

На правах рукописи

УДК 528.235:681.3

КАРАЧЕВЦЕВА Ирина Петровна

**РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ И ТЕХНОЛОГИИ СОЗДАНИЯ
СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОННЫХ АВТОДОРОЖНЫХ КАРТ
НА ОСНОВЕ БАЗЫ РАЗНОМАСШТАБНЫХ ДАННЫХ**

Специальность 25.00.33 – Картография

АВТОРЕФЕРАТ

диссертация на соискание ученой степени

кандидата технических наук



Москва – 2005

**Работа выполнена в Московском государственном университете
геодезии и картографии (МИИГАиК)**

Научный руководитель:

доктор технических наук, профессор А. И. Мартыненко

Консультант:

доктор физико-математических наук, профессор К.Б. Шингарева

Официальные оппоненты:

доктор технических наук, профессор Т. В. Верещака

доктор географических наук, профессор И. К. Лурье

Ведущая организация:

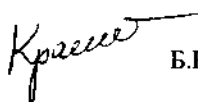
Федеральное государственное унитарное предприятие «Центральный ордена “Знак Почета” научно-исследовательский институт геодезии, аэросъемки и картографии им. Ф.Н. Красовского» (ЦНИИГАиК)

Защита диссертации состоится « ____ » _____ 2005 г.
в _____ час. на заседании диссертационного совета Д 212.143.01
в Московском государственном университете геодезии и картографии
(МИИГАиК) по адресу: 105064 Москва, Гороховский пер., 4

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке университета.

Автореферат разослан « ____ » ноября 2005 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета



Б.В. Краснолевцев

2006-4
25156

2240434

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

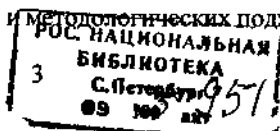
Актуальность темы исследования определяется практическими потребностями создания картографического обеспечения информационных систем в дорожной отрасли. Для решения проблем, связанных с хранением, отслеживанием и сопровождением информации об автомобильных дорогах и объектах дорожной инфраструктуры, разрабатываются промышленные информационные системы, направленные на решение различных задач. В дорожной отрасли на сегодня нет единого подхода, обеспечивающего учет состояния автомобильных дорог на разных территориях на основе общих стандартов и подходов. Лишь в некоторых отраслевых информационных системах применяются пространственные данные на основе развитой картографической визуализации.

Автодорожные карты – один из активно развивающихся видов электронных карт в связи с потребностями автомобильных навигационных систем. Использование данных ДДЗ, GPS-съемки, глобальных банков рельефа требует оптимизации организационно-технологических особенностей подготовки современных типов цифровой пространственной информации.

Таким образом, возникает необходимость разработки методов и технологий создания электронных автодорожных карт на основе современных высокотехнологичных источников данных с учетом требований и специфики дорожной отрасли.

Цели и задачи исследования. Целью диссертационной работы является разработка методики создания электронных автодорожных карт на основе базы разномасштабных данных в рамках единой технологии ввода, обработки, оформления и обновления пространственной информации. Для реализации поставленной цели потребовалось решение следующих задач:

– обобщить отечественный и зарубежный опыт разработки информационных транспортных систем и их картографическое обеспечение с учетом анализа современных теоретических концепций и методологических подходов;



– разработать требования, предъявляемые к пространственным данным в отраслевых информационных дорожных системах и обосновать их картографическое обеспечение;

– разработать методику и технологию создания электронных карт и подготовки карт к изданию на основе интеграции издательских и геоинформационных технологий для в рамках единого программно–аппаратного комплекса с учетом требований и специфики дорожной отрасли;

– разработать методы автоматизации и оптимизации обработки цифровых пространственных данных для создания электронных автодорожных карт на основе ГИС-технологий и геоинформационных моделей данных;

– разработать методику обновления электронных автодорожных карт на основе базы разномасштабных пространственных данных с использованием современных высокотехнологичных источников – цифровых космических изображений и детальных спутниковых GPS–съемок дорожной сети.

Объектом исследования является система электронных автодорожных карт различных масштабов и пространственного охвата. Предмет исследования – методы и технология создания базового и специализированного картографического обеспечения проблемно–ориентированной автодорожной ГИС. Сюда относятся: цифровая топографическая основа разных масштабов (1: 10 000, 1: 200 000, 1: 500 000, 1: 1 000 000); специальные съемочные данные, полученные по результатам высокоточных полевых GPS-измерений дорожной сети Московской области; дополнительная информация, имеющая важное значение для электронной картографии: базы данных географических названий, космические изображения высокого разрешения.

Методы исследования, используемые в диссертации, опираются на теоретические и методологические основы геоинформационного картографирования, отраженные в трудах отечественных (А.И.Мартыненко, А.А.Лютый, С.Н.Сербенюк, А.М.Берлянт, Л.М.Бугаевский, А.Г.Иванов) и зарубежных ученых (Т.Kilpelainen, L.Sarjakoski, S.Spaccapietra, B.Bedard, L.Harrie, M.Sester).

На защиту выносятся:

- Методика создания электронных автодорожных карт и подготовки карт к печати на основе интеграции издательских и геоинформационных технологий в рамках единого программно-аппаратного комплекса;
- Методы автоматизации и оптимизации обработки цифровых пространственных данных при создании электронных автодорожных карт на основе ГИС-технологий и геоинформационных моделей данных;
- Технология создания системы электронных карт в проблемно-ориентированной автодорожной ГИС на основе разномасштабной картографической информации;
- Методика обновления электронных автодорожных карт с использованием GPS-съемки дорожной сети и космических изображений высокого разрешения.

Научная новизна работы состоит в комплексном подходе, впервые примененном в рамках единой технологии ввода, обработки, оформления и обновления пространственной информации при создании электронных автодорожных карт. К оригинальным результатам исследований относятся:

- анализ и обобщение отечественного и зарубежного опыта разработки информационных дорожных систем и электронных карт на основе многоуровневой модели данных;
- предложения по соединению концептуальных подходов к интеграции пространственных данных: логически взаимоувязанной системы электронных карт и базы разномасштабных данных;
- синтез издательских и геоинформационных технологий при создании картографического обеспечения отраслевых информационно-справочных систем;
- методика согласования и повышение точности разномасштабных пространственных данных с использованием топологической (линейно-узловой) модели дорожной сети;

– методика обновления электронных автодорожных карт на основе многоуровневой модели базы пространственных данных;

– обоснование и выбор информационного обеспечения для создания пространственных моделей местности в дорожных информационных системах.

Практическая значимость работы. Разработанная методика и технология внедрены при создании картографического обеспечения отраслевой ГИС «Автомобильные дороги Московской области», предназначенной для анализа дорожной обстановки и решения прикладных задач инвентаризации дорог, находящихся в ведении Управления автомобильных дорог Московской области «МОСАВТОДОР». Основные результаты, изложенные в диссертации, использовались при подготовке к изданию ряда картографических произведений: общегеографической карты России масштаба 1: 5 000 000 (издательство ООО «Ассоциированный Картографический Центр»), Атласа России (издательство «Riders Digest»), серии региональных автодорожных карт для различных областей России (Московская, Орловская, Воронежская, Амурская, Свердловская, Пермская, Тульская). Разработанные методы создания электронных карт и организационно-технологическое обеспечение использованы при создании проблемно-ориентированных ГИС различной тематики, а также картографических мультимедийных справочных систем разного назначения: отраслевых («Автомобильные дороги Московской области») и учебных («География России» для 8–9 классов средних школ).

Апробация результатов исследования. Основные положения диссертации докладывались и обсуждались:

– на Международной научно-технической конференции «Состояние и перспективы развития картографии», посвященной 60-летию Картографического факультета Московского государственного университета геодезии и картографии (МИИГАиК), Москва, 27-28 мая 1996 г.

– на I Всероссийской научной конференции по картографии «Картография на рубеже тысячелетий», Москва, 7-10 октября 1997 г.

– на Международной научно-технической конференции, посвященной 220-летию со дня основания Московского государственного университета геодезии и картографии (МИИГАиК), Москва, 24-27 мая 1999 г.;

– на IV Всероссийской конференции «Геоинформатика и образование», Москва, РАГС, 7-8 июня 2000 г.

– на XX Международной картографической конференции ICA (International Cartographic Association), Китай, Пекин, 10-16 августа 2001 г.;

– на Международной конференции ИНТЕРКАРТО 8 «ГИС для устойчивого развития территорий», Хельсинки – С.-Петербург, 30 мая-2 июня 2002 г.;

– на Международной конференции ИНТЕРКАРТО 9 «ГИС для устойчивого развития территорий», Украина, Севастополь, 25-29 июня 2003 г.,

– на Международной научно-технической конференции «Геодезия, картография, кадастр на службе России», посвященной 225-летию со дня основания Московского государственного университета геодезии и картографии (МИИГАиК), Москва, 24-27 мая 2004 г.;

– на Международной конференции ИНТЕРКАРТО 10 «ГИС для устойчивого развития территорий», Владивосток, 12-19 июля 2004 г.;

– на XXII Международной картографической конференции ICA, Испания, Ла Корунья, 9-16 июля 2005 г.;

– на Международной конференции ИНТЕРКАРТО 11 «ГИС для устойчивого развития территорий», Ставрополь, 25-27 сентября 2005 г.

Публикации. Основные положения и результаты диссертационной работы отражены в 11 научных статьях.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы и приложений. Материал изложен на 183 страницах машинописного текста, содержит 18 таблиц, 36 рисунков и 3 приложения с иллюстрациями. Список литературы насчитывает 139 наименований, из них 54 на английском языке.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обосновывается актуальность исследования, определяются цель, предмет, задачи и методы исследования. Характеризуются теоретическая и практическая значимость работы, сформулированы положения, выносимые на защиту.

В первой главе «Обзор информационных систем дорожной отрасли. Анализ методов интеграции пространственных данных» проведена систематизация существующих информационных систем дорожной отрасли с точки зрения их картографического обеспечения. В территориальных управлениях автомобильных дорог создавались проекты с различной структурой и форматами представления данных, причем в некоторых отраслевых системах картографическое обеспечение отсутствует. Дорожные сети, как класс инженерных сетей, имеют большую протяженность и разветвленность, разный характер покрытия и степень развитости объектов дорожной инфраструктуры. Таким образом, картографическое обеспечение является важной частью общего информационного обеспечения дорожной отрасли. Обзор отечественных информационных систем позволяет сделать следующие выводы:

- Разработчиками накоплен определенный опыт создания банков данных об автомобильных дорогах и объектах дорожной инфраструктуры;
- Для управления данными и их отображения используются как коммерческие ГИС, так и внутренние отраслевые разработки;
- В дорожной отрасли слабо развиты технологии работы с пространственными моделями местности. Создание 3D моделей необходимо как для общей характеристики рельефа территории, так и для его детальной оценки (построение вертикальных профилей дорог, подсчет объемов земляных работ при проектировании).

В зарубежных разработках информационных дорожных систем National Road Network (Канада), Texas Department of Transportation (ТхDOT, США) задачи формирования банков данных в рамках единых стандартов практиче-

ски решены и главное внимание уделяется оптимизации картографических решений на основе использования технологий объектно-ориентированного программирования. В европейских проектах (TeleAtlas, GiMoDig), связанных с созданием электронных автодорожных карт для мобильных систем, рассматриваются возможности автоматизированной картографической генерализации в режиме реального времени («на лету»); вопросы создания взаимосвязей объектов в единой базе пространственных данных; проблемы визуализации на малоформатных дисплеях в автомобильных системах.

Анализ картографического обеспечения вышеперечисленных разработок показывает, что существует несколько подходов к интеграции пространственной информации: на основе многоуровневого картографического представления и на основе многоуровневой модели базы разномасштабных данных. Первый подход отражен в разработанной в нашей стране системе электронных карт (СЭК) и заключается в переходе от отдельных электронных карт (ЭК) к информационной системе, состоящей из совокупности ЭК, объединенных общим замыслом, технологией, унифицированной и согласованной по масштабам, системам координат, проекциям, содержанию и условным знакам. Второй подход основан на множественном (разномасштабном) представлении одного и того же цифрового объекта в единой базе пространственных данных.

Концептуальные различия перечисленных выше подходов определяются методами интеграции пространственной информации. Так, отдельные ЭК, входящие в систему, связаны внешними связями на уровне логической модели; во втором случае связи между цифровыми представлениями объекта реального мира фиксируются непосредственно в физической модели базы пространственных данных. Это приводит к различиям в уровнях управления информацией – при картографическом подходе пользователь манипулирует массивами данных (электронными картами), во втором случае – отдельными объектами. Преимущества первого подхода связаны с доступностью инфор-

мации для конечного пользователя, второй подход дает преимущества при обработке пространственных данных, в частности, для их генерализации и обновления. Эффективность обновления связана с возможностью проведения так называемой дифференцированной автоматизированной генерализации – «incremental generalisation» (Kilpelainen and Sarjakoski, 1995), когда актуализация информации происходит только на одном уровне детальности (наиболее подробном), а обновления передаются через объектные взаимосвязи на последующие уровни.

Для формирования многоуровневой модели пространственных данных в нашей стране имеются не только теоретические и методологические, но и практические предпосылки – накоплен большой объем разномасштабной, хорошо стандартизированной топографической информации. Разрабатываемая в настоящий момент инфраструктура пространственных данных основана на смене картографической парадигмы: понятие "цифровая карта" уступает место понятию "база пространственных данных" – БПД (Мартыненко, 2005; Миллер и др., 2005).

Анализ различных моделей систем управления базами данных (СУБД) показывает, что в условиях смены картографической парадигмы, традиционный для современных ГИС геореляционный подход не обеспечивает решение сложных задач пространственного моделирования объектов реального мира. Объектно-ориентированный подход, в основе которого лежит более эффективная модель данных, способствует уменьшению разрыва между структурой пространственной информации и реализацией ее хранения и обработки в реляционной СУБД. Использование реляционной модели в сочетании с объектной функциональностью привело к появлению новой – объектно-реляционной модели – систем управления базами данных (ОР-СУБД). Ее главное свойство – сочетание основных достоинств обеих моделей, таких как расширяемость реляционных таблиц и поддержка объектов со сложным поведением в объектно-ориентированном программировании. Исходя из преимуществ объектно-

реляционной модели, при разработке информационных систем дорожной отрасли необходим переход от реляционных к объектно-реляционным ГИС.

Современное программное обеспечение в области обработки пространственных данных на основе ОР-СУБД (ArcGIS, ESRI [™]; GeoMedia Professional, INTERGRAPH [™]; Radius Topology, Laser-Scan [™]) дает возможность формировать сложные интеллектуальные системы на основе объединения вышеуказанных подходов. Результатом такого объединения являются гибкая обработка данных и динамическая картографическая визуализация. Предлагаемое соединение преимуществ концептуальных подходов в логически взаимосвязанной системе электронных карт, разработанной на основе многоуровневой модели БПД, позволит управлять массивами данных (ЭК) и хранить межуровневые связи пространственных объектов. Разработанная концептуальная модель синтезированного подхода, представлена в диссертации с использованием нотаций языка UML.

Во второй главе «Разработка методов автоматизации и оптимизации при создании электронных карт в ГИС» представлена разработанная автором *методика создания электронных автодорожных карт на основе интеграции издательских (НИС) и геоинформационных (ГИС) технологий* (см. Табл. 1), которая дает возможность не только ввода и корректной обработки пространственной информации с учетом требований, предъявляемых к картографическому обеспечению дорожных информационных систем, но обеспечивает создание и оформление электронных карт с использованием развитой картографической визуализации, а также подготовку карт к изданию в рамках единого программно-аппаратного комплекса.

Методика создания электронных автодорожных карт на основе интеграции НИС и ГИС-технологий

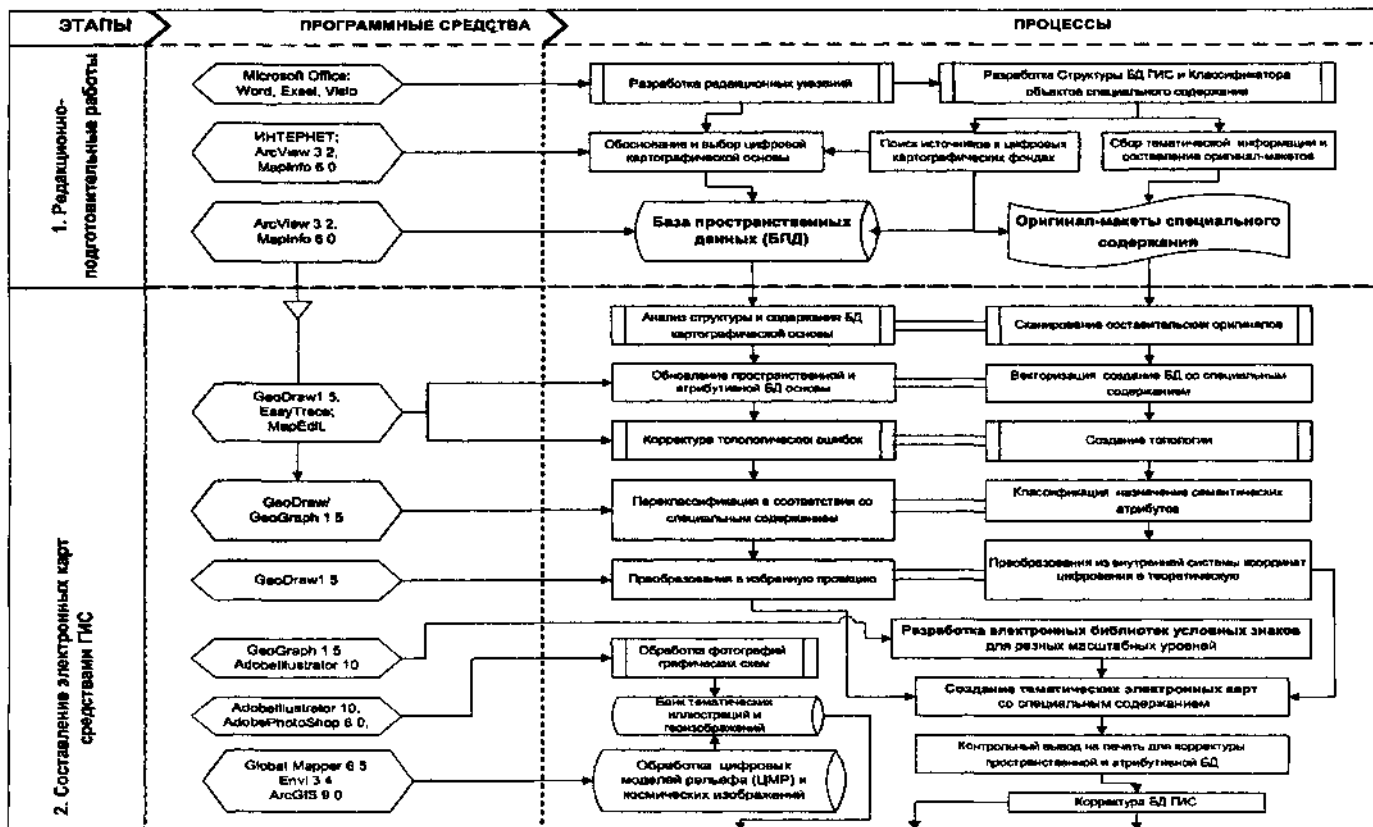
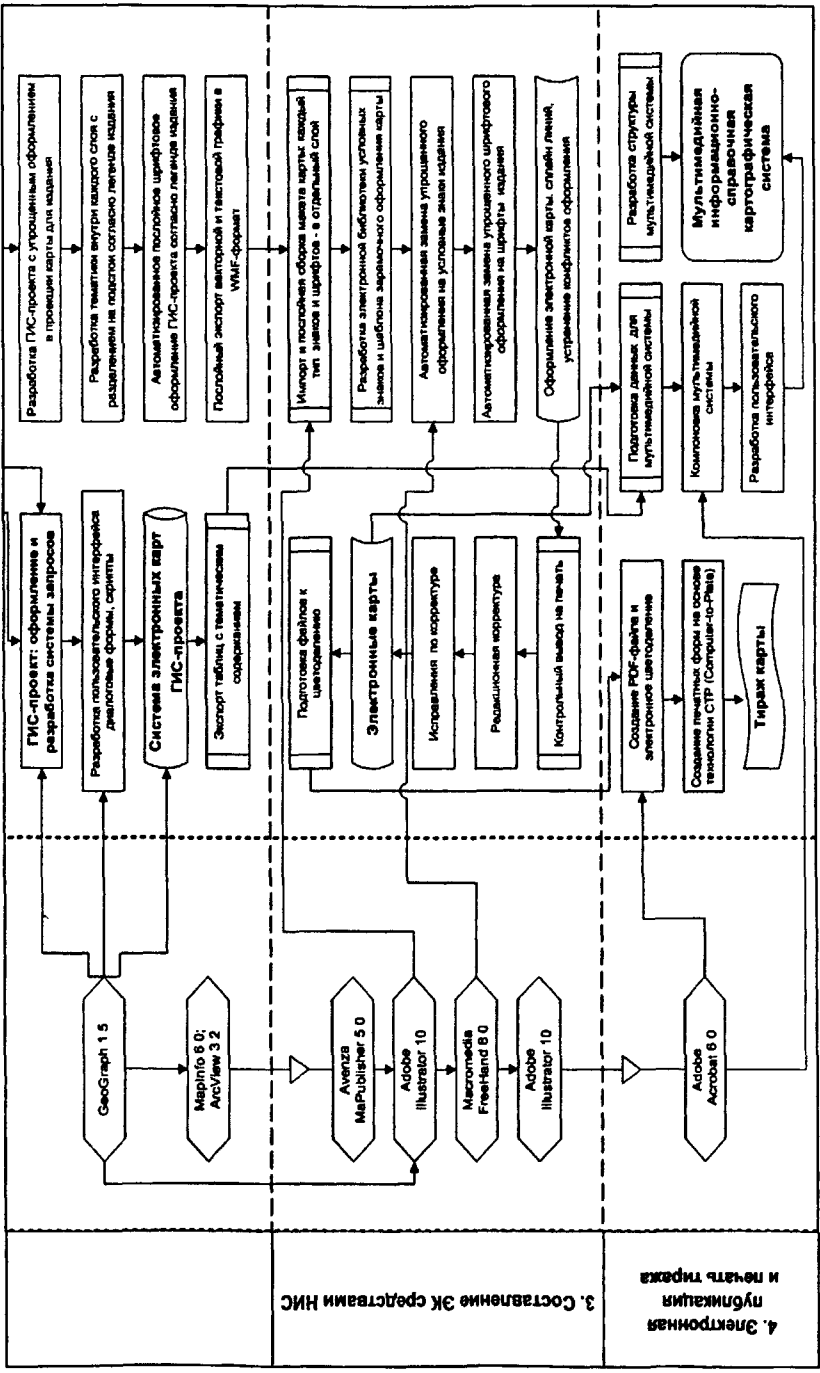


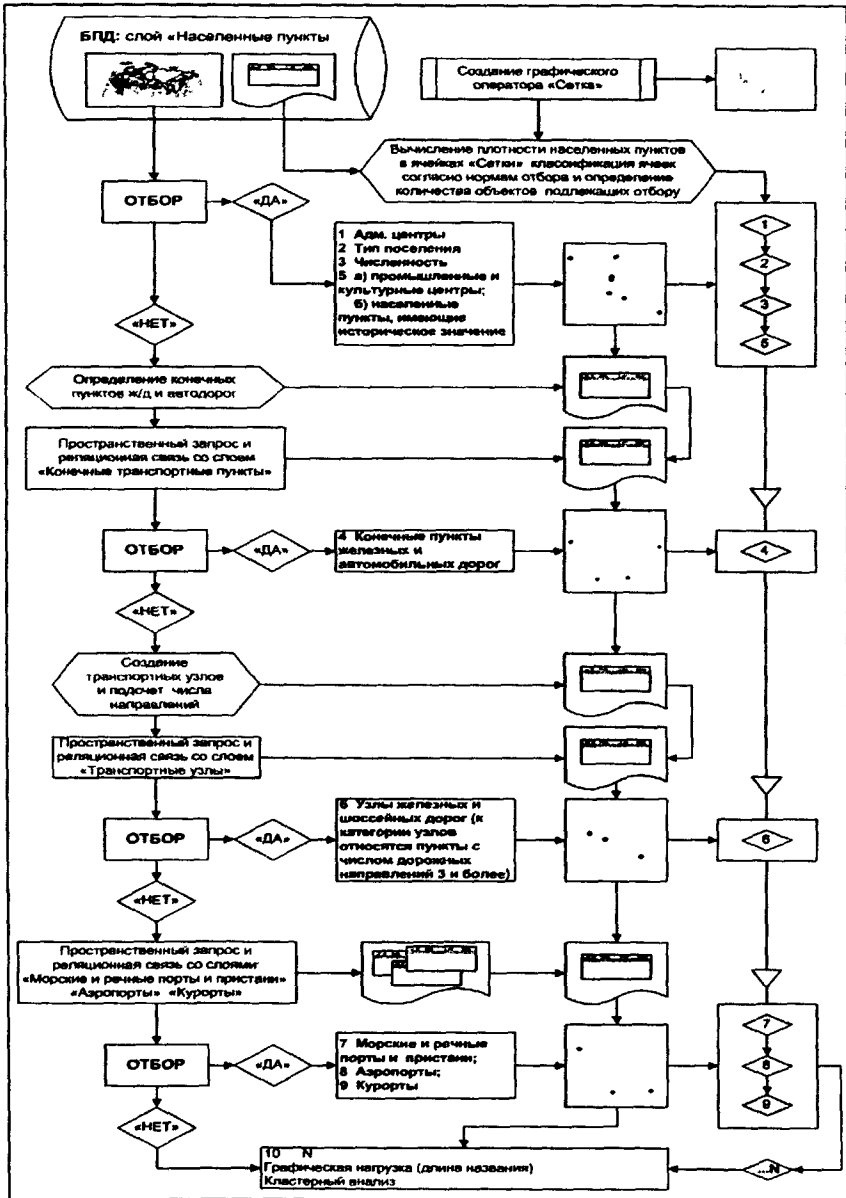
Табл.1 (продолжение)



Проведенный в диссертационном исследовании сравнительный анализ современных средств автоматизированной картографии позволил выделить несколько методов создания карт: обработка в ГИС высокого уровня; применение средств иллюстративной графики; использование ГИС конечного пользователя. Разработанная методика, в основе которой – использование ГИС среднего уровня (GeoDraw/GeoGraph 1.5), обеспечивает контроль ошибок цифровой картографической основы и создание корректной топологической линейно-узловой структуры дорожной сети. Кроме того, данный продукт обладает рядом преимуществ в части передачи данных из ГИС в издательские системы, что было выявлено в процессе исследований. Так, обеспечивается физический пересчет информации в фактический масштаб, что при экспорте данных дает истинные размеры картографического изображения, в отличие от других ГИС, имеющих плавающий масштаб отображения данных на экране, вследствие чего после экспорта информации требуется проводить дополнительное трудоемкое масштабирование. В GeoDraw/GeoGraph обеспечивается экспорт в НИС посредством WMF-формата с возможностью настройки параметров при конвертации, а также поддержка более 40 проекций, использующихся в нашей стране.

Методикой предусмотрены параллельная обработка готовых и ввод новых данных, в связи с чем рассмотрены особенности сканирования составительских оригиналов, что дает возможность применения автоматизированных средств векторизации и сокращение времени обработки информации. В диссертации подробно рассмотрены используемые в методике преимущества геоинформационных моделей данных. Метод оформления автодорожных карт с использованием линейной системы координат основан на принципах хранения дорожных объектов в отраслевых информационных системах – не в географических, а в относительных координатах – расстояниях от начала дороги. Механизм генерации пространственных объектов, известный как динамическая сегментация, позволяет визуализировать объекты на основе информации, хранящейся в базе данных, что дает возможность гибкого управления оформлением автодорожных карт.

Метод отбора населенных пунктов с использованием топологической модели транспортной сети



Населенные пункты являются важнейшим элементом электронных карт, что также отражается в структуре БД отраслевых ГИС, где для объекта дорожной инфраструктуры указан ближайший к нему населенный пункт. Разработанный метод отбора населенных пунктов (см. Табл. 2) для обзорных автодорожных карт основан на учете в качестве факторов генерализации не только главных географических признаков (политико-административный статус, тип поселения и численность населения), но и дополнительных, полученных из топологической автоматизированной обработки других слоев пространственной БД: речной и транспортной сетей. Этот метод отбора предусматривает выделение конечных пунктов железных и автомобильных дорог и узлов транспортной сети с подсчетом количества дорожных направлений, исходящих из каждого узла. Значимость критериев отражена на схеме в иерархической последовательности их применения. Разработанный метод показал хорошие результаты при отборе населенных пунктов в центральных районах России; для получения достоверных результатов в редконаселенных и малообжитых регионах целесообразно уменьшать нормы отбора с привлечением расчетов графической нагрузки карты (Иванов, 2003).

Географические названия на картах составляют важный элемент содержания, поясняя объекты дорожной инфраструктуры, указывая на их качественные и количественные характеристики. В условиях возрастающей интеграции России в мировое транспортное сообщество необходимы подготовка электронных публикаций и подготовка к изданию двуязычных автодорожных карт. При издании карт для международного использования процессы обновления и перевода географических названий автоматизированы за счет применения двуязычной базы географических названий. Этот метод значительно облегчает не только оформление, но и корректуру географических названий в процессе перевода. Автоматизировано также создание указателя (индекса) – объединяются и группируются данные, содержащиеся в нескольких информационных полях двуязычной базы данных названий.

В третьей главе «Разработка системы электронных автодорожных карт в проблемно-ориентированной ГИС» подробно описано применение разработанных методов для создания системы электронных карт в ГИС «Автомобильные дороги Московской области». Информационное содержание отраслевой ГИС должно обеспечивать:

- определение пространственного положения дорог и объектов дорожной инфраструктуры с высокой точностью и достоверностью (актуальностью);
- создание корректной линейно-узловой модели с построением топологии не только дорожной сети, но и межслойной топологии (речная сеть, населенные пункты, растительность);
- отображение дорожной ситуации на основе развитой картографической визуализации с возможностью подготовки карт к печати.

С учетом этих принципов разработана концептуальная модель отраслевой автодорожной ГИС (Рис. 1), основными компонентами которой являются: БПД (управление и хранение), программные модули (обработка) и пользовательский интерфейс (доступ к данным и картографическая визуализация).

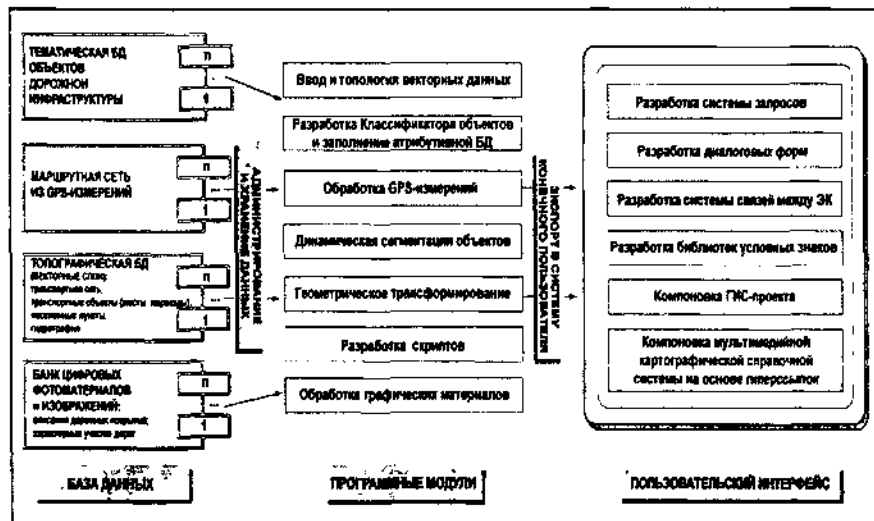


Рис. 1 Структура отраслевой ГИС на основе трех базовых компонентов.

Многоцелевая функциональная направленность данного проекта требовала комплексного подхода, который был реализован при подготовке картографического обеспечения ГИС. Это дает возможность передачи данных не только между отдельными технологическими этапами, но также позволяет осуществлять обмен и интеграцию данных различных дорожных организаций за счет согласованного тематического содержания, унификации условных обозначений, систем кодирования, форматов и структур представления цифровых объектов на основе единой технологии.

В процессе подготовительных работ по сбору информационного обеспечения ГИС выполнен анализ доступных картографических источников на район работ. Поскольку имеющаяся информация (как тематическая, так и топографическая) значительно устарела, то в ходе разработки пилотного ГИС-проекта были проведены дорожно-изыскательские работы и геодезические GPS-съемки трасс автомобильных дорог и сопутствующих объектов дорожной инфраструктуры с целью актуализации тематической информации и создания высокоточной сети осей автомобильных дорог. Таким образом, информационное обеспечение ГИС «Автомобильные дороги Московской области» составляет информация различного масштаба и степени детальности:

- Высокоточные измерения осей автомобильных дорог;
- Измерения дорожных объектов в линейной системе координат;
- Топографическая основа Московской области масштаба 1: 200 000;
- Полоса отвода трасс автомобильных дорог масштаба 1: 10 000.

Классификатор объектов, находящихся в полосе отвода, разработан в соответствии с принятыми стандартами, что обеспечивает совместимость этих данных с базовой топографической основой. Ввод и редактирование крупномасштабной информации проведены согласно разработанной методике (см. Табл. 1, этап 2). Обработка базовой пространственной информации имела особенности в связи с созданием линейно-узловой структуры согласно специфике дорожной сети и структуре отраслевой БД, с отслеживанием на-

чала–конца дороги. Это позволило не только учесть требования дорожной отрасли для решения аналитических задач (оптимизация транспортных потоков, поиск кратчайших маршрутов) и устранить топологические ошибки транспортной сети, но также выявить нарушения отвода дороги и несанкционированный захват земель.

Для отображения полученной разномасштабной информации созданы специальные электронные библиотеки условных знаков, на основе которых разработано оформление электронных карт. В результате создан картографический блок ГИС – тематические электронные карты, представляющие дорожную информацию на трех уровнях: обзорном, региональном и локальном. При разработке связей между уровнями реализован принцип системы электронных карт, основанный на управлении массивами данных. Разработка пользовательского интерфейса ГИС обеспечивает навигацию по системе, поиск объектов и удобный доступ не только к картам, но и к справочной (непространственной) информации.

По материалам ГИС-проекта, согласно разработанной методике интеграции издательских и геоинформационных технологий, подготовлена к изданию карта автомобильных дорог Московской области масштаба 1: 200 000. Актуальная дорожная информация на основе картографической визуализации необходима на разных административных уровнях – от технического специалиста до руководителей высокого уровня. ГИС, имея довольно сложный функциональный инструментарий, требуют от пользователя специальных знаний и навыков. Поэтому для доступа к данным лиц, не имеющих навыков работы с ГИС, на основе электронных автодорожных карт разработана картографическая информационно-справочная мультимедийная система с удобным пользовательским интерфейсом.

В четвертой главе «Разработка методики обновления электронных автодорожных карт» предложен метод согласования многоуровневой модели базы пространственных данных с возможностью учета изменений при

издании автодорожных карт других масштабов. Информационное обеспечение ГИС постоянно обновляется дорожными службами путем редактирования отраслевой БД, что должно отражаться в содержании электронных карт. Для реализации этой цели обоснован выбор дополнительного информационного обеспечения отраслевой ГИС, которое может быть использовано не только для обновления автодорожных карт различных масштабов, но и для создания трехмерных пространственных моделей местности:

- Цифровая модель рельефа (спутниковая радарная съемка – SRTM);
- Космические изображения высокого разрешения QuickBird.

В качестве уровней детальности многоуровневой модели БПД, в дополнение к исходной (1: 200 000), добавлены цифровые топографические основы обзорных масштабов (1: 500 000 – 1: 1 000 000). Для интеграции цифровых объектов, представленных на разных уровнях детальности, выполнены:

- Изучение и сравнение структуры баз данных на семантическом уровне;
- Предварительная обработка БПД (создание буферных зон, определение пространственных характеристик) для выявления геометрических и топологических связей объектов на разных уровнях детальности;
- Создание связей между идентичными объектами, выявленными на разных масштабах на этапе обработки данных.

Разработка связей между идентичными объектами, представленными на разных уровнях детальности, позволяет определить автоматизированным путем закономерности выполненной ранее вручную картографической генерализации и зафиксировать их в базе данных, что может быть основой Базы знаний для проведения автоматизированной картографической генерализации.

Поскольку в рамках создания ГИС получена высокоточная сеть осевых линий автомобильных дорог, то дальнейшее обновление электронных карт, связанное с учетом изменений дорожной сети, предложено проводить на основе космических изображений высокого разрешения. Анализ различных источников данных ДДЗ показал, что наиболее целесообразно использование

изображений спутника QuickBird: высокое разрешение (до 60 см), с возможностью съемки небольших территорий и узких «коридоров» (5 км), что повышает эффективность обновления в районах интенсивного строительства новых дорог, учитывая высокую стоимость изображений. Выявление изменений дорожной сети по данным ДДЗ происходит в интерактивном режиме путем совмещения трансформированных изображений и векторной дорожной сети. Использование изображений для создания пространственных трехмерных моделей местности также влияет на эффективность в сторону снижения стоимости за счет многофункционального использования данных.

В заключении содержатся основные выводы и рекомендации по реализации теоретических и практических положений, предложенных в диссертации. Главный итог диссертации – разработка комплексного подхода при создании электронных автодорожных карт на основе базы разномасштабных пространственных данных.

Основные результаты исследований:

1 Обобщены научные и практические основы системы электронных карт и базы разномасштабных пространственных данных. Предложено объединение концептуальных подходов для оптимизации процессов геоинформационного картографирования;

2 Разработана и внедрена методика и технология создания электронных карт и подготовки карт к печати на основе интеграции издательских и геоинформационных технологий в рамках единого программно-аппаратного комплекса с использованием ГИС среднего уровня и модуля динамической сегментации GeoDraw/GeoGraph 1.5;

3 Разработана методика согласования и повышения точности разномасштабных пространственных данных на основе топологической (линейно-узловой) модели высокоточных измерений осей автомобильных дорог;

4 Разработанные методы и технологии адаптированы для создания системы электронных карт в проблемно-ориентированной автодорожной ГИС на

основе интеграции базовой картографической основы, высокоточных GPS-съемок дорожной сети, объектов дорожной инфраструктуры и полосы отвода дороги. Это позволило выявить нарушения земельного отвода;

5 Разработанные методика и технология создания электронных карт использованы при подготовке к печати серии региональных автодорожных карт для различных областей России, а также при подготовке электронных публикаций в мультимедийной справочной системе для конечного пользователя, не имеющего навыков работы с ГИС;

6 Разработана методика обновления электронных карт на основе многоуровневой модели БПД с использованием современных высокотехнологичных источников – цифровых космических изображений и детальных спутниковых GPS-съемок дорожной сети.

7 Обоснован выбор информационного обеспечения для создания пространственных моделей местности в отраслевых автодорожных ГИС.

Основные положения диссертации опубликованы в научных статьях:

1. Использование современных компьютерных технологий для создания новых картографических произведений. // Картография на рубеже тысячелетий: Доклады I Всероссийской научной конференции по картографии. – М., 1997, – С. 572-577. Соавт.: Бесков С. К.

2. Интеграция ГИС и издательских систем – насущная потребность картографов. // Информационный бюллетень № 1 (18), – М.: ГИС-Ассоциация, 1999, – С. 68-69.

3. Integration of geoinformation and publishing technologies for creation cartographic search system «Russia» (with use the electronic map of Russia of scale 1: 5 000 000). // Proceedings XX ICA International Cartographic Conference, Beijing, 2001, vol. 3, pp 1521.

4. GIS for modeling cartographic design. // Proceedings XX ICA International Cartographic Conference, vol. 2, Beijing, 2001, vol. 2, pp 1169-1175. Co-authors: Martynenko A. I., Nyrtsova T.P.

5. Электронное картографирование внутренних водных путей России. // Материалы Первого Общероссийского научно-практического семинара. – М.: ИПИ РАН, 2002, – С. 91-97.

6. ГИС и некоторые базовые термины электронной картографии. // Материалы Международной конференции ИНТЕРКАРТО 9 «ГИС для устойчивого развития территорий», Новороссийск – Севастополь, 2003, – С. 40-44.

7. Разработка ГИС для планирования топологии сетей связи электроэнергетики России. // Материалы Международной конференции ИНТЕРКАРТО 9 «ГИС для устойчивого развития территорий», Новороссийск – Севастополь, 2003, – С. 89-92. Соавт.: Коробцов С. А.

8. Моделирование и аналитическая обработка рельефа для Интернет-картографирования. // Системы и средства информатики: Спец. вып. «Геоинформационные технологии» / под. ред. И.А. Соколова. – М.: ИПИ РАН, 2004, – С. 71-88. Соавт.: Мартыненко А. И., Коробцов С. А. Черепанова Е. В.

9. Объектно-ориентированные технологии как средство интеллектуализации ГИС. // Системы и средства информатики: Спец. вып. «Геоинформационные технологии» / под. ред. И.А. Соколова. – М.: ИПИ РАН, 2004, – С. 187-193. Соавт.: Коробцов С. А.

10. Опыт создания и перспективы развития двуязычной электронной базы данных географических названий. Материалы Международной научно-технической конференции «Геодезия, картография, кадастр на службе России», посвященной 225-летию со дня основания Московского государственного университета геодезии и картографии (МИИГАиК). – М., 2004, – С. 105-110. Соавт.: Есенкова Ю. В.

11. Разработка информационно-поисковой системы на основе двуязычной базы данных планетной номенклатуры. Материалы Международной конференции ИНТЕРКАРТО 11 «ГИС для устойчивого развития территорий», Ставрополь, 2005, – С. 365-369. Соавт.: К. Б. Шингарева, Б. В. Краснопевцева, Е. В. Черепанова, В. В. Шевченко, С. Г. Пугачева.

№ 23758

РНБ Русский фонд

2006-4

25156

МГУТИК

105064, Москва К-64, Гороховский пер., 4

Подп. к печати 14.11.2005 Формат 60×90
Бумага офсетная Печ. л. 1,5 Уч.-изд. л. 1,5
Тираж 80 экз. Заказ № 193 Цена договорная