, позволяющие вычислять координаты спутника в геоцентрической системе координат. Кодовый сигнал, принятый со спутника, содержит временную метку. Приемник получает сигнал, идентифицирует спутник и определяет время прохождения сигнала от спутника до приемника. Это обеспечивает вычисление дальности (расстояния). Поскольку часы приемника и спутника идут не синхронно (разность ненулевая), то вычисляется псевдодальность, а не точное расстояние.

Идея глобальных систем позиционирования принадлежит Министерству обороны США и заключается в том, что непосредственной видимости между объектами земной поверхности не требуется. Спутники в данном случае являются промежуточными звеньями, благодаря которым осуществляется связь

между точками земной поверхности, разнесенными на огромные расстояния. Затраты по использованию спутниковой системы существенные, поскольку спутники нужно не только создавать, запускать, но и ликвидировать по мере необходимости. Однако GPS-технологии позволяют связать все существующие системы координат. В современных условиях эти технологии являются одним из основных источников формирования баз данных, описывающих пространственное положение изучаемых объектов. На территории России спутниковая навигационная система создана и постоянно совершенствуется. Со временем она обеспечит координатную привязку точнее, чем зарубежные спутниковые системы.

3.2. Развитие средств вычислительной техники

Современные ГИС включают в себя средства автоматизации вычислительных операций и преобразования информации. Устройства для автоматизации счета известны с древних времен. К ним можно отнести абак (V век до н.э.), то есть доску с прочерченными на ней параллельными линиями, по которым перемещались небольшие камушки. Такие устройства применялись в Древней Греции и Риме для выполнения арифметических вычислений. Позднее (в 1642 году), создана счетная машина Б. Паскаля, которая являлась прообразом арифмометра и в дальнейшем была усовершенствована Г.В. Лейбницем.

Чарльз Бэббидж (1820–1856 годы) предпринял попытки построить машину, способную производить серию арифметических действий в определенной последовательности. Основные элементы этой машины (команды, условная передача управления) были использованы при создании первых ЭВМ.

Герман Холлерит, основатель фирмы IBM, в конце XIX века предложил счетно-перфорационную машину.

П.Л. Чебышев (1882 год) и В.Т. Однер (1894 год) создали независимо друг от друга арифмометры.

Механическую машину для решения дифференциальных уравнений разработал в 1904 году А.Н. Крылов.

Первую ЭВМ в 1946 году создали Дж. В. Мочли и Д.П. Эккерт. Она содержала более 18 000 электронных ламп и 1 500 реле. Однако заслуги по разработке теоретических основ современных ЭВМ принадлежат Джону фон Нейману.

В процессе развития и модернизации ЭВМ можно выделить несколько поколений. ЭВМ первого поколения (1950 год) смонтированы на электронных лампах. Эти ЭВМ отличались большими габаритами, значительным потреблением энергии, малым быстродействием, низкой надежностью. Программирование осуществлялось в кодах. Скорость обработки данных составляла несколько десятков операций в секунду.

Элементной базой ЭВМ второго поколения (1958 год) послужили полупроводниковые детали. Это позволило значительно улучшить, по сравнению с ЭВМ предыдущего поколения, все технические характеристики машин. Для программирования начали использовать алгоритмические языки. Скорость обработки данных составляла около миллиона операций в секунду.

Интегральные схемы и многослойный печатный монтаж являлись элементной базой для ЭВМ третьего поколения (1961 год). Для этих ЭВМ характерно снижение габаритов, повышение надежности, увеличение производительности. Доступ к данным мог осуществляться с удаленного терминала, который представлял собой устройство ввода и вывода информации.

В начале семидесятых годов двадцатого века появились первые персональные ЭВМ (ПЭВМ). Их разработчиками являлись студенты из США Стив Джобс и Стив Возняк. Созданная ими машина содержала клавиатуру, похожую на клавиатуру обычной пишущей машинки, а также системный блок, реализованный на одной плате. Все детали размещались в «дипломате». Первоначально информация отображалась на экране подключаемого обычного бытового телевизора, а затем были разработаны программно-аппаратные средства, позволившие подключать к компьютеру графический дисплей. Эта машина получила название Apple (яблоко) в честь создавшей ее фирмы. Всего было выпущено три модели Apple. Первая модель включала 200 экземпляров, вторая – 3 000 000 экземпляров. Однако третью модель, несмотря на то, что она была объективно лучше других известных машин, постигла неудача. Объясняется это тем, что Apple не выдержала конкурентной борьбы с известной фирмой IBM, являющейся монополистом на рынке ПЭВМ. В дальнейшем продукция IBM, благодаря широкому ассортименту программных средств, стала своеобразным стандартом ПЭВМ.

В основу ЭВМ четвертого поколения (1976 год) были положены микропроцессоры и большие интегральные схемы. Это обеспечило улучшение технических характеристик вычислительных машин того времени. В этот период начат массовый выпуск персональных компьютеров. Принят курс на создание дешевых микроЭВМ и развитие мощных многопроцессорных вычислительных систем высокой производительности.

Разработка интеллектуальных компьютеров создала предпосылки для развития ЭВМ пятого поколения (1986 год). Машины этого поколения внедряются во все сферы деятельности человека. Они основаны на распределенной обработке данных и применении компьютерных информационных технологий.

3.3. Этапы развития ГИС и геоинформационных технологий

Международный опыт в области топографического и тематического картографирования, а также в сфере компьютерных технологий определил направление дальнейшего развития ГИС. Важная роль при этом отводится комплексному тематическому картографированию, обеспечивающему применение различного рода данных для получения знаний о географических объектах, что до сих пор остается важнейшим свойством ГИС. Первый удачный опыт использования принципа совмещения и наложения пространственных данных с помощью набора карт относится к XVIII веку. Французский картограф Луи-Александр Бертье создавал прозрачные слои с различным тематическим содержанием, которые накладывал на базовую карту. Этот

принцип используется в современных ГИС для формирования тематических карт.

Хронологию развития геоинформационных систем можно условно разбить на четыре периода, которые тесно связаны с развитием средств вычислительной техники.

Первый этап развития ГИС на основе достижений в области компьютерных технологий начался в 1950-е годы и закончился в 1970-е годы. В это время появились электронные вычислительные машины, плоттеры, графические дисплеи и различные периферийные устройства.

Существенное влияние на развитие ГИС в этот период оказали теоретические исследования в области географии и пространственных данных, а также внедренные в США и Швеции количественные методы анализа информации.

Создателями ГИС Канады разработаны и реализованы многие концептуальные и технологические решения. ГИС, предложенные в то время, обеспечивали анализ многочисленных данных, накопленных Канадской службой земельного учета. В них сосредотачивались статистические данные о земле преимущественно сельскохозяйственного назначения. Для этих целей была создана принципиально новая технология, позволяющая манипулировать отдельными слоями и производить картометрические операции. Ввод информации в ГИС с землеустроительных планов различного масштаба осуществлялся с помощью специального сканирующего устройства. Таким образом, разработчики ГИС Канады предложили ряд принципиально новых технологий, в основу которых положено:

- использование результатов сканирования графических материалов для автоматизации процессов ввода данных;
- расчленение картографической информации по тематическим слоям, что позволило выделить файлы, содержащие сведения о местоположении объектов, и файлы, содержащие тематическую информацию об этих объектах;
- вычисление площадей замкнутых фигур, а также выполнение различных картометрических операций.

Лаборатория компьютерной графики Гарварда, переименованная в 1968 году в Лабораторию компьютерной графики и пространственного анализа, оказала существенное влияние на развитие ГИС. Эта лаборатория реализовала ряд идей, составивших основу современных ГИС. Таким образом, благодаря разработкам гарвардской лаборатории в области компьютерного картографирования, определена ведущая роль картографического метода исследований и представления информации.

Второй этап назван периодом государственных инициатив и относится к 1970–1980 годам. Бюро переписи населения в США предопределило ключевую роль развития геоинформационных систем. В это же время Соединенные Штаты Америки начали разработку земельных информационных систем для целей налогообложения.

Схемы определения пространственных отношений между объектами формировались на основании топологии. Значение топологии заключалось в

том, что она описывала, каким образом линейные объекты на карте соединены между собой, какие объекты примыкают друг к другу или пересекаются, какие площадные объекты перекрываются или граничат друг с другом. При этом были пронумерованы узловые точки и присвоены идентификаторы земельным участкам. В этот период предложена схема кодирования, упрощающая нумерацию узлов (пересечение улиц) и площадей (кварталов). Таким образом была существенно повышена эффективность процедуры оцифровки и обнаружения ошибок. На основе полученной в соответствии с вышеизложенным информации создана серия атласов крупных городов, содержащих результаты переписи населения 1970 года, а также большое количество упрощенных компьютерных карт для маркетинга и планирования розничной торговли.

Третий этап (1980–1990 годы) известен под названием периода коммерческого развития. Доступный рынок разнообразных программных средств, развитие настольных ГИС, расширение области их применения за счет интеграции с базами геопространственных данных, появление значительного числа непрофессиональных пользователей послужили предпосылками для появления систем, поддерживающих распределенные базы данных.

Значительная роль в формировании концепции ГИС и реализации ее отдельных блоков принадлежит сотрудникам Тихоокеанского института географии. Ими были разработаны принципы проектирования и создания ГИС «Природопользование», сформулированы требования к пространственной организации данных, аппаратно-программному обеспечению, вводу и отображению картографических данных.

В начале восьмидесятых годов прошлого столетия был разработан общеизвестный программный продукт ArcInfo. Он до настоящего времени остается наиболее успешным воплощением идей ГИС Канады в отношении раздельного представления атрибутивной и пространственной информации. Для хранения и обработки атрибутивной информации в виде таблиц применено специальное программное обеспечение, включающее стандартную реляционную систему управления базами данных. При этом ArcInfo остался доступным для различных технических платформ и операционных систем. В связи с этим ArcInfo успешно используется в лесном хозяйстве. Другой крупной фирмой в области производства аппаратно-программных средств, рабочих станций, программного обеспечения и пользовательского интерфейса для ГИС-технологий остается Intergraph.

Четвертый этап (1990 год и до настоящего времени) известен как пользовательский период. Повышенная конкуренция среди разработчиков геоинформационных технологий и услуг обеспечивает пользователям ГИС широкий выбор. Доступность и открытость программных средств позволяет их не только использовать, но и модифицировать.

Работы по проектированию и созданию отечественных ГИС, базирующиеся на международном опыте, начаты в девяностые годы прошлого столетия. Этому способствовали благоприятные концептуальные, технические и организационные условия, а также осознанная необходимость использования геоинформационных систем не только в сфере профессиональной географии, но

и в других областях информационного обеспечения процессов решения производственных задач.

Главным достижением в области программного обеспечения явилось создание системы послойного представления графической информации. Информация разделялась по типам объектов, данные о которых помещались в отдельные слои для обработки. Кроме этого, было выделено блочное редактирование информации. Таким образом, в процессе редактирования какого-либо блока изменения автоматически вносились в те части чертежа, в которые входил редактируемый блок. Это значительно сократило объем работ по обновлению графических документов.

В это же время созданы интегрированные программные продукты и геоинформационные системы. Информатика становится основой подготовки различных специалистов в области обработки данных. Кроме того, возникла потребность в геоинформационных системах, позволяющих осуществлять глобальную интеграцию различных видов информации. В связи с этим появились новые геоинформационные технологии, что обеспечило разработку ГИС как автоматизированной интегрированной информационной системы, включающей, кроме указанных ранее блоков (см. рис. 1), базы знаний, подсистемы экспертной оценки и интеграции данных. Интеграция данных означает, что для создания конкретной информационной системы выбирается определенный класс данных, а все остальные типы преобразуются к свойствам этого класса. Некоторые известные российские геоинформационные системы разработаны еще в начале девяностых годов прошлого столетия. Несмотря на то, что импортные ГИС стали вполне доступными, отечественным разработкам все же удалось занять хотя и незначительную, но вполне устойчивую нишу. Из полнофункциональных многоцелевых геоинформационных систем, созданных российскими компаниями, можно назвать «GeoGraw/ГеоГраф», «ИнГЕО» («Интегро»), «Панорама» (Топографическая служба ВС РФ), ObjectLand («Радом-Т»), GeoCad и GeoPolis (Новосибирск).

К основным причинам, препятствующим российским ГИС занять достойное место на мировом рынке геоинформационных систем, можно отнести следующие [52]:

1. Несовершенство российского законодательства, затрудняющего продажу отечественных разработок за рубежом.
2. Недостаточный объем инвестиций в это направление.
3. Отсутствие продуманной стратегии, направленной на выявление потребностей рынка.
4. Использование не в полном объеме современного стандарта на разработку программного обеспечения, включающего в себя этапы бизнесанализа, системного анализа, архитектурного проектирования, тестирования и реализации.

Геоинформационные технологии для принятия решений появились благодаря широкому распространению персональных компьютеров, стандартных пакетов прикладных программ и систем искусственного интеллекта. Главной особенностью таких систем является принципиально

новый метод организации взаимодействия человека и компьютера. Выработка решений происходит в результате итерационного процесса, в котором участвует система поддержки принятия решений в роли вычислительного звена и объекта управления, а также человек как управляющее звено, задающее входные данные и оценивающее полученный на компьютере результат вычислений. При этом окончание итерационного процесса происходит по воле человека. Геоинформационные технологии, обеспечивая новые эффективные подходы к анализу и решению территориальных проблем, продолжают завоевывать все большую популярность и официальное признание в нашей стране. При этом цифровая информация приобретает важное значение в задачах социально-экономического, политического, экологического развития и управления природным, производственным и трудовым потенциалом. Однако существует проблема подготовки кадров в области ГИС-технологий, которую нельзя считать «чисто российской», так как с подобной проблемой столкнулись и развитые в геоинформационном отношении страны [83]. Кроме кардинального повышения уровня профессионального геоинформационного образования среди специалистов, не менее важной проблемой остается повышение уровня геоинформационной грамотности среди лиц, принимающих решения на различных уровнях административного или отраслевого управления.

Реализация функций любой геоинформационной системы невозможна без знания конкретной технологии, на которую ориентируется данная система. Геоинформационная технология базируется на приемах, способах, методах применения средств вычислительной техники для реализации функций сбора, хранения, обработки и использования данных. Поэтому любая геоинформационная технология должна:

- предполагать высокую степень расчленения всего процесса обработки информации на составные взаимосвязанные части (например, действия, операции, этапы);

- включать полный набор элементов, необходимых для достижения поставленной цели;

- быть стабильной и базироваться на унификации и стандартизации выполняемых действий, операций, этапов.

Геоинформационная технология представляет собой совокупность приемов, способов и методов применения средств вычислительной техники, позволяющую реализовать функциональные возможности ГИС [1]. Формирование любой геоинформационной технологии базируется на основных постулатах системного анализа. Этот процесс начинается с формулирования цели ее создания. После этого цель на основании структурного анализа разбивается на несколько подцелей или задач, которые необходимо решать в строгом соответствии с технологической последовательностью. Для решения каждой задачи подбираются наиболее приемлемые технические средства и технологии.

Геоинформационные технологии по преобразованию данных предназначены для решения структурированных задач, по которым имеются

необходимые входные данные, известны алгоритмы и другие стандартные процедуры обработки. К основным особенностям геоинформационных технологий следует отнести то, что они обеспечивают:

- решение только структурированных задач, для которых можно разработать алгоритм;
- выполнение стандартных процедур обработки в автоматическом режиме с минимальным участием человека;
- детализацию данных, расположенных на различных уровнях иерархии;
- доведение до минимума факта вмешательства других специалистов в процесс решения конкретных проблем.

Основными компонентами геоинформационных технологий являются сбор данных, их обработка, хранение, преобразование, создание отчетов, а также других документов для различных потребителей информации.

3.4. Понятие геоинформатики и топологии

В условиях максимальной информатизации общества возрастает роль новых технологий, соответствующих современным требованиям. Поскольку на все недвижимое имущество Российской Федерации создается единая информационная система, необходимы эффективные способы хранения, преобразования и предоставления потребителям информации. Под **информацией** в математике и кибернетике понимается количественная мера устранения неопределенности (энтропии), то есть мера уровня организации системы. Этот термин имеет латинское происхождение и ввел его в 1946 году Клод Шеннон. В настоящее время под **информацией** понимается совокупность сведений об окружающей среде и происходящих в ней процессах, воспринимаемых человеком или специальными устройствами.

Вопросами информатизации общества занимается **информатика**, то есть наука об общих свойствах и структуре научной информации, закономерностях ее создания, способах преобразования, накопления, передачи и использования.

Переход от индустриального общества к информационному осуществляется в условиях возрастающих требований к качеству информационного обслуживания населения. При этом возникает необходимость комплексного описания объектов, в связи с чем реализуются возможности геоинформатики, как одного из перспективных направлений.

Геоинформатика изучает пространственные, временные и тематические характеристики объектов. Основанием для формирования геоинформатики послужило развитие информационных систем и, в частности, ГИС, которые вторгаются практически во все сферы человеческой деятельности. Геоинформатика сформирована из трех направлений [6, 14, 21, 24, 25, 29, 32, 40, 42, 78]:

- 1) **научного**, включающего в себя информатику, математику и науки о Земле;
- 2) **прикладного**, осуществляющего разработку систем и технологий в целях изучения процессов, происходящих в окружающем мире;

3) *производственного*, реализующего создание продукции, которая используется для анализа пространственных отношений и в картографическом производстве.

Слово «геоинформатика» включает в свой состав части слов: *гео*графия, *информ*атика и авто*матика*. С геоинформатикой связаны также многие другие дисциплины, в частности, картография, геодезия, фотограмметрия. Существует ряд определений геоинформатики, трактующих ее как науку, технологию и производственную деятельность. Это подтверждает многогранность и содержательность данной научной дисциплины. В частности, *геоинформатика* представляет собой научную и прикладную дисциплину, объединяющую сбор, обработку, моделирование, анализ, хранение, преобразование данных об объектах местности, а также о различных экономических, социальных и прочих процессах, происходящих в пределах земной поверхности.

Основными задачами геоинформатики являются следующие [25]:

- разработка и совершенствование методов обеспечения пользователей пространственными и тематическими данными;
- создание и внедрение комплексов технических и программных средств, технологий автоматизированного изготовления цифровых и электронных карт;
- формирование критериев и методов оценки эффективности ГИС.

Становление геоинформатики базируется на разработке географической информационной системы Канады, которая развивается и в настоящее время.

Контингент разработчиков ГИС должен непрерывно пополняться. Однако, как отмечалось ранее, без расширения и укрепления образовательной деятельности в области геоинформатики на всех уровнях подготовки профессиональных кадров, высшая школа не сможет удовлетворять потребности в специалистах по данному направлению. Практика показывает, что группа разработчиков ГИС должна включать широкий круг специалистов (рис. 6) [88].



Рис. 6. Состав разработчиков ГИС

Согласно представленной схеме, ключевыми фигурами в геоинформационной деятельности следует считать ГИС-менеджера и ГИС-специалиста, которые должны обладать системными знаниями и навыками работы в области проектирования, создания, внедрения, эксплуатации и модернизации ГИС.

ГИС-менеджер проекта должен обладать способностью [58, 88]:

- разрабатывать концептуальную информационную модель актуальной проблемы с учетом ее предметной и территориальной специфики;
- оценивать перспективы реализации модели на основании анализа современных ГИС-технологий, а также с учетом существующих мировых стандартов и тенденций;
- обосновывать набор принципов, методов и приемов, необходимых для организации информационного обеспечения ГИС-проекта, и оценивать возможные затраты денежных средств и трудовых ресурсов;
- разрабатывать бизнес-план, программу работ и другую документацию, регламентирующую реализацию ГИС-проекта;
- прогнозировать пути и средства дальнейшего совершенствования ГИС-технологий и их адаптации к территориальной и предметной специфике решаемых задач;
- организовывать обучение персонала, эксплуатирующего ГИС.

Несколько направлений, связанных с развитием новых методов картографического моделирования в геоинформатике, разрабатывались в Институте географии Российской академии наук.

Если изучить хронологию развития геоинформатики только по совещаниям, семинарам, конференциям, симпозиумам, форумам, то ее появление относится к 1983 году, когда Тартусским государственным университетом и Эстонским географическим обществом при деятельном участии Института географии АН СССР была проведена Республиканская научная конференция «Проблемы геоинформатики» [52].

В конференции участвовало 85 человек из двенадцати городов, представлявших 33 научных и научно-практических учреждения, академии наук союзных республик, вузы, плановые и проектные органы. В сборнике тезисов докладов, опубликованных по ее результатам, имеются работы, относящиеся непосредственно к теме геоинформатики. В предисловии оргкомитета обозначено, что исследования по проблематике геоинформационных систем имеют в Тартусском государственном университете (ТГУ) определенные традиции. Географическое отделение ТГУ обратилось к Госплану Эстонии с предложением начать разработку республиканской территориальной информационной системы и выразило готовность взять на себя роль ведущего исполнителя. Первая публикация по геоинформационной тематике кафедры физической географии ТГУ появилась в 1973 году. VII съезд Всесоюзного географического общества в 1980 году в городе Фрунзе в своем решении отметил необходимость создания автоматизированных геоинформационных систем в качестве одного из мероприятий, которое является основой выполнения задач, поставленных перед географией на 1980–1985 годы.

Текст решения Тартусской конференции содержит ряд позиций, важных с точки зрения восстановления изначальной истории геоинформатики в стране. В основу решения положен тот факт, что неотъемлемой частью жизнедеятельности любого общества являются ГИС-технологии. Без них не появилась бы геоинформатика, основное назначение которой заключается в преобразовании и обмене информацией [20, 22, 76].

Поскольку одним из ключевых исследований геоинформатики является изучение пространственных отношений между объектами, то здесь следует сказать несколько слов о топологии.

Топология – это раздел математики, в котором изучаются свойства фигур, не изменяющиеся в процессе любых непрерывных преобразований (деформаций). Слово «топология» происходит от греческих *topos* – место и *logos* – учение. Она изучает характер соединения линий, полигонов и узлов без учета их длин и площадей. Таким образом, топология дополняет метрические свойства изучаемых объектов. Например, дорога, как пространственный объект, может быть отображена линией. В то же самое время топология позволяет определить, какие объекты дорога пересекает, а к каким примыкает, какой объект находится внутри другого, с какими он соединен, граничит и т. д. **Топологические ГИС** формируют объекты как единое целое. Ярким примером таких ГИС является ArcInfo.

Объекты, созданные в среде **нетопологических ГИС** (например, MapInfo и WinGis), представляются системой как набор отдельных элементов, их составляющих. Поэтому такие объекты «рассыпаются», то есть разваливаются на отдельные элементы. Тем не менее, вышеуказанные системы могут успешно применяться для изучения социальных и демографических явлений. Кроме этого, имеет место операция «топологизации», то есть преобразования векторных нетопологических отношений в топологические. Таким образом, при необходимости топология может быть установлена. Например, геоинформационная система ArcGis позволяет выявлять и корректировать топологию «на лету», то есть непосредственно во время сеанса. После нажатия правой кнопки «мыши» в границах нужного объекта на экране появляется контекстное меню, в котором пользователю предлагается список возможных операций исправления топологии (слияние, создание нового объекта, совмещение точек и т. д.).

Топологические свойства отражают качественную сторону объекта: например, дорога обязательно должна подходить к населенному пункту, а водопровод – примыкать к зданию, плотина должна быть расположена поперек реки, а не рядом с ней и т. д. Здесь уместно привести известный пример о том, равна ли сумма внутренних углов треугольника всегда 180° , то есть можно ли назвать это свойство топологическим с учетом некоторых преобразований. Если треугольник расположен на выпуклой полусфере, то сумма его внутренних углов, составленная дугами больших кругов, будет несколько больше 180° за счет сферического избытка. На плоскости стороны этого треугольника изобразятся в виде прямых линий, поэтому сумма внутренних углов равна 180° . Если же полусферу вывернуть «изнанкой наружу», то сумма

внутренних углов окажется менее 180° , поскольку стороны треугольника будут «вогнутыми». Следовательно, треугольник в процессе преобразований изменяет сумму внутренних углов, и это свойство не является топологическим.

Классическим примером топологии является также следующий. Если на резиновой основе (листе) начертить примыкающие друг к другу и взаимно пересекающиеся замкнутые фигуры, то какой бы деформации без разрывов не подвергался этот лист, указанное соотношение между фигурами сохраняется (рис. 7).



Рис. 7. Топологические связи между объектами:

а) примыкание; б) пересечение

Таким образом, топологическая информация определяет, как точки соединены друг с другом, какие точки образуют полигон, какие линии пересекаются, каким образом один объект вложен в другой и т. д. Эта информация хранится внутри ГИС в цифровом виде и обеспечивает выявление ряда весьма важных для исследователей отношений между объектами, к основным из которых относятся:

- **вложение** (один площадной объект полностью расположен в границах другого площадного объекта, например, остров в озере);
- **пересечение** (прохождение одного объекта через другой);
- **примыкание** (наличие одной общей точки у двух или нескольких объектов. Если примыкание имеет единый смысловой образ, то оно называется **сопряжением**, например, река впадает в озеро, электрический кабель подходит к трансформаторной будке и т. д.);
- **смежность** (наличие между объектами нескольких общих точек, например, граница между двумя соседними земельными участками, принадлежащими различным землепользователям);
- **совмещение** (граница одного площадного объекта полностью совпадает с границей другого, например, береговая линия и водная поверхность озера);
- **эвидистантное соседство** (отношение между двумя объектами, равноудаленными друг от друга, например, железная дорога и линия электропередач вдоль нее).

В топологических ГИС связи между объектами хранятся в цифровом виде в памяти компьютера в виде адресных ссылок. В нетопологических ГИС нет явной связи между объектами и их элементами. Каждый объект автономен, даже если их координаты совпадают.

В целях реализации функций пространственного анализа в топологических геоинформационных системах используются данные о взаимосвязях между объектами и их элементами, которые кодируются. Существует множество методов кодирования информации, которым посвящен

ряд работ [14, 16, 18, 24, 29]. Метод группового кодирования является самым простым способом введения растровых моделей в компьютер, при котором информация о ячейках растра вводится парой чисел. Первая цифра означает длину группы однородных символов, а вторая представляет собой конкретное значение. Изображение просматривается по лексикографическому правилу, то есть слева направо и сверху вниз (рис. 8).

Рис. 8. Понятие метода группового кодирования

Код в данном случае будет иметь вид: 41102160514031. Таким образом, информация, содержащаяся в таблице (или растровом изображении), может быть представлена одной строкой и воспринимается системой следующим образом: четыре единицы, один нуль, две единицы, шесть нулей, пять единиц, четыре нуля, три единицы.

4. КЛАССИФИКАЦИЯ ГИС И ИХ СОСТАВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

4.1. Классификация ГИС

В настоящее время нет единой классификации ГИС, которая бы охватывала все имеющиеся системы. Это объясняется главным образом тем, что пользователей интересует лишь своя сфера деятельности, а разработчики не нуждаются в классификации ГИС, поскольку работают для конкретных потребителей. В связи с этим авторы, на основании обобщения имеющейся информации, выносят на обсуждение читателей наиболее полную классификацию ГИС, представленную на рис. 9 [9, 18, 30, 31].

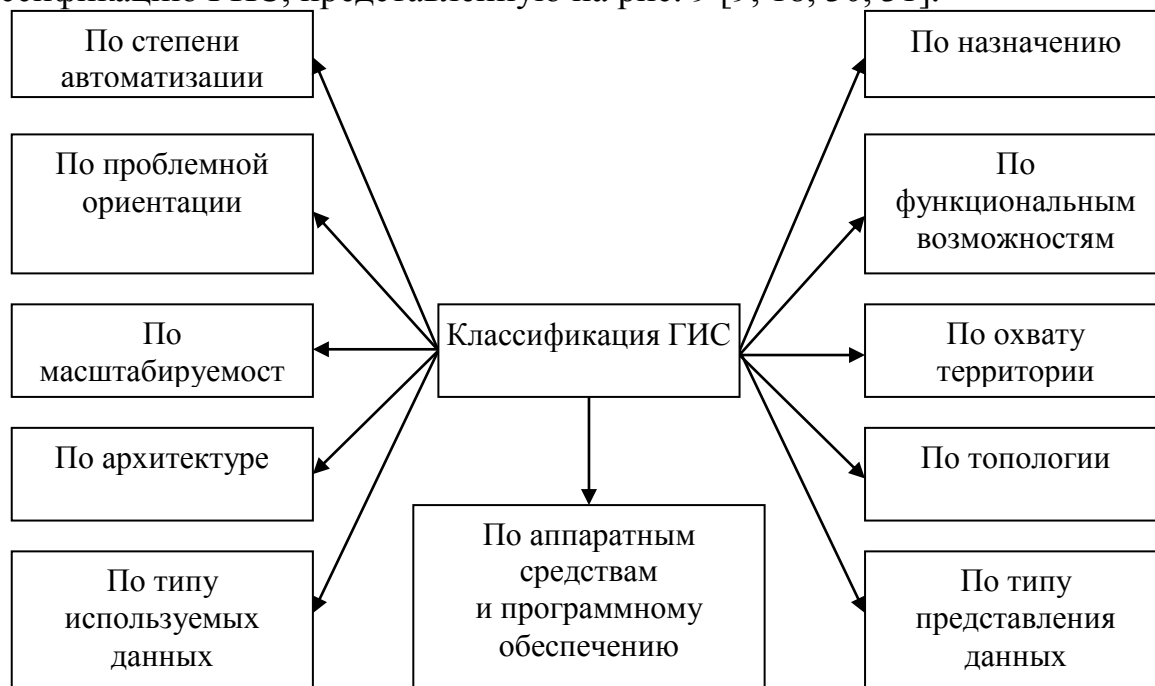


Рис. 9. Общая классификация ГИС

В зависимости от *степени автоматизации* информационных процессов в сфере управления, геоинформационные системы подразделяются на автоматические и автоматизированные (рис. 10).

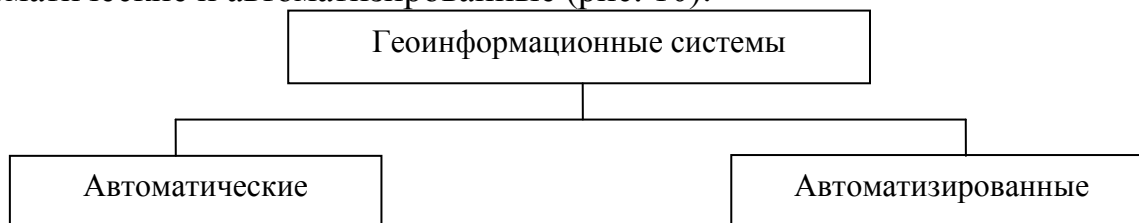


Рис. 10. Классификация по степени автоматизации

Любая информационная система является *эргатической*. В таких системах человеку (оператору) отводится важная роль. *Автоматические геоинформационные системы* обеспечивают обработку информации на определенном этапе ее преобразования без участия человека (оператора). Автоматизированные геоинформационные системы, в отличие от этого, предполагают непрерывное взаимодействие оператора и технических средств на протяжении всего процесса обработки информации. Таким образом,

автоматизированная система – это совокупность управляемого объекта и автоматических управляющих устройств, в которых часть функций управления выполняет человек (оператор).

По назначению можно выделить ГИС, используемые для поддержания процесса принятия решения, а также создания справочных и офисных систем. **Системы поддержки принятия решения** представляют собой информационные системы, в которых с помощью запросов производятся отбор и анализ данных по временным, географическим и прочим показателям. **Современные информационно-справочные системы** формируются главным образом в виде гипертекстовых документов и мультимедиа. Наибольшее распространение такие системы получили в Internet. **Гипертекст** представляет собой структурированный, вложенный и связанный по смыслу текст с ключевыми словами. **Офисные системы** обеспечивают перевод в электронный вид документов, представленных на бумажной основе, для целей автоматизации делопроизводства.

С учетом **функциональных возможностей ГИС** можно выделить следующие основные группы [9, 30]:

– **инструментальные** ГИС – это системы с наиболее широкими возможностями, включающие подсистемы ввода данных, подсистемы пространственного моделирования и анализа данных, мощные средства запросов, средства вывода информации на твердые носители, средства расширения возможности систем;

– **ГИС-вьюеры (вьюеры)** представляют собой системы сопровождения инструментальных ГИС и предназначены для просмотра информации. Они также позволяют формировать информационные запросы и корректировать данные;

– **справочные картографические системы** являются аналогом ГИС-вьюеров (вьюеров). Они содержат встроенные базы данных, которые пользователь не может редактировать, и в них отсутствуют средства расширения, обновления и корректировки данных;

– средства обработки данных дистанционного зондирования.

В процессе классификации по **охвату описываемой территории**, в зависимости от масштабного ряда и цифровой картографической информации, составляющей базы данных, можно выделить глобальные, общенациональные, региональные, локальные и муниципальные ГИС, обеспечивающие потребителей информацией в указанных границах [1].

По топологии ГИС подразделяются на топологические и нетопологические. Топологические ГИС обеспечивают связь между объектами и их элементами, которая может быть разорвана только по желанию пользователя. Такие ГИС используются для решения многих задач пространственного анализа (определение расстояний между объектами, видимости между ними и т. д.).

Все информационные системы, включая ГИС, могут быть объединены в сеть. В связи с этим классификация по топологии подразумевает также подразделение систем по типу соединения на сетевые и локальные. **Сетевые геоинформационные системы** обслуживают самую многочисленную группу

пользователей. Они оказали существенное влияние на развитие ГИС, ориентированных на векторные данные. Задачей таких систем является документирование и обработка информации о различных видах производственной деятельности физических и юридических лиц. При этом широко используются сети Internet и Intranet. **Сетевые геоинформационные системы** представляют собой инструмент, обеспечивающий сбор, поиск, анализ, преобразование и выдачу заявителям данных о любом объекте недвижимости или конкретном землепользователе. В данном случае под **топологией сети** понимается описание физического расположения, то есть того, каким образом информационные системы соединены друг с другом. В качестве примера ниже приведены некоторые виды сетевых топологий (соединения типа «кольцо» (рис. 11, а), «звезда» (рис. 11, б), «цепочка» (рис. 11, в), ячеистая топология (рис. 11, г)).

В **кольцевых системах** команды и информация распределяются от компьютера-источника по кольцу на периферийные устройства и возвращаются в исходное состояние.

Соединения типа **«звезда»** основаны на распределении команд и информации с помощью центрального компьютера, называемого сервером. **Сервер** (от английского server – обслуживать) – это мощный компьютер, обеспечивающий управление внешней памятью, базами данных, электронной почтой [11].

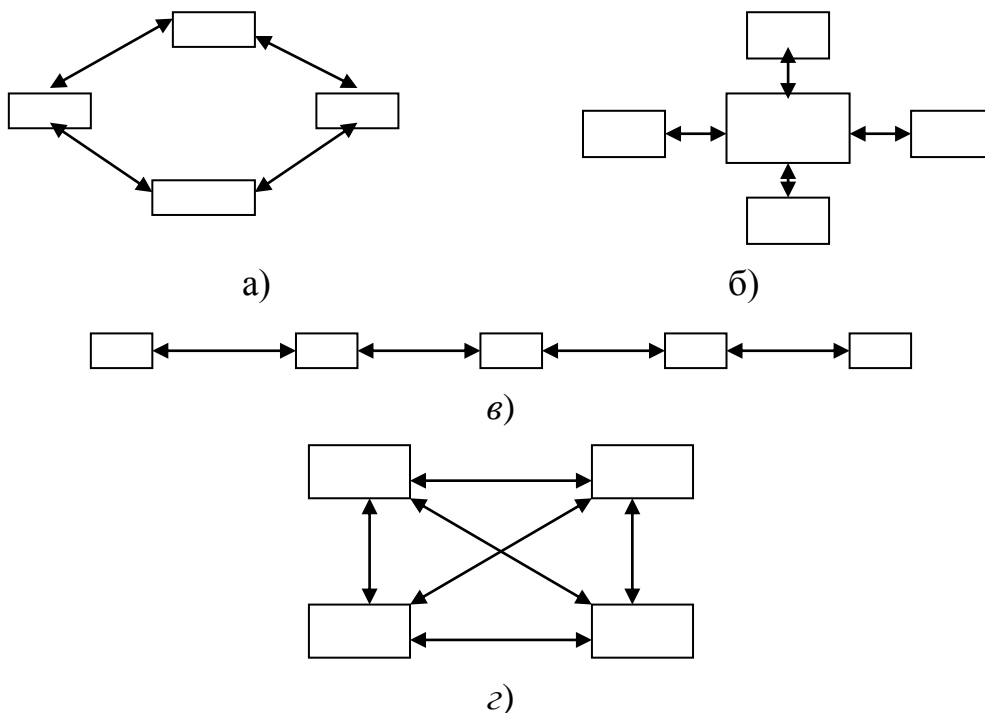


Рис. 11. Виды сетевых топологий

В соединениях типа **«цепочка» («шина»)** команды и информация проходят по всему каналу, пока не достигнут нужного адресата.

Ячеистая топология обеспечивает попарное соединение информационных систем. Это наиболее устойчивая к сбоям система, поскольку информация в ней

может быть передана различными путями. Кроме указанных топологий, имеют место также их комбинации.

Локальные системы работают без подключения к внешним компьютерам. Предназначены такие системы главным образом для решения корпоративных задач.

По типу представления данных различают системы, работающие с двумерной графикой, и системы, работающие с трехмерной графикой. Во втором случае пользователям предоставляются широкие возможности по формированию объемных изображений объектов, а также по изучению рельефа без выхода на местность.

ГИС можно классифицировать по аппаратным средствам и программному обеспечению.

Аппаратные средства представляют собой совокупность технических средств, необходимых для функционирования системы. Сюда включается процессор, монитор, клавиатура, «мышь», сканер, плоттер, принтер и другие устройства.

Программное обеспечение – это совокупность входящих в состав ГИС программных средств, обеспечивающих работу геоинформационной системы. Здесь можно выделить **системное программное обеспечение**, которое включает операционную систему, разрабатываемую поставщиком ГИС и предназначенную для функционирования системы (например, DOS или Windows), а также **прикладное программное обеспечение**, состоящее из баз данных и пакетов прикладных программ, необходимых для взаимодействия оператора и системы.

Программное обеспечение геоинформационных систем формирует функции и средства, необходимые для хранения, анализа и представления различных данных. Наиболее широко используются программы ГИС: ArcGis, MapInfo, WinGis, ArcInfo, AutoCad Map, ObjecLand и другие. Тем не менее, следует учитывать, что каждая программа имеет свои специфические особенности. Если, например, требуется недорогая и несложная в применении программа, то MapInfo будет наиболее приемлемой, поскольку она проста в работе, но в то же самое время позволяет выполнять многие важные функции. ArcInfo может быть использована для более специфического и детального пространственного анализа, а AutoCad Map является наилучшим вариантом для тех, кто использует в своей работе высокоточную графику. ArcGis незаменима для разработчиков, которые используют топологические отношения между объектами в своей деятельности. В 2007 году введена в действие геоинформационная система по ведению государственного кадастра объектов недвижимости. Данная система разработана Федеральным кадастровым центром «Земля» и предназначена для ведения государственного земельного кадастра и государственного кадастрового учета объектов недвижимого имущества.

С учетом **аппаратных средств и программного обеспечения** можно выделить два класса ГИС: инструментальные и ГИС-приложения (рис. 12).



Рис. 12. Классы геоинформационных систем

Инструментальные ГИС могут быть полнофункциональными, узкоспециализированными и настольно-картографическими. Они обеспечивают формирование сложных запросов и пространственный анализ.

Полнофункциональные системы содержат все стандартные функции, включающие ввод, хранение, формирование сложных запросов, пространственный анализ, вывод твердых копий на печать.

К **узкоспециализированным** относятся системы, выполняющие одну из основных функций. К таким системам можно отнести векторизаторы и вьюеры (вьюеры).

Настольно-картографические системы базируются на программных продуктах, у которых на высоком уровне реализованы картографические функции.

ГИС-приложения ориентированы на одну из предметных областей и обычно создаются на базе инструментальных ГИС. Основой интеграции данных в ГИС служит географическая информация. Однако некоторые задачи, решаемые средствами геоинформационных систем, не связаны с местоположением объектов. По формальному признаку они относятся к информационным системам, но по своему функциональному назначению принадлежат к классу систем обработки данных и проведения экспертных оценок.

Классификация по **типу используемых данных** позволяет выделить системы, ориентированные на обработку векторной, растровой или гибридной информации. Выбор типа данных зависит от круга решаемых задач и финансовых возможностей пользователя. Данные могут быть

импортированы из различных источников, например из геоинформационных систем какой-либо организации, Internet, коммерческих баз данных и т. д.

Все ГИС, представленные на современном рынке, с учетом архитектурных принципов построения, подразделяются на два типа: открытые и закрытые.

Открытые системы пользователь может изменять для решения специфических задач путем добавления своих модулей, используя встроенные в систему языки программирования. Таким образом, открытые системы, как правило, на 10–30 % могут быть расширены самим пользователем при помощи специального аппарата создания приложений. Термин «открытые системы» означает их открытость для пользователя, возможность расширения и адаптации к новым задачам и изменившимся условиям. Открытым системам присуща высокая стоимость, однако их жизненный цикл может быть существенно продлен за счет функций расширения.

Закрытые системы не имеют возможностей расширения. У них отсутствуют встроенные языки программирования. Кроме этого, они не предусматривают создание пользовательских приложений. Такие системы выполняют только то, что в них заложено разработчиком. В большинстве случаев закрытые системы вообще невозможно изменить, поэтому они имеют низкую стоимость и короткий жизненный цикл.

Классификация по **масштабируемости** означает эффективность обслуживания различного числа клиентов одновременно. Здесь можно выделить три основные группы: одиночные, групповые и корпоративные ГИС.

Одиночные геоинформационные системы формируются на автономном персональном компьютере. Они рассчитаны на обслуживание одного пользователя и создаются на основе настольных систем управления базами данных.

Групповые ГИС ориентированы на коллективное использование информации и строятся на базе локальной вычислительной сети.

Корпоративные ГИС являются результатом развития систем для рабочих групп. Они ориентированы на крупные компании и могут поддерживать территориально разнесенные сети. Как правило, эти системы формируются на базе иерархических структур, включающих несколько уровней. Такие ГИС используют один из вышеуказанных вариантов топологии сети.

Классификация ГИС по **проблемной ориентации** зависит от области их применения. Здесь можно выделить экологические, природопользовательские, социально-экономические, земельно-кадастровые системы, системы коммунального и городского хозяйства, чрезвычайных ситуаций, навигационные, транспортные, торгово-маркетинговые, археологические, учебные, исследовательские и прочие системы.

4.2. Составные элементы ГИС и их назначение

Для работы ГИС применяются компьютеры различной мощности. Чем мощнее компьютер, тем оперативнее он позволяет решать различного рода задачи, круг которых может быть достаточно широк. Данные могут передаваться в компьютер, например, с CD-дисков, клавиатуры, сканера и т. д.

При помощи сканера любое изображение преобразуется в цифровую форму для дальнейшей обработки. Это существенно образом позволяет повысить производительность обработки графической информации на большие по площади территории. Растровое изображение может храниться в различных форматах, например: TIFF, BMP, JPG и т. д. Принтеры и плоттеры являются наиболее распространенными средствами для вывода результатов выполненной компьютером работы.

Любая ГИС включает в себя пять основных элементов, формирующих понятие информационной системы. К таким элементам относятся аппаратные средства, методы и правила, данные, пользователи, программное обеспечение (рис. 13).

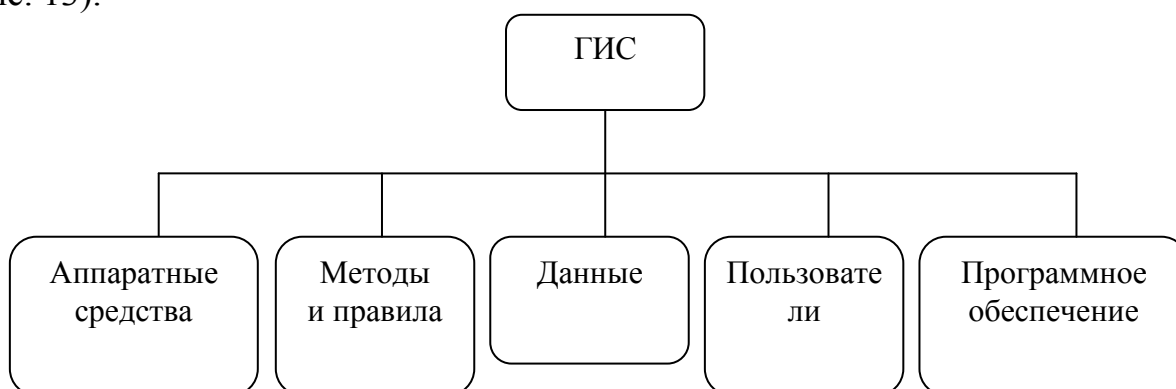


Рис. 13. Основные элементы ГИС

Аппаратные (технические) средства включают процессор, дисплей, клавиатуру, устройства ввода и вывода информации, ее анализа, преобразования, хранения. В настоящее время геоинформационные системы работают на различных типах компьютерных платформ, включающих централизованные серверы, а также отдельные или связанные в единую сеть настольные компьютеры.

Эффективность применения ГИС во многом определяют используемые **методы и правила**, то есть совокупность приемов (способов) достижения цели, а также точность составления плана выполнения работ, который разрабатывается в соответствии со спецификой решаемых в каждой организации задач. Методы и правила регламентируют поведение операторов, делая их стандартными в процессе эксплуатации системы и содержащегося в нем программного обеспечения.

Данные являются наиболее важным компонентом ГИС. Данные о пространственном положении (географические данные) и связанная с ними табличная (атрибутивная) информация формируются непосредственно пользователем ГИС или приобретаются у поставщиков на коммерческой или другой основе. В ГИС эти данные интегрируются с другими типами и источниками информации. При этом различными организациями могут применяться внешние, более мощные системы управления базами данных, для упорядочивания и использования имеющихся в их распоряжении сведений.

ГИС-технологии предназначены для широкого круга *пользователей и специалистов*, которые непосредственно применяют конкретный программный продукт. При этом можно выделить *первичных* пользователей или операторов, осуществляющих непосредственное взаимодействие с системой, и *вторичных*, являющихся обычными потребителями информации, то есть юридическими или физическими лицами. Вторичные пользователи используют ГИС для решения своих производственных, научных и прочих задач.

Программное обеспечение ГИС содержит инструментарий, необходимый для ввода, визуализации, анализа, преобразования, хранения, а также вывода атрибутивной и пространственной информации на какой-либо носитель (например, плоттер, принтер или в другие системы).

Наиболее важными компонентами программных продуктов являются:

- приборы для ввода и обработки пространственной информации;
- система управления базами данных;
- инструментарий поддержки SQL-запросов, анализа и визуализации (отображения) информации;
- графический пользовательский интерфейс, обеспечивающий доступ к инструментам и функциям.

Как аппаратные средства, так и программное обеспечение не представляют собой единое неделимое целое. Для удобства их эксплуатации и ремонта, а также в целях разработки и отладки, эти два главных компонента геоинформационной системы формируются из отдельных модулей и блоков. *Модуль* (программный или аппаратный) представляет собой часть общей системы, которая предназначена для реализации конкретной специфической функции. *Блоком* (программным или аппаратным) является отдельный узел, включающий несколько модулей. Примером отдельного блока, входящего в аппаратные средства, может являться, например, блок питания, который, в свою очередь составляют отдельные модули, то есть плюсовые и минусовые элементы батареи. Применительно к программному обеспечению модулем может являться, например, часть программы, которая формирует вычисление координатной невязки полигонометрического хода. В данном случае блоком будет являться совокупность модулей, обеспечивающих уравнивание отдельного полигонометрического хода.

При всем многообразии операций, целей, а также областей применения создаваемых и действующих ГИС, в них логически и организационно можно выделить несколько основных модулей и блоков, обеспечивающих выполнение конкретных функций (рис. 14) [40].

Из рис. 14 следует, что для реализации указанных выше функций, в геоинформационной системе можно условно выделить четыре основных блока, которые, в свою очередь, включают шесть модулей.

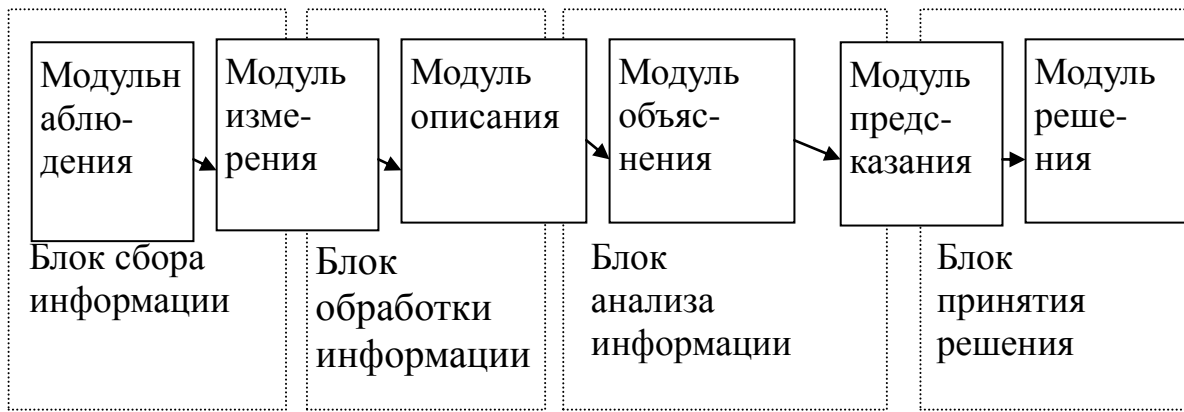


Рис. 14. Модули и блоки ГИС

Известно, что ГИС работают с базами данных двух типов: геопространственными (пространственными) и атрибутивными (тематическими). В базах данных пространственной информации размещаются данные, которые принято называть графической или метрической основой. Атрибутивные базы данных описывают пространственные объекты. Оба вида баз данных представляют собой файлы, то есть поименованные наборы цифровых и описательных данных. Для работы с ними геоинформационная система должна иметь систему управления базами данных, при помощи которой осуществляется поиск, сортировка, добавление и исправление информации. В настоящее время некоторые системы, например, система управления базами данных Oracle, обеспечивают совместное хранение пространственной и атрибутивной информации.

Кроме систем управления базами данных, любая ГИС включает систему визуализации данных, предназначенную для вывода на экран информации в виде карт, таблиц, схем и т. п., а также систему обработки и анализа данных, при помощи которой происходят обработка и анализ информации. Общая схема преобразования информации, включая процессы ввода и вывода, приведена на рис. 15 [39].

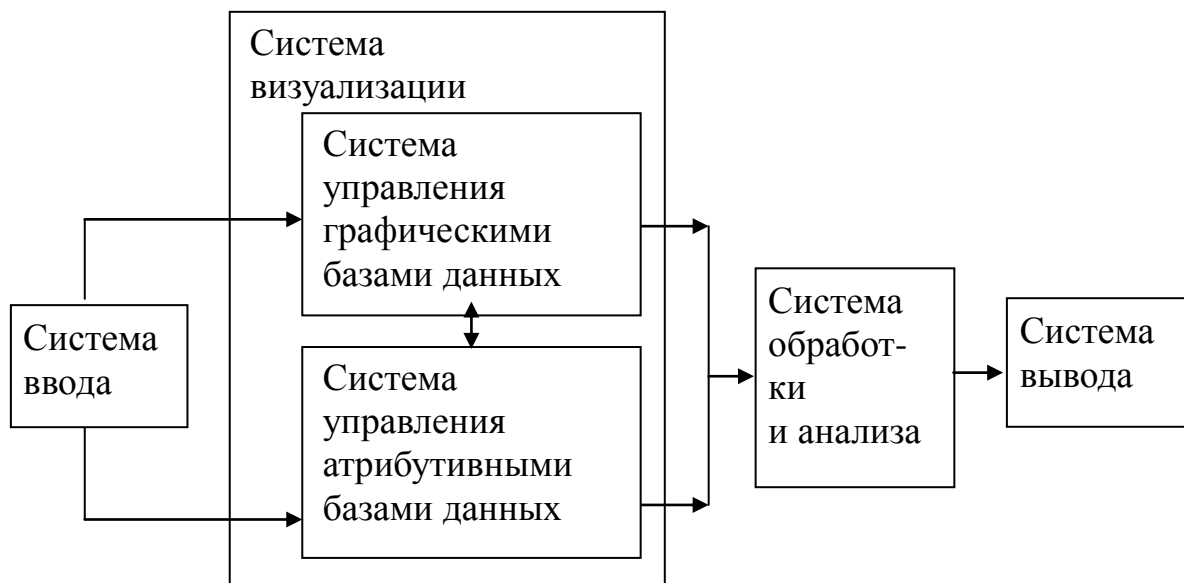


Рис. 15. Схема преобразования информации

Система ввода представляет собой программный блок, обеспечивающий передачу данных. В него входят, как отмечалось выше, разнообразные электронные устройства (например, дигитайзер, сканер, электронный теодолит и т. д.). Кроме этого, информация может быть введена вручную с клавиатуры или получена из других систем. Ее источниками также являются аэрофото- и космические снимки, обрабатываемые на специализированных рабочих станциях (рис. 16) [39].

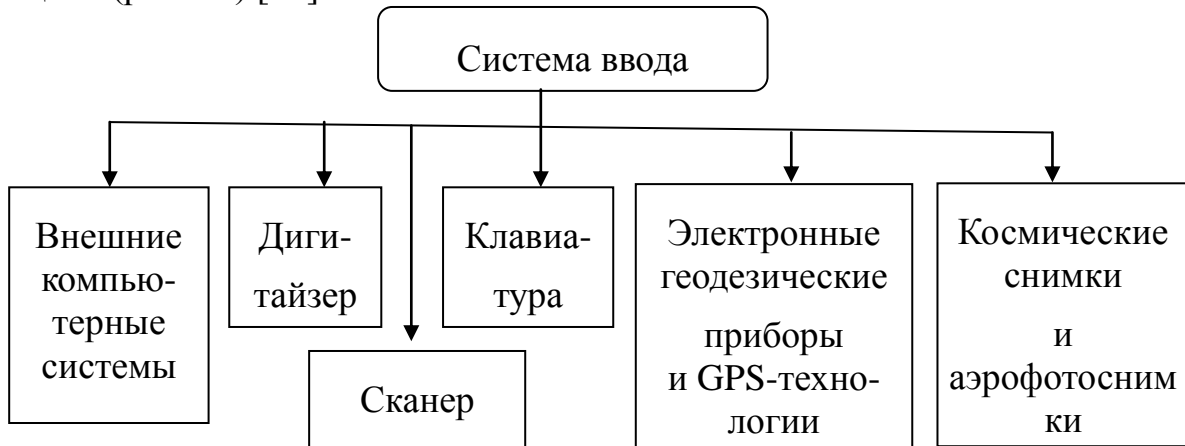


Рис. 16. Система ввода информации ГИС

Система вывода ГИС предназначена для представления результатов работы в виде, удобном для потребителя (рис. 17).

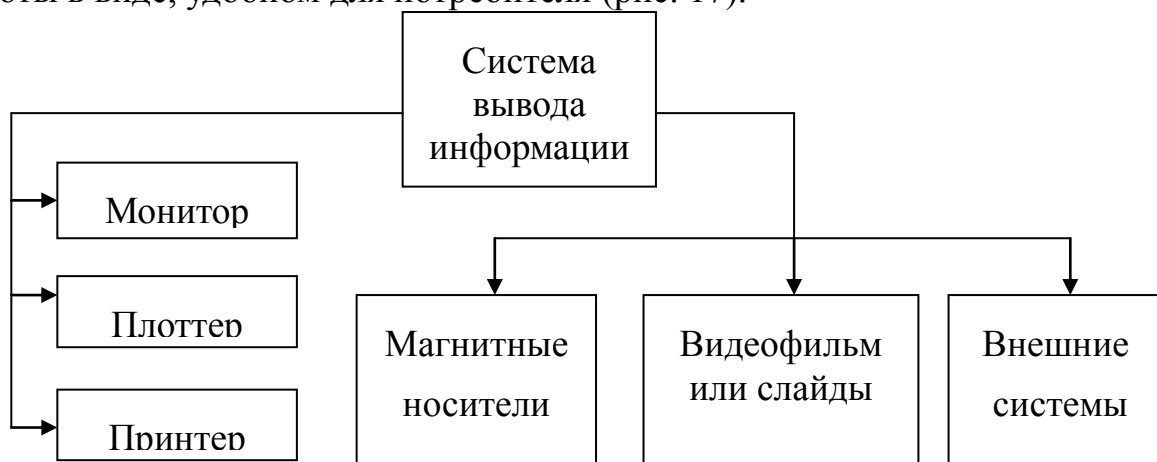


Рис. 17. Система вывода информации ГИС

При помощи плоттера (графопостроителя) можно, например, получить качественные черно-белые и цветные изображения. Для этих целей используются также различные принтеры. Результаты работы могут быть представлены в виде видеофильмов, записанных на дисках, или в виде отчетов. В качестве внешних систем используется любое оборудование, включающее записывающее устройство.

5. ПРИМЕНЕНИЕ ГИС В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ

5.1. Область применения ГИС

ГИС становятся неотъемлемым средством изучения поверхности Земли и расположенных в ее пределах подземных, наземных и надземных объектов. Сфера применения геоинформационных систем непрерывно расширяется. Поэтому сложно перечислить все области использования ГИС, поскольку их возможности практически безграничны. ГИС позволяют назначить каждому физическому лицу, имеющему недвижимое имущество, координаты (X и Y). Например, земельный участок описан как объект недвижимости и зарегистрирован в едином государственном реестре прав на имя конкретного владельца. Границы земельного участка и его площадь определены с высокой степенью точности геодезическими методами. С помощью ГИС можно вычислить координаты центроидов земельных участков, то есть их центральных частей. Таким образом, за владельцем недвижимого имущества может быть закреплена пара условных координат, по которым можно найти как объект недвижимости, так и его владельца.

ГИС отвечают требованиям глобальной информатизации общества. Они способствуют решению управленческих, экологических, социальных, экономических и прочих задач на различных уровнях иерархии [1]:

1. **Глобальный**, который представляет Россию на мировом и евразийском уровне (масштаб 1 : 45 000 000 – 1 : 100 000 000).

2. **Всероссийский**, отображающий всю территорию страны, включая прибрежные акватории и приграничные районы (масштаб 1 : 2 500 000 – 1 : 20 000 000).

3. **Региональный**, обеспечивающий отображение крупных экономических регионов и субъектов федерации (масштаб 1 : 500 000 – 1 : 40 000 000).

4. **Локальный**, используемый для представления отдельной области, района или ареала кризисных ситуаций (масштаб 1 : 50 000 – 1 : 1 000 000).

5. **Муниципальный**, предназначенный для установления границ города, административных районов и пригородных зон (масштаб 1 : 10 000 – 1 : 50 000).

Зарубежный и отечественный опыт показывает, что приоритетными и наиболее жизнеспособными системами являются те, которые служат информационным базисом в процессе:

- принятия решений на всех уровнях управления;
- научно обоснованного перспективного и оперативного планирования развития поселений и их отдельных территорий;
- оптимального проектирования объектов промышленного и гражданского назначения;
- разработки генерального плана города и контроля за его реализацией;
- изучения состояния экологических, социально-экономических, природно-ресурсных условий территорий и их экономической оценки;
- совершенствования функций учета и рационального использования городских земель и недвижимости (зданий и сооружений);

- получения достоверной информации о местоположении и эксплуатации инженерных сетей городского коммунального хозяйства;
- реализации рационального налогообложения, взимания платежей за загрязнение окружающей среды, использование природных ресурсов и недвижимого имущества;
- охраны прав собственности на объекты недвижимости и различные природные ресурсы.

Одними из первых пользователей ГИС были организации, осуществляющие охрану окружающей среды. Территориальные администрации применяют ГИС для анализа состояния недвижимого имущества, например, отслеживания транспортных средств дальнего следования и т. д. Однако основным назначением ГИС следует считать все же формирование знаний о процессах и явлениях, происходящих на земной поверхности, с целью их использования для решения практических задач. Таким образом, ГИС в настоящее время представляют собой современный тип интегрированной информационной системы, применяемой в различных сферах деятельности человека (рис. 18).



Рис. 18. Основные сферы применения ГИС

Значение ГИС для вооруженных сил, правоохранительных органов, скорой медицинской помощи, служб ГАИ и спасения, пожарных подразделений невозможно преувеличить, поскольку оперативная деятельность этих ведомств

тесно связана с транспортными коммуникациями, конкретными адресами объектов и требует высокой слаженности работ указанных ведомств, а также знания окружающей обстановки.

Научно-исследовательские организации с помощью ГИС могут изучать рынки сбыта по регионам. При этом предоставляется возможность для разработки стратегии производства, а также разумного распределения средств на маркетинговые и рекламные компании. Кроме этого, ГИС позволяют смоделировать тенденции в сфере коммерческой деятельности для проектирования перспективных транспортных маршрутов с учетом рельефа местности, характера застройки и так далее.

Подразделениям Роснедвижимости ГИС нужны для ведения единого государственного реестра объектов недвижимого имущества и государственного кадастрового учета.

ГИС необходимы органам управления для планирования процессов застройки и их регулирования с учетом требований градостроительных норм и правил.

Сельские и городские администрации являются одной из крупнейших сфер применения ГИС. Их можно использовать для концентрации информации в процессе обследования земель, анализа способов их возделывания и использования, корректировки перспективных планов застройки. Местные органы власти могут использовать ГИС также для описания собственности (недвижимости), дорожных магистралей и инженерных коммуникаций, анализа материалов по мониторингу загрязнения окружающей среды и т. д.

В дополнение к традиционно используемым задачам управления, аналитические возможности ГИС можно реализовать в сфере охраны здоровья населения, в частности, для определения кратчайшего расстояния, например, от станции скорой помощи до пациента с учётом текущей ситуации на дорогах. ГИС можно использовать также в процессе анализа эпидемиологической обстановки, изучения характера распространения различных заболеваний и причин их возникновения.

В бизнесе задействовано огромное количество информации, касающейся данных об объемах продаж недвижимого имущества, товаров народного потребления, учета грузоперевозок, списков адресов участников рыночных отношений. Вся необходимая информация может быть представлена на электронной карте. Таким образом, ГИС обеспечивает выявление связей и закономерностей, которые невозможно получить в явном виде из таблиц, например, какова численность населения в окрестностях конкретного производителя продукции и т. д.

Образовательные учреждения применяют ГИС как для целей обучения студентов, так и для ведения кадастра образовательных учреждений.

Частные предприниматели нуждаются в ГИС для определения наиболее выгодного местоположения своих фирм с учетом транспортных артерий и численности населения.

Налоговые инспекции используют ГИС для определения местоположения облагаемых налогом объектов, динамики доходов в бюджет, неплательщиков земельного налога и т. д.

Работники жилищно-коммунального хозяйства также должны знать местоположение всех коммуникаций, расположенных на их территории, для оперативного устранения неполадок.

Геоинформационные системы защиты окружающей среды представляют собой важную группу ГИС. Согласно публикациям некоторых авторов, информационные системы защиты окружающей среды рассматриваются как расширенные ГИС, которые обеспечивают сбор, хранение, обработку и анализ пространственных, временных и тематических данных для описания состояния окружающей среды в условиях ее загрязнения [61]. Эта информация может использоваться для регулирования экологической обстановки. Функционируют эти системы главным образом на базе средних и мелких масштабов. Однако имеют место также задачи, которые решаются в более крупных масштабах, например, в лесном хозяйстве, для утилизации промышленных отходов или охраны водного хозяйства. Такие системы имеют ряд отличительных признаков. Как правило, они гибридоориентированы. При этом они позволяют моделировать распространение природных процессов, хранить разнообразные данные в отношении окружающего пространства и оперировать интенсивно меняющейся во времени информацией. Компьютерное моделирование в этих условиях носит название проверки устойчивости окружающей среды. Такие системы применяются для сбора сведений с целью поддержания качества воздуха, сохранения почвенного слоя земли, определения влияния вредных выбросов промышленных предприятий на здоровье людей и растения, проверки воздействия радиоактивности, химических веществ и автотранспорта на окружающую среду, а также для сохранения среды обитания исчезающих видов живых организмов путем создания биотопов и заповедников. Биотоп представляет собой совокупность живых организмов одного вида, в течение нескольких поколений проживающих на конкретной территории.

Организации, осуществляющие наблюдение за динамикой изменения окружающей среды, используют аналитические возможности ГИС для моделирования процессов, происходящих в природе, изучения эрозии почв и разлива рек в случае половодья или выпадения большого количества осадков и т. д. После сбора информации производится ее аналитическая обработка. В этой области доминируют ГИС, использующие растровые данные.

ГИС незаменимы в управлении железными дорогами. Они используются для работы по координации оперативной деятельности, связанной с ремонтом и поддержанием железных дорог в рабочем состоянии. Основные функции, которые ГИС выполняет для обеспечения надежности перевозок и их рентабельности, включают маркетинг, графики движения поездов, информацию для пассажиров, работу аварийных служб, планирование объемов перевозок, прогнозирование экстремальных ситуаций.

Интенсивно развивающийся рынок требует все больших капиталовложений в развитие транспорта. Транспортные службы,

эксплуатирующие автомобильные и железные дороги, мосты и туннели, воздушные и морские порты, широко используют возможности ГИС-технологий.

Детально продуманные подходы к организации пассажирских перевозок, основанных на надежной информации и современных методах управления, позволяют увеличить эффективность работы и, соответственно, прибыль транспортных компаний. ГИС в пассажирском транспорте используют для планирования и анализа маршрутов, составления графика движения транспорта, отслеживания передвижения транспортных средств, размещения остановок транспорта, учета и анализа дорожно-транспортных происшествий, реконструкции дорог, планирования объемов пассажирских перевозок и т. д.

Своевременная доставка товаров по назначению является целью организаций, занимающихся логистикой. Эффективное управление перевозками грузов требует разработки оптимальных маршрутов, удобных мест хранения товара, методов отслеживания транспортных средств и грузов, точного и своевременного реагирования на различные нестандартные ситуации. Процесс усовершенствования и внедрения новых, более эффективных подходов к перевозке и хранению грузов, также ориентируется на использование ГИС.

Авиация является отраслью, которая в настоящее время также не может обойтись без ГИС. Применение ГИС обеспечивает надежность и безопасность функционирования различных авиакомпаний. В гражданской авиации ГИС используются в целях управления воздушными и наземными службами, мониторинга взлетно-посадочных операций, контроля за строительными и ремонтными работами, планированием объемов перевозок грузов и пассажиров, проектированием новых воздушных коридоров и их реорганизации в случае экстремальных ситуаций.

Применение ГИС в нефтедобывающей отрасли является неотъемлемой частью бизнеса. ГИС используются для поиска нефтяных ресурсов, планирования бурильных работ, определения потенциала нефтяных скважин. ГИС облегчают нефтяным компаниям процесс прокладки трубопроводов, определение местоположения нефтеперерабатывающих заводов, управление инфраструктурой. Кроме этого, ГИС позволяют осуществлять анализ данных, полученных при аэрофотосъемках, дистанционном зондировании, сейсмических исследованиях, геологических изысканиях в районах месторождений нефти и газа, и решать многие другие важные задачи [43, 44, 64, 66, 68, 71, 72, 73, 74].

Телекоммуникации и средства сотовой связи являются наиболее динамичными отраслями, которые предлагают все более совершенные виды услуг. Решение многих задач в указанных направлениях требует четкого представления о пространственном расположении клиентов и транслирующих средств. Например, для достижения оптимального обслуживания клиентов компания сотовой телефонной связи размещает приемно-передающие станции таким образом, чтобы исключить конфликты между конкурирующими фирмами. Этого также позволяет достичь ГИС.

Выбор местоположения большинства новых супермаркетов за пределами центра города осуществляется с помощью ГИС. Кроме этого, ГИС

используются для изучения социально-экономических нюансов и выявления потенциальных заказчиков на изучаемой территории. Расположение складских помещений и зон их обслуживания может быть запроектировано с помощью определения времени доставки грузов, а также моделирования влияния конкурирующих фирм. ГИС в этой сфере незаменимы.

Компании, обеспечивающие коммунальные услуги, являются наиболее активными пользователями ГИС. Геоинформационные системы в данном случае используются для построения базы данных о трубопроводах, кабелях, насосных и распределительных станциях и т. д. В этой области доминируют векторные ГИС. Широко используется также моделирование процесса использования различных прокладываемых коммуникаций в условиях их отклонений от требований инструкции. Наибольшее применение в этой области находят системы автоматизации картографирования (АК) и управления основными средствами (УОС). Функции АК и УОС используются для поддержания процессов прокладки кабелей, размещения задвижек, щитов обслуживания и т. д. [65, 70].

ГИС используются в секторе финансовых услуг так же, как и в сфере розничной торговли. Они применяются для определения местоположения филиалов банков. При этом существенным образом расширяются возможности применения ГИС в качестве инструмента для оценки риска вложений денежных средств в недвижимость, страхования имущества и определения степени риска. Это требует также наличия информации о криминальной обстановке и о характеристиках недвижимости. Такую информацию предоставляют ГИС.

5.2. Обзор российского рынка программного обеспечения геоинформационных технологий

Экономическая ситуация в России и развитие средств вычислительной техники обусловили повышение темпов внедрения автоматизированных геоинформационных технологий в практику работы органов государственного управления, а также различных частных фирм. На российском рынке в настоящее время функционируют более сотни крупных и мелких организаций, распространяющих программное обеспечение. Такое положение создало ряд проблем, главной из которых является проблема анализа соответствия между объемами поставляемого и востребованного программного обеспечения ГИС-проектов.

Конец двадцатого века характерен тем, что на рынке появился новый класс программного обеспечения, называемый векторизаторами растровых изображений. Эти пакеты обычно снабжаются инструментарием автоматического или полуавтоматического распознавания картографических условных обозначений, что существенно способствует увеличению точности и производительности труда при вводе цифровой информации.

Следующим классом программного обеспечения являются специализированные средства пространственного моделирования. Они обеспечивают задачи моделирования рельефа, зон экологического загрязнения,

участков затопления при строительстве плотин и др. Такие системы оперируют с растровыми данными и дополняются развитыми средствами визуализации.

К последнему классу относятся специальные средства обработки и дешифрирования данных дистанционного зондирования Земли. Сюда относятся пакеты обработки изображений, снабженные мощным математическим аппаратом, позволяющим проводить операции со сканированными или представленными в цифровой форме снимками поверхности Земли. Они содержат набор операций, обеспечивающих географическую привязку снимков, включая обработку стереопар и выдачу результата в виде актуализированного топографического плана.

ГИС-технологии формируются и совершенствуются благодаря техническому прогрессу и возрастающим требованиям производства. Этот рынок имеет хорошие перспективы. Во всем мире, в том числе и в Европе, прогнозируется ежегодное повышение объема выпуска ГИС примерно на 30 %. В ближайшие годы эта тенденция будет сохраняться преимущественно за счет развития сетевых информационных систем. Гибридные системы внедряются в сферу пространственного планирования и прогнозирования состояния окружающей среды. Наличие цифровой информации о поверхности Земли, полученной со спутников, открывает новые, неизвестные ранее возможности. Специалисты различных областей науки и техники расширяют сферу использования ГИС для решения своих специфических задач и тем самым способствуют росту рынка ГИС-технологий [56].

Среди отечественных ГИС можно выделить следующие. В сфере обновления крупномасштабных планов городов используется система «ИнГео», созданная в Уфе. Широко известна также ГИС «Нева», которая применяется для создания и обновления топографических карт и планов на бумажной основе и в виде цифровых изображений. Кроме этого, для создания и редактирования электронных карт и планов разработана ГИС «Карта 2005». В сфере ведения кадастра недвижимого имущества можно отметить известные ГИС-пакеты, разработанные в Таганроге и Санкт-Петербурге (программный комплекс «Единый государственный реестр земель»), федеральным кадастровым центром «Земля» (автоматизированная информационная система государственного кадастра недвижимости), а также специалистами Новосибирска (GeoCad и GeoPolis).

5.3. Основные достоинства ГИС

В любой ГИС, как известно, каждый объект «связан» со строкой описательной информации, помещенной в одной из таблиц базы данных. Представленная информация об однотипных объектах формирует определенные слои, например: «Здания», «Подземные коммуникации», «Зеленые насаждения» и т. д. Одним из основных достоинств геоинформационных систем является предоставление самому пользователю возможности варьировать имеющимися слоями для изучения реальной обстановки. Например, накладывая слой «Зеленые насаждения» и «Водные ресурсы» на слой «Здания», можно четко представить, где расположены отдельные посадки деревьев, как проходит русло

реки и т. д. При этом для более детального изучения ситуации пользователь может делать видимыми различные комбинации слоев или изменять масштаб их изображения.

Замечательным свойством ГИС, о котором здесь также необходимо напомнить, является возможность реализации функции пространственного анализа, которая обеспечивает решение различного рода картометрических операций по электронным картам и планам.

Проблемы разграничения государственной собственности на землю решаются в настоящее время повсеместно. Административные органы для осуществления контроля над процессом использования подведомственной им территории должны точно знать местоположение каждого объекта и выполняемые ими функции. В процессе контроля уточняются границы землепользований, корректируются размеры налога и арендной платы на объекты недвижимости, что является одним из важнейших источников пополнения бюджета города. Насыщенность территории крупных городов подземными коммуникациями, с одной стороны, усложняет ее использование, а с другой стороны существенным образом увеличивает стоимость земельных участков. Ведение с помощью ГИС дежурных карт (планов) подземных коммуникаций упрощает процесс их оперативного ремонта и практически исключает возможность разрывов при строительстве.

ГИС незаменимы также в процессе использования графических материалов, поскольку традиционные формы их представления имеют ряд недостатков. Например, планшеты в процессе использования «стареют». Обновление информации на бумажной основе является трудоемкой задачей. Кроме этого, обычные карты и планы плотно насыщены изображениями объектов, вследствие чего их сложно изучать. Вместе с тем, информация в ГИС может быть представлена послойно, и проблема перегрузки электронных карт практически не возникает. Изображение на экране дисплея в ГИС не является «фиксированным», а изменяется по желанию пользователя посредством нажатия кнопки «мыши». Это также является важным преимуществом геоинформационных систем.

Преимущества ГИС-технологий перед традиционными технологиями заключается еще и в том, что они формируют пространственную и атрибутивную информацию как единое целое. Кроме этого, цифровые карты и планы предоставляют возможность изменения масштаба изображений и степени их детализации. Подготовка цифровых данных включает следующие этапы:

- первичная обработка материалов и приведение их к удобному для использования виду;
- формирование цифровой модели местности;
- преобразование цифровой модели местности посредством отрисовки горизонталей, их интерполяции, аппроксимации, редактирования, генерализации;
- ведение баз данных цифровой модели местности.

На основании изложенного выше следует сделать обобщение. Карты и планы, представленные в традиционном виде, с течением времени становятся не пригодными для использования. Информация, отраженная в них, «стареет», то есть не соответствует современному состоянию. Процесс актуализации (обновления) устаревшей информации трудоемок и требует особой аккуратности картографа. Вместе с тем, обновление цифровых карт и планов осуществляется оператором без каких-либо проблем и по всему масштабному ряду, в который вставлены редактируемые блоки.

5.4. Перспективы развития ГИС-технологий

Модернизация возможностей ГИС позволяет совершенствовать ГИС-технологии, которые используются в настоящее время в процессе реализации программы по обеспечению населения России информацией. Для достижения этой цели по заказу Министерства РФ по связи и информатизации компания АУАХИ в 2002 году разработала дизайн и систему Интернет-сайтов Федеральной целевой программы (ФЦП) «Электронная Россия на 2002-2010 годы» [83].

Цели и задачи программы соответствуют положениям Окинавской хартии глобального информационного общества [49]. В соответствии с основными положениями данной хартии, 26 июля 2000 года Президентом России подписана «Концепция формирования и развития единого информационного пространства России и соответствующих государственных информационных ресурсов».

Развитие сайтов ведется в два этапа. На первом этапе создано электронное представительство ФЦП «Электронная Россия» в Internet, а также осуществляется процесс наполнения сайтов актуальной и социально значимой информацией. На втором этапе сайты реорганизуются в интерактивный портал, который демонстрирует процесс реализации ФЦП «Электронная Россия». Этот портал базируется на принципах:

- устранения административных барьеров на пути развития и внедрения информационно-коммуникационных технологий (ИКТ), отвечающих интересам безопасности государства;
- открытости концепций, целей и задач программ для обсуждения всеми заинтересованными сторонами;
- исключения дублирования работ, реализуемых в рамках других программ;
- снижения финансовой нагрузки и максимальной экономии денежных средств в бюджетах всех уровней.

Все информационные материалы публикуются на сайте в целях формирования общественного мнения по поддержке мероприятий, выполняемых в рамках ФЦП «Электронная Россия», и отражают официальную позицию органов исполнительной власти, а также других организаций, участвующих в реализации программы, которая невозможна без геоинформационных технологий.

Одной из важнейших тенденций современного компьютерного общества является переход в сетевую среду передачи информации. В нашей стране и за рубежом множество малых и средних компаний объединили свои компьютеры в сеть. Однако это не только предполагает преимущества, но и создает принципиально новые проблемы. К основной из них относится совместный доступ к данным и защита информации от несанкционированного доступа. В процессе разработки персонального компьютера были заложены определенные возможности по разделению доступа к данным [38]. Блокировка осуществлялась на уровне файлов. Если файл модифицируется каким-либо оператором, то другие, в лучшем случае, могут его только просматривать. В настоящее время реализована совместная работа с файлами операторов, у которых имеются соответствующие допуски.

Практически все системы земельного кадастра в развитых странах являются доступными для населения. Единая информационная сеть объектов недвижимого имущества формируется в настоящее время и на территории России. Это соответствует закону об информации, что принципиально важно для контроля за рынком недвижимости со стороны общественности [49].

В целях защиты информации от несанкционированного доступа в настоящее время разработан ряд программ, обеспечивающих ограничение или запрещение доступа к отдельным видам данных. Вместе с тем, приоритетной становится ориентация ГИС на массового непрофессионального пользователя, что способствует развитию стандартизированного пользовательского интерфейса. При этом компьютерные сети достаточно четко определяют направление развития программных продуктов. Сетевой становится сама идеология построения программ.

5.5. Муниципальные ГИС

Управление крупным городом должно осуществляться на базе высокоорганизованной информационной системы, которая включала бы информацию о населении, границах муниципального образования, входящих в него районов, кварталов, наземных и подземных коммуникациях, производственных, культурных, научных, бытовых и прочих учреждениях, водных и лесных ресурсах, объектах недвижимого имущества (земельных участках, зданиях, сооружениях), экологической обстановке, уровне грунтовых вод, схемах наземного и подземного транспорта и т. д. Такие информационные системы предназначены для определения перспектив развития города на основе изучения природных, производственных и прочих важных факторов. Эти системы называются муниципальными ГИС (МГИС) и предназначены для повышения эффективности использования территорий, естественных и искусственных объектов, расположенных в границах муниципального образования. Информацию для МГИС обязаны предоставлять все организации, расположенные в границах данного муниципального образования. Муниципальные ГИС должны включать информацию о различных объектах и видах деятельности населения, а также о промышленной, культурно-бытовой, жилой и прочих сферах [48]. Эти ГИС формируют послойную визуализацию

каждой категории объектов с целью определения их стоимости, степени износа и условий эксплуатации с учетом интенсивности строительства (например, возможность подхода, подъезда, маневрирования). Таким образом, муниципальные ГИС упрощают процесс управления территориями и расположенными на них объектами недвижимости независимо от их категории и форм собственности. При этом создаются предпосылки для регулирования процессов формирования баз графических и атрибутивных данных посредством манипуляции слоями, например: строящиеся или не сданные в эксплуатацию объекты.

Структура муниципальной геоинформационной системы может быть представлена как совокупность функциональных подсистем, ее составляющих и обеспечивающих производственную, маркетинговую, финансовую, правовую и прочую деятельность, а также подбор кадров.

Производственная деятельность связана с непосредственным выпуском в муниципальных образованиях всего ассортимента продукции и направлена на создание и внедрение в производство достижений науки и техники.

Маркетинговая деятельность включает в себя анализ рынка производителей и потребителей выпускаемой продукции, рациональную организацию материально-технического снабжения и разработку рекламной кампании по реализации продукции.

Финансовая деятельность предназначена для осуществления контроля и анализа денежных ресурсов любой фирмы, включая сбор налогов на основе бухгалтерской, статистической и оперативной информации.

Правовая деятельность должна обеспечивать не только регулирование локальных процессов купли-продажи недвижимого имущества, но и создавать предпосылки для управления процессами застройки территорий на уровне муниципалитетов.

Основой для стабильной работы является **подбор кадров**. Деятельность по подбору кадров направлена на то, чтобы каждой функции любой организации максимально соответствовал специалист, профессионально и честно осуществляющий свою деятельность в рамках его должностных обязанностей.

Тип муниципальной геоинформационной системы зависит от того, чьи интересы она обслуживает и на каком уровне управления.

Согласно Конституции Российской Федерации, органы местного самоуправления не входят в систему органов государственной власти. Восьмой главой Конституции закреплены их основные права на самостоятельное решение вопросов, касающихся владения, пользования и распоряжения муниципальной собственностью. Для передачи объектов в муниципальную собственность территориальный комитет по управлению имуществом разрабатывает перечень объектов. В указанные перечни включаются государственные предприятия и учреждения, передаваемые в муниципальную собственность, а также жилищный фонд, имущество местных органов государственной власти, объекты, с помощью которых осуществляется коммунальное обслуживание населения, сооружения водопроводно-канализационного хозяйства, теплоснабжение,

электроснабжение, инженерная инфраструктура. Кроме того, к муниципальной собственности относятся предприятия и организации местного подчинения, деятельность которых непосредственно направлена на решение вопросов комплексного экономического и социального развития территорий. Объекты муниципальной собственности могут являться предметом различных сделок, например: купля-продажа, мена, дарение, аренда.

Продажа объектов муниципальной собственности осуществляется юридическим и физическим лицам, предъявляющим в Комитет по управлению муниципальным имуществом письменную заявку, которая регистрируется при наличии всех требуемых документов. После этого осуществляется согласование с балансодержателем, мэрией и другими заинтересованными лицами и назначается цена. Покупка объектов в муниципальную собственность осуществляется с разрешения мэра города. Покупка и продажа объектов осуществляется по рыночной стоимости, представленной независимыми оценщиками.

Находящиеся в муниципальной собственности здания, сооружения, жилые и нежилые помещения и другое недвижимое имущество могут быть обменены на другую собственность. Целесообразность обмена имущества определяет мэр города на основании всех имеющихся предложений.

По договору дарения одна сторона безвозмездно передает в муниципальную собственность здания, сооружения, жилые и нежилые помещения и другое недвижимое или движимое имущество. Дарителем может быть любое юридическое и физическое лицо.

Арендодателем имущества, находящегося в муниципальной собственности, является Комитет по управлению муниципальным имуществом. Арендатором могут быть юридические и физические лица Российской Федерации и иностранных государств. В аренду могут быть переданы земельные участки, предприятия и другие имущественные комплексы, здания, сооружения, жилые и нежилые помещения, оборудование, транспортные средства и другое имущество.

Поскольку муниципалитеты являются собственниками или владельцами недвижимого и движимого имущества, то необходим строгий учет всех объектов, а также сделок, которые над ними совершаются. Для этих целей создаются муниципальные ГИС, которые должны обеспечивать:

- ввод данных с различных носителей информации;
- обмен информацией по сети Internet и Intranet;
- построение топологии на любом этапе формирования информации;
- пространственный анализ и поиск объектов по запросам пользователей;
- конфиденциальность и защиту информации.

В заключение этой темы уместно заметить, что топология для муниципальных ГИС должна отражать связи между объектами, расположенными в различных слоях. Здесь актуальными становятся вопросы взаимосвязей различных классов объектов. В противном случае – водопровод (линейный объект) может не примкнуть к зданию (полигональный объект).

6. ХАРАКТЕРИСТИКА ДАННЫХ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ГИС

6.1. Общие сведения о типах данных

Основной и наиболее трудоемкой задачей формирования любого проекта является сбор необходимых данных, которые преобразовываются в цифровой формат и вводятся в ГИС для дальнейшей обработки. В процессе управления данными выбор их типа (векторные, растровые) определяется объемом информации и возможностями программного обеспечения.

Любая ГИС работает с различными типами данных, описывающих изучаемые объекты: пространственными, атрибутивными, тематическими, метрическими и семантическими [2, 7, 14, 28, 30]. Эти данные являются наиболее дорогостоящим элементом системы и занимают значительный объем памяти.

Пространственный объект – это любой конкретный объект, который характеризуется местоположением в пространстве и набором атрибутивных данных. Различают четыре основных типа пространственных объектов: точка, линия, полигон и поверхность.

Пространственные данные – это цифровые данные о пространственных объектах, которые обеспечивают определение их пространственного положения, форму и свойства. Таким образом, пространственные данные позволяют описать местоположение пространственных объектов, их топологические свойства и содержательные характеристики.

Атрибутивные данные формируют набор качественных и количественных характеристик конкретного пространственного объекта, не определяющих его местоположение. Эти данные связаны с пространственным объектом посредством идентификационного номера. Хранится такая информация в реляционных базах данных. Атрибутивные данные имеют широкий диапазон представления. Эта информация дополняет пространственную с необходимой степенью детализации. К такой информации относятся, например, данные о принадлежности объекта недвижимости, его назначении, виде хозяйственного использования и т. д.

Тематические данные – это пространственные данные, отнесенные к конкретной предметной области.

Метрические данные (метрика) – это информация об объекте цифровой топографической карты (плана), описывающая местоположение и параметры объекта.

Семантические данные (семантика) – это информация об объекте цифровой топографической карты (плана), описывающая его сущность и свойства с помощью условных изображений.

Кроме вышеуказанных типов данных, существует также два типа структур данных: топология и слои.

Как было отмечено ранее, **топология** представляет собой раздел математики, который изучает свойства фигур, базирующиеся на понятии бесконечной близости (линии и поверхности) и сохраняющиеся в процессе непрерывных деформаций этих объектов. Простейшим примером отличия

геометрии и топологии служит план транспортной системы. Изображение линий пересечений транспортных коммуникаций на схематическом плане имеет топологический характер. Кроме этого, остановки автобуса должны располагаться в обязательном порядке вдоль автобусного маршрута, лесной массив не должен пересекать водную поверхность и т. д. В отличие от этого, геометрическое представление транспортной сети заключается в ее отображении, например, на плане города. Таким образом, топология показывает в данном случае наличие связи между маршрутом автобуса и остановками транспортного средства, а геометрическое представление обеспечивает наглядность движения транспорта по улицам города.

Слой – это таблица, в которой описаны объекты одного типа, например, телеграфные столбы, подземные коммуникации, здания, лесные массивы и т. д.

6.2. Векторные и растровые данные

Современное программное обеспечение ГИС поддерживает растровое, векторное и гибридное представление данных. Поэтому пользователь должен принять решение о выборе типа данных, который в наибольшей степени отвечает цели, поставленной перед ним. Поскольку информация в ГИС вводится в цифровой форме, то для этих целей используются специальные технологии, например, сканирование и векторизация.

Сканирование является высокопроизводительным и простым процессом. Однако полученные растровые файлы не имеют характеристик, необходимых для ГИС, использующих векторное представление. Векторизация растрового изображения может быть проведена в автоматическом или полуавтоматическом режиме. Для получения надежных результатов требуются современные технологии, а также специально обученные и опытные операторы. Этот процесс полностью зависит от сложности оригинала и является достаточно трудоемким, длительным и дорогостоящим.

Известно, что геоинформационные системы, созданные в конце 1960-х годов, были ориентированы главным образом на растровое (ячеистое) представление данных. Объяснялось это отсутствием или недоступностью технологий для векторизации. Основным преимуществом растровых данных является то, что в прямоугольной матрице расположение входящих в нее элементов определяется номером столбца и строки. При этом координаты любого пикселя или центроида (центральной части) могут быть вычислены.

Растр или растровый массив (bitmap) представляет собой совокупность битов, расположенных на сетчатом поле. Бит может быть включен (единичное состояние) или выключен (нулевое состояние). Состояния битов используются для представления различных цветов растрового изображения. Таким образом, путем соединения нескольких битов создаются изображения из разноцветных точек, свойства которых могут непрерывно меняться.

Качественные параметры каждого пикселя растрового изображения (цвет, тон) независимы от параметров других пикселей. Пиксели имеют свои координаты и обладают цветовыми характеристиками. Растровые данные используются для создания фотореалистических изображений (например,

портреты и пейзажи). Они занимают в несколько раз больше объема дисковой памяти, чем векторные. Растровое изображение является основной формой геометрического представления информации посредством пикселей (Picture Element – элемент картинки), которые располагаются по строкам и столбцам в виде квадратных или прямоугольных элементов одинаковой формы. Растровые данные не различают точки и линии. Между отдельными элементами картинок не существует логических связей. Растровые данные оцениваются только по свойствам пикселя (например, цвет, высота, ширина и т. д.).

Растр в переводе с латинского означает «грабли». Смысл этого термина становится понятным, если обычными граблями прочертить на песке несколько параллельных линий, а затем перечеркнуть эти линии таким же образом в перпендикулярном направлении. В результате получится двумерная сетка квадратиков, которая называется растром.

Растровые изображения имеют ряд достоинств и недостатков. К достоинствам растровой графики относятся:

- простота и полное соответствие процессам автоматизации ввода информации (сканирование);
- возможность получения живописных изображений, разноцветных рисунков и фотографий.

Растровой графике присущи также некоторые существенные недостатки, основные из которых целесообразно отметить. Наиболее важным является тот факт, что перед началом сканирования изображения необходимо указать конкретные значения разрешения (количество точек на единицу длины) и глубину цвета (количество цветовых бит на пиксель). Последующие изменения все же возможны, однако это приводит к серьезным погрешностям. В целях повышения качества растрового изображения исходный материал необходимо заново сканировать, применяя другое разрешение. При этом объем растрового файла может существенным образом увеличиться.

Другим недостатком является то, что в процессе сканирования фотографий с максимальным разрешением и глубиной цвета объем результирующего файла растрового изображения определяется как произведение его площади на разрешение и на глубину цвета (если они приведены к единой размерности). Программное обеспечение любого сканера обеспечивает вычисление этой величины и определение объема памяти для сохранения изображения. Однако такие файлы могут иметь внушительные размеры (то есть быть «тяжелыми»), и работа с ними становится утомительной.

Следующий недостаток заключается в том, что в процессе поворота растрового изображения даже на небольшой угол четкие линии деформируются и становятся ступенчатыми. Это означает, что при любых трансформациях (поворот, масштабирование, наклон и т. д.) в растровой графике невозможно обойтись без искажений, что определяется дискретной природой изображения. Такие искажения могут быть не слишком заметны глазу, однако всегда существуют, накапливаются при трансформациях и могут значительно ухудшить качество исходного материала.

Обработка растровых данных осуществляется главным образом в масштабах 1 : 5 000 – 1 : 1 000 000. Для целей ведения кадастра объектов недвижимости, определения их кадастровой стоимости и решения многих других задач растровые данные могут создаваться в более крупных масштабах. Сбор информации производится путем сканирования графических и прочих документов, а также дистанционного зондирования земной поверхности с помощью специальных приборов, установленных на спутниках, или с помощью других устройств. Механизм компьютерной реализации растровых изображений достаточно прост, однако для размещения таких данных требуется больше дисковой памяти, чем для векторного представления.

В векторной модели информация о точках, линиях, полилиниях и замкнутых областях кодируется и хранится также в цифровом виде. Например, местоположение точечного объекта (буровая скважина) описывается парой координат (X_i, Y_i) . Линейные объекты, такие как дороги, реки или трубопроводы, сохраняются в виде наборов координат X_i и Y_i .

Полигональные объекты, типа речных водосборов, земельных участков или областей обслуживания заявителей, хранятся в виде замкнутого набора координат. Векторная модель оказывается особенно удобной для представления дискретных объектов и менее пригодной для описания непрерывно меняющихся свойств, таких, например, как типы почв.

Полигональные объекты (например, земельные участки) хранятся в виде набора координат углов поворота этих объектов. Векторная графика базируется на развитых средствах рисования и обладает рядом достоинств, поскольку она:

- не требует большой дисковой памяти, необходимой для хранения изображений. Кроме того, описание цветовых характеристик несущественно увеличивает размер векторного файла;

- может включать в себя изображения точечной графики, для обработки которой имеются редакторы векторной графики;

- достаточно точно обеспечивает чертежно-графические работы;

- обеспечивает свободное масштабирование изображений.

К недостаткам векторной графики можно отнести ее ограниченные возможности воспроизведения изображений и текста. Однако последние версии графических редакторов восполняют этот недостаток посредством создания тени, прозрачности и т. д. Недостатком векторной графики считается также сложность создания фотореалистических изображений и их некоторая искусственность, заключающаяся в том, что любое изображение необходимо разбить на конечное множество составляющих его примитивов. Кроме этого, возникают проблемы объединения и анализа наборов данных в зависимости от детальности их обработки и, соответственно, повышения требований к ресурсам компьютера.

Перевод векторных данных в растровые прост алгоритмически и практически, поскольку современные графические системы снабжены дополнительными техническими и программными средствами, обеспечивающими этот переход.

Из сказанного выше понятно, что растровая и векторная модели данных дополняют друг друга [82]. В частности, векторные рисунки могут включать в себя и растровые изображения. Кроме того, векторные и растровые изображения могут быть преобразованы друг в друга. Однако переход от растровой графики к векторной значительно сложнее, поскольку программа конвертирования данных не всегда может идентифицировать отдельные элементы раstra как векторные примитивы. Это касается, в частности, высококачественных фотографий, когда пиксели отличаются друг от друга по цвету и тону. Важное значение при этом имеет разрешающая способность, которая представляет собой количество элементов в заданной замкнутой области.

Разрешающая способность графического изображения или принтера как устройства вывода представляет собой количество элементов в заданной области. Например, разрешающая способность лазерного принтера составляет 600 dpi (dot per inch – точек на дюйм, дюйм равен 2.54 см). Это означает способность принтера напечатать на отрезке в один дюйм 600 точек, которые равны по величине, но могут отличаться друг от друга по цвету (тону). В этом случае элементами изображения являются лазерные точки, а размер изображения измеряется в дюймах.

Разрешение может быть входное (при сканировании) и выходное (в процессе вывода на принтер или монитор).

Входное разрешение при сканировании генерирует растровые изображения, состоящие из черно-белых, серых или цветных элементов, размеры которых зависят от выбранного разрешения. Каждый сканер имеет свой диапазон возможных разрешений, то есть количество пикселей на дюйм. Это влияет на размер самих пикселей. Однако размер пикселей на мониторе постоянный и зависит только от типа экрана.

Разрешение принтера показывает количество горизонтальных и вертикальных точек на дюйм устройства вывода. Чем выше разрешение, тем более непрерывным будет тон изображения. В отличие от этого, разрешающая способность любого графического изображения измеряется в пикселях на дюйм. Таким образом, пиксель в компьютерном файле не имеет определенного размера, так как хранит лишь информацию о своем цвете. Он приобретает физический размер при отображении на конкретном устройстве вывода, например, на мониторе или принтере.

Здесь уместно заметить, что в настоящее время чаще применяется термин «пятен на дюйм» (spi – spot per inch), чем «точек на дюйм» (dpi). Это представляется верным, поскольку растровые точки имеют большее сходство с размытыми каплями, чем с круглыми точками.

В процессе ввода векторного рисунка используется максимальное разрешение. Команды, описывающие изображение, сообщают устройству вывода положение и размеры какого-либо объекта. В свою очередь, это устройство использует максимально возможное количество точек для отрисовки. Таким образом, векторный объект (например, эллипс), распечатанный на принтерах различной разрешающей способности,

отображается на листе бумаги практически без искажения конфигурации и размеров. Однако более гладкий эллипс (или другой объект) формируется в процессе печати на принтере с большей разрешающей способностью.

Существенное влияние разрешающая способность устройства вывода оказывает на растровый рисунок. Если в файле растрового изображения не определено, сколько пикселей на дюйм должно создавать устройство вывода, то по умолчанию для каждого пикселя используется минимальный размер. Для лазерного принтера минимальным элементом служит лазерная точка, а для монитора – видеопиксель.

Между разрешающей способностью и размерами пикселей существует четкая связь. Чем выше разрешающая способность растрового изображения, тем меньше размеры пикселей, то есть их количество на единицу длины больше. Таким образом, размер точки определяется из соотношения:

$$D / PC = P, \quad (1)$$

где D – количество пикселей в отрезке длиной в один дюйм, пиксель;

PC – разрешающая способность, пиксель/мм;

P – размер точки, мм.

Для обработки растровых и векторных файлов используются различные технологии. Например, задача сканирования заключается в получении качественного растрового изображения, упрощающего работу оператора в процессе векторизации. Однако, чем выше разрешение изображения и чем больше в нем цветов, тем оно объемнее и с ним сложнее работать. Результатом сканирования является изображение, которое, как правило, можно улучшить для того, чтобы векторизация была менее трудоемкой.

В процессе векторизации программа определяет, как проводить линию. При этом она ориентируется на пиксели растрового изображения. В параметрах векторизации оператором устанавливается, какие разрывы в линиях векторизатору следует «не замечать». Чтобы растр имел более ровные линии и в нем отсутствовали разрывы, его нужно после сканирования подвергнуть «чистке». Набор инструментов для «чистки» растрового изображения зависит от программного обеспечения. При этом изображения могут быть выровнены, удлинены, укорочены или просто удалены.

6.3. Масштабирование изображений

Выше было отмечено, что основным элементом растрового изображения является **пиксель** (*pixel*). Под этим термином различают несколько понятий, например:

- **пиксель** (отдельный элемент растрового изображения);
- **видеопиксель** (элемент изображения на экране монитора);
- **точка** (отдельная точка, создаваемая принтером или фотонаборным устройством).

Каждый пиксель растрового изображения имеет четыре характеристики, которые определяют разрешение растра [21]:

1. Размер.
2. Тоновое значение.

3. Глубина цвета.

4. Позиция.

Все пиксели одного отсканированного изображения имеют равную ширину и высоту. Изначальный размер пикселя определяется выбранным разрешением сканирования. Например, при разрешении 600 пикселей на дюйм размер пикселя составляет $2.54/600$. Чем выше разрешение, тем меньше размер пикселя. При этом изображение становится четче. Меняя разрешение, можно менять и размеры пикселя, а следовательно, и точность изображения (см. формулу (1)).

Диапазон цвета (тона) задается в процессе сканирования. Сканеры присваивают определенное значение цвета (тона) каждому пикселю. Поскольку размер пикселей мал, соседние пиксели несущественно отличаются друг от друга по цвету (тону).

Глубина цвета также задается при сканировании. Это определяет количество возможных цветов (тонов) и увеличивает размер графического файла. Вместе с тем, такое обстоятельство имеет важное преимущество, поскольку обеспечивает непрерывность перехода между тонами смежных пикселей.

Цвет каждого пикселя растрового изображения (черный, белый, серый или любой из спектра) запоминается с помощью комбинации битов. Количество битов расширяет диапазон оттенков цветов для каждого пикселя. Это называется **битовой глубиной** или **глубиной цвета** и используется компьютером для хранения информации о каждом пикселе.

Наиболее простое растровое изображение состоит из пикселей, имеющих два возможных цвета – черный и белый. Для хранения такого пикселя требуется один бит в памяти компьютера. Эти изображения называются однобитовыми.

Число возможных и доступных цветов или градаций серого цвета каждого пикселя равно двум в степени, равной количеству битов, отводимых для каждого пикселя.

Двадцатибитовые изображения формируют более 16 миллионов цветов. Такие изображения практически соответствуют естественным цветам, поскольку этого количества цветов достаточно, чтобы отобразить всевозможные оттенки, которые способен различать человеческий глаз.

Позиция каждого пикселя определяется координатами столбца и строки.

Масштабирование изображения заключается в изменении вертикального и горизонтального его размеров. Масштабирование может быть пропорциональным, если соотношение между высотой и шириной рисунка не изменяется, а меняется лишь общий размер, и непропорциональным, когда размеры по высоте и ширине изменяются в разных пропорциях.

Масштабирование **векторных рисунков** выполняется без потери их качества. Так как объекты векторной графики создаются по описаниям, то для изменения масштаба векторного объекта достаточно изменить его описание. Например, чтобы увеличить в два раза векторный объект, следует удвоить значения его сторон. Масштабирование **растровых рисунков** является более сложным процессом, чем для векторной графики, и часто

сопровождается потерей качества. При изменении размеров растрового изображения выполняется одно из следующих действий:

- одновременное изменение размеров всех пикселей (в большую или меньшую сторону);
- добавление или удаление пикселей из рисунка, называемое *выборкой* пикселей.

Простейший способ изменения масштаба растрового рисунка состоит в изменении размера всех его пикселей. Поскольку внутри самого рисунка пиксели не имеют размеров, а приобретают их при выводе на внешнее устройство, то изменение размера пикселей растра можно считать аналогичным масштабированию векторных объектов. При этом достаточно сменить только описание пикселя, а остальное выполнит устройство вывода.

Устройство вывода для создания пикселя определенного физического размера использует столько своих минимальных элементов (лазерных точек – для лазерного принтера и видеопикселей – для монитора), сколько обеспечивают технические возможности прибора.

Высококачественные изображения имеют размеры до нескольких десятков мегабайт. Поэтому векторные и растровые изображения, в целях экономии памяти компьютера, могут быть сжаты. Для файлов графических изображений разработано множество схем и алгоритмов сжатия, основными из которых являются групповое, арифметическое, квадротомическое [12, 13, 28]. Поскольку размер растрового файла зависит главным образом от его разрешения, ниже приведены общеизвестные формулы, отражающие эту связь (табл. 1).

Таблица 1. Формулы для расчета размера растрового файла

Тип растрового файла	Исходные данные	Формула
Черно-белый (bitmap)	Разрешение сканера, размеры оригинала	$[H \cdot V \cdot R^2] / 8$
Полутоновый	Разрешение сканера, размеры оригинала	$[H \cdot V \cdot R^2]$
Многоцветный (режим RGB)	Разрешение сканера, размеры оригинала	$[H \cdot V \cdot R^2] \cdot 3$
Многоцветный (режим CMYK)	Разрешение сканера, размеры оригинала	$[H \cdot V \cdot R^2] \cdot 4$

В табл. 1 приняты следующие обозначения: H – горизонтальный размер изображения, мм; V – вертикальный размер изображения, мм; R – разрешение при сканировании, пиксель/мм.

По формулам, приведенным в табл. 1, можно определить размеры любого файла. Допустим вертикальный (V) и горизонтальный (H) размеры изображения равны сорока дюймам, а разрешение (R) при сканировании установлено равным 600 пиксель/мм. Тогда размер черно-белого файла составит $40 \times 40 \times (600)^2 / 8 = 72\,000\,000$ байт = 68.66 Мб (один мегабайт равен 210 килобайт, один килобайт равен 210 байт, $210 = 1\,024$). Работать с таким

файлом позволяет оборудование, обладающее высокими техническими данными. Если сканировать с двойным разрешением (1 200 пиксель/мм), то размер растрового файла увеличится в четыре раза (274.66 Мб).

Разрешение сканирования характеризует плотность информации, измеряемую в dpi, и определяет частоту дискретизации изображения (количество элементов на дюйм). Размер минимального элемента, с которого будет считываться информация о цвете, зависит от разрешения сканирования (табл. 2).

Таблица 2. Расчет размера элементов оригинала

Разрешение сканирования, dpi	Размер элемента оригинала, мм
100	0.254
200	0.127
300	0.085
600	0.042
1200	0.021

Зная разрешение своего сканера, можно по формулам, приведённым в табл. 1, подсчитать размеры элементов. Таким образом, размер растрового изображения зависит от разрешающей способности сканирующего устройства.

6.4. Аддитивные и субтрактивные цветовые пространства

Человек видит предметы, потому что одни из них излучают свет, а другие – его отражают. Если предметы излучают свет, то его цвет воспринимает глаз человека. Когда предметы отражают свет, то их цвет определяется цветом падающего на них света и цветом, который эти объекты отражают.

Излучаемый свет выходит из активного источника, например, экрана монитора, а отраженный – отражается от поверхности объекта, например, от листа бумаги. В связи с этим в процессе работы с растровыми изображениями различают два вида считывания: *двоичное* и *считывание интенсивности серого цвета*. Сущность первого из них заключается в том, что в процессе считывания измеряемая величина может принимать значение 0 или 1 (то есть активная ячейка или неактивная). С помощью двоичной системы можно представить любые изображения. Второй вид считывания основан на восприятии интенсивности серого цвета. При этом могут различаться до 256 значений серого цвета, которые переводятся в байты/пиксели (один байт/пиксель равен восьми битам/пикселям). Исходным материалом служат черно-белые фотографии, картографические материалы, чертежи, а также тексты, которые переводятся в растровые изображения.

Известно, что окружающее нас цветовое пространство может быть аддитивным и субтрактивным.

В *аддитивном* пространстве все цвета образуются путем сложения световых лучей из комбинаций красного (Red), зеленого (Green) и синего (Blue) цветов. Первые буквы названий этих цветов формируют аббревиатуру RGB. Комбинации двух любых из вышеназванных цветов образуют дополнительные

цвета (пурпурный, голубой, желтый). Смешение максимальных интенсивностей основных цветов дает белый цвет. Отсутствие лучей формирует черный цвет. Например, экран выключенного монитора компьютера воспринимается человеком в темных тонах. Цветовая модель RGB является распространенной цветовой моделью, обеспечивающей воспроизведение изображений на экране монитора. Главный ее недостаток заключается в том, что свойства изображения не сохраняются при выводе на печать. Поскольку результаты работы требуется зачастую выводить на принтер, ниже приведены некоторые данные из области полиграфии, когда при распечатке графических или текстовых документов используется субтрактивная модель.

В *субтрактивном* цветовом пространстве, в отличие от аддитивного, любой цвет получается вычитанием различных цветов из общего луча света. При этом, в отличие от модели RGB, белый цвет получается в результате отсутствия всех цветов, а наличие всех цветов формирует черный цвет. Система субтрактивных цветов работает с отраженным светом, например, от экрана монитора или стен комнаты. Если стена белая, то отражаются все цвета, в противном случае некоторые из них поглощаются, а некоторые отражаются. В системе субтрактивных цветов основными являются голубой (Cyan), пурпурный (Magenta) и желтый (Yellow) цвета. Первые буквы названий этих цветов образуют аббревиатуру CMY. Если эти цвета смешиваются на бумаге в равной пропорции, то теоретически должен получиться черный цвет. Однако, в связи с тем, что типографские краски не полностью поглощают свет, комбинация трех указанных цветов выглядит темно-коричневой. Поэтому для корректировки тонов и получения качественного черного цвета в принтеры добавляют немного черной краски (black). Последняя буква названия черного цвета в сочетании с аббревиатурой CMY образует новую аббревиатуру (CMYK). Такое решение вопроса существенным образом усиливает субтрактивный метод, основанный на принципе четырехцветной высококачественной печати.

Имеют место также и другие системы формирования цветов, представляющие их, например, в виде тона, насыщенности и яркости.

Тон представляет собой конкретный оттенок цвета, отличный от других: красный, голубой, зеленый и т. п.

Насыщенность характеризует относительную интенсивность цвета. При уменьшении, например, насыщенности красного цвета в рисунке он становится более блеклым.

Яркость (освещенность) цвета показывает величину добавляемого черного оттенка, что делает объект более темным. Яркость хорошо согласуется с моделью восприятия цвета человеком. Таким образом, насыщенность соответствует интенсивности световой волны, а яркость служит показателем общего количества света.

В процессе своей деятельности пользователю чаще всего необходимо менее мощное сочетание цветов. В этом случае удобнее использовать *индексированные палитры*, то есть наборы, содержащие фиксированное количество цветов (например, 16 или 256), из которых легко выбрать

необходимый. Преимуществом таких палитр является то, что они занимают гораздо меньше памяти, чем полные системы RGB и CMYK.

Другие модели применяются только для отображения на экране монитора и в редких случаях – для корректировки цвета сканированных фотографий или слайдов. Здесь имеется ряд проблем. Например, цветовая модель RGB насыщеннее цветовой модели CMYK. Это приводит к тому, что некоторые яркие цвета зеленых и голубых оттенков, которые видны на мониторе, невозможно воспроизвести при выводе на печать. Вследствие этого RGB-изображение необходимо заново редактировать, а затем преобразовывать в CMYK. Что же касается размеров файлов, то при правильных установках CMYK-файлы по своим размерам несущественно отличаются от файлов RGB.

6.5. Представление пространственных данных в ГИС

Объекты реального окружающего нас пространства после некоторых упрощений могут быть представлены средствами ГИС для дальнейшего использования специалистами в научной и производственной деятельности. Представление данных в ГИС осуществляется посредством пространственных (позиционных) и атрибутивных данных. **Представление пространственных данных** базируется на системе концепций и правил, используемых для описания типов объектов и взаимоотношений между ними. При этом одна группа аналитических функций может быть реализована на нескольких моделях, а другая – только лишь на одной конкретной модели. Кроме того, реализация одних и тех же функций на разных моделях данных может иметь свои особенности. Модель пространственных данных определяет характер практически всех используемых в дальнейшем операций и методов анализа, а также способов ввода и форм получения конечных результатов. Переход между различными моделями данных возможен, однако требует существенных дополнительных затрат труда и может привести к безвозвратной потере информации.

Пространственные данные представляют собой информацию в цифровом виде, идентифицирующую географическое местоположение и свойства изучаемых естественных и искусственных объектов. Графическая база данных обеспечивает хранение информации о местоположении и размерах объектов. Она должна соответствовать принципу целостности. Это означает, что метрические, топологические и атрибутивные свойства отдельных элементов изучаемых объектов должны сохраняться. В целях достижения корректности графических баз данных разрабатываются классификаторы объектов по описательным и топологическим признакам. Таким образом, классификаторы позволяют обеспечить распознавание различных объектов (например, полигон с островом или без острова, минеральный и обычный источник питьевой воды и т. д.).

Объекты, которые формируются в ГИС, могут иметь очень сложную форму, поэтому для их представления необходимы процессы аппроксимации или упрощения. В ГИС содержатся элементы, с помощью которых может быть описан практически любой объект реального мира с заданной степенью

детализации. Описание, как известно, включает пространственные и атрибутивные данные. Пространственные данные могут быть заданы посредством растровой или векторной модели. Атрибутивные данные, описывающие объекты реального мира, вводятся в базы данных непосредственно оператором или из других систем. Каждому объекту цифровой карты присваивается идентификационный номер и набор атрибутов, которые могут быть развернуты в отдельный слой. Это, в свою очередь, позволяет хранить совместно позиционную и атрибутивную (описательную) информацию.

Существенные затраты как в информационном, так и в стоимостном отношении приходится на подготовку геопространственных данных и ассоциированной с ними атрибутивной информации. Кроме этого, организация хранения таких данных в геоинформационных системах с целью обеспечения наиболее эффективного их использования составляет отдельную сложную задачу. Ведущие мировые производители программного обеспечения разработали различные подходы к ее решению. Многие из компаний предлагают собственные фирменные стандарты на хранение данных. К сожалению, в настоящее время не существует спецификаций на установление единого формата геоинформационных данных. Для обмена информацией между системами нужно использовать фирменные трансляторы. В этом отношении следует отметить компанию Intergraph, которая в рамках своей новой технологии Jupiter предложила специальный сервер данных, позволяющий объединять в одном проекте данные из различных источников.

Растровые данные могут быть получены в результате сканирования какого-либо изображения. Растр, отнесенный к земной поверхности, называется регулярно-ячеистым [14]. Для его представления могут быть использованы не только прямоугольники и квадраты, но и треугольники и правильные многоугольники. Точность растровых данных зависит главным образом от разрешения, то есть от размера пикселей (прямоугольных или квадратных), и оценивается как половина высоты (ширины) пикселя.

Векторное представление – это цифровое представление пространственных объектов в виде наборов координатных пар, описывающих геометрию объектов точками, линиями, дугами и полигонами.

Точка – это нуль-мерный объект, характеризуемый координатами (X_i и Y_i) и ассоциированными с ним атрибутивными данными.

Линия определяется двумя точками с известными (заданными) координатами (X_i и Y_i).

Дуга формируется последовательностью координатных пар (X_i и Y_i), описывающих кривую, относительно выбранной точки.

Полигон (область) – это двумерный (площадной) объект, образованный замкнутой последовательностью линий (дуг), у которого первая и последняя пары координат (X_i и Y_i) совпадают. Различают простые полигоны и составные, содержащие или не содержащие внутренний полигон или «остров» (анклав). Для полигонов дополнительно вводятся указатели направления обхода: по часовой стрелке или против нее.

В процессе векторного представления множество точек, принадлежащих одному слою, формируется в виде записей, каждая из которых включает как минимум три значения: идентификатор объекта, значение координаты X, значение координаты Y. При этом может быть приведена дополнительно координата H, а также указатели для семантических атрибутов. Этот формат носит название «спагетти», поскольку не отражает описание топологических отношений между объектами и их элементами. Такое представление называется **векторным-нетопологическим**.

Векторно-топологическое представление – это разновидность векторного представления линейных и полигональных пространственных объектов, описывающее не только местоположение примитивов, но и отношения между ними на логическом уровне. Топологические модели данных формируются набором узлов и дуг. Узел – это пересечение двух и более дуг. Номер узла содержит ссылки на все объекты, которые соединены с ним. Кроме этого, каждый примитив содержит информацию о номере областей слева и справа в виде файлов узлов, областей и дуг. При этом изучается и фиксируется факт пересечения объектов, их примыкания, наложения и т. д. В векторной топологической модели данных связь между объектами и их описаниями осуществляется средствами реляционных баз данных благодаря идентификатору объекта.

Векторные топологические модели для ГИС-технологий являются весьма важными, поскольку они обеспечивают реализацию функций пространственного анализа. В частности, эти модели позволяют выявить взаимное положение всех объектов, например:

- взаимное пересечение объектов;
- примыкание объектов друг к другу;
- нахождение одних объектов внутри других;
- нахождение объектов на удалении друг от друга с учетом транспортных артерий;
- перекрытие объектами друг друга.

Растровая модель представляет собой совокупность ячеек заданного при сканировании размера. Каждому элементу изображения соответствует код, идентифицирующий цвет или коэффициент яркости. От размера пикселей растровой модели зависит точность представления объектов. Однако, как было сказано ранее, двукратное увеличение разрешения требует четырехкратного увеличения объема дисковой памяти для хранения информации.

Каждому пространственному объекту соответствует строка таблицы, содержащая атрибутивную информацию. Точность атрибутивных данных определяется их соответствием фактическим данным на текущую дату. Существует ряд способов оценки атрибутивных данных [14].

Позиционные данные и атрибуты в растровом формате хранятся в одном файле. Записи в этом файле осуществляются по строкам (столбцам) растрового изображения. Номера этих строк и столбцов кодируют систему

координат. При этом каждое число связано с уникальным значением атрибута, относящегося к конкретному пикселю (ячейке растра).

Растровое представление информации повышает оперативность выполнения операций. Взаимное положение объектов определяется посредством сравнения содержимого соответствующих этим объектам ячеек растра.

Сущность растрового и векторного представления данных описана выше. Кроме этих двух видов, имеют место также и другие, например: квадродерево, регулярно-ячеистое, о которых читатель может получить полное представление из специальной литературы [5, 7, 12, 14, 16].

В процессе представления пространственных данных немаловажное значение имеет проблема уменьшения объема информации. Это наилучшим образом позволяет достичь квадротомическая модель, которая требует меньше машинной памяти, чем растровая. **Квадротомическое представление (квадродерево)** основано на последовательной декомпозиции территории на квадратные участки, каждый из которых делится на четыре части рекурсивно, то есть с учетом значений предшествующего уровня. Этот процесс продолжается до тех пор, пока не будет обеспечена требуемая детальность описания объектов. При этом в каждом квадрате достигается одинаковое значение какого-либо атрибута. Квадродерево обеспечивает снижение времени доступа к данным, и его иногда называют «интеллектуальным» растром, поскольку он не включает в обработку неиспользуемые части графического изображения.

7. ПОРЯДОК ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КАРТ И ПЛАНОВ В ГИС

7.1. Общие сведения о картах и планах

Основными носителями информации в географии, картографии, а также компьютерной графике являются карты и планы. Графическая форма представления пространственных данных формируется на основе различных координатных систем, проекций, наборов условных обозначений, методов упрощения и генерализации. В геоинформатике используются карты и планы, отражающие содержание многих научных дисциплин, например, геологии, топографии, почвоведения и т. д. В дополнение к геологическим, топографическим, почвенным, кадастровым картам и планам, используемым в производственной деятельности, тематическое наполнение ГИС включает карты и планы для изучения растительного покрова, транспортных артерий, подземных и наземных коммуникаций, динамики застройки городов, а также для решения многих других производственных и научных задач. Перечисленные карты и планы имеют обычный вид. Однако могут быть использованы также нетрадиционные формы представления информации в виде блок-диаграмм, карт плотности населения, объемных карт и т. д.

Любая геоинформационная технология базируется на растровых или векторных изображениях, обеспечивающих пространственную привязку объектов местности. Представление объектов может быть детальным или упрощенным. Это реализуется главным образом за счет выбора масштаба карты или плана, а также генерализации. География и картография формируют детальное представление о всех элементах, описывающих объекты создаваемой картографической продукции. В литературе специального характера читатель может найти много интересного и полезного по этой тематике. В данной работе приводятся лишь общие сведения, необходимые для наиболее полного восприятия излагаемого материала.

Под *картой* понимается уменьшенное и обобщенное изображение земной поверхности в определенной картографической проекции с учетом кривизны Земли. *Картографическая проекция* – это способ представления поверхности земного шара на плоскости, при котором каждой его точке соответствует единственная точка на плоскости, называемая изображением.

План, в отличие от карты, обеспечивает отображение на бумаге небольших по площади участков местности без учета кривизны земной поверхности. Таким образом, карта используется для представления практически не ограниченных по площади территорий, а план – для маленьких участков. Планы обычно создаются в масштабах 1 : 5 000 и крупнее, а карты – в масштабах 1 : 10 000 и мельче. Под *масштабом карты* или *плана* понимается отношение длины линии на карте (плане) к длине горизонтального проложения соответствующей линии на местности. *Горизонтальное проложение* представляет собой проекцию любого наклонного расстояния на горизонтальную плоскость.

Поверхность земного шара делится параллелями и меридианами. При этом вся поверхность Земли разбивается на трапеции размером 4° по широте (ряды

или пояса) и 6° по долготе (колонны). В основу разграфки положена карта масштаба 1 : 1 000 000. Для получения листов более крупного масштаба эти трапеции делятся в соответствии с определенными правилами по широте и долготе. Построенная таким образом сеть трапеций является основой для создания системы обозначений отдельных листов всего масштабного ряда, которая называется *номенклатурой карт (планов)*.

Исследование Земли посредством ГИС основывается на способности человека мыслить пространственно. Общий вид картографической формы представления информации зависит от типа решаемых задач, обеспечивающих, например, визуальный просмотр карты или анализ ее содержания в ГИС. При этом, в процессе ввода в геоинформационную систему информации о существующих картах, необходимо знать влияние на отображаемые объекты масштаба, генерализации, вида проекции и символики, то есть условных обозначений. Кроме этого, требуются знания характерных ошибок, возникающих в процессе отображения различных качественных и количественных характеристик объектов.

Объекты на картах и планах могут быть представлены в виде отдельных точек, линий, полилиний и полигонов. Точечному объекту соответствует единственное место в пространстве. Примерами таких объектов являются отдельно стоящие деревья, опоры линий электропередач, перекрестки дорог, люки колодцев и т. д. Эти объекты обычно называют дискретными, поскольку каждый из них может занимать в любой момент времени определенную точку пространства. Поэтому их относят к объектам, не имеющим пространственной протяженности (то есть длины или ширины). Однако каждому из таких объектов присущи координаты, описывающие их местоположение. В действительности все точечные объекты имеют некоторую пространственную протяженность, иначе их невозможно было бы увидеть. Например, если смотреть на девятиэтажное здание с расстояния нескольких метров, то сооружение выглядит внушительным и имеет существенные длину, ширину и высоту. Вместе с тем, это представление меняется, если наблюдатель удаляется от здания. Таким образом, в зависимости от местоположения наблюдателя, объект может выглядеть как объемный, площадной или точечный [18].

Линейными объектами являются дороги, реки, границы, ограждения и любые другие протяженные объекты. Масштаб определяет порог, после преодоления которого предметы местности условно относятся к объектам, не имеющим ширины, и отображаются немасштабным условным знаком (например, мост через реку или отдельно стоящее дерево). Некоторые объекты, например административные границы, вообще не имеют ширины. Эти линии не являются материальными сущностями, а возникают как следствие территориальных соглашений.

Размер линейных объектов на карте или плане, в отличие от точечных, можно указать посредством их длины. При этом необходимо знать координаты как минимум двух точек (начальную и конечную) для описания местоположения линейного объекта. Количество углов поворота определяет

число точек для отображения полилинии, составленной из отдельных отрезков.

Граница полигональных объектов начинается и заканчивается в одной и той же точке. По изображению объектов можно определить их форму, ориентацию, площадь. Если имеются данные о высотах точек, то представляется возможность формировать трехмерные поверхности. Такие поверхности позволяют определять объем какого-либо ресурса в замкнутом пространстве, например, запасы воды в водоёме или количество выбранной породы в угольной шахте с открытой разработкой. Поверхности могут быть непрерывными, если точки распределены без разрывов, или дискретными, если это условие не соблюдается (рис. 19).

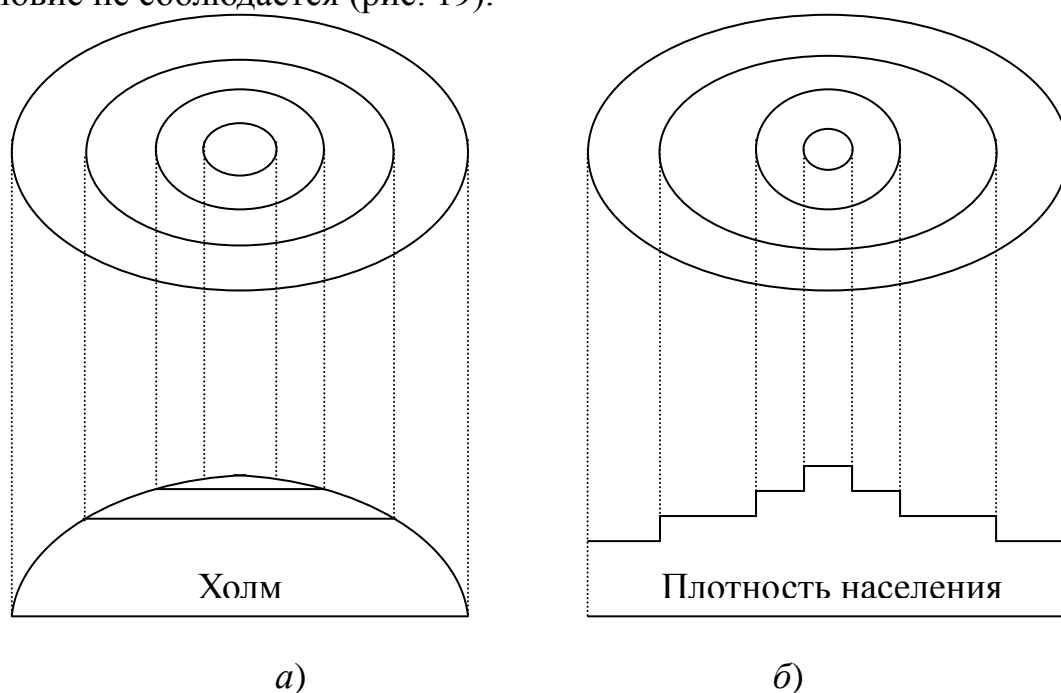


Рис. 19. Понятие непрерывных и дискретных поверхностей:

а) непрерывные поверхности; б) дискретные поверхности

Если холм мысленно разрезать несколькими плоскостями, параллельными его основанию, то полученные сечения отобразятся на плоскости в виде соответствующих замкнутых непрерывных кривых (рис. 19, а). Однако плотность населения уменьшается от центра города к окраине дискретно, поэтому поверхность будет представлена в виде ступенек (рис. 19, б).

Карты и планы являются абстрактными моделями пространственных объектов. Тем не менее, следует признать, что отображение всех объектов и их элементов невозможно. Следовательно имеются пределы, которые усложняют изображение информации на обычных картах и планах. Поэтому, несмотря на то, что карты и планы представляют собой наиболее удачный графический инструмент, созданный для передачи пространственной информации, возможности графических материалов в традиционной форме ограничены. В связи с этим создание электронных карт и планов является весьма существенным вкладом в процессы представления объектов, поскольку такие изображения можно легко масштабировать и редактировать. Кроме этого, они

позволяют довольно просто решать задачи поиска объектов, вычислять расстояния, площади, углы. При этом никаких проблем, связанных с представлением информации на электронных картах и планах, не возникает.

Карты и планы бывают различных видов и тематик. Общегеографические и тематические карты являются основными. Наиболее часто ГИС формируются по тематическим картам. Вместе с тем, общегеографические и топографические карты также используются для ввода информации в ГИС главным образом для того, чтобы сформировать основу для сложных тематических карт.

7.2. Цифровые карты и планы

Созданные с помощью ГИС-технологий карты и планы относятся к продукции нового поколения. На них можно нанести не только географические, но и статистические, демографические, технические и многие другие данные и проводить с ними разнообразные аналитические операции. По цифровым картам и планам можно осуществлять качественный анализ, например, определять какие уголья расположены на конкретном земельном участке, где функционируют наиболее опасные для здоровья человека предприятия и т. д. Кроме этого, карты и планы, созданные с помощью ГИС-технологий, позволяют довольно просто решать и более сложные задачи. Например, по координатам углов поворота земельного участка представляется возможность получить ряд количественных характеристик: размер площади занимаемой объектом территории, длины сторон и значения дирекционных углов. При этом можно также найти оптимальный путь к какому-либо объекту с учетом имеющейся дорожной сети, выявить места возможных затоплений территории, а также решать многие другие задачи. Для всех ГИС присущи уникальные возможности, заключающиеся в отражении скрытых взаимосвязей между объектами, которые трудно или невозможно заметить, используя обычные бумажные карты и планы.

В связи с переходом на компьютерную технологию и потребностью ведения фонда материалов инженерных изысканий разработан документ, определяющий конкретные требования к формированию растровых и векторных форматов данных [75]. На основании цифрового картографирования осуществляется ведение топографического плана масштаба 1 : 500, дежурного и адресного планов застройки масштаба 1 : 2 000, а также планов «красных» линий, подземных коммуникаций, кадастра объектов недвижимости и т. д. [3]. На каждый цифровой план составляется паспорт, в котором содержится информация об отделе, осуществляющем ведение плана, грифе секретности, системе координат и высот, номенклатуре и названии листов.

В целях повышения уровня восприятия излагаемого материала, ниже приведены основные определения по данной тематике, используемые в специальной литературе [2, 7, 28, 45, 62].

Цифровые карты и планы являются моделями обычных карт и планов и формируются средствами цифрового картографирования. Цифровая карта представляет собой цифровую модель обычной карты, сформированную в

соответствии с законами картографической генерализации, в принятой проекции, системе координат и высот. Цифровой план – это цифровая картографическая модель, содержание которой соответствует содержанию обычного плана.

Цифровые карты и планы обеспечивают представление реальных объектов местности в цифровом виде.

Цифровая модель объектов местности представляет собой модель, отражающую информацию о плановом и высотном положении объектов местности. **Цифровая модель рельефа местности** – это трехмерная цифровая модель, включающая информацию о координатах и высотах характерных точек местности.

Цифровые карты и планы хранятся в памяти компьютера в цифровом виде. Оператор работает с электронными картами и планами. **Электронная карта (план)** – это программно-управляемое картографическое изображение, сформированное на основе данных цифровых карт (планов) или баз данных ГИС, визуализированное с использованием программных и технических средств в принятой для карт проекции и системе условных знаков.

Все объекты цифровой топографической карты (плана) должны быть описаны в цифровой форме. **Цифровое описание** картографической информации представляет собой набор символов, принятых для формирования объектов. Цифровое описание картографической информации должно обеспечивать [2]:

- возможность представления на экране монитора любой информации, которая содержится в памяти компьютера;
- определение структуры и содержания картографической информации, по которой формируются цифровые топографические карты;
- включение в цифровое описание цифровой топографической карты данных о местоположении объектов и их смысловом содержании с точностью и полнотой, соответствующей действующим требованиям;
- однозначность интерпретации цифровой картографической информации при ее обработке;
- возможность автоматического внесения записей об объектах.

Цифровое описание объекта цифровой топографической карты – это формализованное представление данных об объекте топографической карты в цифровом виде, которое включает в себя идентификатор, описание пространственного распространения объекта, его смысловое содержание и пространственно-логические связи с другими объектами.

Пространственно-логические связи объектов цифровой карты (плана) включают совокупность данных о топологических отношениях между объектами. Каждому объекту цифровой карты (плана) и его характеристике назначается индивидуальный код (идентификатор) в виде цифровой или буквенно-цифровой комбинации. Для этих целей разрабатывается система классификации и кодирования объектов цифровой топографической карты (плана). **Система классификации** охватывает все принятые для классификации

объекты, а также основные и дополнительные их характеристики. **Система кодирования** обеспечивает преобразование смыслового содержания каждого объекта цифровой топографической карты (плана) в соответствующее ему уникальное кодовое обозначение. Алфавит кода включает арабские цифры от 0 до 9, буквы латинского алфавита от A до Z и точки. Длина кода не должна превышать десяти символов [2].

Представление объектов в ГИС осуществляется в математической, а не геодезической системе координат (рис. 20).

Из рис. 20 видно, что основное отличие этих систем координат заключается в ориентации осей абсцисс и ординат. Это вносит некоторые неудобства в процессы перехода от одной системы координат к другой. Однако данная проблема в любой ГИС легко решается путем введения пользовательских систем координат, обеспечивающих поворот осей на любой угол. При этом исходная ориентация осей может быть произвольной.

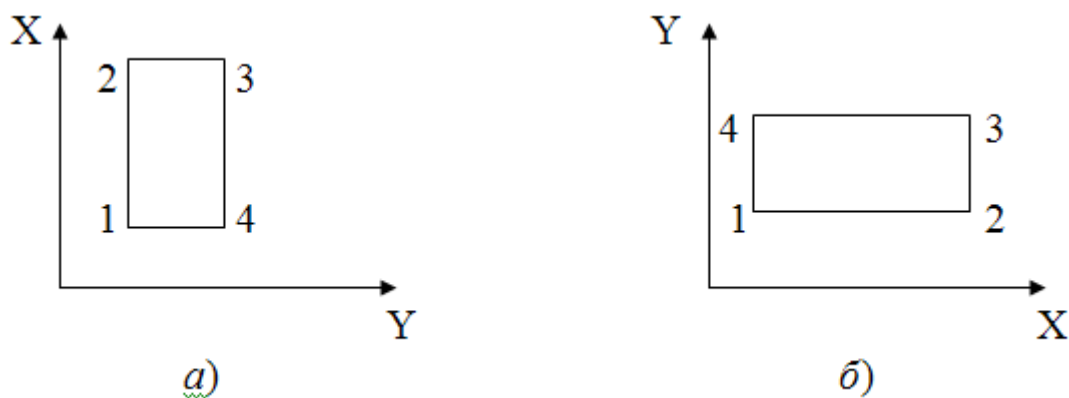


Рис. 20. Различие математической и геодезической систем координат:

а) геодезическая система; б) математическая система

К вышесказанному следует добавить еще несколько слов. Для того, чтобы импортировать объект, например, из геодезической системы координат в математическую, можно не вводить пользовательские системы координат, а только поменять местами координаты X и Y в процессе их ввода. Допустим, геодезисты определили координаты углов здания, которое нужно отобразить в ГИС. Оператору в процессе ввода координат достаточно поменять местами колонки X и Y. Если этого не сделать, то здание прямоугольной формы будет повернуто на 90° .

В растровой форме представления карт и планов элементарными пространственными объектами являются ячейки квадратной или прямоугольной формы, которые (для любого растра) имеют некоторую площадь. Таким образом, точечные объекты перестают быть просто «точками», а представляются прямоугольными или квадратными ячейками. Линейные и площадные объекты также формируются набором ячеек растра. Поскольку реальные объекты могут иметь овальную форму, то их границы обычно не совпадают с отображаемыми на растре. Поэтому точность достигается подбором размеров ячеек растра. В растровой координатной системе пространственные данные, относящиеся к определенному району,

распределяются по всему набору одинаковых по форме ячеек, составляющих этот район. Ячейки располагаются рядами и колонками таким образом, что каждая из них является смежной с другими ячейками. Растровое изображение напоминает лист клетчатой бумаги, на котором каждая клеточка закрашена черным или белым цветом (рис. 21).

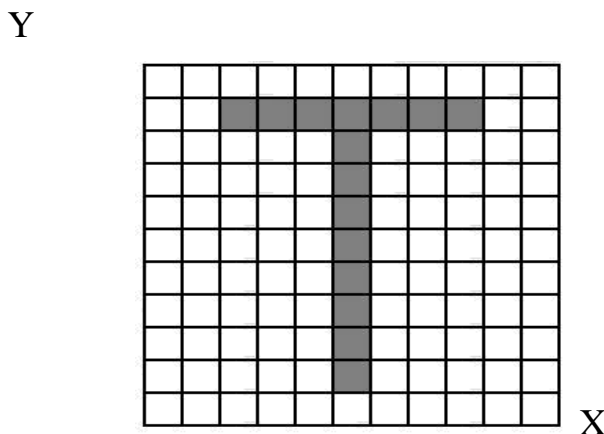


Рис. 21. Растровое изображение

Ряд представляет собой группу ячеек, которые являются соседними по горизонтали (в направлении оси X), а **колонки** формируют объекты по вертикали (в направлении оси Y). Эти элементы необходимо учитывать при определении размерности матрицы. Таким образом, каждая ячейка единственным образом определяется заданием ряда и колонки. Это аналогично игре в «крестики-нолики». Ширина ячейки растра измеряется вдоль оси X , а ее высота – по оси Y . В данном случае речь идет о математической системе координат.

Наиболее часто в растровом формате обрабатывается информация, полученная в результате аэрокосмической съемки. Это обусловлено как характером самой информации, так и технологией ее получения, обработки и передачи. В настоящее время используются технологии получения и обработки растровых карт (планов) по традиционным картографическим материалам. Однако полной автоматизации при этом добиться не удастся. Следовательно, трудоемкость работ по формированию растровой и векторной технологии примерно одинакова. В мощных ГИС предусмотрены функции совмещенного преобразования, то есть используются гибридные технологии.

7.3. Требования к электронным картам и планам

Требования к электронным картам и планам установлены документом [75], обязательным для всех организаций, материалы которых поступают в территориальный фонд топографо-геодезических работ и инженерных изысканий, он является составной частью нормативных документов, регулирующих деятельность территориального фонда, и обеспечивает единые правила контроля качества продукции, поступающей от изготовителей. При этом определяются требования ко всем видам электронной картографической продукции различных масштабов в отношении точности, полноты и

достоверности, способов контроля качества и методов учета картографических материалов.

Детальное проектирование и эксплуатацию инженерных коммуникаций обеспечивают планы масштабов 1 : 200 и 1 : 500. Они создаются на основании выполненных полевых работ и имеющихся материалов.

Планы масштабов 1 : 1 000 – 1 : 2 000 применяются для функционального и экономического зонирования территории, эксплуатации магистральных коммуникаций, организации городских (муниципальных) информационных систем и создаются на основании данных полевых работ, материалов аэрофотосъемки и имеющихся планов масштабов 1 : 500 – 1 : 2 000.

Карты масштаба 1 : 10 000 и мельче используются главным образом в обзорных целях и для тематического картографирования. Они формируются по данным аэрофотосъемки и обновленным планам масштабов 1 : 2 000 – 1 : 5 000.

Все материалы, подготовленные к передаче в территориальный фонд данных, должны представляться комплексно, в законченном виде, с сопроводительной документацией и пояснительной запиской. В сопроводительную документацию должны включаться сведения об организации, выполнявшей работу, о разрешении на данную работу, о территории работ и листах номенклатуры карт, о системе координат и высот, о грифе секретности информации, о каталогах координат и различная дополнительная информация (например, дата выполнения работ). Составными частями сопроводительной документации являются паспорт на каждый представляемый материал, а также акт внутриведомственной приемки.

Пояснительная записка должна содержать сведения о составе и объеме выполненных работ, применявшихся технологиях, полученной и требуемой точности, а также данные о контроле и приемке работ.

Растровые карты, передаваемые в территориальный фонд данных, должны быть [75]:

- единообразными в отношении одного типа исходных материалов, то есть иметь одинаковые размеры в пикселях и сантиметрах, а также единую плотность сканирования;

- контрастными и читаемыми. Качество изображения не должно быть ниже качества, представленного в исходном материале;

- очищенными от имеющихся дефектов исходного материала и ошибок сканирования (то есть от «грязи» или «шумов»);

- обрезанными по внутренней рамке. Информация, вынесенная на исходном бумажном листе в зарамочное оформление, должна быть помещена в паспорт файла, который является составной частью сопроводительной документации.

Для графических материалов масштабов 1 : 200, 1 : 500, 1 : 2 000, 1 : 5 000 и 1 : 10 000 при черно-белом сканировании плотность должна быть не ниже 150 точек на сантиметр (381 точка на дюйм). Плотность точек стандартных материалов приведена в табл. 3.

Таблица 3. Плотность точек растрового файла

Размеры графического материала, см	Плотность файла, точек/см
40×40	6 000×6 000
50×50	7 500×7 500
80×80	12 000×12 000

Растровые файлы должны иметь точность, соответствующую требованиям к копиям на жесткой основе. При необходимости растровые файлы могут быть трансформированы. На растровые материалы распространяются требования СНиП [3]. В этом документе установлено, что расхождения в длинах сторон квадратов прямоугольной сетки с их теоретическими размерами не должны превышать 0.2 мм, а в суммах сторон трех и более квадратов – 0.3 мм. Отклонения размеров рамок от их теоретических значений не должны превышать 0.3 мм, а по диагонали – 0.4 мм. Для контроля следует проводить проверку растровых файлов, а также обмеры сторон и диагоналей исходного материала. Для этого используются различные опорные точки с известными координатами (пункты ГГС, углы зданий и т. п.). Результаты проверки должны быть включены в сопроводительную документацию в виде протокола.

Средняя квадратическая погрешность нанесения векторных изображений не должна превышать 0.5 мм (без учета погрешности составления исходных планов). При этом векторные контуры должны максимально совпадать с исходными растровыми контурами. Векторные файлы, получаемые путем построения по результатам полевых съемок, должны содержать средние квадратические ошибки в положении на планах изображений предметов и контуров местности с четкими очертаниями относительно ближайших точек съемочного обоснования не более 0.5 мм, а в горных и залесенных районах – 0.7 мм.

Предельные погрешности во взаимном положении на плане закоординированных точек и основных углов капитальных зданий (сооружений), расположенных один от другого на расстоянии до 50 м, не должны превышать 0.4 мм на плане. Точкам, относящимся к углам поворота капитальных зданий и сооружений, координаты которых получены аналитическим методом по результатам полевых работ (координирование, засечки, обмеры), присваивается код. На планах (кроме твердых копий), выдаваемых заказчиком, такие точки отображаются специальным условным знаком.

Топографические карты и планы в векторной форме должны [75]:

- иметь соответствующие кодификатору графические атрибуты. Основной формой представления и графической индивидуализации типа объекта служит слой (уровень);
- быть адекватны исходному материалу, если в техническом задании не оговорено иное;
- обеспечивать соответствие объекта на местности и на исходном графическом материале;

– создаваться в общепринятых условных знаках и быть топологически корректными.

Согласно СНиП [3], для создания топологически корректной структуры векторных данных рекомендуется соблюдать следующие требования:

– располагать на одном слое объекты из элементов одного типа (только линейные или только точечные) или элементов родственных типов (полигоны, прямоугольники);

– не допускать наложения объектов, не пересекающихся в действительности, и расхождения между контурами на смежных границах, то есть согласовывать контуры между собой. Если визуально дефекты контуров неразличимы, то следует использовать автоматизированные средства обнаружения и исправления ошибок или применять программные продукты, исключающие подобные ошибки в процессе формирования данных;

– исключать несогласованность комбинаций объектов разных типов (площадь – линия, линия – точка и т. п.). Например, реки должны иметь четкие примыкания к объектам, в которые они впадают (море, озеро);

– сводить к минимуму геометрические погрешности (расхождения в положении контуров) и смысловые ошибки на стыках соседних листов. При сдаче материалов, характеризующих площадь, превышающую площадь планшета, возможна передача информации единым массивом, то есть без деления на планшеты. При этом паспорта, также как и при попланшетной сдаче, оформляются на каждую номенклатуру, входящую в границы объекта;

– исключать избыточные вершины в контурах, не определяющие форму объектов, появление которых может быть вызвано применением полуавтоматических и автоматических векторизаторов, а также ошибками оператора.

База данных, описывающая подземные коммуникации, должна состоять из набора таблиц, характеризующих точки поворота зданий, отдельных участков трубопроводов и других важных для них сооружений (например, колодцев, вантузов). Общие характеристики сооружений (тип прокладки, назначение, материал) вносятся в соответствующие справочники и являются обязательными для всех организаций, выполняющих работы по обследованию подземных сооружений. Каждый объект должен содержать ссылки на соответствующие справочники. Индивидуальные характеристики конкретных сооружений (например, отметки люков, номера колодцев) записываются в таблицу этого сооружения.

Комплекс формальных проверок электронных карт включает в себя ряд процедур, призванных контролировать полноту информации, передаваемой в территориальный фонд данных. При этом передаваемая информация должна соответствовать сопроводительной документации. Проверка точности электронных карт осуществляется путем определения координат контрольных точек (картографической сетки, пунктов государственной геодезической сети, закоординированных углов зданий), расстояний и площадей. Приемке подлежит

каждый лист (файл) электронной карты. Для получения объективной оценки точности производится не менее пятидесяти контрольных измерений.

Приемка векторных файлов базируется на проверке соответствия применяемого кодификатора информации требованиям к топографическим планам и картам, а также установленных единиц измерений в выбранной системе координат. При этом проверяется правильность расположения объектов по уровням, графическая атрибутика (цвет, толщина, стиль линии), правильность использования условных знаков и шрифтов.

Для проверки корректности графических элементов применяются автоматизированные средства контроля, поскольку ошибки такого рода зачастую визуально не могут быть обнаружены. В данном случае используется контроль наличия незамкнутых полигонов, висячих линий в слоях линейных объектов, двойных линий, избыточных вершин, самопересечений полигонов и линий.

7.4. Понятие многослойной структуры электронной карты (плана)

Основой картографической подсистемы в различных ГИС, использующих цифровые электронные карты (планы), является их многослойная структура для одной и той же территории. Над этими картами (планами) выполняются операции сквозного поиска, наложения и создания производных цифровых карт (планов), с сохранением связи идентификаторов объектов исходных и производных карт (планов). Для поддержания в ГИС этих операций, к топологической структуре электронных карт (планов) предъявляются более жесткие требования, чем к картам (планам), которые используются для решения задач автоматизированного картографирования, обеспечения навигации и т. д. Это связано с тем, что части контура (контуров) объектов, снятые с различных карт (планов), должны быть строго согласованы. Однако, несмотря на достаточно точное цифровое изображение исходных карт (планов) по отдельности, это соответствие практически не достигается. Поэтому в процессе наложения цифровых карт (планов), вследствие «биения» соответствующих линий, могут образовываться ложные полигоны и дуги. Эти несовпадения обычно визуально неразличимы до определенного масштаба, что вполне допустимо для задач автоматизированного картографирования, имеющих, в общем случае, конечной целью создание с помощью средств автоматизации традиционной карты фиксированного масштаба. Однако это совершенно неприемлемо для ГИС-технологий, поскольку в данном случае решение различных задач пространственного анализа основано на строгом математическом аппарате. При этом визуализация формируется по электронным картам (планам) практически в любом масштабе. Возможность варьировать масштабом электронных карт (планов) подразумевает изменение их нагрузки и правил составления [52].

Содержание карт (планов) для использования в ГИС распределяется по слоям. В результате этого создается многослойная структура изображения. Обычно слои формируются по тематическим признакам: рельеф, гидрография, административное деление, здания и т. д. Иногда состав слоя определяется конкретной задачей. Например, для решения транспортных задач в одном слое

могут находиться реки, автомобильные и железные дороги, газо- и нефтепроводы, а также другие линейные объекты инфраструктуры. Состав слоя относительно типов объектов определяется особенностями конкретной технологии и имеющегося программного обеспечения. Таким образом, несмотря на то, что в одном слое должны располагаться объекты только одного типа, допускаются некоторые их сочетания.

Для создания корректной многослойной структуры необходимо иметь возможность работать с объектами другого слоя (например, с дугами и точками). Выполнение этого требования обусловлено тем обстоятельством, что некоторые объекты могут иметь одинаковые координаты, хотя расположены в различных слоях. При этом уменьшается объем работ по оцифровке. Например, не требуется оцифровывать границу в слое административного деления, которая проходит точно по реке, ранее оцифрованной в слое «Водные объекты». Можно также не выполнять оцифровку кромки леса, если она проходит вдоль берега озера и т. д.

Увеличение изображения в процессе цифрования позволяет лишь повысить точность, однако не обеспечивает полного совпадения соответствующих объектов в различных слоях, что совершенно необходимо для цифровых карт, используемых в среде топологических ГИС. Поэтому в программном обеспечении для ввода и редактирования карт (то есть в графическом редакторе) должны быть предусмотрены функции, обеспечивающие доступ к объектам пассивного слоя, то есть слоя, который можно просматривать, но невозможно изменять.

Одной из наиболее возможных форм организации работы со слоями может являться следующая. В систему одновременно загружается несколько слоев. Слой номер один (самый верхний) является активным, слой номер два – пассивным, остальные слои подключаются как «подложка», то есть только для визуального просмотра. С активным слоем (покрытием, загруженным в активный слой) в среде редактора осуществляется работа по созданию и изменению пространственной структуры. При этом обеспечивается ряд операций над объектами, расположенными в пассивном слое (например, цифрование, редактирование, сборка полигонов, идентификация и т. д.). Таким образом, пассивный слой используется для создания корректной многослойной структуры («захват» из него объектов или их частей в активный слой и т. п.) или как «принимающее покрытие» результатов ряда операций над активным слоем (преобразование проекций и плоскостей, копирование объектов и т. п.).

Изменение статуса загруженных слоев (активный, пассивный, «подложка») производится пользователем. При этом поддерживается возможность удаления из системы старого или добавления нового слоя, а также изменения атрибутов каждого слоя. Сюда можно отнести цвет объектов и узлов, включение (выключение) отображения слоя и отдельных элементов (точек), различных типов узлов (висячих и нормальных) и т. д. Функции работы с объектами пассивного слоя должны обеспечивать создание корректной многослойной структуры цифровой карты во всех встречающихся ситуациях. Для этих целей в ГИС реализован ряд важных функций, позволяющих, например, выделить

участок дуги или ее часть на пассивном слое, прочертить линию к элементу пассивного слоя, поставить точку на элемент пассивного слоя и т. д.

8. ПОРЯДОК ХРАНЕНИЯ СЕМАНТИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ В ГИС

Общие сведения о базах данных, системах управления базами данных и банках данных

Многогранность информации, описывающей объекты недвижимого имущества, обуславливает необходимость применения автоматизированных методов сбора, хранения, преобразования и предоставления потребителям информации. Для этих целей создаются базы данных, системы управления базами данных и банки данных.

Под базой данных (БД) понимается совокупность определенным образом упорядоченной информации, характеризующей объекты предметной области [4, 8, 17, 19]. Базы данных обеспечивают хранение и актуализацию информации, используемой пользователями в процессе своей деятельности.

Базы данных, в отличие от бумажных носителей информации, обладают рядом преимуществ. К ним относятся: оперативное добавление, поиск и исправление информации, а также возможность ее упорядочивания и многократного тиражирования.

Информация в БД формируется по типу данных в отдельных колонках (полях), которые составляют структуру базы данных. Таким образом, под структурой БД понимается совокупность полей и их типов, предназначенных для хранения информации. Под полем понимается вертикальная колонка, а под записью – строка БД. Любому пространственному объекту соответствует строка таблицы, а каждому тематическому признаку (атрибуту) – столбец таблицы.

Тип поля назначается оператором с учетом характера помещаемой в него информации. В свою очередь, тип данных, хранимых в колонках, определяется по смыслу, например: фамилия формируется из букв, поэтому тип данных относится к семантической информации; площадь отображается цифрами, следовательно, это числовая информация; день выдачи документа представляется обычно в виде даты, поэтому такую информацию хранят в полях дат (табл. 4).

Таблица 4. Общий вид базы данных

Землепользователи	Назначение земельного участка	Площадь объекта, кв. м	Стоимость объекта, млн. руб.	Адрес объекта
Савельев А.П.	Ведение фермерского хозяйства	3 600	72.0	ул. Мира, 35
Кооператив «Свежесть»	Проведение культурно-массовых и спортивных мероприятий	250 000	1 000.0	ул. Весенняя, 15

ГИС обеспечивает ведение баз данных, которые входят в геоинформационные системы структурно. Однако, если требуется ведение баз

данных больших объемов, то имеется возможность подключения так называемых «внешних» баз данных, принцип работы с которыми одинаков.

Каждому полю задается имя и длина, то есть количество символов, под которое отводится место в конкретной колонке. Если поле достаточно длинное, то в нем появляются пробелы. Следовательно, объем базы данных может существенным образом увеличиться, а работать с такими полями будет неудобно. Если же поле назначить коротким, то многие данные будут потеряны, поскольку символы, выходящие за пределы установленных оператором границ поля, автоматически удаляются. Это может привести к искажению информации. Например, если ширина поля равна четырем символам, то фамилии землепользователей «Иванов», «Иванков» и «Иванова» компьютером будут восприниматься как одно и то же слово.

База данных обычно включает несколько таблиц. Имя базы данных и входящие в нее таблицы должны точно отображать содержащуюся в них информацию. Например, база данных «Объекты застроенной территории» может включать таблицы «Здания», «Подземные коммуникации», «Лесные массивы» и т. д.

Для того, чтобы информация в базах данных не дублировалась, выполняется операция нормализации данных. Под *нормализацией* данных понимается процесс устранения избыточности информации, то есть ее повторяемости (дублирования) в целях экономии памяти компьютера и упрощения процесса манипулирования данными.

По степени концентрации информации различают децентрализованные, централизованные и распределенные (аспектные) базы данных [47].

В *децентрализованных* базах данных (ДБД) информация хранится вне центральной базы данных (рис. 22).

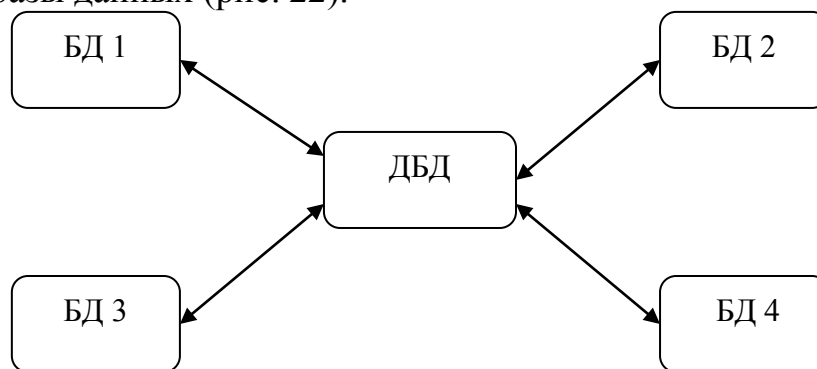


Рис. 22. Децентрализованные базы данных

Обновление или извлечение информации осуществляется по имени файлов. Эта схема требует четкого взаимодействия центральной и периферийных баз данных, однако не перегружает центральную базу данных.

Централизованные базы данных (ЦБД) обеспечивают концентрацию всей имеющейся информации об объектах, обращение к которой осуществляется с помощью системы управления базами данных. Это упрощает поиск имеющейся информации, в то же самое время область применения централизованных баз данных ограничивается возможностями технических средств (рис. 23).

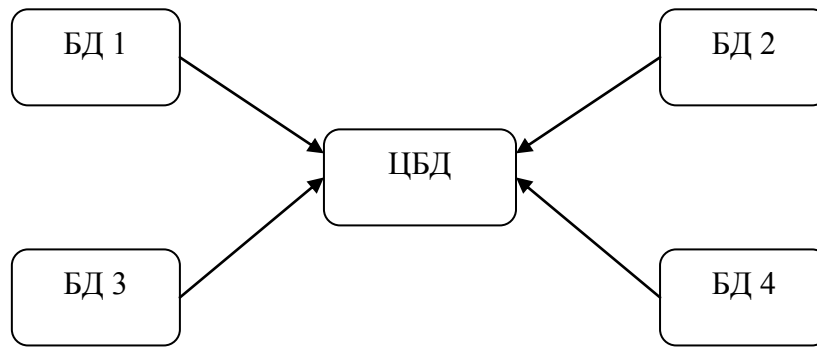


Рис. 23. Централизованные базы данных

Распределенные (аспектные) базы данных (РБД) предназначены для решения задач конкретного пользователя и представляют собой систему, расчлененную на ряд локальных (аспектных) баз данных (рис. 24).

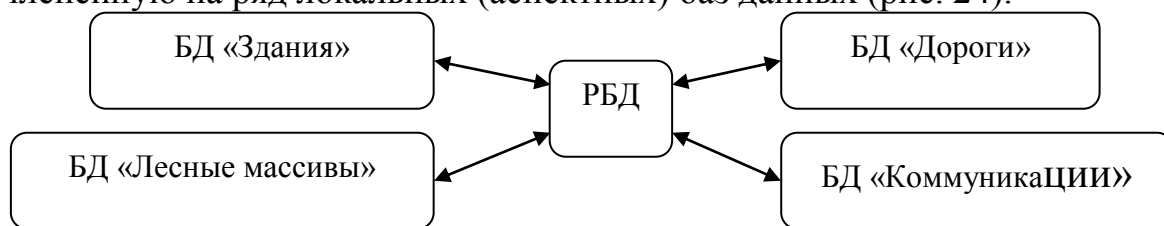


Рис. 24. Распределенные базы данных

Как видно из рис. 24, в распределенных базах данных информация хранится по темам. При этом должно быть установлено строгое соответствие между данными, находящимися в различных подсистемах. Особенность таких баз данных заключается в том, что они обеспечивают хранение информации по отдельным темам (аспектам), например: подземные коммуникации или жилые здания, расположенные в границах всего города, региона или государства в целом. В отличие от этого, в децентрализованных базах данных информация хранится по территориям, в границах которых изучается вся совокупность входящих в них объектов. Например, в децентрализованных базах данных может содержаться информация обо всех объектах, имеющих место в конкретном регионе. Таким образом, если в распределенных базах данных изучаются отдельные виды объектов или явлений в указанной предметной области, то децентрализованные базы данных позволяют изучать все объекты, входящие в заранее указанные границы.

Разработка баз данных включает концептуальное, логическое и физическое проектирование.

Концептуальное проектирование базируется на двух подходах: нисходящем и восходящем.

Нисходящее проектирование используется для создания сложных баз данных с большим количеством атрибутов, зависимости между которыми установить затруднительно. При этом выбирается несколько главных сущностей. Для них определяются расположенные уровнем ниже соподчиненные сущности, их атрибуты и связи. Этот процесс продолжается до достижения необходимой степени детализации.

Восходящее проектирование применяется для создания простых баз данных с незначительным количеством атрибутов. Начинается проектирование с самого низшего уровня. Между атрибутами выявляются связи, по которым формируются отношения. Эти отношения в дальнейшем нормализуются, то есть устраняется избыточная и повторяющаяся информация.

Концептуальная модель данных является основой для последующих этапов проектирования.

Логическое проектирование обеспечивает построение глобальной логической модели данных, в которой отражаются специфические особенности проектируемой системы с точки зрения различных пользователей. Здесь решается вопрос о выборе модели данных: реляционная, сетевая или иерархическая. Кроме этого, исследуются условия организации данных с учетом реализации их в конкретной системе управления базами данных и предположения о выборе способа доступа к данным.

Концептуальное и логическое проектирование осуществляется методом итераций, то есть от логического проектирования можно вновь возвратиться на уровень концептуального проектирования для корректировки сформированных моделей, а также для уточнения ранее назначенных атрибутов какой-либо сущности.

После уточнения всех параметров наступает этап **физического** проектирования базы данных. На этом этапе проектирования осуществляется уточнение структуры хранения данных на конкретном носителе с учетом методов доступа к информации на логических дисках и объемов дисковой памяти.

Одной из основных составных частей геоинформационной системы является система управления базами данных. **Система управления базами данных** (СУБД) представляет собой набор встроенных программных средств, обеспечивающих доступ к информации, содержащейся в базах данных. Назначение системы управления базами данных показано на рис. 25.

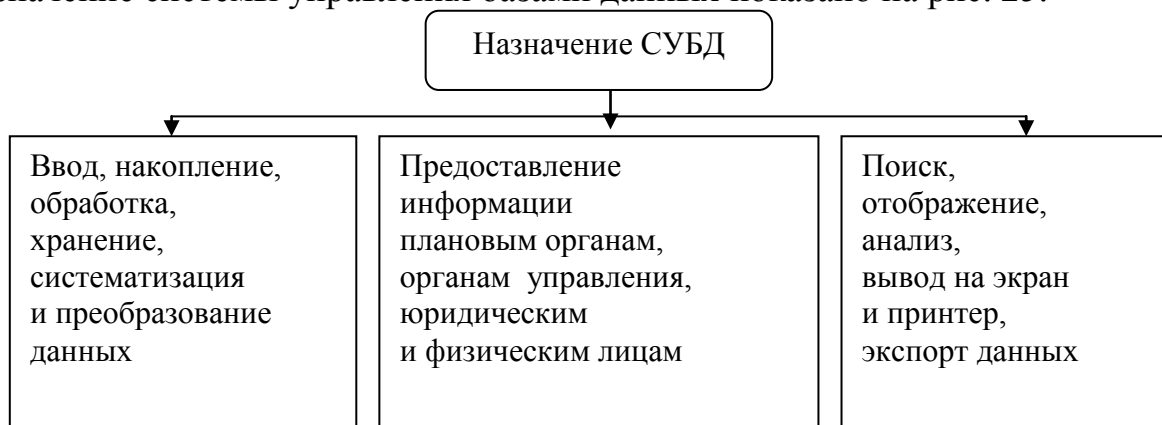


Рис. 25. Назначение СУБД

Из рис. 25 следует, что СУБД обеспечивает решение широкого круга задач, основными из которых являются ввод в базы данных информации, ее систематизация, обновление, корректировка, удаление, восстановление, поиск,

вывод на экран дисплея или на принтер для предоставления заявителям по их запросам.

Кроме вышеперечисленного, СУБД поддерживает также языковую функцию, которая включает язык описания и манипулирования данными.

Язык описания данных обеспечивает характеристику типа применяемых данных, определение свойств и связей между ними, а также их структуризацию. Результатом описания данных является формирование таблиц, в которых хранятся метаданные.

Язык манипулирования данными позволяет определять доступ к информации, ее редактирование и поиск по определенному запросу.

Системы управления базами данных предназначены для хранения и управления всеми типами данных, включая пространственные данные. Кроме этого, во многих ГИС предусмотрена поддержка внешних систем управления базами данных. К сожалению, в них отсутствуют инструменты анализа и визуализации информации, характерные для ГИС.

Современные СУБД работают практически с несколькими типами данных, например, с константами, переменными, функциями и полями. Это обеспечивает преемственность новых технологий, а также оперативную адаптацию пользователей (операторов) к новым техническим средствам (рис. 26).

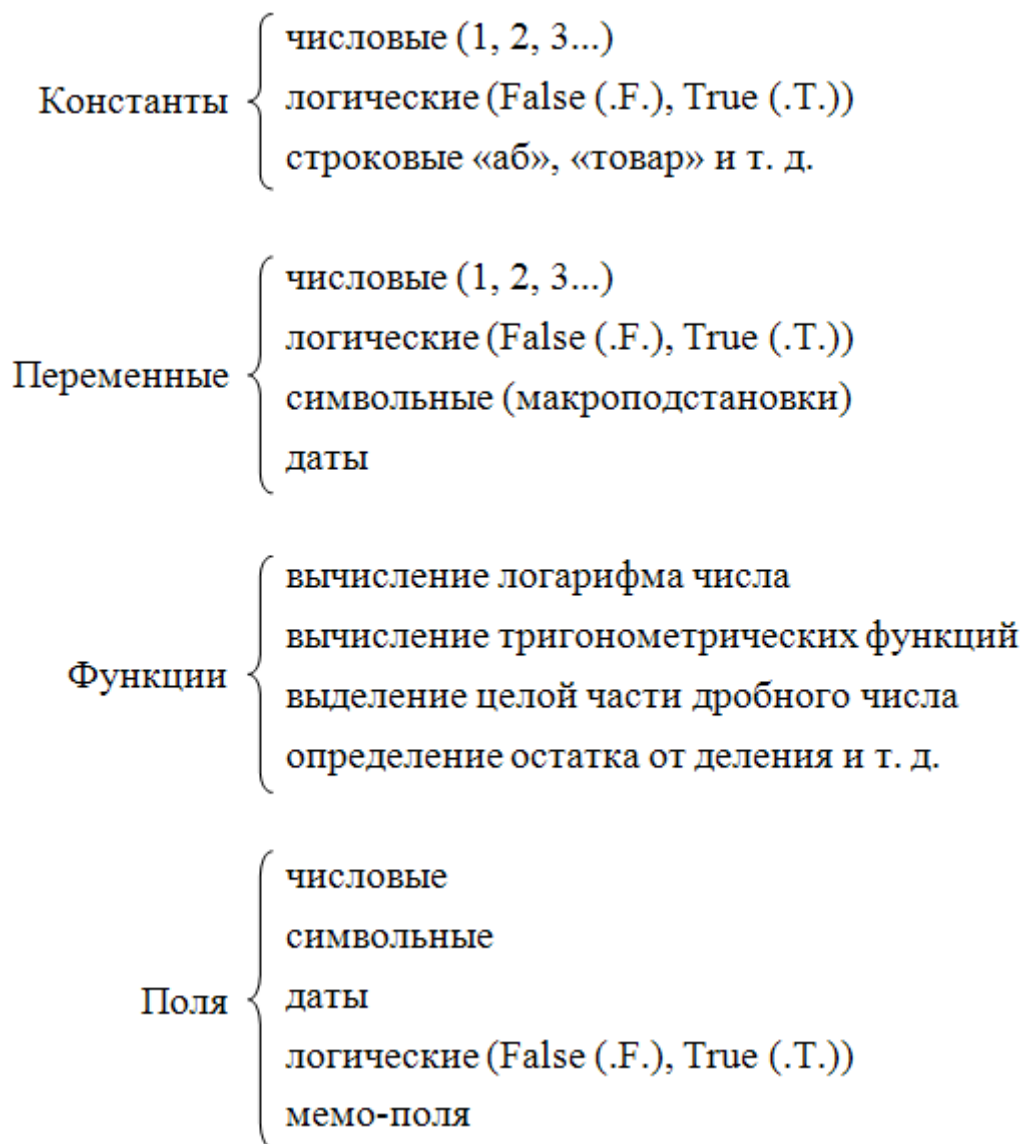


Рис. 26. Содержание констант, переменных, функций и полей

Заметим, что мемо-поля отличаются от обычных символьных полей тем, что в них может храниться информация, превышающая размеры обычных текстовых полей.

В эти поля можно, например, помещать биографию сотрудника, историю перехода прав на земельные участки и т. д.

Информационные системы, созданные средствами технологий баз данных, принято называть банками данных [47].

Под **банками данных** (БнД) понимается информационная система, включающая в себя совокупность технических средств, администратора, словари данных, вычислительную систему, обслуживающий персонал, базы данных и систему управления базами данных, обеспечивающих централизованное накопление и многоцелевое использование данных [8]. Банки данных, как информационные системы, могут быть общего и специального назначения. Системы **общего назначения** разрабатываются с широким диапазоном вшитых функций и применяются во многих организациях. В таких банках данных обычно содержатся функции, не востребованные конкретным

пользователем, однако эти банки данных имеют незначительную стоимость. Системы *специального назначения* предназначаются для решения конкретных задач и имеют высокую стоимость.

8.1. Порядок формирования моделей структур баз данных

Проектирование любой базы данных начинается с классификации и структуризации объектов предметной области. Посредством классификации определяются основные категории объектов, имеющих одинаковые свойства, то есть характеристики (например, здания, зеленые насаждения, земельные участки и т. д.). По каждому типу этих объектов формируются отдельные слои базы данных.

Структуризация объектов предметной области предполагает определение взаимозависимостей между изучаемыми объектами и их соподчинение (например: город → районы → кварталы). Структуризация базируется на понятиях *сущность* → *атрибут* → *связь*.

Под *сущностью* понимаются любые субъекты права, искусственные или естественные объекты, принятые для изучения (землевладельцы, здания, земельные участки и т. д.). *Атрибутами* являются характеристики какой-либо сущности. Например, сущности «Здания» можно назначить следующие атрибуты: принадлежность, назначение, материал изготовления, адрес и т. д. Атрибуты сущности «Землевладелец» приведены на рис. 27.

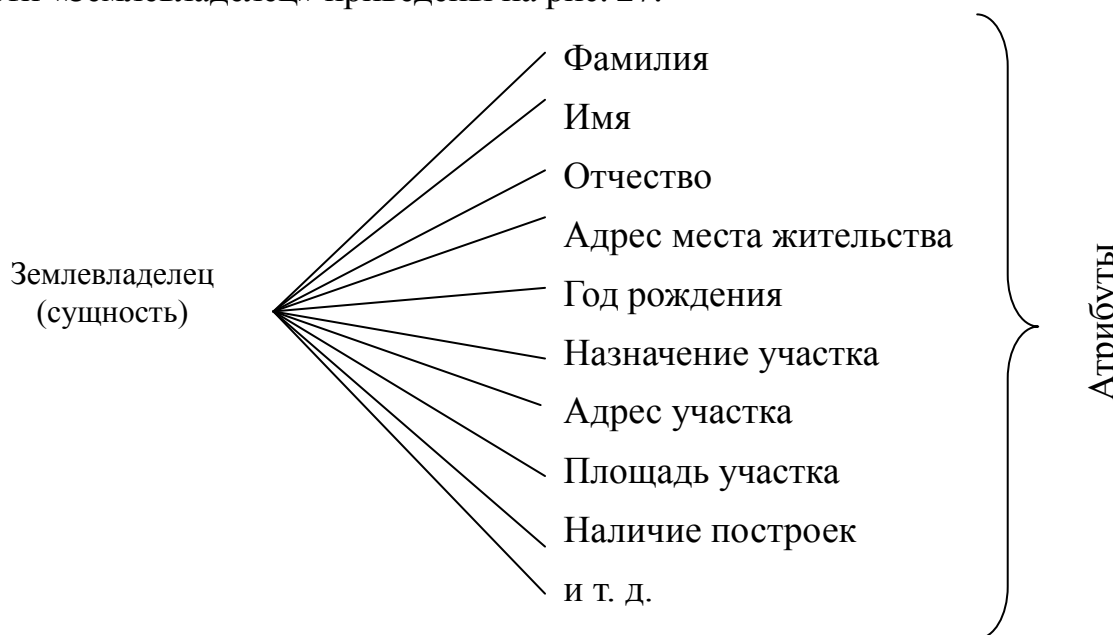


Рис. 27. Понятие сущности и атрибута

Этап выбора атрибутов является одним из важнейших при формировании структур баз данных, поскольку именно атрибуты определяют названия полей и их типы.

Посредством связей устанавливается взаимоотношение между сущностями и атрибутами. Связи могут быть выражены следующими отношениями: 1 : 1, 1 : M, N : 1, K : L.

Тип связей определяет тип применяемых моделей структур проектируемых баз данных: иерархические, сетевые или реляционные [81].

Если в модели использованы связи 1 : 1 («один к одному») или 1 : М («один ко многим»), то такие структуры называются иерархическими, или древовидными.

Иерархические (древовидные) модели данных изображаются в виде дерева. Например, сущность «Здания» можно представить следующим образом (рис. 28).

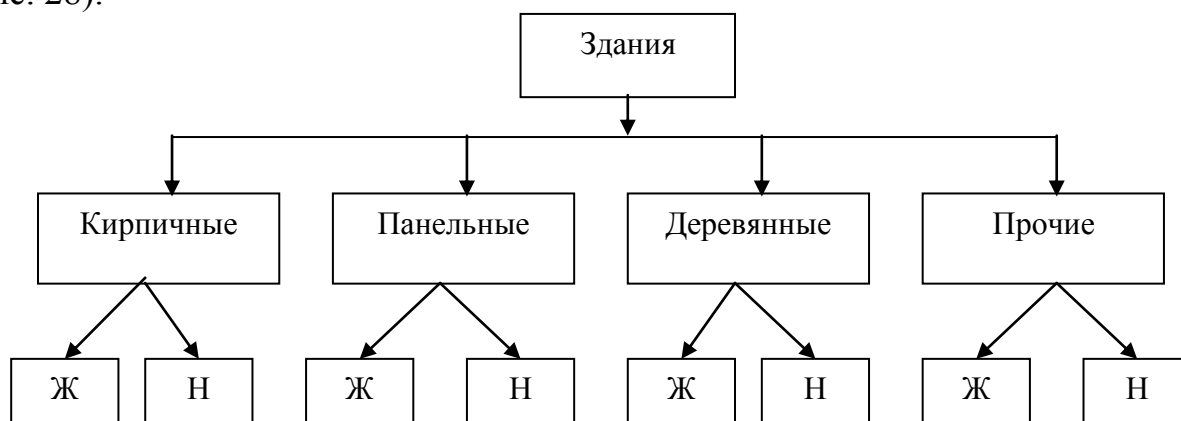


Рис. 28. Графическое изображение иерархической модели:

Ж – жилые здания; Н – нежилые здания

Любой элемент дерева представляет собой совокупность данных. Каждой вершине соответствует множество записей, составляющих логические файлы. Под **файлом** понимается поименованная совокупность данных. **Вершины** расположены по уровням иерархии и связаны между собой отношениями подчиненности (порождения).

Для иерархических моделей действует правило: каждая порожденная вершина имеет только одну порождающую. Вершина верхнего уровня называется **корневой**. В иерархических моделях могут иметь место поддеревья (ветви), то есть ветвящиеся структуры.

Иерархические модели могут быть двухуровневыми, трехуровневыми и многоуровневыми (рис. 29).

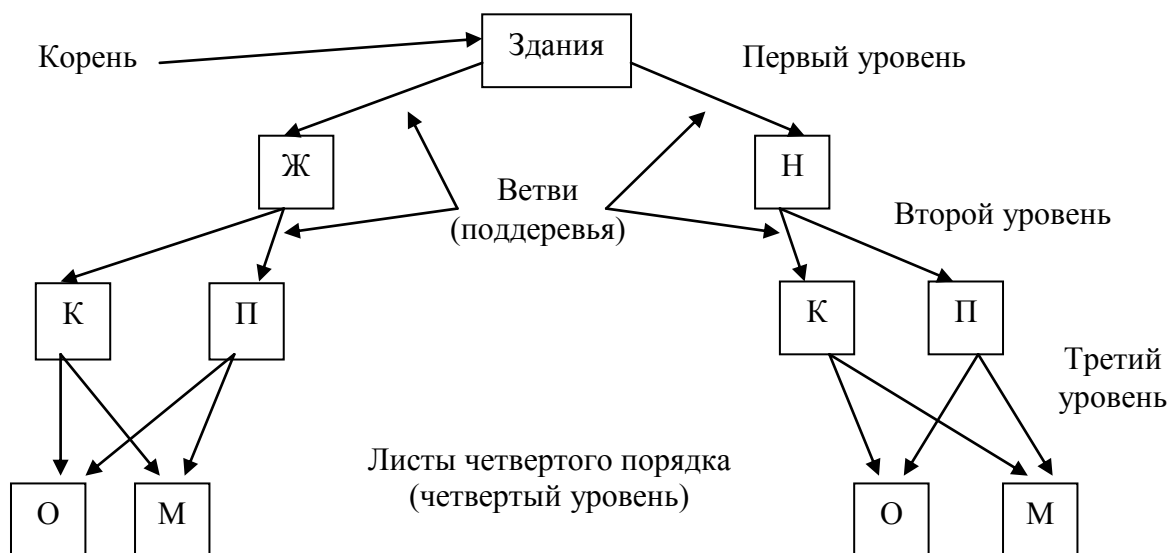


Рис. 29. Элементы иерархической модели данных:

Ж – жилые здания; Н – нежилые здания; К – кирпичные здания; П – панельные здания; О – одноэтажные здания; М – многоэтажные здания

Счет уровней осуществляется сверху вниз. Корнями могут являться пересечения двух и более ветвей. *Лист* представляет собой конечный пункт какой-либо ветви дерева, не имеющей выхода.

Под *ветвью* (поддеревьями) понимается одно из направлений, исходящих из вершины высшего уровня. *Корень* – это наивысший уровень, в котором сходятся все ветви (поддеревья).

Высота дерева равна количеству уровней. *Момент дерева* определяется числом ветвей (поддеревьев), исходящих из корневого узла. *Вес дерева* равен числу листьев.

Различают деревья сбалансированные и несбалансированные. *Сбалансированным* является такое дерево, у которого все листья имеют одинаковый порядок (то есть уровень), в противном случае дерево считается несбалансированным. Количество ветвей, выходящих из корня первого уровня, характеризует степень сложности дерева. Листья деревьев могут содержать любую информацию. Поиск нужной информации осуществляется по ключу, то есть по какому-либо элементу, используемому для однозначного определения местоположения необходимых данных. Например, ключами для поиска физического лица могут являться фамилия, идентификационный номер, должность, дата рождения и т. д.

Наряду с достоинствами (простота, наглядность), следует отметить и недостаток иерархических моделей – предрасположенность к утрате информации. Таким образом, удаление исходной записи влечет автоматическое уничтожение подчиненной. Кроме этого, такие структуры обеспечивают доступ к информации только через узлы, в которых пересекаются несколько ветвей. При этом строгая иерархическая последовательность усложняет процесс удаления и добавления информации.

Иерархическая модель может обеспечивать однозначное или многозначное отношение между данными, которые обозначаются $1 : 1$, $1 : M$ (рис. 30).



Рис. 30. Понятие отношений в иерархических моделях

По расписанию занятий можно легко определить, какие дисциплины изучают студенты на различных курсах. Однако в такой структуре не всегда возможно подсчитать, сколько студентов изучают данную дисциплину, то есть нет обратной связи. Вследствие этого иерархические модели имеют ограниченное применение, хотя в таких структурах оперативная память используется рационально.

Если в отношениях между данными порожденный элемент имеет более одного исходного (то есть порождающего), то для описания таких связей применяются сетевые модели, реализующие отношения $K : L$, $1 : M$, $N : 1$. Пример модели $K : L$ приведен на рис. 31.

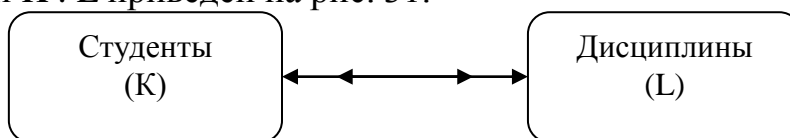


Рис. 31. Понятие отношений в сетевых моделях

Организация данных в сетевых моделях определяется элементом и записью. **Элемент** – это минимальная единица данных, принимающая множество значений. По элементу осуществляется поиск информации. В качестве элемента может быть принята любая характеристика объекта (фамилия землепользователя, номер его телефона, адрес землепользования и т. д.). **Запись** представляет поименованную совокупность элементов, отражающих логически связанную совокупность данных. Над записями могут быть выполнены операции исправления, дополнения, удаления, извлечения и т. д.

Записи могут иметь постоянную и переменную длину. Например, запись типа «сотрудник» имеет постоянную длину, поскольку всех работников можно описать одинаковым количеством стандартных элементов (фамилия, адрес местожительства, год рождения и т. д.). Однако запись типа «состав семьи» имеет переменную длину, потому что количество членов семьи может быть различным.

Сетевые модели данных относятся к более широкому классу объектов управления. Такие структуры могут быть изображены также, как и иерархические, то есть графом, вершинам которого соответствует некоторое

множество данных, имеющих семантическую (смысловую) общность. Одной порожденной вершине могут соответствовать несколько исходных или порождающих (рис. 32).

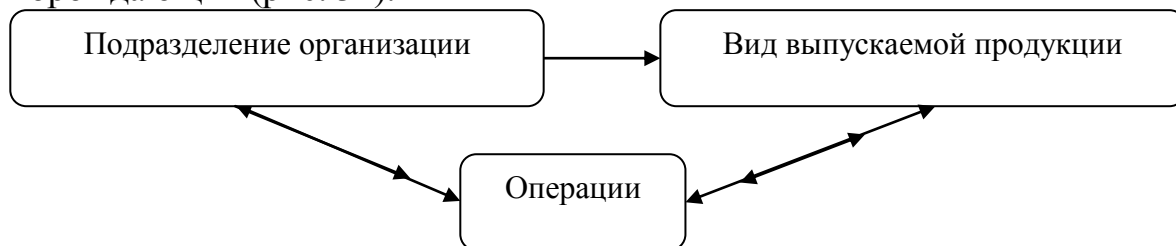


Рис. 32. Сетевая модель данных

Двойные стрелки соответствуют многопризначному отношению, одинарные – однопризначному. Отношение «Вид выпускаемой продукции» – «Операции» является сложным, поскольку один и тот же результат может быть достигнут при выполнении различных операций. Следовательно, различные операции могут применяться для достижения одного результата. Например, координаты любого объекта можно определить методом триангуляции, полигонометрии и так далее. Для сетевых структур характерна неопределенность связей. Поэтому, в целях повышения однозначности, используются специальные приемы, позволяющие свести их к типу 1 : M, N : 1, то есть к иерархическим структурам. Сказанное можно иллюстрировать отношением «Студенты» – «Дисциплины», которое имеет тип K : L. При этом сложным оказывается выявление конкретных связей. Для решения вопроса следует выделить несколько иерархических структур (рис. 33).



Рис. 33. Понятие преобразования связей

Таким образом, представление сетевой модели несколькими иерархическими позволяет уточнить, какие дисциплины изучают студенты, а также сколько студентов изучают конкретную дисциплину (например, астрономию).

В настоящее время наибольшее распространение получили реляционные модели данных (РМД). Термин «реляция» означает «отношение». Реляционные модели данных изображаются в виде таблиц. Отношение «Виды съемок» в реляционной модели можно представить следующим образом (табл. 5).

Таблица 5. Представление информации в реляционной модели

Вид съемки	Название применяемого прибора	Что вычисляется
Высотная	Нивелиры	Превышение между пунктами на поверхности Земли
Плановая	Теодолиты	Направления на объекты
Планово-высотная	Тахеометры	Превышение между пунктами на поверхности Земли и направления на них

Реляционные модели данных доступны даже для неквалифицированных пользователей и пригодны для использования языков высокого уровня. При этом информационные системы, сформированные на базе реляционных моделей, доступны для пользователей, не обладающих опытом программирования. Секретность данных может быть обеспечена по каждому полю или записи, что удобно при работе с таблицами лиц, имеющих различную форму допуска. Эти модели могут неограниченно расширяться без существенных изменений процедуры доступа к данным. Кроме этого, они позволяют полностью исключить дублирование информации.

К недостаткам реляционной модели следует отнести низкую производительность поиска нужной информации по сравнению с сетевыми структурами. Элементы РМД и формы их представления приведены в табл. 6.

Таблица 6. Формы представления реляционной модели данных

Элементы реляционной модели	Форма представления
Отношение	Таблица
Схема отношения	Строка заголовков таблицы
Сущность	Описание свойств объекта
Атрибут	Заголовок столбца таблицы
Первичный ключ	Один или несколько атрибутов
Домен	Совокупность всех возможных значений некоторого атрибута
Поле таблицы	Столбец таблицы
Кортеж	Множество доменов, определяющих объект
Тип данных	Тип значений элементов таблицы

Каждой из перечисленных моделей данных присущи свои достоинства и недостатки. В сетевых моделях, например, любой узловой пункт может иметь не одну, а несколько порождающих вершин. Поэтому представляется

возможным моделирование отношения «многие ко многим». Это расширяет отмеченные характеристики иерархических моделей. Однако для поиска нужной информации в сетевых моделях необходимо сначала определить путь доступа, а затем просмотреть все записи на этом пути и разбить сетевую модель на несколько иерархических. Тем не менее, если в сетевой модели можно от верхней записи перейти к подчиненной, а от нее – к владельцу другого группового отношения различными путями, то в иерархической модели для этого необходимо дублирование данных.

Достоинствами реляционной модели данных являются ее простота, удобство реализации на ЭВМ, наличие теоретического обоснования и возможность формирования гибкой схемы баз данных, допускающей настройку при формировании запросов. Важнейшим элементом в реляционной модели данных является понятие отношения, которое представляет собой двумерную таблицу, содержащую данные.

Реляционная модель данных используется в основном в базах данных среднего размера. Увеличение числа таблиц в базе данных обуславливает снижение скорости работы с информацией. Проблемы использования реляционной модели данных возникают также при создании систем со сложными структурами данных, например, систем автоматизированного проектирования. Таковыми являются объектно-ориентированные базы данных, которые объединяют в себе реляционную и сетевую модели и используются для создания крупных баз данных со сложными структурами информации.

Записи в таблицах могут быть организованы например, в порядке убывания или возрастания характеристик по какому-либо полю. Упорядочивание по нескольким полям осуществляется следующим образом. Например, необходимо составить алфавитный список всех землевладельцев в регионах Российской Федерации. Сначала информация упорядочивается по главному полю «Регионы», то есть по субъектам федерации. После этого в каждом регионе осуществляется упорядочивание информации, например, по административным районам или населенным пунктам. Затем в каждом административном районе или населенном пункте информация сортируется в соответствии с алфавитным списком землевладельцев. Отсортированные, то есть упорядоченные, по определенному полю (или полям) таблицы обеспечивают рациональную работу операторов и оперативный поиск информации. Реализация этой функции осуществляется средствами манипуляции данными, заложенными в каждой системе. Для поиска информации практически во всех СУБД имеется возможность формирования пользователем SQL-запросов.

8.2. Понятие задачи унификации документов и защиты информации

Создавшаяся экономическая ситуация в России в конце XX и начале XXI веков, а также интенсивный процесс развития средств вычислительной техники обусловили повышение темпов внедрения автоматизированных технологий в научную и производственную деятельность широкого круга юридических и физических лиц. Сюда включаются органы государственного управления, а

также небольшие частные фирмы. Таким образом, геоинформационные системы завоевывают все большую популярность. Их применяют практически в любой сфере деятельности человека. При этом пользователи геоинформационных систем не обязательно должны быть специалистами в области геоинформатики. Для большинства из них ГИС являются лишь инструментом, который они используют в процессе решения своих повседневных задач.

Несмотря на существующие стандарты в области подготовки документации, в этой сфере деятельности в настоящее время имеется ряд недостатков, основными из которых являются следующие [40]:

- большой объем документов, предназначенных для ручной обработки;
- дублирование одних и тех же показателей в различных документах;
- отвлечение специалистов от решения непосредственных задач в процессе работы с большим количеством документов;
- возможность несанкционированного доступа посторонних лиц к информации, имеющей конфиденциальный характер.

Для устранения указанных недостатков, а также в целях повышения эффективности работы любой информационной системы, все используемые в них документы приводятся к единому стандарту, то есть унифицируются. Под **унифицированными документами** понимаются документы, которые создаются по единым правилам представления информации, необходимой для управления в определенной сфере деятельности на государственном, республиканском, отраслевом и региональном уровнях. В целях унификации документов разработаны стандарты, которые устанавливают требования к формам документов различных уровней управления, а также состав и структуру реквизитов, порядок заполнения, регистрации и передачи унифицированных форм документов.

Разработка системы документооборота, соответствующей современным требованиям, обуславливает необходимость тщательного анализа схем информационных потоков. Это позволяет осуществить классификацию информации, уточнить ее объемы, способствует исключению дублирующей и неиспользуемой информации, а также реализовывает ее рациональное представление и правовую защиту. Главной целью правового обеспечения является соблюдение законности. В состав правового обеспечения входят законы, указы, постановления государственных органов власти, приказы, инструкции, а также другие нормативные документы министерств, ведомств, организаций и местных органов управления. В правовом обеспечении можно выделить общую часть, регулирующую функционирование любой геоинформационной системы, и локальную составляющую, регламентирующую функционирование конкретной системы. Правовое обеспечение этапов разработки ГИС базируется на нормативных актах, связывающих договорными отношениями разработчика и заказчика.

Документацию, используемую ГИС и современными средствами вычислительной техники, можно подразделить на четыре основных группы:

- общесистемную, включающую государственные и отраслевые стандарты;
- специализированную, содержащую комплекс методик по всем этапам разработки технического обеспечения;
- нормативно-справочную, используемую для выполнения различных расчетов;
- деловую или коммерческую, которая предназначена для осуществления сделок с недвижимым имуществом, а также в целях информационного обслуживания юридических и физических лиц.

Реализация программы «Электронная Россия» касается главным образом четвертой группы. При этом требуется надежная защита информации, имеющей конфиденциальный характер. ГИС позволяют реализовать эту программу в процессе обеспечения потребителей данными о пространственном положении объектов и сопутствующей этим данным всесторонней описательной информацией. При этом графические и атрибутивные данные, в случае необходимости, могут быть надежно защищены. Существует ряд способов защиты информации. Наиболее надежным является способ, базирующийся на электронной подписи. Передаваемая информация цифруется ключом длиной 64 бита. Для подбора такого ключа «взломщикам» понадобится проверить 2^{64} комбинации, что практически невозможно осуществить. Таким образом, унификация информации обеспечивает представление документов в едином формализованном и понятном для пользователей виде, а ее защита делает процесс информатизации общества максимально надежным.

В современных условиях интенсивного обмена информацией задача ее защиты является одной из актуальных. Поэтому повсеместно ведется разработка и совершенствование средств защиты данных от несанкционированного доступа на любом уровне формирования и реализации информации.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

ГИС обеспечивают оперативное обновление и обработку графической и описательной информации. Технологии, базирующиеся на ГИС, многофункциональны и поэтому применяются во многих сферах деятельности человека. При этом они позволяют ускорить процедуру принятия решений и существенным образом повысить эффективность работ за счет подготовки ряда альтернативных вариантов, из которых разработчику остается выбрать наиболее приемлемый.

В монографии даны понятия информационных и геоинформационных систем, а также геоинформационных технологий, приведены краткие исторические сведения о возникновении указанных систем и области их применения.

Существенным отличием ГИС от обычных информационных систем является то, что они объединяют графическую и описательную информацию, характеризующую изучаемые объекты. В монографии дана характеристика растровых и векторных типов данных, показаны их достоинства, недостатки, а также порядок применения. Здесь приведены формулы расчета размера растрового файла и задача преобразования данных.

Монография отражает основные функции геоинформационных систем, их компоненты и модули. В ней описана роль геоинформатики в процессе формирования ГИС-технологий. Кроме этого, монография содержит классификацию ГИС, которая представлена на основании обобщения опубликованных работ, и дополняет ее.

Самыми необходимыми графическими материалами, используемыми специалистами в своей трудовой деятельности, являются карты и планы. В работе дано понятие цифровой карты и показаны ее существенные отличия от традиционных карт. Обновление устаревшей информации на традиционных картах требует кропотливой и продолжительной работы многих картографов. Вместе с тем, электронные карты могут быть приведены в соответствие с современной ситуацией оперативно и с высокой степенью точности. Обновление электронных карт и планов осуществляется автоматически по блочному принципу и всему масштабному ряду связанных воедино графических изображений.

В монографии приведены основные формулы для расчета размера растрового файла с учетом разрешения сканирования.

Многие информационные, а также геоинформационные системы обеспечивают свободное создание любых таблиц, из которых формируются базы данных. В связи с этим, существенное место в монографии отведено понятию баз и банков данных, а также описанию моделей баз данных. Это позволяет читателю осуществлять выбор наиболее важных характеристик для любого объекта и создавать таблицы, описывающие какую-либо сущность.

СЛОВАРЬ ТЕРМИНОВ

Аддитивная цветовая модель RGB – модель, в которой нужный цвет получается смешением световых излучений трех первичных цветов: красного (Red), зеленого (Green) и синего (Blue). Модель применяется для излучающих источников света. Смешение 100 % первичных цветов дает белый цвет. Их полное отсутствие – черный.

Аппаратное средство представляет собой компьютер, на котором установлено программное обеспечение, функционирующее на базе различных операционных систем.

Атрибуты сущности – это допустимые характеристики какой-либо сущности.

Базы данных представляют собой совокупность определенным образом упорядоченной информации, описывающей объекты предметной области.

Банк данных – это система, включающая организационные, технические, технологические, математические, программные и языковые компоненты, обеспечивающие централизованное накопление и коллективное использование информации, поступающей в базы данных.

Блок представляет собой наименьшую самостоятельную единицу любой системы, состоящую из нескольких модулей.

Векторизатор – программное средство для выполнения растрово-векторного преобразования (векторизации) пространственных данных.

Внутренняя точка отрезка – это воображаемая точка отрезка дуги, не являющаяся ни вершиной, ни узлом.

Генерализация – это процесс обобщения изображения объектов с целью отображения наиболее существенных их свойств и характеристик при переходе от крупного масштаба изображения к более мелкому.

Геодезия – это наука об измерениях на земной поверхности, использующая достижения математики, физики, астрономии и других наук. Основной задачей геодезии является разработка приборов для линейных, угловых и высотных измерений, а также методов наблюдений и обработки полученных результатов для создания карт и планов.

Геоинформатика – это ГИС-технология сбора, хранения, преобразования, отображения и распространения пространственно-координированной информации.

Геоинформационное картографирование представляет собой раздел картографии, осуществляющий автоматизированное составление и использование карт на основе геоинформационных технологий и баз знаний.

Геоинформационное моделирование – это процесс преобразования моделей пространственных объектов, обеспечивающий корректировку их форм по изменившимся значениям таблиц баз данных.

Геокодирование – это процесс присвоения геоданным кодовых обозначений, которые позволяют однозначно позиционировать объекты относительно принятой системы координат.

Геоцентрическая система координат – это система, начало которой расположено в центре масс Земли.

ГИС представляет собой аппаратно-программный человеко-машинный комплекс, обеспечивающий сбор, обработку, преобразование и отображение пространственно-координированных данных, интеграцию данных и знаний о территории для их эффективного использования в процессе решения научных и прикладных географических задач, связанных с инвентаризацией, анализом, моделированием, прогнозированием и управлением окружающей средой.

ГИС-технология – это система взаимосвязанных процедур геоинформационного моделирования процессов изготовления и использования карт, основанная на функциональных возможностях ГИС.

Глубина цвета – это разрядность обработки цвета, называемая цветопередачей, предназначенная для описания максимального количества цветов, которое может воспроизвести сканер.

Графический элемент представляет собой простейший элемент, используемый для построения изображений (точка, линия, полилиния, область).

Данные (от латинского datum – факт) в геоинформатике представляют собой известные сведения об объектах окружающего мира, результаты наблюдений и измерений этих объектов. Элемент данных содержит три главные компоненты: атрибутивные сведения, географические (метрические) сведения, временные сведения (момент или период времени).

Дигитайзер – прибор для определения координат точек углов поворота объектов, изображенных на графическом материале.

Дигитализация – это процесс преобразования графических изображений в цифровую форму.

Защита информации – это деятельность по предотвращению утечки информации от несанкционированного доступа.

Информатика – это наука об общих свойствах и структуре научной информации, закономерностях ее создания, преобразования, накопления, передачи и использования.

Информационная система представляет собой взаимосвязанную совокупность технических средств, программного обеспечения и методов, используемых операторами для хранения, обработки и выдачи информации.

Информация – это совокупность сведений об окружающем мире и протекающих в нем процессах, воспринимаемые человеком или специальным устройством.

Инфраструктура – это комплекс вспомогательного оборудования, различных отраслей и организаций, обслуживающих жизнедеятельность населения.

Карта представляет собой уменьшенное и обобщенное изображение поверхности Земли с учетом ее кривизны.

Карта цифровая представляет собой цифровую модель обычной карты, сформированную в соответствии с законами картографической генерализации, в принятой проекции, системе координат и высот.

Карта электронная – это программно-управляемое картографическое изображение, сформированное на основе данных цифровых карт или баз данных ГИС, визуализированное на экране монитора с использованием программных и технических средств в принятой для карт проекции и системе условных знаков.

Картография – это область науки, техники и производства, охватывающая изучение, создание и использование картографической продукции.

Кибернетика – это наука об общих закономерностях процессов управления и передачи информации в машинах, живых организмах и обществе.

Классификация представляет собой разбиение каких-либо изучаемых объектов или явлений на основные, отличающиеся друг от друга категории.

Координаты географические – это угловые величины, называемые широтой и долготой, определяющие местоположение любой точки относительно экватора и начального меридиана. Если широта (φ) и долгота (λ) определяются из астрономических наблюдений, то координаты называются **астрономическими**. Если широта (B) и долгота (L) определяются по геодезическим измерениям с последующим вычислением, то такие координаты называются **геодезическими**.

Координаты сферические прямоугольные – это координаты X , Y и H , получаемые путем отсчитывания по линиям пересечения больших взаимно перпендикулярных кругов, плоскости которых проходят через центр эллипсоида вращения.

Математическое обеспечение включает методы математического моделирования и программирования процессов, а также математическую статистику и другие методы.

Масштаб топографической карты или плана представляет собой отношение длины линии на карте (плане) к длине соответствующей линии на местности.

Метод – это совокупность приемов (способов), используемых для достижения цели.

Моделирование – это способ познания объектов и явлений окружающего мира посредством создания и изучения моделей.

Модель пространственных данных – это способ отображения или цифрового описания пространственных объектов в векторном или растровом форматах.

Модуль – это независимая составная часть ГИС или часть программы, обеспечивающая выполнение отдельной операции.

Муаровы помехи – помехи, возникающие при сканировании оригиналов, отпечатанных типографским офсетным способом.

Насыщенность представляет собой относительную интенсивность цвета.

Недвижимое имущество (объекты недвижимости) – это земельные участки, участки недр, обособленные водные объекты и все, что прочно связано с землей, то есть объекты, перемещение которых без несоразмерного ущерба их назначению невозможно. Кроме этого, к недвижимым вещам также относятся подлежащие государственной регистрации воздушные и морские суда, суда внутреннего плавания, космические объекты.

Неструктурированная задача – неформализованная модель проблемной ситуации на основе «мягкого» подхода, заключающегося в том, что в процессе решения задачи не пренебрегают какими-либо факторами ситуации, а рассматривают их в полном объеме, что делает невозможным построение однозначных схем различных ситуаций.

Ньютоновы кольца – помехи, возникающие при сканировании пленочных оригиналов, при котором тонкий воздушный зазор между пленкой и поверхностью стекла планшета приводит к многократным паразитным отражениям светового потока на границах «стекло – воздух» и «воздух – пленка».

Обновление топографических карт и планов представляет собой процедуру приведения устаревшего содержания карт и планов в соответствие с современным состоянием местности.

Общесистемное программное обеспечение – это комплекс программ, предназначенных для решения типовых задач обработки информации, обеспечивающих расширение функциональных возможностей компьютеров, контроль и управление процессом обработки данных.

Оверлей представляет собой одну из основных операций геоинформационного картографирования, суть которой заключается в наложении в единой системе координат двух или более слоев, представленных в цифровой форме.

Организационное обеспечение – это совокупность методов и средств, регламентирующих взаимодействие оператора с техническим оборудованием в процессе разработки и эксплуатации информационной системы. Организационное обеспечение предполагает подготовку задач к решению на компьютере, включая техническое задание на проектирование информационной системы и обоснование ее эффективности.

Пиксель – это единица измерения разрешающей способности устройств ввода-вывода, предназначенная для работы с растровыми изображениями и определяющая количество точек в растровой ячейке и их разрешающую способность.

План представляет собой изображение отдельного участка земли и расположенных на нем объектов без учета кривизны земной поверхности.

Подсистемой является часть системы, которая выделена по функциональному признаку и предназначена для решения одной или нескольких задач.

Пользователь ГИС – это лицо, которое с помощью терминала взаимодействует с заложенным в систему программным обеспечением.

Портал представляет собой сайт по оказанию пользователям комплекса услуг в отношении поиска информации, отправки сообщений по электронной почте, размещения рекламы и т. д.

Правовое обеспечение – это совокупность правовых норм, регламентирующих юридический статус и функционирование информационных систем, а также порядок получения, преобразования и использования информации.

Программное обеспечение – это совокупность моделей, алгоритмов, методов программирования и программ, позволяющих реализовать проектные задачи информационной системы и нормальное функционирование комплекса технических средств. Программное обеспечение включает общесистемные и специальные программные продукты, а также техническую документацию.

Проекция картографическая – это способ изображения поверхности земного эллипсоида на плоскости, при котором каждой точке эллипсоида соответствует единственная точка на плоскости.

Псевдоузел – это узел, принадлежащий только двум дугам или одной дуге, у которой начальная и конечная вершины совпадают.

Разрешение – число точек, из которых формируется изображение, на единицу длины или площади. Чем больше разрешение устройства (например, принтера), тем более мелкие детали изображения могут быть воспроизведены.

Сайт – это тематически или концептуально объединенная информация, размещаемая в Интернете.

Сервер – это высокопроизводительный компьютер или программа, предоставляющая определенные услуги другим программам-клиентам.

Система ввода представляет собой программный блок, обеспечивающий прием данных, источниками которых могут являться разнообразные электронные устройства (дигитайзер, сканер, электронный теодолит и другие геодезические приборы).

Система закрытая – это система, в которой не предусмотрена возможность расширения пользователем заложенных в нее функций.

Система информационная автоматическая – это система, которая обеспечивает обработку информации на определенном этапе ее преобразования без участия человека (оператора).

Система информационная автоматизированная – это система, которая предполагает участие в процессе обработки информации человека и технических средств.

Система настольно-картографическая представляет собой совокупность программных продуктов, у которых на высоком уровне реализованы картографические функции.

Система открытая – это система, которая может быть изменена пользователем для решения своих задач на основании использования встроенных в систему языков программирования.

Система управления базами данных – это пакет прикладных программ и совокупность языковых средств, предназначенных для создания, сопровождения и использования баз данных.

Система «человек – машина» представляет собой систему управления, основным элементом которой является оператор, управляющий техническим устройством.

Сканирование представляет собой преобразование графических изображений в цифровую форму для их последующего векторного представления.

Специальное программное обеспечение – это пакеты прикладных программ, реализующих разработанные модели различной степени адекватности, отражающие функционирование реального объекта и формируемые на основе программ, разработанных при создании конкретной информационной системы.

Средства математического обеспечения включают в себя методы математического моделирования и программирования процессов, а также математическую статистику и другие методы.

Старение карты – это утрата соответствия картографического изображения или его отдельных элементов современности.

Структурированная (формализуемая) задача представляет собой задачу, для решения которой известны все ее элементы и взаимосвязи между ними.

Субтрактивная цветовая модель СМУК – модель, которая применяется в полиграфии для описания источников, отражающих световое излучение.

Сущность представляет собой любые объекты или явления, принятые для изучения (например, земельные участки, здания и т. д.).

Сшивка листов топографической карты (плана) – это процесс объединения смежных векторных листов цифровых карт.

Тематический слой представляет собой отдельный слой, на котором представлены объекты по какому-либо признаку, например, изображение почв, экологическая обстановка, экономическая оценка территорий и т. д.

Терминал представляет собой устройство ввода и вывода информации.

Техническая документация на разработку программных средств включает описание круга решаемых задач, рекомендации по алгоритмизации вычислительного процесса и контрольные примеры.

Техническое обеспечение – это комплекс технических средств, предназначенных для работы информационной системы, а также соответствующие технологические процессы. **Комплекс технических средств**, в свою очередь, составляют компьютеры, устройства сбора, накопления, обработки, передачи, преобразования и вывода информации.

Тон представляет собой конкретный оттенок цвета, отличный от других: красный, голубой, зеленый и т. п.

Топография – это научная дисциплина, занимающаяся подробным изучением земной поверхности в геометрическом отношении и разработкой способов изображения этой поверхности на плоскости в виде топографических карт и планов.

Топология – это раздел математики, в котором изучаются свойства фигур, не изменяющиеся в процессе любых непрерывных преобразований.

Точность масштаба карты (плана) – это расстояние на местности, соответствующее наименьшему делению линейного масштаба карты. При этом расстояние на местности, соответствующее 0,1 мм в масштабе карты, называется **предельной точностью масштаба**.

Унификация документов представляет собой процесс приведения документов к единому стандарту отображения информации, включающему совокупность реквизитов и показателей, необходимых для управления в

определенной сфере деятельности на государственном, республиканском, отраслевом и региональном уровнях.

Условные обозначения (картографические условные знаки) представляют собой графические символы, применяемые в процессе составления карт или планов. Различают **внемасштабные условные знаки**, которые используются для отображения некоторой категории объектов (например, мост через реку, отдельно стоящее дерево, железные дороги и т. д.), **линейные условные знаки**, которые используются для отображения линейных объектов, и **площадные условные знаки**, которые применяются для отображения зданий, озер, лесных массивов и т. д.

Файл представляет собой поименованную совокупность данных.

Частично структурированная задача – это задача, в которой для решения известна лишь часть элементов и связей между ними.

Шрифт – набор символов определенного стиля, размера и начертания, имеющий свое название.

Шрифт векторный – математическое описание каждого символа в виде набора векторов определенного размера и направления, позволяющее масштабировать символы путем умножения или деления длин векторов на коэффициент масштабирования.

Шрифт растровый – представление символов в виде совокупности пикселей, при котором каждому размеру (кеглю) шрифта требуется свой шаблон.

Эллипсоид земной – это двухосный эллипсоид, поверхность которого принимается в геодезии за математическую фигуру Земли.

Эргатическая система – это система, представляющая единство человека и технического устройства, в которой человеку отведена ведущая роль.

Этап операции – это часть технологического процесса, состоящая из совокупности взаимосвязанных действий.

Яркость цвета (освещенность) служит показателем общего количества света и характеризует величину добавляемого черного оттенка, для отображения объекта более темным.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ГОСТ Р 52155–2003. Географические информационные системы: федеральные, региональные, муниципальные. Общие технические требования [Текст]. – М.: Госстандарт России, 2004. – 11 с.
2. ГОСТ 28441–99. Картография цифровая [Текст]. – М.: Госстандарт России, 2000. – 10 с.
3. СНиП 11–02–96. Инженерные изыскания для строительства. Основные положения [Текст]. – М.: Госстрой, 2000. – 43 с.
4. Атре, Ш. Структурный подход к организации баз данных [Текст] / Ш. Атре. – М.: Финансы и статистика, 1983. – 320 с.
5. Геоинформатика. Толковый словарь основных терминов [Текст] // Ю.Б. Баранов и др. – М.: ГИС-Ассоциация, 1999. – 204 с.
6. Берлянт, А.М. Взаимодействие картографии и геоинформатики [Текст] / А.М. Берлянт. – М.: Научный мир, 2000. – 189 с.
7. Берлянт, А.М. Картографический словарь [Текст] / А.М. Берлянт. – М.: Научный мир, 2005. – 424 с.
8. Бойко, В.В. Проектирование баз данных информационных систем [Текст] / В.В. Бойко, В.М. Савинков. – М.: Финансы и статистика, 1989. – 351 с.
9. Бугаевский, Л.М. Геоинформационные системы [Текст]. – М.: Златоуст, 2000. – 221 с.
10. Варламов, А.А. Земельный кадастр. Географические и земельные информационные системы [Текст] / А.А. Варламов, С.А. Гальченко. Т. 6. – М.: Колос, 2005. – 480 с.
11. Ваулина, Е.Ю. Мой компьютер [Текст]: толковый сл. / Е.Ю. Ваулина. – М.: Эксмо, 2003. – 496 с.
12. Ваулина, Е.Ю. Термины современной информатики [Текст] / Е.Ю. Ваулина. – М., 2004.
13. Воройский, Ф.С. Информатика. Новый систематизированный толковый словарь-справочник [Текст] / Ф.С. Воройский. – М.: Научный мир, 2003. – 535 с.
14. Воройский, Ф.С. Систематизированный толковый словарь по информатике [Текст] / Ф.С. Воройский. – М.: Либерия, 1998. – 376 с.
15. Геоинформационные системы – что это? [Текст]. – 2-е изд. – М.: Трисофт, 1997. – 169 с.
16. Глазунов, В.В. Геоинформационные системы [Текст] / В.В. Глазунов. – СПб.: ВИРГ-рудгеофизика, 2002. – 82 с.
17. Дейт, К. Руководство по реляционной СУБД DB2 [Текст] / К. Дейт. – М.: Финансы и статистика, 1988. – 320 с.
18. ДеМерс, Майкл Н. Географические информационные системы [Текст] / Майкл Н. ДеМерс. – М., 1999. – 262 с.
19. Джексон, Г. Проектирование реляционных баз данных для использования с микроЭВМ [Текст] / Г. Джексон. – М.: Мир, 1991. – 252 с.
20. Доктрина информационной безопасности Российской Федерации № Пр-1895 от 09 сентября 2000 г. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.scrf.gov.ru/Documents/Decree/2000/09-09.html>.

21. Жалковский, Е.А. Цифровая картография и геоинформатика. Краткий терминологический словарь [Текст] / Е.А. Жалковский. – М.: Картгеоцентр – Геодезиздат, 1999, 46 с.

22. Законодательная и нормативно-правовая база защиты информации в Российской Федерации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://dvabor.narod.ru/public/knigi/ibr/glava4/glava4_5.htm.

23. Засурский, Я.Н. Информационное общество сегодня и завтра [Текст] / Я.Н. Засурский // Информационное общество. – М., 2001. – Вып. 3. – С. 57–58.

24. Геоинформатика [Текст] / А.Д. Иванников, В.П. Кулагин, А.Н. Тихонов, В.Я. Цветков. – М.: МаксПресс, 2001. – 349 с.

25. Прикладная геоинформатика [Текст] / А.Д. Иванников, В.П. Кулагин, А.Н. Тихонов, В.Я. Цветков. – М.: МаксПресс, 2005. – 336 с.

26. Концепция построения многоуровневых муниципальных геоинформационных систем [Текст] / Г.В. Игнатъев, И.В. Лесных, В.А. Середович, М.О. Говоров, А.Г. Хорев // Тез. докл. Междунар. науч.-практ. конф. «Проблемы кадастра и планир. гор. территорий». – Новосибирск: 1996. – С. 9–11.

27. Концептуальные решения муниципальной ГИС города Новосибирска [Текст] / А.И. Каленицкий, С.Н. Лавров, Д.В. Лисицкий, В.А. Середович // Современ. проблемы геодезии и оптики: тез. докл. – Новосибирск: СГГА, 1998. – С. 14–15.

28. Геоинформатика [Текст]: толковый сл. основных терминов // Е.Г. Капралов, А.В. Кошкарев, В.С. Тикунов и др. – М.: Академия, 2005. – 480 с.

29. Основы геоинформатики [Текст] / Е.Г. Капралов, А.В. Кошкарев, В.С. Тикунов и др. – М.: Академия, Книга 1, 2004. – 352 с.

30. Карпик, А.П. Методологические и технологические основы геоинформационного обеспечения территорий [Текст]: монография / А.П. Карпик. – Новосибирск: СГГА, 2004. – 260 с.

31. Карпик, А.П. Геоинформационные технологии – основа формирования единого информационного пространства [Текст] / А.П. Карпик, В.А. Середович // 3-й Сиб. конгр. по приклад. и индустриал. математике (ИНПРИМ-98): тез. докл. Ч. 3. – Новосибирск, 1998. – С. 109–110.

32. Картография и геоинформатика: пути взаимодействия [Текст] // Изв. АН СССР. Сер. геогр. – 1990. – № 1. – С. 32.

33. Ключниченко, В.Н. К вопросу об информационном обслуживании заявителей / В.Н. Ключниченко, Н.В. Ключниченко // Современные проблемы геодезии и оптики: сб. материалов ЛШ междунар. науч.-техн. конф., посвящ. 70-летию СГГА, 11–21 марта 2003 г. Ч. IV / СГГА. – Новосибирск, 2003. – С. 300–303.

34. Ключниченко, В.Н. К вопросу о целесообразности применения АРМ в области землеустройства и земельного кадастра [Текст] / В.Н. Ключниченко, Н.В. Ключниченко; Сиб. гос. геодез. акад. – Новосибирск, 2001. – 10 с. – Деп. в ОНИПР ЦНИИГАиК 19.03.2001, № 736-гд 2001.

35. Ключниченко, В.Н. Об одном из возможных путей создания автоматизированных информационных систем [Текст] / В.Н. Ключниченко, Н.В. Ключниченко; Сиб. гос. геодез. акад. – Новосибирск, 2001. – 6 с. – Деп. в ОНИПР ЦНИИГАиК 19.07.2001, № 740-гд 2001.

36. Ключниченко, Н.В. Концепция построения автоматизированной обучающей системы «Кадастр» [Текст] / Н.В. Ключниченко, В.А. Середович; Вестн. СГГА. – 2002. – Вып. 7. – С. 73–81.

37. Ключниченко, Н.В. О необходимости автоматизации документооборота в службах кадастра [Текст] / Н.В. Ключниченко, В.А. Середович; Сиб. гос. геодез. акад. – Новосибирск, 2001. – 4 с. – Деп. в ОНИПР ЦНИИГАиК 19.07.2001, № 741-гд 2001.

38. Ключниченко, Н.В. Применение информационных технологий для обслуживания заявителей. Методы дистанционного зондирования и ГИС-технологии для оценки состояния окружающей среды, инвентаризация земель и объектов недвижимости [Текст] / Н.В. Ключниченко, В.А. Середович // Регистрация прав недвижимости имущества и сделок по нему: 6-я Междунар. науч. конф., 11–18 мая 2002 года: тез. докл. – Испания, 2002. – С. 33–35.

39. Коновалова, Н.В. Введение в ГИС [Текст] / Н.В. Коновалова, Е.Г. Капралов. – М., 1997. – 160 с.

40. Королев, Ю.К. Общая геоинформатика [Текст]. Вып. 1, Ч. 1 / Ю.К. Королев. – М., 1998. – 118 с.

41. Корриган, Дж. Компьютерная графика: Секреты и решения [Текст] / Дж. Корриган; пер с англ. – М.: Энтроп, 1995. – 352 с.

42. Кошкарев, А.В. Геоинформатика [Текст] / А.В. Кошкарев, В.С. Тикунов; под ред. Д.В. Лисицкого. – М.: Картгеоцентр – Геодезиздат, 1993. – 239 с.

43. Кузнецов, О.Л. Геоинформатика [Текст] / О.Л. Кузнецов, А.А. Никитин. – М.: Недра, 1992. – 302 с.

44. Лесных, И.В. Проблемы геодезического обеспечения территорий в современных условиях [Текст] / И.В. Лесных, В.А. Середович, А.П. Карпик // ГЕО-Сибирь-2005. Т. 1. Геодезия, картография, маркшейдерия: сб. материалов науч. конгр. «ГЕО-Сибирь-2005». – Новосибирск: СГГА, 2005. – С. 4–7.

45. Лисицкий, Д.В. Общность и различие понятий «Цифровая модель местности», «Цифровая карта» и «Электронная карта» [Текст] / Д.В. Лисицкий // Тез. докл. LI научно-техн. конф. преподавателей СГГА «Современные проблемы геодезии и оптики». – Новосибирск, 2001. – С. 143–144.

46. Лурье, И.К. Геоинформатика. Учебные геоинформационные системы [Текст]: учебно-метод. пособие. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1997. – 115 с.

47. Мейер, М. Теория реляционных баз данных [Текст] / М. Мейер. – М.: Мир, 1987. – 608 с.

48. Муниципальные ГИС [Текст]. – М.: Приор, 2000. – 62 с.

49. Окинавская хартия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.iis.ru/events/okinawa/charter.ru.html>.

50. 50. Российская Федерация. Президент (2000– ; В.В. Путин). О дополнительных гарантиях права граждан на информацию: Указ Президента

Российской Федерации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ekey.ru/lib/2/10>.

51. Панкрушин, В.К. Геоинформационные системы и геоинформационное образование в строительстве [Текст] / В.К. Панкрушин, С.Н. Ушаков // Изв. вузов. Строительство. – 1998. – № 1. – С. 106–111.

52. Проблемы геоинформатики [Текст]. Республиканская научная конференция. Тарту – Кяэрику, 22–23 сентября 1983 г.

53. Сазонов, Н.В. Применение ГИС-технологий в задачах информационно-аналитического обеспечения пользователей автоматизированной системы ведения государственного земельного кадастра [Электронный ресурс] / Н.В. Сазонов. – Режим доступа: <http://www.cbt.ru:8000/conf2003/d02.php>.

54. Сай, С.И. Программа «Создание автоматизированной системы ведения государственного кадастра и государственного учета объектов недвижимости» на 2002–2007 годы [Текст] / С.И. Сай // Информ. бюлл. ГИС-Ассоциации. – 2001. – № 4. – С. 4–7.

55. Самратов, У.Д. Использование технологий цифровых картографических и геоинформационных систем в государственном земельном кадастре России [Текст] / У.Д. Самратов, Г.С. Елесин, П.Р. Попович // ГИС-обозрение, 1995. – С. 12–13.

56. Середович, В.А. Организация внедрения и эффективной работы геоинформационных систем [Текст] / В.А. Середович, А.П. Карпик // Тез. докл. междунар. научно-практ. конф. «Пробл. кадастра и планир. гор. территорий». – Новосибирск, 1996. – С. 19–20.

57. Середович, В.А. / ГИС-технологии для эффективного управления и планирования территорий [Текст] / В.А. Середович, А.П. Карпик // Информ. бюлл. – 1998. – № 1. – С. 77.

58. Опыт создания ГИС-проектов в среде программы WINGIS [Текст] / В.А. Середович, А.П. Карпик, С.В. Середович, О.В. Твердовский // Тез. докл. научно-техн. конф. преподавателей СГГА «Современные проблемы геодезии и оптики». – Новосибирск: СГГА, 1998. – С. 112.

59. Середович, В.А. Особенности создания ГИС для эффективного управления земельными ресурсами [Текст] / В.А. Середович, А.П. Карпик, В.И. Татаренко // Восток – Сибирь – Запад: тез. докл. / СГГА. – Новосибирск, 1999. – С. 45.

60. Середович, В.А. О необходимости автоматизации документооборота в службах кадастра [Текст] / В.А. Середович, Н.В. Ключниченко // Тез. докл. LI научно-техн. конф. преподавателей СГГА «Современные проблемы геодезии и оптики», 16–19 апр. 2001 г. – Новосибирск: СГГА, 2001. – С. 91.

61. Середович, В.А. Разработка технологии сбора и обработки данных для создания ГИС линейно-площадных объектов [Текст] / В.А. Середович, А.П. Карпик, С.В. Середович // Тез. докл. LI научно-техн. конф. преподавателей СГГА «Современные проблемы геодезии и оптики», 16–19 апр. 2001 г. – Новосибирск: СГГА, 2001. – С. 137.

62. Технология создания электронных карт масштаба 1 : 5 000 [Текст] / В.А. Середович, М.В. Суханова, Ю.А. Лысенко, М.Д. Козориз, В.А. Калюжин //

Методы дистанционного зондирования и ГИС-технологии для оценки состояния окружающей среды, инвентаризации земель и объектов недвижимости. Регистрация прав недвижимости имущества и сделок по нему: 6-я Междунар. науч. конф., Испания 11–18 мая 2002 г. Тез. докл. – М.: МИИГАиК, 2002. – С. 61–63.

63. Середович, В.А. Разработка геоинформационной системы на территорию техногенных природно-территориальных комплексов нефтегазовых месторождений [Текст] / В.А. Середович, В.А. Калюжин, А.В. Дубровский // Материалы междунар. научно-техн. конф. посвящ. 225-летию МИИГАиК, Москва 24–27 мая 2004 г. – М.: МИИГАиК, 2004. – С. 133–138.

64. Середович, В.А. Создание геоинформационной основы банка лесов Новосибирской области в аспекте инвентаризации земель лесного фонда [Текст] / В.А. Середович, В.А. Калюжин, А.В. Дубровский // Материалы междунар. научно-техн. конф. посвящ. 225-летию МИИГАиК, Москва 24–27 мая 2004 г. – М.: МИИГАиК, 2004. – С. 129–133.

65. Середович, В.А. Подход к формированию специализированных геоинформационных систем [Текст] / В.А. Середович, В.А. Калюжин // Материалы VIII междунар. научно-практ. конф., Франция, Ницца 12–19 марта 2004 г. – Новосибирск: СГГА, 2004. – С. 41–46.

66. Середович, В.А. Технология инвентаризации земель нефтегазового комплекса [Текст] / В.А. Середович, В.А. Калюжин, А.В. Дубровский // Материалы VIII междунар. научно-практ. конф., Франция, Ницца 12–19 марта 2004 г. – Новосибирск: СГГА, 2004. – С. 59–63.

67. Середович, В.А. Совершенствование методики землеустроительных работ по разграничению государственной собственности на землю в Новосибирской области [Текст] / В.А. Середович, В.А. Калюжин, А.В. Дубровский // Материалы Всерос. конф. «Геоинформ. и кадастр. обеспечение задач упр. и развития земельно-имуществ. отношений в городах России». – М.: РГУНиГ, 2004.

68. Середович, В.А. Методика подготовки геоинформационных данных для проведения инвентаризации земель месторождения нефти и газа [Текст] / В.А. Середович, В.А. Калюжин, А.В. Дубровский // Материалы LIV научно-практ. конф. Новосибирск 19–23 апреля 2004 г. – Новосибирск: СГГА, 2004.

69. Середович, В.А. / Автоматизированный учёт земельных ресурсов и объектов недвижимости в нефтегазодобывающем предприятии [Текст] / В.А. Середович, В.А. Калюжин, В.П. Савченко // ГЕО-Сибирь-2005. Т. 3. Землеустройство, кадастр земель и недвижимости, лесоустройство. Ч. 2: сб. материалов науч. конгресса «ГЕО-Сибирь-2005». – Новосибирск: СГГА, 2005. – С. 114–118.

70. Середович, В.А. Технология обновления цифровых карт крупного масштаба по снимкам высокого разрешения [Текст] / В.А. Середович, А.П. Гук, В.В. Прудников // Методы дистанционного зондирования и ГИС-технологий для оценки состояния окружающей среды, инвентаризации земель и объектов недвижимости: материалы IX междунар. научно-практ. конф., 14–21 мая 2005 г. – Новосибирск: СГГА, 2005. – С. 12–18.

71. Середович, В.А. О геолого-маркшейдерском аудите нефтегазодобывающих предприятий Российской Федерации [Текст] / В.А. Середович, М.Д. Козориз // Методы дистанционного зондирования и ГИС-технологий для оценки состояния окружающей среды, инвентаризации земель и объектов недвижимости: материалы IX междунар. научно-практ. конф., 14–21 мая 2005 г. – Новосибирск: СГГА, 2005. – С. 30–32.

72. Середович, В.А. Теоретические и методические основы идентификации НДС и поворотных движений ГДС по наземным и спутниковым наблюдениям [Текст] / В.А. Середович, В.К. Панкрушин, Б.Т. Мазуров // Материалы конф. «Геодезия, картография, кадастр земель Прибайкалья». – Иркутск: ИрГТУ, 2004. – С. 31–33.

73. Середович, В.А. Разработка технологии инвентаризации земель нефтегазодобывающих предприятий на основе комплексной обработки данных [Текст] / В.А. Середович, В.А. Калюжин, А.В. Дубровский // Тез. Междунар. пром. форума Geoform+. – М.: Проспект, 2005. – С. 28–29.

74. Середович, В.А. Разработка системы автоматизированного управления нефтегазодобывающим предприятием на основе интеграции ГИС и СУБД [Текст] / В.А. Середович, В.А. Калюжин, А.В. Дубровский // Тез. Междунар. пром. форума Geoform+. – М.: Проспект, 2005. – С. 21–24.

75. Требования к электронным картам и планам и правила их приемки в территориальный фонд материалов топографо-геодезических работ и инженерных изысканий [Текст]. Утв. Распоряжением председателя Комитета по градостроительству и архитектуре № 45 от 09.01.1998.

76. Российская Федерация. Законы. Об информации, информатизации и защите информации: федер. закон от 20.02.95 № 24-ФЗ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.sbcinfo.ru/articles/doc/law/40-fz.htm>.

77. Хаксхолд, Виллиам Ё. Введение в городские географические информационные системы [Текст] / В.Ё. Хаксхолд; пер. с англ. – New York: Oxford University Press, 1991.

78. Цветков, В.Я. Введение в геоинформатику [Текст] / В.Я. Цветков. – М., 2005.

79. Цветков, В.Я. / Геоинформационные системы и технологии [Текст] / В.Я. Цветков. – М.: Финансы и статистика, 1998. – 287 с.

80. Цветков, В.Я. Геоинформационные системы [Текст]: учеб. пособие / В.Я. Цветков. – М., 2000. – 129 с.

81. Цикритизис, Д. Модели данных [Текст] / Д. Цикритизис, Ф. Лоховски. – М.: Финансы и статистика, 1985. – 344 с.

82. Шикин, Е.В. Компьютерная графика. Динамика, реалистические изображения [Текст] / Е.В. Шикин, А.В. Боресков. – М.: ДИАЛОГ-МИФИ, 1995. – 288 с.

83. Электронная Россия (2002–2010 годы). Федеральная целевая программа [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.e-russia.ru/program/> разработана по заказу Министерства РФ по связи и информатизации компанией АУАХИ в 2002 году.

84. The National Science Foundation National Center for Geographic Information and Analysis. – Int. J. of Geographical Information Systems, 1987, v. 1, N 4, pp. 302–306.

85. Theoretical Analysis of Information Systems. Lund, 1966.

86. Vitek, J.D. Accuracy in geographic information systems: an assessment of inherent and operational errors [Text] / J.D. Vitek, St.J. Walsh, M.S. Gregory. – Proc. Silver Spring, 1984. – 296 p.

87. Shevenewerk, M.S. Determination of Ice Flow Velocities at the South Pole Using Measurements from the Global Positioning System (GPS) [Электронный ресурс] / M.S. Shevenewerk, J.R. MacKay, L.D. Hotem, G. Shupe. – Режим доступа: <http://www.grdl.noaa>.

88. Tomlinson, R.F. Geographic Information System [Text] / R.F. Tomlinson. – University of London, 1974. – 444 p.

89. Zhang, J. Southern Permanent GPS Geodetic Array: Error analysis of daily position estimates and site velocities [Text] / J. Zhang, Y. Bock, H. Johnson et al. // J. of Geophysical Research, Vol. 102, No. B8, 1997. – P. 35–55.