Анализ методов и способов функционирования геоинформационных систем

Analysis of methods and technologies of geoinformation systems

Воронин / Voronin A.

Алексей

(aleksey.v.v@mail.ru)

кандидат технических наук, доцент.

ФИЦ ИУ РАН «Федеральный исследовательский

центр «Информатика и управление»»,

ведущий научный сотрудник.

г. Москва

Ключевые слова: геоинформационные системы — geoinformation systems; ГИС — GIS; метод — method; способ — technology; визуализация — visualization; трансформация — transformation; анализ — analysis.

Недостаточность развития отечественных (ГИС), геоинформационных систем санкционная политика стран Запада против Российской Федерации формируют особенность современной ситуации развития инфокоммуникационной отрасли в стране. Как следствие этого, требуется разработка методов и способов функционирования ГИС. Однако перед их разработкой необходимо провести анализ методов и способов, нашедших применение в современных ГИС, определить их достоинства и недостатки для последующего обоснования выбора направлений отечественных разработок методов и способов функционирования ГИС. Чему и посвещена данная статья.

Insufficient development of domestic geoinformation systems (GIS) along with sanction policy applied by Western countries against the Russian Federation determine the specifics of the current situation in the development of information and communication industry in the country. Therefore, operational methods and technologies for GIS shall be developed. However, before the development, we shall analyze available methods and solutions applicable to modern GIS, identify their pros and cons for further reasonable selection of trends in the development of operational methods and technologies for GIS. This article is intended to discuss the said problems.

Введение

На современном этапе развития информационных систем в стране отечественные Hi-Tech-производители хоть и активно, но пока только осваивают рынок разработки и сопровождения (гео)информационных систем.

Страны Запада, применяя санкционные меры против Российской Федерации, дополнительно осложняют ситуацию развития и эксплуатации ГИС. При этом в силу ряда причин исторического, геополитического и экономического характера, геоинформационные системы часто иностранного производства и производители по коммерческим соображениям скрывают их функционал или алгоритмические возможности.

Разработка и совершенствование методов и способов функционирования геоинформационных систем для синтеза управленческих решений в отечественных отраслях является одним из приоритетных направлений разработки средств визуализации при принятии решений с использованием информационных систем.

Однако разработка и совершенствование методов и способов неразрывно связаны с уже существующими и применяемыми в ГИС методами и способами функционирования геоинформационных систем. Требуется провести анализ нашедших применение в современных геоинформационных системах методов и способов функционирования ГИС для последующего выбора направлений отечественных разработок в данной области.

Целью исследования является определение достоинств и недостатков применяемых в ГИС отечественного и импортного производства методов и способов их функционирования.

Результаты анализа в последующем позволят в рамках импортозамещения обоснованно выбрать направления новых отечественных разработок, совершенствований и реализаций методов и способов функционирования (гео)информационных систем для принятия решений в различных областях деятельности Человека.

Анализ достоинств и недостатков функционирования применяемых геоинформационных систем

В документах OGC и OSGeo геоинформационная система определяется как компьютерная система для

сбора, хранения, проверки, интеграции, управления, анализа, и отображения данных применительно к их расположению на поверхности Земли.

В работах С.П. Присяжнока, В.Н. Филатова, Г.К. Осипова [1-3] под геоинформационной системой понимают автоматизированную систему, предназначенную для обработки пространственно-временных данных, которые позволяют расширить знания о явлении или предмете (объекте) реального мира, при этом основой их интеграции служит географическая информация.

Автоматизированная система [1] — система, состоящая из персонала и комплекса средств автоматизации деятельности, реализующая информационную технологию выполнения установленных функций.

С точки зрения выполнения основных функций в [1] дается определение ГИС, как автоматизированной системы, предназначенной для сбора, обработки, анализа, моделирования и отображения данных, а также решения информационных и расчетных задач с использованием цифровой картографической, аналоговой и текстовой информации. Данное определение созвучно с определением ОGС и OSGeo.

В работах Р.М. Юсупова, В.В. Поповича, Л.С. Бернштейна, И.Н. Розенберга, С.Л. Белякова [4, 5] определение ГИС рассматривается в широком и узком смыслах: в широком — система сбора, хранения, анализа и графической визуализации пространственных данных и связанной с ними информации; в узком — инструмент (программный продукт), позволяющий пользователям анализировать и редактировать цифровые карты, а также дополнительную информацию об объектах.

Как видно из данных определений, геоинформаци-

онная система — это система, реализующая информационную технологию по выполнению установленных функций ГИС: ввода, контроля целостности и хранения данных, преобразования форматов, разграничение прав доступа, выполнения геоинформационных задач, отображения результатов анализа данных.

В [2, 3] рассмотрены и классифицированы ГИС по пространственной характеристике, региональной принадлежности, форме представления геоданных, используемым аппаратным средствам и области применения. Однако центральный элемент — реализуемый функционал (основные функции: анализ, трансформация и визуализация данных, согласно представленным определениям) — не рассматривался. Проанализируем достоинства и недостатки геоинформационных систем с точки зрения их функционала.

1. Геоинформационные системы, состоящие из одной или нескольких программ. Данные системы просты в реализации и эксплуатации, имеются ограничения при совместном использовании геоданных в компьютерной сети (поддерживаются, как правило, функции сетевой операционной системы). Достоинства и недостатки по используемым средствам анализа данных, их трансформации и визуализации представлены в таблице 1.

2. Геоинформационные системы, функционирующие с использованием технологии клиент-сервер. Системы предполагают наличие выделенного в сети сервера геоданных, однако его функциональность, как правило, ограничена. Сложность в эксплуатации систем требует наличия квалифицированного персонала. Достоинства и недостатки по используемым средствам анализа данных, их трансформации и визуализации представлены в таблице 2.

Таблица 1 **Достоинства и недостатки ГИС, состоящих из одной или нескольких программ**

	Достоинства	Недостатки
Анализ данных	Реализация уникальных алгоритмов обработки геоданных.	Отсутствие возможности самостоятельной разработки уникальных алгоритмов обработки геоданных.
Трансформация данных	Простая трансформация в виду использования собственных форматов данных.	T - F
Визуализация данных	Высокое быстродействие.	_

Таблица 2

Достоинства и недостатки ГИС, функционирующие с использованием технологии клиент-сервер

	Достоинства	Недостатки
Анализ данных	Реализация уникальных алгоритмов обработки геоданных.	Отсутствие возможности самостоятельной разработки уникальных алгоритмов обработки геоданных.
Трансформация данных	Простая трансформация в виду использования собственных форматов данных.	Не совместимость с форматами данных других ГИС.
Визуализация данных	Высокое быстродействие.	_

Таблица 3

Достоинства и недостатки ГИС, функционирующие с использованием технологии клиент-сервер и хранящие данные с использованием одной из распространённых систем управления базами данных

	Достоинства	Недостатки
Анализ данных	_	Наличие ограничений на знание внутренней струк- туры СУБД.
	Простая трансформация в	Наличие ограничений с форматами данных других
Трансформация	виду использования соб-	гис.
данных	ственных форматов дан-	Наличие ограничений на
	ных.	знание внутренней струк-
		туры СУБД.
D		Снижение быстродействия в виду необходимости
Визуализация данных	_	передачи больших объемов данных по сети.

Таблица 4

Достоинства и недостатки ГИС, функционирующие с использованием технологии клиент-сервер и использующие в качестве хранилища геоданных специализированные расширения SQL-сервера

	Достоинства	Недостатки
Анализ данных	Независимость структуры хранения геоданных от разработчика ГИС.	_
Трансформация данных	Интеграция форматов гео- данных различных ГИС.	-
Визуализация данных	Возможность использования произвольного браузера при решении на базе WEB-технологии.	Снижение быстродействия при решении на базе WEB-технологии.

3. Геоинформационные системы, функционирующие с использованием технологии клиент-сервер и хранящие данные с использованием одной из распространённых систем управления базами данных (Microsoft SQL Server, Oracle, My SQL, Postgre SQL). Системы ориентированы на использование внешней СУБД и современных средств работы с ней. Следовательно, сложность в эксплуатации систем (необходимы настройки ГИС, СУБД) требует наличия квалифицированного персонала. Достоинства и недостатки по используемым средствам анализа данных, их трансформации и визуализации представлены в таблице 3.

4. Геоинформационные системы, функционирующие с использованием технологии клиент-сервер и использующие в качестве хранилища геоданных специализированные расширения SQL-сервера (Oracle Locator/ Spatial для Oracle SQL Server, Microsoft Spatial для Microsoft SQL Server, Post GIS для PostgreSQL). В рамках технологии предложены решения, реализующие распределенные геоинформационные системы (одно хранилище - несколько ГИС) и использующие WEB-браузер в качестве рабочего места пользователя. Системы предполагают использование программного обеспечения сторонних разработчиков (включая свободно распространяемого и распространяемого с открытым исходным кодом). Сложность в эксплуатации систем (необходимы настройки ГИС, СУБД) требует наличия квалифицированного персонала. Достоинства и недостатки по используемым средствам анализа данных, их трансформации и визуализации представлены в таблице 4.

В результате проведенного анализа выявлены достоинства и недостатки применяемых геоинформационных

систем с точки зрения их основного функционала, но не рассмотрены методы и способы, лежащие в основе основных функций Γ ИС.

Методы и способы анализа, трансформации и визуализации данных, используемые в геоинформационных системах

Согласно [6-9] под методом (в информатике [10, 11]) понимают единое решение задач определённого класса или способ теоретического исследования.

Способ – действия или система действий, применяемых при исполнении работы (решении задачи) [7–9].

Сводные данные по применяемым в ГИС методах и способах по анализу данных представлены в таблице 5.

При анализе данных в геоинформационных системах рассматриваются рассчитываемые параметры статистических характеристик выбранных объектов. При этом рассчитываются: значения минимума, максимума, суммы, среднего значения данных характеристик рассматриваемых объектов. В ГИС применяются следующие основные методы анализа геоданных [12, 13] (табл. 5):

- регрессионный;
- оверлейный;
- сетевой;
- нейросетевой.

Сущность регрессионного метода [12] заключается в представлении результатов анализа показателей в виде графика (диаграммы) распределения, таблицы статистических характеристик регрессии, коэффициентов корреляции. Также генерируются случайные гипотетические показатели на основе статистических

=

Методы и способы по анализу данных

	Методы	Способы
		1. С учетом отображения на карте:
	1. Регрессионный.	– учета пространственного рас-
	2. Оверлейный.	положения объекта;
	3. Элементов те-	– без учета пространственного рас-
	ории графов (се-	положения объекта;
Анализ данных	тевой).	– расчета плотности отображаемых
	4. С помощью ис-	геоданных на картографическом
	кусственных ней-	сегменте.
	ронных сетей.	2. Без учета отображения на карте.
		3. «Из–в», «из–через».

моделей распределения с заданным параметром. По результатам анализа возможны: построение модели поверхности тренда на растровом изображении, расчет среднего центра для множества точек изображения, генерирование векторного файла в соответствии с выбранной схемой пространственного отбора.

Оверлейный метод [12] основан на наложении разноименных картографических слоев и создании объектов, возникающих при их геометрическом наложении. Атрибутивная информация исходных объектов наследуется производными объектами. Используются полигональные, точечные и линейные объекты.

Цифровая обработка оверлейных операций обеспечивает нахождение ошибок геоизображения для заданной точности. Операция осуществляется, как правило, двумя слоями, реже — несколькими.

Метод элементов теории графов (сетевой метод) [12] реализует обработку данных природного и антропогенного происхождения (реки, дороги, коммуникационные сооружения). Метод применяется при изучении топологических свойств объектов и территорий.

Метод с помощью искусственных нейронных сетей [13] заключается в построении эмпирической зависимости без привлечения дополнительной информации для заполнения пропусков в таблице данных.

В ГИС применяются следующие основные способы анализа геоданных [12, 13] (табл. 5):

- с учетом отображения на карте:
- учета пространственного расположения объекта;
- без учета пространственного расположения объекта:
- расчета плотности отображаемых геоданных на картографическом сегменте;

- без учета отображения на карте;
- «из-в», «из-через».

Способы реализации методов анализа геоданных относятся к решению специализированных задач анализа. Перечисленные способы (с учетом (без) отображения на карте — например, районирование, типология) [13] формализуются в задаче построения отношений на множестве объектов и построение функции по конечному набору значений.

Способы «из-в» и «из-через» реализуют метод сетевого анализа данных [12]. Сеть — набор линий, которые имеют не более двух точек касания с другими линиями: начало, конец. Способы соединения элементов сети определяют способы анализа данных: «Из-в» — соединение объекта A с объектом B; «из-через» — соединение объекта A через объект C с объектом B.

Под трансформацией данных в геоинформационных системах понимаются операции ротации геообъектов (пересчета координат пространственных объектов при их повороте, сдвиге, масштабировании осей) [12].

В ГИС применяются следующие основные методы трансформации геоданных [12, 14] (табл. 6):

- аффинного преобразования с применением линейного или квадратичного полинома;
 - «резиновой» трансформации.

Метод аффинного преобразования с применением линейного или квадратичного полинома [14] применяется при трансформации растра. Использование квадратичного полинома дает результат преобразования точнее, чем при использовании линейного полинома.

Метод «резиновой» трансформации [14] заключается в том, что вместе с передвигаемым узлом

Таблица 6

Методы и способы по трансформации данных

	Методы	Способы
Трансформация данных		1. Удаления (добавления) тематических
	1. Аффинного	слоев.
	преобразования	2. Удаления (добавления) элементов слоя.
	с применением	3. Изменения тематического содержания с
	линейного или	помощью генерализации данных.
	квадратичного	4. Замены отображения тематического
	полинома.	содержания.
	2. «Резиновой»	5. Построения анаморфированных изобра-
	трансформации.	жений.
		6. Перехода к динамическому карто-
		графическому изображению.

ближайшей окрестности. Такой метод применим в пределах одного покрытия.

Основные способы трансформации данных описаны в [12] и представлены в таблице 6:

- удаления (добавления) тематических слоев;
- удаления (добавления) элементов слоя;
- изменения тематического содержания с помощью генерализации данных;
 - замены отображения тематического содержания;
 - построения анаморфированных изображений;
- перехода к динамическому картографическому изображению.

Удаление или добавление тематического слоя (элемента слоя) являются простейшими способами трансформации данных.

Изменение тематического содержания приемами генерализации реализуется через утрирование, обобщение, упрощение, сглаживание, например, цветового решения карты.

Замена отображения тематического содержания является картографическим способом трансформации данных (например, замена точечного представления на ареал).

Построение анаморфированных изображений представляет формирование картоподобных изображений.

Использование динамического картографического изображения осуществляется посредством применения интерактивной мультипликации.

Под визуализацией данных понимается графическое воспроизведение, отображение, генерация изображений (в том числе картографических) и иной графики на устройствах отображения данных (экране монитора).

сдвигаются или трансформируются все объекты в Воснове лежит преобразования исходных цифровых данных с помощью специальных алгоритмов, сокращающих размерность их описания до двух измерений. Данные изображаются в виде точек на плоскости монитора [12]. Главная задача, решаемая при визуализации, - сохранение существенной части закономерностей, присущих геоданным. Это позволяет наглядно представить исходный набор многомерных данных и сделать вывод об их распределении.

> В ГИС применяются следующие основные методы визуализации геоданных [12, 14] (табл. 7):

- классические (например, максимума правдоподобия или вложения в многомерное пространство двумерного многообразия);
 - комбинированные;
 - альтернативные.

Метод вложения в многомерное пространство двумерного многообразия заключается в построении вложенного в многомерное пространство данных двумерного многообразия, которое моделирует или аппроксимирует данные (визуализирует данные в виде статической или подвижной карты). Каждому объекту из набора данных сопоставляется в соответствие пара координат, характеризующих положение образа на двумерной карте.

Альтернативный метод [15] - визуализация картографических изображений в рамках веб-ориентированных ГИС, предполагающий реализацию функциональных возможностей на клиентской или серверной сторонах веб-приложения, с использованием элемента canvas HTML5, технологий Adobe Flash и SVG.

Комбинированный метод является развитием методов генерации электронных карт и предпола-

Методы и способы по визуализации данных

	Методы	Способы
		1. В виде числовых значений.
		2. В виде таблиц (включая атрибуты
	1. Классические	объектов).
	(например, максиму-	3. Медиа (фото-, видеоизображения,
	ма правдоподобия,	анимация).
Визуодизония	вложения в много-	4. В виде графики:
Визуализация	мерное пространство	– размерных символов (значков);
данных	двумерного много-	– качественного (для количествен-
	образия).	ных данных) фона;
	2. Комбинированные.	– точек;
	3. Альтернативные.	– столбчатых и круговых локал-
		изованных диаграмм;
		– изолиний.

гает сочетание основных преимуществ классических из которых имеет значение количественного показателя. и альтернативных методов визуализации [15].

В ГИС применяются следующие основные способы визуализации геоданных [12] (табл. 7):

- в виде числовых значений;
- в виде таблиц (включая атрибуты объектов);
- медиа (фото-, видеоизображения, анимация);
- в виде графики:
- размерных символов (значков);
- качественного (для количественных данных) фона;
- столбчатых и круговых локализованных диаграмм;
- изолиний.

Отображение в ГИС данных в виде числовых значений (чисел, таблиц чисел) реализует простейший способ визуализации данных, атрибутов и результатов их анализа.

Использование фото-, видеоизображений и анимации предполагает реализацию способа визуализации с помощью проигрывателей медиаданных.

Визуализация графики при способе размерных символов использует в качестве представления анализируемых характеристик объектов отображения специальных символов, размер которых передает количественную информацию, а форма и цвет качественную.

В случае группировки данных применим способ качественного фона – присвоение определенного цвета каждой группе данных.

При точечном способе изобразительным средством является множество точек одинакового размера, каждая

Столбчатые и круговые локализованные диаграммы позволяют отобразить соотношение нескольких характеристик. Диаграммы при этом имеют географическую привязку.

Способ изолиний, отображая различные показатели, формирует карты изотерм, изобар, изокоррелят и др. С помощью изолиний выделяются территории, характеризующиеся одинаковыми свойствами (например, температуры). При этом различаются: истинные изолинии - непрерывное изменение показателя, псевдоизолинии - дискретное изменение показателя. Для представления применяются линии разных типов, толщины и цвета.

Проведенный анализ достоинств и недостатков применяемых геоинформационных систем, а также методов и способов их функционирования позволяет рассматривать ГИС на современном этапе как компьютерную версию отечественного или импортного производства бумажной картографии, что при существующим уровне развития инфокоммуникационных систем является недостаточным.

Использование известных и хорошо апробированных алгоритмов, реализующих рассмотренные методы и способы функционирования ГИС, при анализе не позволяет реализовывать аналитическую обработку информации или данных (уникальные алгоритмы анализа) при решении широкого круга задач, что является современной особенностью развития инфокоммуникационного мира. Недостаточная проработанность вопросов

анализа (аналитической обработки — как анализа в широком смысле) гео информации ведет к необходимости разработки отечественных методов и способов анализа данных для синтеза управленческих решений с помощью ГИС. Кроме этого повышаются требования к функциональности геоинформационных систем, придаются новые свойства на основе возрастающего объема хранимых данных, приводящие к необходимости увеличения ресурса привлекаемых сил и средств для функционирования ГИС. Большой объем разнородной телекоммуникационной информации также формирует необходимость разработки методов и способ анализа и обработки данных (например, формирование слоя уникальных геоданных), как составной подзадачи задачи синтеза управляющих решений.

При увеличении функциональности геоинформационных систем трансформация данных предполагает уже не только операции ротации геообъектов (в узком смысле), но и формирование описаний (дополнительных атрибутов) достаточных для принятия решений (в широком смысле), что требует знания структуры хранения данных и их форматов, формирования самой структуры выводимой информации и данных для принятия решений, а следовательно, необходимость разработки методов и способ трансформации данных.

Современные требования к наглядному представлению информации, включая картографической, предполагают отображение, в зависимости от решаемых задач, не только статических, но и динамически меняющихся во времени изображений, работу с большим объемом данных и простоту восприятия образов или ситуации. Это требует высокого быстродействия, а следовательно, производительности аппаратных и программных средств визуализации, что формирует необходимость разработки новых методов и способ визуализации в комплексной взаимосвязи с методами и способами анализа и трансформации данных для современного функционирования геоинформационных систем.

Заключение

Проведенный анализ методов и способов функционирования геоинформационных систем позволил определить достоинства и недостатки применяемых в ГИС отечественного и импортного производства методов и способов их функционирования для последующего выбора направлений новых разработок в предметной области с учетом современной ситуации развития инфокоммуникационного мира и санкционной политики стран Запада против Российской Федерации. Требуется разработка новых методов и способов (анализа, трансформации и визуализации данных) функционирования геоинформационных систем, выступающих как инструмент для синтеза управленческих решений в различных областях деятельности Человека.

Литература

- 1. Присяжнюк, С. П. Геоинформационные системы военного назначения / С.П. Присяжнюк, В.Н. Филатов, С.П. Федоненков. СПб.: Балт. Гос. техн. Ун-т, 2009. 210 с.
- 2. Присяжнюк, С. П. Научно-методические основы создания территориальных информационно-аналитических систем для органов местного самоуправления / С.П. Присяжнюк, Г.К. Осипов / / Информация и Космос. − 2007. № 2. С. 7–9.
- 3. Присяжнюк, С. П. Автоматизированная поддержка принятия решения на геоинформационных системах / С.П. Присяжнюк, В.Н. Филатов // Информация и Космос. 2004. \mathbb{N}_2 2. С. 4–8.
- 4. Интеллектуальные географические информационные системы для мониторинга морской обстановки / под общ. ред. чл-кор. РАН Р.М. Юсупова и докт. техн. наук В.В. Поповича. СПб.: Наука, 2013.
- 5. Розенберг, И. Н. Программные интеллектуальные оболочки геоинформационных систем / под ред. Л.С. Бернштейна. М.: Научный мир, 2010.
- 6. Энциклопедический словарь / под ред. А.М. Прохорова. М.: Педагогика-Пресс, 1994. 352 с.
- 7. Шафрин, Ю. А. Основы компьютерной технологии / Ю.А. Шафрин. М.: АБВ, 1997. 656 с.
- 8. Даль, В. И. Толковый словарь живого великорусского языка : В 4 ч. СПб., 1863-1866, 2-е изд., 1880-1882; 3-е изд., испр. и доп. / под ред. И.А. Бодуэна де Куртенэ. СПб.: Товарищество М. О. Вольфа, 1903-1909.
- 9. Толковый словарь русского языка : В 4 т. / под ред. Д.Н. Ушакова. М.: Сов. энцикл. : ОГИЗ, 1935–1940.
- 10. Симонович, С. В. Информатика. Базовый курс для Вузов / под ред. С.В. Симоновича. СПб.: Питер, 2000.
- 11. Фигурнов, В. Э. IBM РС для пользователя д. В.Э. Фигурнов. М.: Инфра-М, 2001.
- 12. Орлов, В. Ю. Основные понятия и определения геоинформационных систем в природоохранной деятельности / В.Ю. Орлов. Ярославль: Яросл. гос. ун-т, 2003. 96 с.
- 13. Питенко, А. А. Нейросетевой анализ в геоинформационных системах / А.А. Питенко. Красноярск: ФЦП «Интеграция», 2000. 97 с.
- 14. Ананьев, Ю. С. Геоинформационные системы / Ю.С. Ананьев. Томск: ТПУ, 2013. 70 с.
- 15. Милихин, М. М. Комбинированный метод визуализации картографических данных веб-ориентированной геоинформационной системы / М.М. Милихин, Ю.Б. Гриценко, М.М. Рычагов / / Управление, вычислительная техника, и информатика Доклады ТУСУРа. С. 112—116.