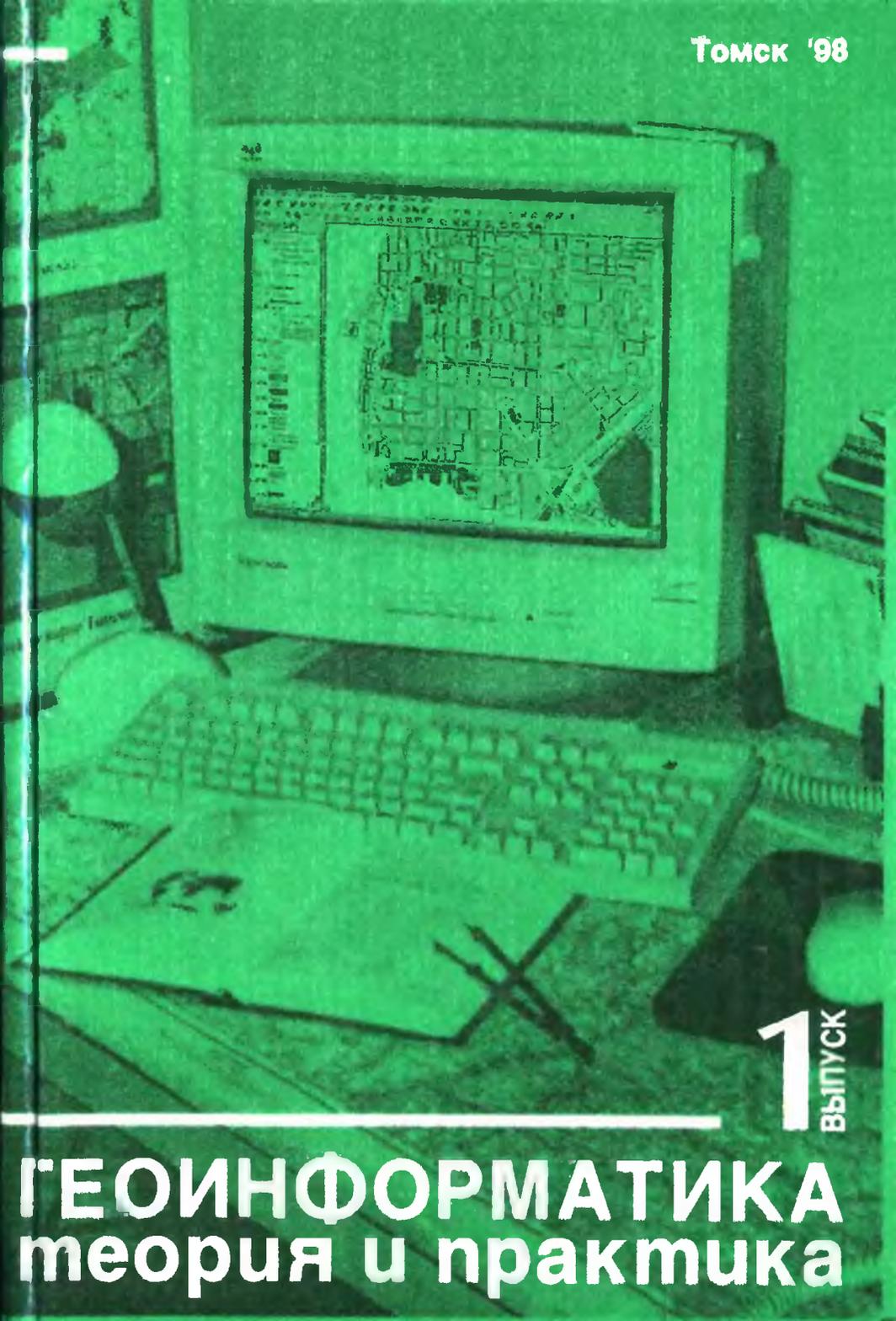
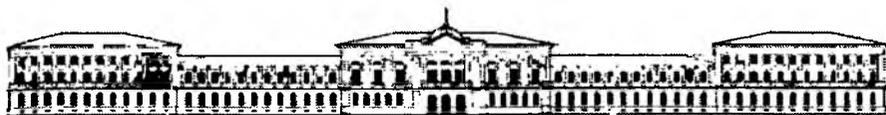


Томск '98



1
ВЫПУСК

ГЕОИНФОРМАТИКА теория и практика



Томский государственный университет

Факультет информатики



НПО «Сибгеоинформатика»



ГЕОИНФОРМАТИКА

Теория и практика

Выпуск 1

Издательство Томского университета

Томск – 1998

УДК 681.518

Геоинформатика. Теория и практика. Вып. 1 / Под ред. А.И. Рюмкина, Ю.Л. Костюка. – Томск: Изд-во Том. ун-та, 1998. – 415 с. – 500 экз. – 1404000000.

В книге собраны работы в области ГИС-технологий, выполненные сотрудниками объединённого коллектива факультета информатики ТГУ и НПО «Сибгеоинформатика», а также сотрудниками других организаций г. Томска. Представлен широкий спектр работ по таким основным направлениям, как разработка эффективных алгоритмов вычислительной геометрии для геоинформационных систем, разработка инструментальных и прикладных графических информационных систем, обработка данных дистанционного зондирования.

Книга может быть полезна ученым, ведущим исследования в области ГИС-технологий, программистам, разрабатывающим геоинформационные системы, а также студентам соответствующих специальностей.

Научные редакторы:

к.т.н., директор НПО «Сибгеоинформатика», зав. лабораторией информационных систем Томского государственного университета **А.И. Рюмкин**;

к.т.н., доцент, зав. кафедрой теоретических основ информатики Томского государственного университета **Ю.Л. Костюк**.

ISBN 5-7511-1036-6

$$\begin{array}{r} 1404000000 \\ \hline \text{E} 177(12) - 98 \end{array}$$

© НПО «Сибгеоинформатика», 1998.

© Все права на публикуемые работы принадлежат их авторам, 1998.

© Оформление и верстка: Скворцов А.В., 1998.

© Обложка: Дмитриенко В.Е., 1998.

СОДЕРЖАНИЕ

Гладких Б.А., Рюмкин А.И., Костюк Ю.Л. Развитие геоинформатики в Томском государственном университете 5

Раздел 1. Алгоритмы и структуры данных

Скворцов А.В., Костюк Ю.Л. Эффективные алгоритмы построения триангуляции Делоне.....	22
Фукс А.Л. Предварительная обработка набора точек при построении триангуляции Делоне.....	48
Костюк Ю.Л., Фукс А.Л. Приближенное вычисление оптимальной триангуляции.....	61
Скворцов А.В. Глобальные алгоритмы построения R-деревьев.....	67
Жихарев С.А., Костюк Ю.Л. Локальный поиск в метрической задаче коммивояжера.....	84
Костюк Ю.Л., Парамонов А.С., Гриценко В.Г. Технология создания трехмерных моделей объектов по плоским проекциям и ее применение в геоинформатике.....	96
Поддубный В.В., Черноусов М.В. Приближение сложных поверхностей с использованием аппарата рестриктивных B-сплайнов.....	107
Костюк Ю.Л., Фукс А.Л. Построение и аппроксимация изолиний однозначной поверхности, заданной набором исходных точек.....	119
Скворцов А.В., Костюк Ю.Л. Применение триангуляции для решения задач вычислительной геометрии.....	127
Жихарев С.А., Скворцов А.В. Построение и анализ графовых структур в ГИС и САПР.....	139

Раздел 2. Системы и модели

Андрющенко П.П., Бабанов А.М., Вотяков М.В., Скрыльников А.А., Суходолин Е.В. Концепция построения муниципальной информационной системы «МОНИТОР».....	153
Скворцов А.В., Гриценко Ю.Б. Вопросы построения универсальной графической системы для работы с территориально определённой информацией.....	169
Скворцов А.В. Система ГрафИн.....	181
Жихарев С.А., Скворцов А.В. Моделирование рельефа в системе ГрафИн.....	193
Скворцов А.В., Слюсаренко С.Г., Субботин С.А., Дмитриенко В.Е., Кобрин А.Ю. Информационное обеспечение инженерных сетей....	205
Гриценко Ю.Б. Применение геоинформационных технологий при эксплуатации водопроводных сетей.....	225

Иванов В.П., Рюмкин А.И., Фукс А.Л. Построение электронных моделей территории Томска на основе высокодетальной космосъемки.....	235
Рюмкин А.И., Тябаев Е.С. Оценка расселения на основе демографических моделей и геоинформационного анализа	245
Авсейков А.С., Нейфельд Е.А., Рюмкин А.И., Тябаев Е.С. Геоинформационная система по исторической территории Томска	273
Кравченко Г.Г. Геоинформационные технологии в геологоразведочной отрасли.....	28.
Ермак П.Г., Тэбырцэ М.Г., Кравченко Г.Г., Рюмкин А.И., Малых И.Г. Этапы формирования геоинформационных технологий в нефтегазодобывающих компаниях.....	296
Хамарин В.И., Загорулько В.А., Платонова Н.А. ГИС в гидрологическо-ландшафтной организации горно-таежной территории для целей лесопользования.....	315
Козин Е.С., Токарева О.С. Геоинформационная модель водных ресурсов	326
Степанова Н.Н., Токарева О.С., Торovina И.Л., Цнпилева Т.А., Яценко И.Г. Анализ состояния окружающей среды в зонах воздействия нефтегазового комплекса с использованием ГИС.....	330

Раздел 3. Дистанционное зондирование

Рюмкин А.И., Чумичев И.И. Геоинформационные технологии и дистанционное зондирование при управлении пространственным развитием региона.....	337
Кабанов М.М., Капустин С.Н., Серых А.П. Использование статистических методов для обнаружения пожаров по материалам космосъемки.....	349
Кабанов М.М. Выделение объектов городской застройки по материалам аэрокосмосъемки под управлением модели.....	356
Капустин С.Н. Выделение зданий по материалам аэро- и высокоточной космосъемки для решения задачи обновления планов городской застройки	364
Протасов К.Т. Обнаружение аномалий подстилающей поверхности Земли на космических снимках алгоритмом разладки для ГИС	376
Серых А.П. Анализ разнотипных изображений при непараметрическом уровне статистической неопределенности	385
Золотенков В.В., Колоколов О.Ю. Станция космического зондирования СКАНЭР	391
Сведения об авторах.....	399
Рефераты на опубликованные статьи.....	404

Раздел 3. Дистанционное зондирование

ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ДИСТАНЦИОННОЕ ЗОНДИРОВАНИЕ ПРИ УПРАВЛЕНИИ ПРОСТРАНСТВЕННЫМ РАЗВИТИЕМ РЕГИОНА*

А.И. Рюмкин, И.И. Чумичев

Применение геоинформационных технологий и данных дистанционного зондирования (ДДЗ) определяется нуждами в информации, которая необходима для обеспечения деятельности структур управления, для которых они предназначены. В нашем случае они должны обеспечить информационную поддержку пространственных аспектов формирования и реализации социально-экономических программ (планов, прогнозов) регионов, республик. Такие программы формируются на основе комплексного анализа демографической ситуации, социальной структуры и занятости населения региона, существующей производственной базы и научно-технического потенциала, структуры производства, финансового положения предприятий и региона, состояния природных ресурсов и охраны природы, а также тенденций изменения этих факторов. Их разработка организуется комитетами по экономике, бюджету и финансовой политике совместно с главными управлениями градостроительства и многими другими территориально-отраслевыми комитетами и управлениями.

Будем предполагать традиционную структуру данных геоинформационной системы, в составе которой выделим взаимосвязанные картографическую и атрибутивную компоненты. Картографическая будет представлена слоями электронных карт – аналогов бумажных карт разного масштаба и тематического содержания, между которыми организуются оперативные взаимосвязи. С каждой такой картой и слоем связаны цифровые и табличные данные, содержащие характеристики тех объектов, которые нанесены на карте. ГИС обеспечивает для всего собранного многообразия удобный оперативный справочный режим, а также мощные средства пространственного анализа с использованием пространственных отношений между данными.

Исходя из этих основных принципов организации многоуровневого процесса прогнозирования и особенностей представления данных ГИС, сформируем предложения по структуре региональной ГИС. Введем наиболее общее разделение показателей, многие из которых являются межотраслевыми (или многоцелевыми по назначению), на следующие группы:

- население,
- хозяйство,
- природа.

* Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант № 98-01-03016)

При описании населения введем в качестве основных характеристики системы расселения, демографической структуры населения, социальной структуры и занятости. Они территориально неравномерно распределены, и существует достаточно распространенная практика их территориальной привязки к административно-территориальным единицам: субъектам федерации, районам, городам, населенным пунктам. Данные по миграции характеризуют межрегиональное перемещение населения, и для них требуются особые принципы отображения, соответствующие принципам тематической картографии на основе графов связей.

При описании хозяйства предполагается, что в структуре органов управления регионом присутствуют территориально-отраслевые подразделения, владеющие представлением о технологии деятельности подведомственных объектов в пространственном аспекте. Здесь, прежде всего, потребуется многоуровневое описание их геометрии, показывающее на каждом уровне и соответствующем масштабе исходной карты основные объекты, основные трассы, зоны деятельности. Атрибутное описание этих объектов должно соответствовать принятым в существующей практике прогнозно-плановых расчетов показателям и характеристикам типа мощности, пропускной способности и т.п.

Для ряда отраслей, ввиду их специфики, понадобится специальное содержательное описание некоторых аспектов их деятельности на агрегированном уровне. Например, для характеристики состояния и тенденций развития недропользования целесообразно дать обзорные схемы минеральной базы, районирование территории региона по группам основных видов полезных ископаемых с отображением характеристик разведанных запасов и характеристик геологической изученности. При этом в ряде случаев описание может быть доведено до контуров крупнейших или важнейших месторождений, когда они рассматриваются «поштучно» на федеральном или областном уровне (как для соглашений о разделе продукции). Для ГИС ТЭК показываются основные нефтегазоносные провинции, угленосные бассейны, инфраструктура их инженерного обеспечения, связанные с ними системы вахтового расселения и пр.

Кроме того, остается потребность информационного описания вариантов комплексного развития территории, формируемого обычно при разработке проектно-планировочной документации.

В целом структура ГИС области может быть представлена совокупностью следующих блоков:

1. Цифровая топооснова.
2. Отраслевые кадастры.
3. Современное состояние территории.
4. Проектные решения.
5. Прогнозно-аналитический блок.

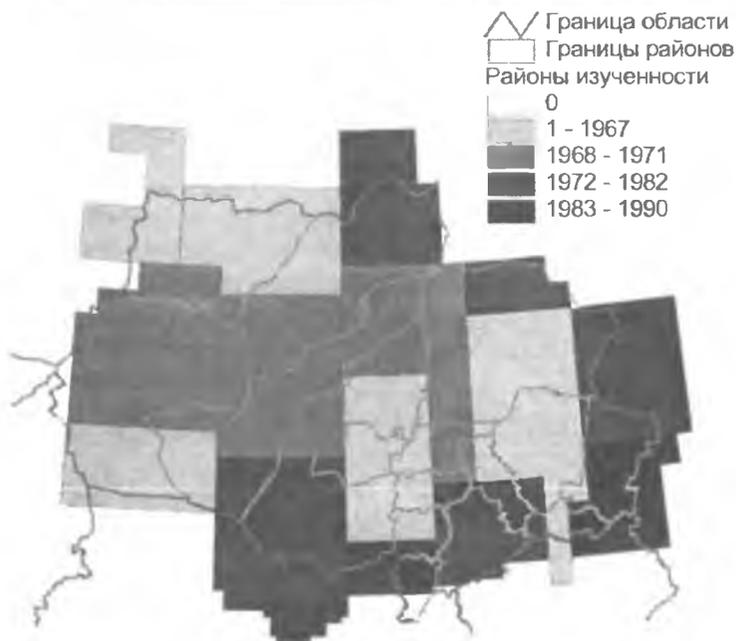


Рис. 1. Схема топографической изученности районов Гомской области.

Блок «*Цифровой топоосновы*» включает описание территории области совокупностью электронных карт различных масштабов: от обзорных цифровых моделей местности (ЦММ) М 1:1000000, 1:500000 на всю территорию региона, до М 1:100000, 1:50000, 1:25000 – на территорию районов. Покрытие территории области съемкой М 1:25000 показано на рис. 1. На территории городов и крупных населенных пунктов используются более крупные масштабы – от М 1:10000, 1:5000 до М 1:500, 2000. Они необходимы для работы с первичными объектами недвижимости, а также при организации проектирования и застройки. При этом практически на каждом масштабном уровне актуальна задача привлечения современных технологий для создания или обновления соответствующих карт и планов.

Например, на рис. 2 приведен фрагмент космического снимка со спутника «Ресурс-01» в районе строящегося северного моста через Томь. На соответствующем листе карты масштаба 1:100000 никаких изображений завершаемого строительства нет. На снимке хорошо видны последствия антропогенного вмешательства в пойме реки.



Рис. 2. Совмещение фрагмента карты района г. Томска и космоснимка в системе ERDAS Imagine.

Все наблюдаемые изменения отображаются на векторной цифровой модели обновляемого фрагмента карты, который был подготовлен средствами системы ERDAS Imagine.

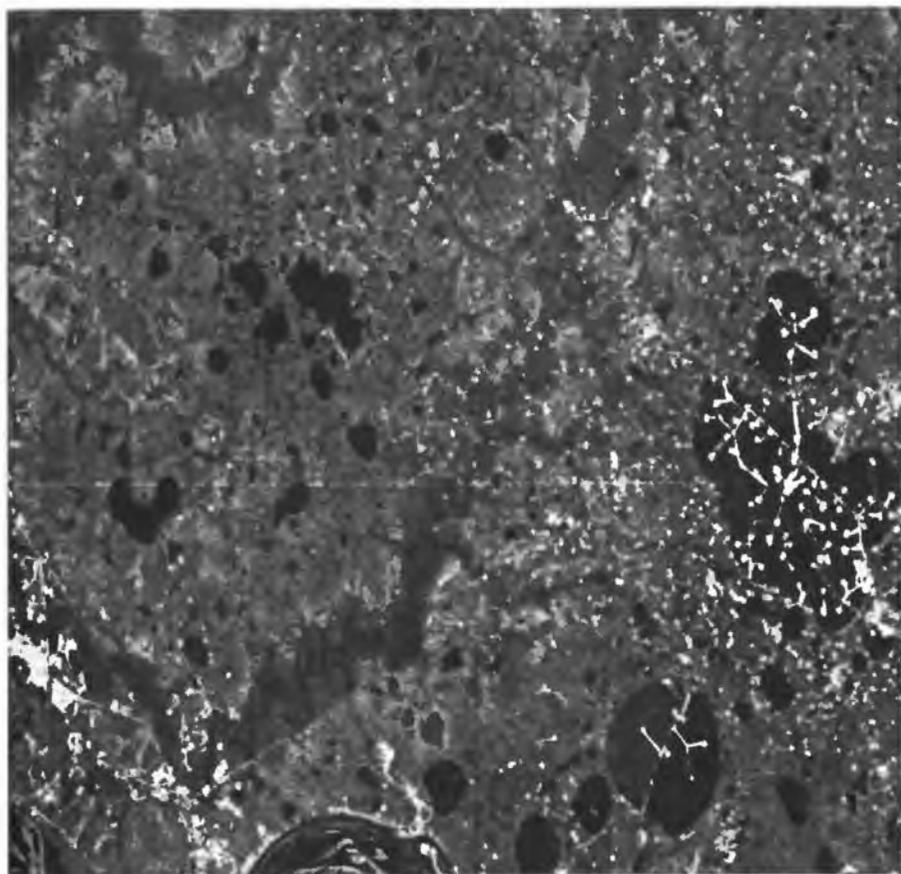


Рис. 3. Космоснимок Самотлорского месторождения.

Нами активно используется космическая съемка для обновления информации по труднодоступным участкам территории Томской области и смежных регионов. На рис. 3 дан фрагмент сканерного файла, полученного в сеансе связи со спутником «Ресурс-О1» (прибор МСУ-Э) 18 июня 1998 г. На основе таких данных возможно формирование векторных цифровых моделей местности нефтегазоносных территорий для территориального управления, а также соответствующих профильных геоинформационных систем. Более подробно описание соответствующих технологий приведено в статье [1].

Нами активно используется высокодетальная космическая съемка территорий населенных пунктов, отдельных участков незастроенных территорий. Мэрия г. Томска является заказчиком работ по градостроительному мониторингу территории города, в рамках которых выполнена ЦММ для управления го-



Код	Тип	Площадь, м ²	Периметр, м
654	Лес, кустарник	6546,56	453,6
453	Пастбище	4567,34	453,75
345	Пашня	6003,55	344,3
235	Пашня	5569,45	453,54
430	Лес, кустарник	6090,69	500,72
427	Лес, кустарник	49585,81	1522,68
526	Дорога	21506,75	4768,79
108	Пастбище	73667,11	1775,25
103	Пастбище	313166,10	6389,86
133	Пашня	296638,59	2343,96
527	Лес, кустарник	15960,32	741,80
528	Пашня	275714,90	4966,97

Рис. 4. ГИС «Земли АО "Чернореченский"».

родской недвижимостью [2], а на 1998 год запланированы задачи по транспорту и экологии. С ПО «Инжгеодезия» согласованы намерения по формированию топографических карт на район интенсивного хозяйственного развития нефтегазового комплекса на основе материалов сканерной съемки «Ресурса-01» в режиме высокого разрешения.

В блоке «Отраслевые кадастры» функционально объединены ведомственные кадастры, имеющие федеральную вертикаль: земельный, водный, лесной, градостроительный, месторождений полезных ископаемых и тесно примыкающие к этому перечню по замыслу (но не по уровню постановки задачи и реализации) информационные описания экологического блока (ЕГСЭМ) – биологические ресурсы растительного и животного мира, факторов среды обитания и загрязнения вод, земель и атмосферы, а также ГИС комитета по чрезвычайным ситуациям.

В Томской области удалось пока добиться по крайней мере информационно-программной согласованности систем по отдельным видам ресурсов. Так, например, земельный кадастр по заказу облкомзема [3] и система управления фондом недр Томского геолкома [4] (ныне комитета по природным ресурсам) реализуются на основе общих программно-технических решений. В этих системах реализуется связка геоинформационных систем линии Arc/Info (ArcView), поддерживающих картографические данные и программных средств поддержки документооборота и атрибутивных данных, реализуемых ранее продуктами линии MS Office, а в последнее время – на базе СУБД Oracle. Во всех кадастрах выдерживается линия многоуровневого представления картографической информации. При этом верхний обзорный уровень представлен ЦММ исходного М 1:1000000, 1:500000. Электронные почвенная и лесная карты были выполнены на основе ландшафтно-экологической карты Томской области М 1:500000, подготовленной специалистами НИИ ББ ТГУ, а также соответствующих карт земельного фонда и лесов Томской области, выполненных специализированными отраслевыми институтами.

На нижнем уровне описания почвенного покрова используются обработанные планшеты ВИСХАГИ (М 1:10000 и 1:25000). На этих планшетах элементарными полигонами представлены отдельные почвенные контуры в соответствии с классификаторами видов земель и характеристик почв (рис. 4). Для застроенных территорий земельный кадастр организуется преимущественно в виде специализированных ГИС с базами данных характеристик собственности по земельным участкам, а также с выделением территорий общего пользования.

Для лесного кадастра нижний уровень представлен сводом данных лесотаксации, сгруппированных по темам ArcView, объединяющих полигонные контуры лесных выделов и характеристики состава лесов (рис. 5). Достаточно богатое наполнение атрибутивных баз данных, соответствующих лесотаксационным карточкам, позволяет строить широкий набор тематических карт и решать



Квартал	Выдел	Площадь, км ²	Состав леса	Ярус
203	2	2,50	2Л2У1Л2Б	1
203	3	5,21	6Б3У1Л+С	1
191	2	1,82	7С1Б2С	1
203	4	1,23	7Б2У1П+С	1
203	7	4,01	4Л4Е	1
203	8	11,02	5Л1Е4Б	1
191	1	2,04	4Л2У1Л3Б	1

Рис. 5. Пример лесного кадастра.

многочисленные оценочно-аналитические задачи. Следует отметить, что формирование подобных геоинформационных систем возможно и по материалам космической съемки, по крайней мере для проведения вторичной инвентаризации.

ризации лесов по породному и возрастному составу, площадям выделов, что позволяет создать базу для планирования хозяйственных мероприятий (выборочных рубок, прореживания, осветления, прочистки и пр.).

Для борьбы с лесными пожарами активно разрабатывается информационное обеспечение обработки данных спутников NOAA, обеспечивающих регулярную доставку снимков земной поверхности в инфракрасном диапазоне.

Особенностью разрабатываемых в Томске алгоритмов является нацеленность на работу с разнородными признаковыми пространствами [6] и обеспечение оптической коррекции сигнала [6,7].

В процессе реализации указанных кадастровых ГИС выявились многочисленные недостатки существующего картографического материала и возможность их устранения путем привлечения данных дистанционного зондирования. Большие надежды возлагаются на привлечение результатов космического мониторинга, особенно в лесохозяйственных и водохозяйственных приложениях, а также для комитета по чрезвычайным ситуациям Томской области.

В то же время, анализируя функциональное назначение отраслевых кадастров, содержание их информационной базы, можно сделать вывод, что потребности информационного описания территории в интересах ее комплексного развития не сводятся к механическому объединению отраслевых кадастров, а требуют достаточно глубокой аналитической проработки данных о территории. Подобная проработка может быть сделана, например, в рамках градостроительного подхода к оценке территории, использовавшегося ранее при формировании схем и проектов районной планировки.

Блок «*Современное состояние территории*» используется для организации реальной работы с информацией о территории региона на основе, например, создаваемой ГИС. В данном случае требуется формирование некоторого «электронного дежурного плана», отражающего современное состояние территории. Этот план должен быть свободен от излишней детальности отраслевых кадастров и данных ГИС нижележащих уровней, но в то же время обеспечивать обновление на основе согласованного обмена с ними. Содержание подобных планов может быть сформировано наподобие опорных планов соответствующей планировочной документации, которая для уровня области обычно включает: границы административных образований, крупных баз стройиндустрии, границы хозяйств, городских земель, контуры месторождений основных видов полезных ископаемых, границы зон сельхозтерритории с выделением зон мелиорации, земли гослесфонда с выделением лесов I группы, заповедников и заказников, населенные пункты, зоны отдыха, магистрали и объекты внешнего транспорта, трассы и объекты инженерного обеспечения (ЛЭП, ГРЭС, ТЭЦ, магистральные трубопроводы). В атрибутивных базах данных приводятся характеристики перечисленных объектов. В этом блоке ДДЗ могут также широко применяться для оперативного отслеживания изменений. Например, возможно бы-

строе определение районов стихийных бедствий, таких, как наводнения, лесные пожары. Также эти данные могут применяться для внесения в план строящихся коммуникаций и сооружений, которых по каким-либо причинам нет в отраслевых кадастрах.

Блок «*Проектные решения*». В результате градостроительного проектирования разрабатывается рациональная территориально-хозяйственная организация проектируемого района, его функциональное зонирование и формирование архитектурно-планировочной структуры, обеспечивающей оптимальные условия для развития промышленного и сельскохозяйственного производства, расселения, градостроительства, сохранения и улучшения природной среды при условии эффективного и комплексного использования естественных, экономических и трудовых ресурсов. В имеющейся в Томской области проектно-планировочной документации отражено решение следующих задач:

- определение направлений рационального взаимоувязанного размещения в пределах области промышленного, сельскохозяйственного, гражданского, транспортного и рекреационного строительства на основе намечаемого перспективного развития хозяйства и функционального зонирования территории;
- определение перспектив развития сети городских и сельских поселений, систем группового расселения, межселенного культурно-бытового обслуживания и массового отдыха населения на основе намечаемого перспективного развития хозяйства и расчетной численности населения;
- выявление природных, территориальных, экономических и трудовых ресурсов, возможностей их рационального и комплексного использования;
- определение перспектив водообеспечения и водоотведения, энергоснабжения, развития транспортных и инженерных коммуникаций межрайонного значения;
- определение комплекса мероприятий, необходимых для охраны внешней среды, восстановления, сохранения и улучшения природных ландшафтов.

Все это представляет хорошую основу для формирования баз данных настоящего блока. Вместе с тем в настоящее время необходима существенная корректировка проектных решений в связи со значительным изменением экономических условий хозяйствования в стране. Современное геоинформационное обеспечение предоставляет здесь большие возможности. Совокупность аналитических возможностей базового программного обеспечения ГИС, систем обработки аэро- и космоизображений, программные реализации конструктив-

ных моделей динамики территориальных процессов образуют содержание «Аналитического блока».

Типы и доступность данных дистанционного зондирования

Основными типами ДДЗ являются: аэро съемка, космосъемка и данные, полученные с помощью радиолокации.

Аэро съемка является традиционным методом получения информации о земной поверхности и создания топографических карт. Достоинство этого метода – получение снимков с высокой разрешающей способностью, существование опробованных методов обработки информации. Недостаток – высокая стоимость полученных снимков. В последнее время появился новый тип аэро съемки – лазерное сканирование. Оно позволяет вместе с цветными снимками высокого разрешения получать также значения высот данной территории. По ним можно строить цифровую модель рельефа и производить ортокоррекцию изображений. Данные аэро съемки можно применять для построения карт и планов М 1:500, 1:2000, 1:5000.

Космосъемка также давно применяется для исследования земной поверхности. В настоящее время доступными методами информации могут быть снимки с российских спутников «Ресурс-О1» № 3, 4. Приборы, установленные на этих спутниках, позволяют получать два типа снимков. Снимки высокого разрешения (точка 30х30 метров, 3 канала) охватывают полосу шириной 30 км. Эта информация может применяться для создания и обновления карт М 1:25000, 1:50000, 1:100000 и мельче, а также для определения типов растительности, районов загрязнения и др. Снимки среднего разрешения (точка 150х150 метров, 5 каналов (1 инфракрасный)) охватывают полосу шириной 600 км. Они могут использоваться для обновления карт М 1:250000, 1:500000. Для оперативного обнаружения пожаров можно использовать снимки с американских спутников серии NOAA.

Радиолокационная съемка – относительно новое, но быстро развивающееся направление в ДДЗ. Особенность этого метода заключается в том, что на него не влияют атмосферные помехи и также возможно получение информации о породах, залегающих на небольшой глубине под земной поверхностью. Это является важным фактором для проведения такого типа съемок для геологических исследований.

Архитектура программных средств

Важным условием совместного эффективного использования ДДЗ, других графических данных и атрибутивной информации является свободный обмен и привязка данных. Так, ведущая система обработки ДДЗ ERDAS Imagine использует векторные данные в формате ARC/INFO, что позволяет производить

дешифрирование снимков и получать результат в форме, доступной для обработки средствами ГИС. Другой важный фактор – централизованное хранение и обработка графических и атрибутивных данных. Для этого мы используем другой продукт фирмы ESRI – SDE (Spatial Database Engine). Это надстройка над СУБД Oracle, клиентами которой могут быть как полнофункциональные ГИС (ARC/INFO, ArcView), так и специализированные приложения, написанные с использованием библиотеки MapObjects, или САПР-системы типа AutoCAD либо Intergraph.

Обработка данных происходит в следующей последовательности. ДДЗ импортируются в систему ERDAS Imagine, где происходит их первичная обработка (радиометрическая, геометрическая, атмосферная коррекция), далее следует привязка к реальным координатам. Полученное изображение может быть подвергнуто классификации с последующей векторизацией выделенных объектов. Эти данные затем передаются в ГИС Arc/Info. Растровые данные могут использоваться для обновления или создания существующих векторных покрытий, а векторные – для их последующей обработки и привязки атрибутивной информации. Полученные данные могут быть использованы в пространственных запросах для решения конкретных задач.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ермак П.Г., Тэбырцэ М.Г., Кравченко Г.Г., Рюмкин А.И. Формирование геоинформационных технологий в нефтегазодобывающих компаниях // Наст. книга, с. 296-314.
2. Иванов В.П., Рюмкин А.И., Фукс А.Л. Построение электронных моделей территории Томска на основе высокодетальной космосъемки // Наст. книга, с. 235-244.
3. Танзыбаев М.Г., Рюмкин А.И., Рудченко В.В. Опыт использования геоинформационных систем в почвоведении // Почвоведение, 1996, № 12, с. 1530-1534.
4. Кравченко Г.Г. Геоинформационные технологии в геологоразведочной отрасли // Наст. книга, с. 284-295.
5. Серых А.П. Анализ разнотипных изображений при непараметрическом уровне статистической неопределенности // Наст. книга, с. 385-390.
6. Белов В.В., Молчунов Н.В., Протасов К.Т. Восстановление космических снимков Земли с использованием картографической информации // Оптика атмосферы и океана. 1997, № 10, с. 800-805.
7. Протасов К.Т. Обнаружение аномалий подстилающей поверхности Земли на космических снимках алгоритмом разладки для ГИС // Наст. книга, с. 376-384.