

ОБЗОРЫ

УДК 681.518

А.И. Рюмкин, Ю.Л. Костюк, А.В. Скворцов

О РАЗВИТИИ ГЕОИНФОРМАТИКИ В ТОМСКОМ ГОСУНИВЕРСИТЕТЕ И НПО «СИБГЕОИНФОРМАТИКА»

Дан краткий обзор процесса развития научной школы геоинформатики Томского государственного университета. Описаны этапы формирования и развития коллектива, программный инструментарий, оригинальные методы создания цифровых моделей местности и рельефа, методы представления пространственных данных и обработки данных дистанционного зондирования, а также их приложения. Содержательное изложение сопровождается ссылками на соответствующие публикации авторов работ. Библиография содержит 226 названий.

Ключевые слова: *геоинформатика, геоинформационные системы, дистанционное зондирование, САПР, программное обеспечение, цифровые модели местности, цифровые модели рельефа, триангуляция, проектирование.*

Под геоинформатикой далее понимается наука о методах эффективного описания территории Земли и ее недр, обработки и анализа пространственной информации, компьютерного представления и обработки геоданных, результатами которой является совокупность конструктивных компьютерных методов представления и анализа информации о пространстве с помощью адекватных картографических визуальных моделей и растровых изображений. Геоинформатика как сравнительно молодое и хорошо востребованное научное направление бурно развивается, порождая большое количество работ и соответствующих публикаций. Для ориентации в содержании полученных результатов, оценки текущего состояния и тенденций развития, понимания возможностей коллектива необходим общий обзор выполненных к настоящему времени работ. Такой обзор приводится в настоящей статье по необходимости кратко ввиду многочисленности литературы и содержит сжатое изложение истории развития и тематическую группировку публикаций. Описаны этапы формирования и развития коллектива сотрудников, программный инструментарий, оригинальные методы создания цифровых моделей местности и рельефа, методы представления пространственных данных и обработки данных дистанционного зондирования, а также их приложения в задачах градостроительства, территориального планирования, землепользования, недропользования и экологии, при проектировании и эксплуатации инженерных сетей и дорог, при обучении.

1. Этапы развития

Впервые геоинформатика как самостоятельное научное направление и предметная специализация работ во второй половине 80-х годов XX века была представлена еще в рамках лаборатории вычислительных систем (зав. лаб. Б.А. Глад-

ких) отдела кибернетики Сибирского физико-технического института (СФТИ) при ТГУ. Ядро коллектива сформировалось в отделе кибернетики, созданном отцами сибирской кибернетики А.Д. Закревским, Г.А. Медведевым, братьями Ф.П. и В.П. Тарасенко. В отделе всегда были очень сильные практические прикладные работы. Именно здесь закладывалась привычка тщательно работать по объекту, строить адекватные ненадуманые модели. Из предшествующих работ следует отметить создание территориальных информационных систем [1, 2], заказы Минобороны и подобных ведомств, завершавшиеся закрытыми отчетами.

В результате работ по территориальным системам в действующем коллективе сотрудников сформировались достаточно глубокие представления о задачах регионального управления – одного из сложнейших объектов, рассматривавшихся кибернетикой. Были получены результаты по моделям ряда территориальных процессов, их программной реализации [3–8]. Именно в них проявилась наиболее характерная и специфическая особенность этих объектов – пространственная распределенность явлений и процессов, требующая адекватного информационного обеспечения. Постепенно работы по описанию населения, систем расселения естественным образом перешли в тематику градостроительного проектирования, в котором карты и планы являются ведущим инструментом и результатом работы. А.И. Рюмкиным был организован ряд договорных работ с ЦНИП градостроительства Госкомархитектуры СССР, главным управлением архитектуры г. Кемерово, рядом проектных институтов. В этот период были выполнены очень важные совместные работы с градостроителями по проектам размещения строительства Томска и Стрежевого, ПДП Московский тракт, по организации поточной застройки территории, корректировке ряда генпланов. Для Кемерово была начата разработка информационной системы управления планировкой, застройкой и развитием города. Все это потребовало выбора адекватного программного обеспечения, в качестве которого рассматривались новые системы автоматизации проектных расчетов (САПР) и геоинформационные системы (ГИС).

Решающий импульс для формирования собственно ГИСовской тематики был дан в конце 80-х после получения по линии Минвуза СССР первых персональных ЭВМ с развитой графической периферией (графические дисплеи, дигитайзеры, плоттер) и приобретения программных систем AutoCAD и ARC/INFO. К тому времени теоретические представления о их наличии и потенциальных возможностях уже имелись и велся прицельный поиск таких систем. Лицензионные версии ГИС ArcInfo были получены А.И. Рюмкиным в Институте географии АН СССР безвозмездно, AutoCAD же был приобретен по линии МинВУЗа СССР.

В 1992 г. был создан факультет информатики (ФИНФ) ТГУ [9], куда перешел коллектив сотрудников из СФТИ, сформировав лабораторию интегрированных систем в структуре НИЧ. После завершения работ по Минвузу освободился сильный коллектив программистов В.И. Полякова, который удалось заинтересовать этой тематикой. С подключением В.И. Полякова, А.М. Бабанова и их коллег, специализировавшихся на создании корпоративных систем и искусственном интеллекте [10–12], стала развиваться тематика диалоговых ИС для оргструктур управления, кадастровых систем.

В 1993 г. при нашем участии было организовано ООО НПО «Сибгеоинформатика», одно из первых в стране предприятий, специализирующихся на данной тематике. Уже в первые годы своей деятельности силами НПО был проведен ряд выставок, конференций, демонстрирующих возможности ГИС. Например, в 1995 г. Томск первым в стране принял авиатур ГИС-Ассоциации, прилетевший на

самолете-лаборатории Центра космонавтики под руководством летчика-космонавта В.А. Джанибекова.

В 1994 г. в состав НПО вошел коллектив бывших сотрудников НПО «Нефтегеофизика» Мингео СССР под руководством Г.Г. Кравченко, имевших большой опыт создания средств автоматизированной обработки данных сейсморазведки и комплексной интерпретации геолого-геофизической информации с активным использованием тематических карт. Эти работы велись в рамках общесоюзной автоматизированной системы сбора, обработки и хранения геологической, геофизической и геохимической информации с четырех уровней наблюдения «Космос – Воздух – Земля – Скважина» (Геосистема) [13].

Довольно многочисленным в начальный период был отдел подготовки картографии, в котором создавались цифровые карты многочисленных приложений. В соответствии с интересами и возможностями большинства сотрудников профиль предприятия обозначается как «системная интеграция». Для поставки лицензионного программного обеспечения ГИС и САПР создается ООО «Геотом».

В 1997 г. по инициативе декана ФИнф ТГУ Б.А. Гладких организуется УНПО «Информатика», объединившее факультет информатики и НПО «Сибгеоинформатика» в рамках некоммерческого партнерства. НПО производит ремонт и реконструкцию помещений бывшего ВЦ ТГУ во 2-м корпусе (около 1000 м² общей площади) и занимает эти помещения вместе с факультетом.

Проявившаяся популярность направления, его очевидная практическая востребованность вызвали интерес у студентов и выпускников ФИнф, которые стали пополнять ряды НПО, сформировав ядро отделов кадастровых систем и инженерных сетей. Зачастую вместе с ними входили в работу и руководители. Так, например, появились в НПО в 1996 г. А.В. Скворцов, Ю.Л. Костюк и С.Г. Шлюсаренко (преподаватель ЭЭФ ТПУ). Ранее Ю.Л. Костюк и Б.А. Гладких с успехом занимались машинной графикой [14–16].

Заказной характер краткосрочных договорных контрактов, отсутствие бюджетного финансирования не располагали к глубокой теоретической проработке вопросов создания ГИС. Тем не менее за счет накладных расходов НПО, перераспределения средств было организовано становление новых отделов и финансирование новых разработок, в числе которых следует отметить реализацию ГИС ГрафИн, создание опытного образца фотограмметрической станции с формированием стереоизображений, разработку новых методов распознавания космоснимков, приобретение станции приема данных космосъемки спутников «Ресурс» и организацию космомониторинга.

В 2002 г. рядом сотрудников совместно с коллегами из ТГАСУ, ООО «Индор» было создано ООО «ИндорСофт», куда перешла тематика инженерных сетей. Работы по КИС, финансовым системам, бухгалтерии организуются в ООО «Золотой ярлык». ООО НПО «Сибгеоинформатика» становится холдингом группы фирм.

В настоящее время завершается подготовка магистерской программы по геоинформатике для подготовки на ФИнф ТГУ специалистов с более глубокими знаниями по ГИС, опирающаяся на большой практический опыт разработок многих преподавателей.

Публикации по результатам наших работ в области геоинформатики приведены в списке литературы по тематическому признаку. Предыдущие обзоры работ опубликованы в 1998 и 2002 гг. в [17, 18]. Обзор работ коллектива, сформировавшегося вокруг ООО «ИндорСофт» приведен в [19].

2. Программный инструментарий

В коллективе лаборатории работы по геоинформатике начались достаточно рано, в 80-х гг. XX века, на сравнительно передовой компьютерной базе. Классические инструментальные ГИС в СССР отсутствовали, и первые работы были направлены на создание такого инструментария. На основе представления о необходимости двух основных структурных компонентов ГИС – векторного графического редактора и систем управления базами данных (СУБД) сотрудниками лаборатории были построены первые ГИС [20]. Поскольку основными интересными приложениями в ту пору были проектно-градостроительные, то применение системы Autodesk из класса САПР выглядит вполне оправданным. Программы работы с атрибутивной информацией вызывались из Автокада по внешней ссылке. С их помощью были выполнены проекты размещения строительства Томска и Стрежевого, проекты реконструкции исторических территорий Томска, Омска, Минусинска. На этой основе был реализован графический интерфейс пакета программ транспортных расчетов для ЦНИИПГрадостроительства (Москва), а также проекты первых кадастров [17, 21]. С нынешних позиций можно считать, что те работы были неким аналогом современных географических подсистем Autodesk типа AutoCAD Map 3D, появление которых стало возможным после совместной работы Autodesk и ESRI над системой ArcCAD и пришедшего понимания перспективности геоприложений.

Затем на долгие годы основной инструментальной средой стали системы компании ESRI (Environmental Systems Research Institute) – одного из лидеров мировой геоинформатики. Уже в конце 1980-х гг. для Кемеровской горархитектуры планировалось приобретение семейства ARC/INFO для Unix-рабочих станций. И хотя эти планы не сбылись из-за хаотичных реформ, позднее аналогичные системы были реализованы для г. Зеленогорска Красноярского края. С развитием линейки настольных ГИС ESRI и появлением в их среде инструментария разработчика (язык Avenue, библиотека MapObjects) довольно много приложений было написано с их помощью. В настоящее время новые технологии ArcGIS [22] позволяют создавать системы исключительного разнообразия – от сложнейших серверных с внешними СУБД до мобильных клиентов, а также использовать все достоинства объектной реализации программных средств и базы геоданных. Помимо ГИС ESRI было опробовано множество ГИС других производителей, в том числе MapInfo, WinGIS, ProGIS, SmallWorld и др.

В НПО «Сибгеоинформатика» под руководством А.В. Скворцова была проведена успешная реализация собственной инструментальной геоинформационной системы ГрафИн [23–28], спроектированной с учетом возможностей современных векторных ГИС, САПР. Достоинством ГИС ГрафИн можно считать мощный и гибкий графический редактор, обеспечивающий легкость настройки условных знаков [27], поддержку полноценных моделей рельефа [26] и возможность совместного сопровождения разнородных графических документов, например классических цифровых моделей местности (ЦММ) и функциональных схем объектов [24]. Система открыта для развития, предоставляя программисту доступ к библиотекам функций и классов, а также поддерживая интерфейс ActiveX. Одновременная поддержка инструментальных средств ESRI и ГрафИн неконфликтна, поскольку ГрафИн дополняет возможности серверных решений ESRI в качестве клиента, а также удобного приложения для инженерных сетей. В то же время это полностью доступная и легко модифицируемая среда разработки. В дальнейшем

наработки в этой ГИС были использованы при разработки САПР проектирования объектов транспортного, промышленного и гражданского строительства Indog-CAD [38, 39, 191–199], включающая развитые средства трехмерного моделирования и визуализации [37].

Возможности интеллектуального расширения ГИС на основе представления пространственных знаний в виде правил вывода и минимизации признакового пространства за счет тестовых методов искусственного интеллекта рассмотрены в [29]. Вопросы построения универсальной графической системы описания территории – в [30].

Помимо классических ГИС, в качестве инструментального средства (инструментария интегратора) создания некоторых территориальных приложений, включающих СУБД и графику, можно рассматривать систему городского кадастра МОНИТОР [31–33] и ее более позднюю версию ТИСА (Территориальная информационная система) [34, 36]. Они реализованы в архитектуре «клиент-сервер» на базе СУБД Oracle, имеют гибкий механизм произвольной навигации по концептуальной модели данных типа «сущность – связь» и возможность быстрого подключения ранее созданных таблиц приложений. Для выполнения графических операций в них поддерживаются форматы наиболее распространенных ГИС, для чего был написан ряд программ на основе библиотек MapObjects (для ArcView) и MapX (для MapInfo).

Применение модульной технологии разработки автоматизированных рабочих мест для различных ГИС-приложений описано в [35].

Для задач управления природными ресурсами была создана специализированная система [160, 161], реализованная также в технологии клиент-сервер на базе Oracle для баз данных жидких полезных ископаемых в Томской области и для твердых в республике Алтай. Диалоговая система для объектов культурного наследия [208,209] реализована И.Я. Макухой на основе СУБД Access с использованием ArcView.

Помимо перечисленных векторных ГИС для задач дистанционного зондирования нами неоднократно использовались системы ERDAS IMAGINE и Photomod [18, 51, 111, 112, 118, 139].

Для подготовки на факультете информатики квалифицированных программистов, свободно владеющих методами алгоритмизации и программирования, Ю.Л. Костюком и А.В. Скворцовым подготовлен ряд учебных пособий [40, 212], в которых описаны алгоритмы и структуры данных, часто используемые в геоинформатике.

3. Цифровые модели местности

ЦММ являются важнейшим компонентом ГИС как средство представления пространственных свойств территории и электронные аналоги бумажных карт и обеспечивают адекватную передачу геометрических, топологических характеристик объекта. Наиболее общая классификация состоит в разделении их на растровые и векторные. Более распространенными, ввиду удобств вычислений и обработки, являются векторные модели, использующие в качестве основных элементов точечные, линейные и полигонные примитивы. Адекватность объекту предполагает передачу его свойств структурой и характеристиками ЦММ, состав которых зависит от приложений.

Впервые структура ЦММ описания крупного города введена нами в [41] и доработана в [42–45]. В связи с наличием разномасштабной картографической до-

кументации, соответствующей уровням генплана, детальной планировки и дежурных планов города, его описание принималось также составным, использующим взаимосвязанные ЦММ. Они многократно применялись в управлении развитием города, градостроительстве [20, 129, 132], формировании городского кадастра [32, 130]. Особенности ЦММ исторических территорий отражены в [44]. Многоуровневое описание территории в сводном проекте сибирских городов приведено в [43]. Позднее разработана многоуровневая модель описания территории с уточняемой топологической (пространственной) структурой [45]. Ввиду маломощности ЭВМ 80–90-х гг. довольно долго приходилось имитировать «непрерывность» электронной топоосновы, фактически сохраняемой разрывно отдельными файлами, соответствующими группам планшетов [41, 129].

Описание ЦММ для задач управления землепользованием приведено в [46, 157], недропользованием – в [160, 162], для ГИС нефтегазовых компаний [163], по характеристикам почв – в [150, 151], для объектов инженерной инфраструктуры – в [182, 188].

Формирование ЦММ производится множеством способов. На маломощных ЭВМ наиболее эффективным был вариант ввода карт и планов через дигитайзер. Но производительнее и точнее оказались технологии с предварительным сканированием и последующей векторизацией раstra карты.

Разработка эффективных методов представления и обработки растровых и векторных изображений различного типа в связи с задачами векторизации осуществляется Ю.Л. Костюком совместно с Ю.Л. Новиковым [49, 50, 54, 55], а позднее с Ю.Э. Абдуллиным и А.А. Чертовым [57–62].

Новые возможности получения свежих карт или обновления имеющихся дает обработка аэро- и космических снимков территории и данных лазерного зондирования. Широко используется технология на основе программного обеспечения ERDAS [51, 139], обеспечивающая поддержку полного цикла обработки: координатной привязки снимков, их улучшения, трансформирования, формирования «ортофото», отрисовки векторных слоев в формате ArcGIS. Для автоматизации трудоемких операций выделения основных объектов (например, зданий) на исходном изображении развиваются методы распознавания, использующие априорную информацию как о застроенных территориях [111, 112], так и о незастроенных [110, 113, 115]. Концептуальное моделирование предметной области для ГИС рассматривается в [53].

В [52] описана технология построения трехмерных моделей объектов (зданий) для развивающихся в последнее время трехмерных ГИС. Методы обработки данных лазерного сканирования с применением триангуляции для описания поверхностей объектов описаны в работах Ю.Л. Костюка с соавторами [120, 121].

4. Цифровые модели рельефа

Цифровые модели рельефа (ЦМР) являются второй по степени распространенности и важности группой моделей территории. Их можно построить различными методами, обеспечивающими приближение поверхности на исходном множестве точек. Достаточно полный обзор подходов был сделан Ю.Л. Костюком [63]. Наибольшее развитие в работах специалистов фирмы получили методы триангуляции Делоне, в которых поверхность состоит из пространственных треугольников. Обзор алгоритмов построения такой триангуляции проведен в [64], где дано подробное описание алгоритмов, разделяемых на 2 основные группы: алгоритмы слия-

ния (подмножеств триангуляций) и итеративные алгоритмы. Проведены аналитические оценки сложности (трудоемкости) алгоритмов и экспериментальная их оценка на тестовых примерах. Позднее достаточно подробный разбор алгоритмов построения и анализа триангуляции сделан в [104]. Методы предварительной обработки исходных данных для триангуляции Делоне, позволяющие в дальнейшем минимизировать время ее построения, описаны А.Л. Фуксом [69]. В [71] приведены алгоритмы построения оптимальной триангуляции с минимальной суммарной длиной ребер и в общем случае отличающейся от триангуляции Делоне.

Отображение рельефа на картах и планах чаще всего осуществляется изолиниями, образуемыми ими полосовыми контурами, разрезами, структурными линиями [63]. Их построение может быть получено сечением триангулированной поверхности горизонтальными плоскостями заданного уровня. На практике при «лобовом» решении такой задачи часто возникают осцилляции, неадекватные структуре рельефа [73, 63]. Предлагается [65, 75] решение этой задачи с предварительным построением «коридора» в виде двух ломаных, охватывающих область расположения будущей изолинии, и последующим приближением изолинии гладким сплайном. Приближение поверхности с помощью нового вида сплайнов – рестриктивных В-сплайнов – описано в [68].

«Инженерное» описание задач моделирования и отображения рельефа, построения ЦМР, а также вычислений на их основе с примерами реализации в ГИС ГрафИн дано в [66, 76].

Описание основных этапов построения практической модели рельефа на основе типовых исходных данных в виде высотных отметок и изолиний, собираемых с планшетов дежурного плана города, дано в [51]. В этой работе на примере г. Томска показано применение моделей рельефа для построения корректного ортофото космических снимков, используемых для выделения векторных тем застроенной территории города. Дальнейшее развитие методов построения моделей рельефа выполнено Ю.Л. Костюком и А.Л. Фуксом с выделением стадии предварительной обработки [77] и учетом реальных негладких включений [78].

Ряд специальных задач построения моделей рельефа возникает при создании диалоговых систем проектирования. Это необходимость построения триангуляций очень больших размеров, формирования триангуляций переменного разрешения и визуализации поверхностей. Их решение рассмотрено в следующем разделе.

5. Представление и обработка пространственных данных

Особенностью ГИС является необходимость обработки как минимум двумерных пространственных данных. Для ускорения поиска, выборки нужных объектов, локализованных в пределах какого-либо подпространства, естественно выглядит попытка разбиения исходного пространства на отдельные блоки, сегменты. Разбиение может быть многоуровневым. Наиболее проработаны методы такого разбиения для прямоугольных областей, получившие название R-деревьев. Такой подход является естественным обобщением классических методов информатики по использованию В-деревьев для сокращения поиска путем разбиения интервалов изменения данных. В [79] описан один из подходов к решению такой задачи и осуществлению пространственной индексации протяженных (неточечных объектов). В [90] рассмотрены задачи графического поиска с триангуляцией пространства.

Напротив, огромное количество задач геоинформатики может быть решено на основе триангуляции как исходных точечных множеств, так и разбиения полигонов треугольниками. Описание структур данных для эффективного представления триангуляции дано в [64, 73, 77, 87, 91]. Анализ возможности потери точности вычислений и альтернативные модификации алгоритмов рассмотрены в [87]. Задачи построения триангуляций для больших объемов данных, приводящих к невозможности их размещения в оперативной памяти компьютера представлены в [93, 104, 105]. Формирование триангуляций с переменной точностью аппроксимации поверхности, необходимых для задач визуализации, диалогового проектирования, рассмотрено в [100, 102, 104, 105].

Одними из важнейших для ГИС являются задачи пространственного анализа. Как сложилось в геоинформатике, под этим термином понимается класс задач, связанных с вычислением различных геометрических фигур, образуемых в результате пересечений, объединений, построений буферных зон и других подобных им действий над электронными моделями объектов территории. Большинство подобных задач формализуется в рамках моделей и методов вычислительной геометрии и может быть решено каким-либо из пригодных для этого методов, например излюбленным на факультете информатики методом триангуляции [81]. Некоторый итог по результатам работ этого направления на 2002 г. дан в [92]. Рассматривались также задачи построения выпуклых оболочек [101,103], методы решения задач коммивояжера [106,107]. Общее описание триангуляции Делоне и ее применения для пространственного анализа дано в работах [91, 104]. Описанию применения графовых структур для ГИС посвящены статьи [83, 86].

Помимо векторных данных в геоинформатике огромное значение имеет растровое представление информации о территории. Оно является исходным при описании вновь полученного снимка или сканированного листа карты. Модели данных для описания растровых файлов в связи с задачами векторизации рассмотрены Ю.Л. Новиковым [84]. Описание применения таких моделей для выделения скелета бинарных изображений и осуществления векторизации дано в [49, 50, 58, 59].

6. Дистанционное зондирование

Тематика дистанционного зондирования (ДЗ) имеет особый статус в геоинформатике. С одной стороны, она является естественным развитием геоинформационных приложений в сторону методов получения и обработки информации о земле «дистанционными» способами (обычно аэро- и космосъемкой). С другой стороны, это вполне самостоятельная, капиталоемкая и перспективная технология.

В Томском госуниверситете работы по этой тематике начались в начале 90-х гг. прошлого века и некоторое время имели поисковый характер. Затем были выполнены заказные работы в связи с применением высокодетальной космосъемки для обновления ЦММ территории г. Томска [51], приобретена станция космического зондирования СКАНЭР [114], осуществлена поставка оборудования для космической станции мониторинга пожароопасности ОАО «Межсельхозлес», выполнены работы по обновлению карт сельхозназначения на основе космоснимков высокого разрешения Енисейского района Красноярского края.

Данные ДЗ доступны от многих поставщиков, отечественных и иностранных. Общее описание применения технологий ДЗ совместно с ГИС для территориаль-

ного управления дано в [139]. Разработка методов распознавания и выделения необходимых объектов в исходном изображении является классической для ДЗ и рассматривается в [108–118]. Применение статистических методов для обработки маломасштабных снимков (в основном стохастических текстур) развивается в [109, 113, 115]. Более сложные ситуации возникают при обработке космо- и аэро-съемки более крупного масштаба с наличием зданий, сооружений и неоднородным характером снимков. Для этого используются комбинированные стратегии управления процессом обработки с использованием логических правил: обработка в [111] осуществляется по принципу «сверху – вниз» и направляется моделью застройки, а в [112] по принципу «снизу – вверх», от традиционных этапов выделения границ, их векторизации – к использованию тени для формирования объектов.

Довольно существенное место в работах по ДЗ занимают задачи обнаружения пожаров [109, 110, 113, 116, 118].

В [108] А.П. Серых предложен общий подход к анализу изображений, описываемых разнотипными признаками. Эти признаки предполагаются измеримыми в различных шкалах – количественных, ранговых, номинальных – и образуют составной кортеж характеристик.

Для специфических задач обработки данных лазерного сканирования рассматривались методы обработки на основе триангуляционной аппроксимации поверхностей в работах [120, 121]. Сегментация изображений ДЗ на основе тестового метода распознавания образов рассмотрена в [122]. Использование методов гео-визуализации ДЗ для проектирования магистральных трубопроводов рассмотрено в [123, 207].

7. Градоустройство и региональное планирование

Задача управления развитием градостроительных систем наиболее естественно формализуется как терминальная. Описание целевого состояния формализуется в виде градостроительного проекта, представляющего собой «идеализированный образ» объекта, разрабатываемого «сверху – вниз». В качестве стадий уточняющегося градостроительного проекта последовательно рассматриваются: схема территориального планирования региона (субъекта РФ или группы районов), генплан города (села, п.г.т.), проект детальной планировки жилого района, проект застройки микрорайона. Каждый подобный проект выполняется с определенной углубляющейся детализацией проектных решений, на определенном масштабе карты и уточняет характер планировочной структуры расселения, взаимного размещения жилья, производства, обслуживания, объединенных транспортными связями и сетями инженерной инфраструктуры.

Управление соответствует в долгосрочном плане формированию программы мероприятий, связанных с последовательным размещением и строительством городских объектов на отводимых земельных участках. Описание таких объектов соответствует уровню агрегированности (стадии) системы и уточняется от характеристик сводных объемов жилищного строительства (на уровне программы реализации генплана) до отдельного дома. На программу работают и Правила землепользования и застройки определенной территориальной зоны допустимого размещения объектов.

Помимо такого программного управления, задающего плановую траекторию развития, используются и управленческие механизмы типа закона управления,

направленные на стабилизацию движения в окрестностях программы. К числу таких механизмов можно отнести экономические методы налогообложения, процедуры согласования, мониторинг исполнения градостроительных регламентов.

Описание структуры города применительно к ГИС изложено в [124] и развито в [129, 132, 133]. Эти работы подготовлены нашими предыдущими исследованиями систем расселения [3–6]. Оценки расселения населения по территории города, необходимые для любого планирования, на основе доступной статистики жилья и населения исследованы в [141]. Вопросы создания территориальных городских кадастров рассматриваются в [32, 130].

Формирование и ведение адресного плана города, необходимого для пространственной привязки любых атрибутивных баз данных, описано в [135]. Современные проблемы градостроительного регулирования на политическом уровне с участием мэра г. Томска освещены в [136]. Подготовка текущих решений по отводу земельных участков для проектирования и строительства с учетом градостроительных регламентов и ограничений СНиП рассмотрена в [138]. Эволюция методов управления городским развитием описана в [159].

Вопросы описания территории для привлечения прямых инвестиций затронуты в [137] и [172, 173]. Создание инновационного кластера с анализом проблем города и региона на базе ГИС рассмотрено в [146, 147, 174].

Графическое представление данных о территории рассматривалось и при формировании программ календарного планирования поточной застройки в городе [8, 127]. Фактически это давало возможность планировать строительство на основе электронных моделей проектной ситуации. Для разрабатываемых в ту пору информационных систем управления строительным комплексом подобное представление местоположения возводимых объектов, их взаиморазмещения и характера присоединения к инженерным сетям позволяло значительно повысить обоснованность решений по технологической последовательности строительно-монтажных работ и в конечном счете обоснованность планов капитального строительства.

В настоящее время эти решения, разрабатываемые для государственных нужд, могут быть применимы при планировании строительства крупных корпораций [165, 166].

8. Землепользование

Состав и содержание работ по государственному земельному кадастру регламентируется нормативными документами федеральной службы земельного кадастра России. Но в полной мере эти документы были сформированы лишь в недавнее время. Перед этим был долгий период уточнения представлений, задач, методов описания и нормативных документов.

Начало работ сотрудников фирмы в этой сфере связано с попыткой совместного решения задач учета земельных ресурсов и формирования статистической отчетности [21, 148]. Тесное сотрудничество с почвоведомы Томского госуниверситета привело к появлению совместных работ по созданию электронной карты почв Томской области [150], карт использования земель [148], описанию опыта применения ГИС в почвоведении [151].

Практическая важность кадастровых задач и описания не только земли, но и недвижимости в целом отражена в [152–154]. Содержание этих работ, завершившихся созданием системы, находящейся в эксплуатации в департаменте недви-

жимости Томска и Земельном управлении администрации Красноярска, рассматривалось на специальном совещании Ассоциации сибирских и дальневосточных городов [155]. Ввиду особой важности ЦММ для создания ГИС использование данных дистанционного зондирования [142, 34, 157] позволяет осуществить обновление карт сельскохозяйственного и повысить актуальность материалов описания территории. Описание общей структуры информационной системы земельного кадастра уровня субъекта Федерации дается публикациями на примерах Красноярского края [34, 36] и Республики Хакасия [156, 157]. Выполнение этих работ требует совершенствования ряда классификаторов [158]. Описание взаимосвязи задач учета и управления, организации взаимодействия профильных структур при построении интегрированной системы управления землепользованием дано в [36]. Эволюция методов управления развитием города с переходом к управлению преимущественно через методы землепользования описана в [159].

9. Недропользование и экология

Для этой важнейшей отрасли на всех этапах жизненного цикла производства (разведка – добыча – транспортировка – переработка – сбыт) характерна пространственная распределенность объектов описания. Месторождения полезных ископаемых являются пространственно распределенными объектами и своим местоположением предопределяют развитие инфраструктуры, коммуникаций, путей транспортировки, характер и объёмы природоохранных мероприятий и т.п. Без всестороннего учёта пространственной информации в управлении максимальную рентабельность добывающих компаний, рациональное размещение предприятий переработки, сбыта, оптимальность транспортных схем, эффективное развитие сырьевой базы регионов обеспечить невозможно.

Эта информация должна представляться в удобной для анализа форме и обеспечивать принятие наиболее оптимальных управленческих решений. Таким требованиям сегодня удовлетворяют геоинформационные системы и технологии на их основе.

Применение ГИС для органов управления природными ресурсами региона, использующими большие банки данных о минерально-сырьевой базе территории, описано в [160,161]. Вопросы информационного обеспечения геологоразведки рассматриваются Г.Г. Кравченко в [162]. Довольно подробная статья с коллегами из института «ТомскНИПИнефть» [163] содержит материалы по применению геоинформационных технологий в крупной нефтяной компании с практическими примерами. В [168, 169] описаны методы снеговой индикации месторождений углеводородов по разнотемпературным космоснимкам.

Любая крупная нефтегазовая корпорация, действующая на большой территории, помимо производственных затрагивает и государственные интересы комплексного развития региона. В работах [165–167] изложены наши взгляды на создание интегрированной геоинформационной среды для ОАО «Востокгазпром» с учетом этих особенностей. Применение созданных для задач управления недропользованием ЦММ и ГИС в задачах управления комплексным развитием территории регионов ресурсного типа изложено в [172, 173], а для задач проектирования магистральных трубопроводов – в [123].

Довольно много работ по созданию информационных систем для нефтегазовой отрасли были завершены только отчетами, без соответствующих публикаций. Например, полный цикл работ по созданию ГИС, включая обследование произ-

водства, проектирование структур данных, интерфейса и программ обработки, подготовку ЦММ и формирование интегрированной системы, был выполнен для ОАО «Томскоблгаз». Довольно подробный проект ГИС по экологии и охране окружающей среды для проектирования и производства был выполнен для ОАО «Восточная нефтяная компания». Практически все проекты этого направления реализованы на базе ГИС ARC/INFO, ArcView с привлечение внешних СУБД Oracle, Microsoft SQL Server. В последние годы часто вместе с системами фирмы ESRI используется ERDAS Imagine для обработки аэрокосмосъемки и формирования 3D ГИС. ERDAS Imagine вполне может быть назван растровой ГИС ввиду наличия развитых средств обработки геоданных и пространственного анализа растров.

Комплексный анализ задач создания территориального инновационного кластера недропользования в регионе, выполненный с помощью ГИС, рассмотрен в [174–177].

10. Инженерные сети и дороги

Общее описание структуры задач и создания информационного обеспечения систем инженерной инфраструктуры дано в [182]. Важнейшей особенностью данных приложений является необходимость совместного использования картографических и функциональных описаний (принципиальных или структурных схем). Эти и другие особенности приложений привели к появлению специальной терминологии для обозначения программных систем этого класса, которые носят название FM (Facility Management) и требуют функциональности ГИС и САПР. С учетом потребностей подобных систем проектировалась и универсальная ГИС ГрафИн [24–28], которая имеет также много проблемных надстроек.

Предварительные описания прообраза системы инженерных сетей опубликованы в [178–181], информационное описание сетей в виде кадастра инженерных сетей дано в [181]. Затем эти вопросы развиваются в [183–187]. Общий обзор сетей приведен в [190].

Описание особенностей реализации программного обеспечения приведено в публикациях, посвященных совместному использованию данных [183, 184]: в [183] обсуждаются принципы, а в [184] – схема реализации в клиент-серверной технологии. В [185, 186] излагается некоторый практический опыт применения системы.

В [187, 189] описано применение имитационного подхода к моделированию режимов электросетей. В [86, 188] исследуются топологические модели инженерных сетей.

Описание информационных моделей автодорог приведено в [191, 197–206], транспортных сетей и потоков в [196]. Вопросы реализации программной системы для проектирования объектов транспортного, промышленного и гражданского строительства рассмотрены в [39, 193–195]. Вопросы создания виртуальной ГИС для проектирования инженерных сетей на базе данных дистанционного зондирования и ЦМР – в [123, 207].

11. Учебно-исследовательские работы

На факультете информатики ТГУ существует специализация «Геоинформатика», где преподается ряд дисциплин, позволяющих проектировать и создавать ГИС для различных приложений и создавать собственное программное обеспече-

ние. Это достигается профессиональной подготовкой студентов по основной специальности, а также глубоким изучением принципов создания и развития программного обеспечения геоинформационных систем. В этом и состоит отличие данной специализации от большинства похожих, создаваемых на базе географических, экологических и геологических специальностей вузов.

Помимо профильного очного обучения сотрудники факультета и НПО «Сибгеоинформатика» ведут специализированную подготовку желающих на специальных курсах и семинарах [210, 211]. Сравнительное описание учебных программ для различных категорий слушателей дано в [211]. Подготовлен также ряд учебных пособий [212].

В последнее время, в связи с реализацией Болонских соглашений и переходом на двухступенчатую систему высшего образования «бакалавр – магистр» была проведена большая работа по изучению зарубежного опыта организации магистратуры по специальностям геоинформатики и ДЗЗ. Сравнивались состав учебных дисциплин, их содержание, объем учебных программ различных университетов, имеющих такую специальность в составе. Проводился также критический анализ применимости зарубежного опыта в наших условиях. Такая работа завершается и вскоре на факультете информатики ТГУ начнется подготовка магистров, организованная с учетом современных мировых тенденций эволюции высшего образования и на базе нашего практического опыта отечественных разработок по геоинформатике, описанного в настоящем обзоре.

Специалисты нашего коллектива также выполняют большое количество исследовательских работ совместно с коллегами других специальностей и подразделений ТГУ, а также других вузов и НИИ Томска: архитекторами [44, 41–126, 130], историками [44, 208, 209], археологами [208, 209, 215, 217–219], антропологами [216, 221–226], почвоведом [150, 151], землеустроителями [34, 157], геологами [161, 166, 213, 214]. Выполняется ряд грантов, в том числе по широкой междисциплинарной тематике [171].

ЛИТЕРАТУРА

1. ЭТАПЫ РАЗВИТИЯ

1. *Гладких Б.А., Перегудов Ф.И., Тарасенко Ф.П. и др.* Системное проектирование АСУ хозяйством области. М.: Статистика, 1977. 152 с.
2. *Модели и системы управления трудовыми ресурсами в территориальной АСУ* / под ред. Б.А. Гладких. Томск: Изд-во Том. ун-та, 1978. С. 95–111.
3. *Рюмкин А.И.* Об учете влияния развития непроизводственной сферы на движение населения // Экономика и математические методы. 1982. Т. 18. Вып. 5. С. 844–851.
4. *Тябаев Е.С., Рюмкин А.И.* Система моделей и программ демографических прогнозов в регионе // Управляющие системы и машины. 1983. № 4. С. 117–120.
5. *Рюмкин А.И.* Исследование задач управления межрайонной миграцией с помощью моделей обмена // Автоматика и телемеханика. 1987. С. 121–130.
6. *Рюмкин А.И.* О моделировании взаимодействий населения и производства в задачах территориального планирования // Экономика и математические методы. 1987. Т. 23. Вып. 5. С. 852–854.
7. *Коробейникова Е.П., Рюмкин А.И., Тябаев Е.С.* Вопросы реализации информационных систем в организации застройки города // Проблемы автоматизации управления крупным городом: тез. докл. Всес. науч.-практ. конф. Л., 1988. С. 44, 45.
8. *Арзамасов Д.В., Гладков В.И., Макуха И.Я. и др.* Информационные системы для управления застройкой города // V Сибирская науч.-практ. конф. по надежности науч.-технич. прогнозов. Новосибирск, 1990. С. 180.

9. *Гладких Б.А.* История, современное состояние и проблемы подготовки специалистов по информатике в Томском государственном университете // Вестник ТГУ. 2002. № 275. С. 8–16.
10. *Поляков В.И.* Интеллектуальные системы доступа к данным (обзор) // Управляющие системы и машины. 1983. № 3. С. 766–772.
11. *Бабанов А.М., Миронов Е.Л., Поляков В.И., Уваров А.М.* Интеллектуальная система доступа к данным СУБД СПЕКТР // Управляющие системы и машины. 1989. № 1. С. 81–86.
12. *Рюмкин А.И.* Организация экспертных систем для управления // Создание АРМ управления на мини- и макро-ЭВМ: тез. докл. Всес. науч.-технич. конф. Томск: Изд-во ТПИ, 1986. С. 156–157.
13. *Государственная.* автоматизированная система сбора и обработки данных геологических, геофизических и геохимических исследований. Технические предложения по подсистемам и элементам. Всес. совещание главных конструкторов и разработчиков геосистемы. М.: [б. и.]. 1989. 84 с.
14. *Гладких Б.А., Костюк Ю.Л., Позолотин В.А.* СМОГ – система математического обеспечения графопостроителя. Томск: Изд-во Том. ун-та, 1974. 86 с.
15. *Автоматизация* эксперимента и машинная графика. Томск: Изд-во Том. ун-та, 1977. 152 с.
16. *Костюк Ю.Л.* Система математического обеспечения графического вывода для ЕС ЭВМ. Томск: Изд-во Том. ун-та, 1977. 102 с.
17. *Гладких Б.А., Костюк Ю.Л., Рюмкин А.И.* Развитие геоинформатики в Томском государственном университете // Геоинформатика. Томск: Изд-во Том. ун-та, 1999. С. 5–21.
18. *Рюмкин А.И.* О геоинформатике в Томском государственном университете и научно-производственном объединении «Сибгеоинформатика» // Вестник ТГУ. 2002. № 275. С. 33–40.
19. *Скворцов А.В.* Разработка геоинформационных и инженерных систем на факультете информатики ТГУ и в ООО «Индорсофт» // Вестник Томского государственного университета. 2003. № 280. С. 346–349.

2. ПРОГРАММНЫЙ ИНСТРУМЕНТАРИЙ

20. *Рюмкин А.И.* Геоинформационные системы для градостроительных и ресурсно-кадастровых приложений // Ресурсно-экологическое картографирование Сибири на основе современных информационных технологий: тез. докл. V науч. конф. Иркутск, 13–15 октября 1993. Иркутск, 1993. С. 34–35.
21. *Поляков В.И., Рюмкин А.И.* Программные технологии для ведения автоматизированного земельного кадастра // Современные технологии геодезического, фотограмметрического и картографического обеспечения землеустройства и земельного кадастра в Сибири: материалы XLIV научно-технической конф. Новосибирск, 1995. С. 18–19.
22. *Магвайер Д.* ArcGIS – новое семейство программных продуктов ESRI // Геоинформатика-2000: труды Междунар. науч.-практич. конф. / под ред. А.И. Рюмкина, Ю.Л. Костюка, А.В. Скворцова. Томск: Изд-во Том. ун-та, 2000. С. 88–90.
23. *Скворцов А.В., Костюк Ю.Л.* Система ГрафИн как пример современной интегрированной ГИС // Интеркарто-4 (Материалы Междунар. конф.). Барнаул, 1998. С. 152–157.
24. *Скворцов А.В.* Система ГрафИн // Геоинформатика: Теория и практика. Вып. 1 / под ред. А.И. Рюмкина, Ю.Л. Костюка. Томск: Изд-во Том. ун-та, 1998. С. 181–192.
25. *Скворцов А.В.* Инструментальная геоинформационная система ГрафИн: новая версия // Геоинформатика-2000: труды Междунар. науч.-практич. конф. / под ред. А.И. Рюмкина, Ю.Л. Костюка, А.В. Скворцова. Томск: Изд-во Том. ун-та, 2000. С. 90 – 96.
26. *Жихарев С.А., Скворцов А.В.* Моделирование рельефа в системе ГрафИн // Геоинформатика: Теория и практика. Вып. 1 / под ред. А.И. Рюмкина, Ю.Л. Костюка. Томск: Изд-во Том. ун-та, 1998. С. 193 – 204.
27. *Скворцов А.В., Субботин С.А.* Универсальная технология отображения условных знаков // ИНПРИМ-98 (Материалы Междунар. конф.). Ч. 5. Новосибирск, 1998. С. 66.

28. Скворцов А.В. Геоинформационная система ГрафИн 4.0 и её применения // Вестник ТГУ. 2002. № 275. С. 54–59.
29. Ryumkin A.I., Yankovskaya A. Intelligent expansion of the geoinformation system // 6-th Open Russian-German Workshop on Pattern Recognition and Image Understanding. August 25–30, 2003. Katun village, Altai Region. P. 202–205.
30. Скворцов А.В., Гриценко Ю.Б. Вопросы построения универсальной графической системы для работы с территориально определённой информацией // Геоинформатика: Теория и практика. Вып. 1 / под ред. А.И. Рюмкина, Ю.Л. Костюка. Томск: Изд-во Том. ун-та, 1998. С. 169 – 180.
31. Анорющенко П.П., Бабанов А.М., Вотяков М.В., Рюмкин А.И. Концепции построения автоматизированной информационной системы городского кадастра в среде WINDOWS // Региональная конференция «Проблемы информатизации региона». Красноярск, 1996. С. 89–91.
32. Анорющенко П.П., Бабанов А.М., Вотяков М.В. и др. Интеграция документооборота и ГИС-технологий для управления развитием города // Муниципальные геоинформационные системы. Обнинск, 1996. С. 28–31.
33. Анорющенко П.П., Бабанов А.М., Вотяков М.В. и др. Концепция построения муниципальной информационной системы «МОНИТОР» // Геоинформатика: Теория и практика. Вып. 1 / под ред. А.И. Рюмкина, Ю.Л. Костюка. Томск: Изд-во Том. ун-та, 1998. С. 153–168.
34. Лютых Ю.А., Сальников С.П., Поляков В.И., Рюмкин А.И. О построении информационной системы земельного кадастра уровня субъекта федерации // Геоинформатика-2000: труды Междунар. науч.-практич. конф. Томск: ТГУ, НПО «Сибгеоинформатика», 2000. С. 276–283.
35. Макунин А.А., Шилов В.В. Применение модульной технологии разработки автоматизированных рабочих мест в ГИС-приложениях // Геоинформатика-2000: труды Междунар. науч.-практич. конф. / под ред. А.И. Рюмкина, Ю.Л. Костюка, А.В. Скворцова. Томск: Изд-во Том. ун-та, 2000. С. 84–87.
36. Лютых Ю.А., Поляков В.И., Рюмкин А.И., Сальников С.П. Информационная система управления землепользованием Красноярского края // Вестник ТГУ. 2002. № 275. С. 47–53.
37. Мирза Н.С., Петренко Д.А., Скворцов А.В. Технология трехмерной визуализации данных ГИС И САПР IndorViewer 3D // Вестник ТГУ. 2006. № 290. С. 267–270.
38. Петренко Д.А., Мирза Н.С., Скворцов А.В. Взаимодействие объектов в системе автоматизированного проектирования Indor CAD // Вестник ТГУ. 2006. № 290. С. 275–278.
39. Петренко Д.А., Куленов Р.О., Субботин С.А., Скворцов А.В. Линейка программных продуктов Indor CAD // Теоретическая и прикладная информатика / под ред. проф. А.Ф. Терпугова. Томск: Изд-во Том. ун-та, 2004. Вып. 1. С. 85–100.
40. Костюк Ю.Л. Основы программирования. Разработка и анализ алгоритмов: учеб. пособие. Томск: Изд-во Том. ун-та, 2006. 244 с.

3. ЦИФРОВЫЕ МОДЕЛИ МЕСТНОСТИ

41. Авсейков А.С., Рюмкин А.И. Проектирование развития исторической части Омска на основе компьютерной обработки данных // Управление развитием большого города: тез. докл. науч.-практич. конф. 19–22.11.1991. Омск, 1991. С. 16.
42. Рюмкин А.И. Геоинформационные технологии в управлении развитием города // Всероссийский форум «Геоинформационные технологии. Управление, природопользование, бизнес». М., 1995. С. 17.
43. Рюмкин А.И., Рудченко В.В. Геоинформационные системы для городов Сибири // Регион: управление и информатизация. Кемерово, 1995. С. 29–32.
44. Авсейков А.С., Нейфельд Е.А., Тябаев Е.С., Рюмкин А.И. Геоинформационная система по исторической территории Томска // Геоинформатика. Томск: Изд-во Том. ун-та, 1998. С. 273–283.

45. Рюмкин А.И. Модель планировочной структуры города // Вестник ТГУ. 2006. № 290. С. 279–283.
46. Рудченко В.В., Рюмкин А.И., Танзыбаев М.Г. ГИС в решении задач использования земель // Почвенные ресурсы, рационализация землепользования и экологическая оптимизация агроландшафтов в Приенисейской Сибири. Красноярск, 1995. С. 43–48.
47. Власкина О.А., Трофимова С.Ф. Подготовка карт в среде AutoCAD // Метод. материалы практич. семинара «Применение ГИС-технологий в геокартировании». Томск: ЦНТИ, 1997. С. 26–28.
48. Власкина О.А., Трофимова С.Ф. Конвертирование данных, подготовленных в среде AutoCAD, в формат ArcInfo // Метод. материалы практич. семинара «Применение ГИС-технологий в геокартировании». Томск: ЦНТИ, 1997. С. 28–30.
49. Новиков Ю.Л. Эффективная скелетизация бинарных изображений // Геоинформатика-2000: труды Междунар. науч.-практич. конф. / под ред. А.И. Рюмкина, Ю.Л. Костюка, А.В. Скворцова. Томск: Изд-во Том. ун-та, 2000. С. 58 – 63.
50. Костюк Ю.Л., Новиков Ю.Л. Векторизация растровых изображений с использованием триангуляции // Геоинформатика-2000: труды Междунар. науч.-практич. конф. / под ред. А.И. Рюмкина, Ю.Л. Костюка, А.В. Скворцова. Томск: Изд-во Том. ун-та, 2000, С. 55–58.
51. Иванов В.П., Рюмкин А.И., Фукс А.Л. Построение электронных моделей территории Томска на основе высокодетальной космосъемки // Геоинформатика. Томск: Изд-во Том. ун-та, 1998. С. 235–244.
52. Костюк Ю.Л., Парамонов А.С., Гриценко В.Г. Технология создания трехмерных моделей объектов по плоским проекциям и ее применение в геоинформатике // Геоинформатика. Томск: Изд-во Том. ун-та, 1998. С. 96–106.
53. Трофимова С.Ф. Проблемы концептуального моделирования в ГИС // Геоинформатика-2000: труды Междунар. науч.-практич. конф. / под ред. А.И. Рюмкина, Ю.Л. Костюка, А.В. Скворцова. Томск: Изд-во Том. ун-та, 2000. С. 7–12.
54. Костюк Ю. Л., Новиков Ю. Л. Графовые модели на основе триангуляции в задаче векторизации цветных растровых изображений // Сб. докл. конф., посвященной 90-летию со дня рождения Алексея Андреевича Ляпунова. Новосибирск, 8–12 октября 2001. Новосибирск: Объединенный ин-т информатики СО РАН, 2001. С. 304–315.
55. Костюк Ю.Л., Новиков Ю.Л. Автоматизация подготовки векторных карт по растровым образцам в геоинформационных системах // Новые технологии и комплексные решения: наука, образование, производство. Материалы Всерос. науч.-практич. конф. (19 октября 2001 г., Анжоро-Судженск). Часть VI (Информатика). КемГУ, 2001. С. 37–39.
56. Костюк Ю.Л., Кон А.Б. Алгоритм векторизации с использованием триангуляции // Материалы Всероссийской научно-практической конференции «Наука и практика: диалог нового века» Часть 3. Информационные технологии и математическое моделирование (14 ноября 2003 г., г. Анжоро-Судженск). Томск: Твердыня, 2003. С. 118–121.
57. Костюк Ю.Л. Алгоритмы векторизации и распознавания растровых изображений с использованием триангуляции // Информационные технологии и математическое моделирование: материалы III Всерос. науч.-практич. конф. (11–12 декабря 2004 г.). Часть 2. Томск: Изд-во Том. ун-та, 2004. С. 75–77.
58. Костюк Ю.Л., Абдуллин Ю.Э. Применение триангуляции с ограничениями для векторизации полутоновых растровых изображений // Информационные технологии и математическое моделирование (ИТММ-2006): материалы V Междунар. науч.-практич. конф. (10–11 ноября 2006 г.). Томск: Изд-во Том. ун-та, 2006. Часть 2. С. 83–86.
59. Костюк Ю.Л., Абдуллин Ю.Э., Чертов А.А. Первичная векторизация многоцветных растров с использованием триангуляции и процедуры постобработки // Вестник ТГУ. 2006. № 293. С. 147–150.
60. Костюк Ю.Л., Абдуллин Ю.Э. Помехоустойчивая векторизация полутоновых растровых изображений // Вестник Томского государственного университета. Управление, вычислительная техника и информатика. 2007. № 1. С. 106–110.

61. Костюк Ю.Л., Абдуллин Ю.Э. Помехоустойчивая первичная векторизация полутонных растровых изображений // Информационные технологии и математическое моделирование (ИТММ -2007): материалы VI Междунар. науч.-практич. конф. (9–10 ноября 2007 г.). Томск: Изд-во Том. ун-та, С. 77–78.
62. Костюк Ю.Л., Чертов А.Л. Векторизация на основе триангуляции: удаление паразитных ответвлений и обработка сочленений // Вестник Томского государственного университета. Управление, вычислительная техника и информатика. 2007. № 1. С. 111–116.

4. ЦИФРОВЫЕ МОДЕЛИ РЕЛЬЕФА

63. Костюк Ю.Л. Представление рельефа земной поверхности в геоинформационных системах // Геоинформатика-2000: труды Междунар. науч.-практич. конф. / под ред. А.И. Рюмкина, Ю.Л. Костюка, А.В. Скворцова. Томск: Изд-во Том. ун-та, 2000. С. 12–17.
64. Скворцов А.В., Костюк Ю.Л. Эффективные алгоритмы построения триангуляции Делоне // Геоинформатика: Теория и практика. Вып. 1 / под ред. А.И. Рюмкина, Ю.Л. Костюка. Томск: Изд-во Том. ун-та, 1998. С. 22–47.
65. Костюк Ю.Л., Фукс А.Л. Построение и аппроксимация изолиний однозначной поверхности, заданной набором исходных точек // Геоинформатика: Теория и практика. Вып. 1 / под ред. А.И. Рюмкина, Ю.Л. Костюка. Томск: Изд-во Том. ун-та, 1998. С. 119–126
66. Жихарев С.А., Скворцов А.В. Моделирование рельефа в системе ГрафИн // Геоинформатика: Теория и практика. Вып. 1 / под ред. А.И. Рюмкина, Ю.Л. Костюка. Томск: Изд-во Том. ун-та, 1998. С. 193–204.
67. Фукс А.Л. Быстрый алгоритм триангуляции Делоне // Методы и средства обработки сложной графической информации: тез. докл. Всес. конф. Горький: Изд-во Горьковского ун-та, 1988. Часть 1. С. 83.
68. Поддубный В.В., Черноусов М.В. Приближение сложных поверхностей с помощью аппарата рестриктивных сплайнов // Геоинформатика: Теория и практика. Вып. 1 / под ред. А.И. Рюмкина, Ю.Л. Костюка. Томск: Изд-во Том. ун-та, 1998. С. 107–118.
69. Фукс А.Л. Быстрый алгоритм триангуляции Делоне, основанный на предварительной обработке набора точек // Геоинформатика-2000: труды Междунар. науч.-практич. конф. / под ред. А.И. Рюмкина, Ю.Л. Костюка, А.В. Скворцова. Томск: Изд-во Том. ун-та, 2000. С. 45–50.
70. Скворцов А.В., Жихарев С.А., Фукс А.Л. Применение цифровых моделей рельефа для задач планирования территории // ИНПРИМ-98 (Материалы Междунар. конф.). Часть 5. Новосибирск, 1998. С. 65.
71. Костюк Ю.Л., Фукс А.Л. Приближенное вычисление оптимальной триангуляции // Межд. конф. «Дискретный анализ и исследование операций»: материалы конф. (Новосибирск, 26 июня – 1 июля 2000). Новосибирск: Изд-во Ин-та математики. 2000. С. 152.
72. Костюк Ю.Л., Фукс А.Л. Построение визуально гладкой однозначной поверхности в виде пространственных треугольников по нерегулярным отсчетам // Сибирская конференция «Методы сплайн-функций», посвященная памяти Ю.С. Завьялова (1931–1998). Новосибирск, 29 января – 2 февраля 2001 г.: тез. докл. Новосибирск: Изд-во Ин-та математики, 2001. С. 57–58.
73. Фукс А.Л. Изображение изолиний и разрезов поверхности, заданной нерегулярной системой отсчетов // Программирование. 1986. № 4. С. 87–91.
74. Костюк Ю.Л., Фукс А.Л. Визуально гладкая аппроксимация однозначной поверхности, заданной нерегулярным набором точек // Геоинформатика-2000: труды Междунар. науч.-практич. конф. / под ред. А.И. Рюмкина, Ю.Л. Костюка, А.В. Скворцова. Томск: Изд-во Том. ун-та, 2000. С. 41–45.
75. Костюк Ю.Л., Фукс А.Л. Гладкая аппроксимация изолиний однозначной поверхности, заданной нерегулярным набором точек // Геоинформатика-2000: труды Междунар. на-

- уч.-практич. конф. / под ред. А.И. Рюмкина, Ю.Л. Костюка, А.В. Скворцова. Томск: Изд-во Том. ун-та, 2000. С. 37–41.
76. Скворцов А.В. Алгоритмы анализа триангуляционной модели поверхности // Вестник ТГУ. 2002. № 275. С. 95–98.
77. Костюк Ю.Л., Фукс А.Л. Предварительная обработка исходных данных для построения цифровой модели рельефа местности // Вестник ТГУ. 2003. № 280. С. 281–285.
78. Костюк Ю.Л., Фукс А.Л. Построение цифровой модели рельефа местности на основе структурных линий и высотных отметок // Вестник ТГУ. 2003. № 280. С. 286–289.

5. ПРЕДСТАВЛЕНИЕ И ОБРАБОТКА ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ДАННЫХ

79. Скворцов А.В. Глобальные алгоритмы построения R-деревьев // Геоинформатика: Теория и практика. Вып. 1 / под ред. А.И. Рюмкина, Ю.Л. Костюка. Томск: Изд-во Том. ун-та, 1998. С. 67–83.
80. Жихарев С.А., Костюк Ю.Л. Локальный поиск в метрической задаче коммивояжера // Геоинформатика: Теория и практика. Вып. 1 / под ред. А.И. Рюмкина, Ю.Л. Костюка. Томск: Изд-во Том. ун-та, 1998. С. 84–95.
81. Скворцов А.В., Костюк Ю.Л. Применение триангуляции для решения задач вычислительной геометрии // Геоинформатика: Теория и практика. Вып. 1 / под ред. А.И. Рюмкина, Ю.Л. Костюка. Томск: Изд-во Том. ун-та, 1998. С. 127–138.
82. Скворцов А.В., Жихарев С.А. Универсальная технология решения графовых задач в ГИС и САПР // Интеркарто-5 (Материалы Междунар. конф.). Якутск. 1999. С. 109–114.
83. Жихарев С.А., Скворцов А.В. Построение и анализ графовых структур в ГИС и САПР // Геоинформатика: Теория и практика. Вып. 1 / под ред. А.И. Рюмкина, Ю.Л. Костюка. Томск: Изд-во Том. ун-та, 1998. С. 139–152.
84. Новиков Ю.Л. Полигонально-линейные графовые модели растровых изображений // Геоинформатика-2000: труды Междунар. науч.-практич. конф. / под ред. А.И. Рюмкина, Ю.Л. Костюка, А.В. Скворцова. Томск: Изд-во Том. ун-та, 2000. С. 50–55.
85. Жихарев С.А., Скворцов А.В. Технология решения некоторых инженерных задач, допускающих графовое представление // SIBCONVERS'99 (Материалы Междунар. конф.). Томск, 1999. С. 297–299.
86. Скворцов А.В., Сарычев Д.С. Технология построения и анализа топологических структур для ГИС и САПР // Вестник ТГУ. 2002. № 275. С. 60–63.
87. Скворцов А.В. Особенности реализации алгоритмов построения триангуляции Делоне с ограничениями // Вестник ТГУ. 2002. № 275. С. 90–94.
88. Скворцов А.В. Линейно-узловой алгоритм построения оверлеев двух полигонов // Вестник ТГУ. 2002. № 275. С. 99–103.
89. Костюк Ю.Л., Новиков Ю.Л. Графовые модели цветных растровых изображений высокого разрешения // Вестник ТГУ. 2002. № 275. С. 153–160.
90. Костюк Ю.Л. Графический поиск с использованием триангуляции и клеточного разбиения // Вестник ТГУ. 2002. № 275. С. 147–153.
91. Скворцов А.В. Триангуляция Делоне и ее применение. Томск: Изд-во Томск. ун-та. 2002. 128 с.
92. Костюк Ю. Л. Работы по машинной графике, вычислительной геометрии и их приложениям в Томском государственном университете // Вестник ТГУ. 2002. № 275. С. 25–28.
93. Скворцов А.В. Построение сверхбольшой триангуляции Делоне // Изв. вузов. Физика. 2002. № 6. С. 22–25.
94. Скворцов А.В., Костюк Ю.Л. Сжатие координат триангуляции // Изв. вузов. Физика. 2002. № 6. С. 26–30.
95. Петренко Д.А., Скворцов А.В., Куленов Р.О. Сравнение триангуляций при помощи хэш-функций // Вестник ТГУ. 2003. № 280. С. 305–308.
96. Ченцов О.В., Скворцов А.В. Обзор алгоритмов построения оверлеев многоугольников // Вестник ТГУ. 2003. № 280. С. 338–345.

97. Скворцов А.В. Построение объединения, пересечения и разности произвольных многоугольников в среднем за линейное время с помощью триангуляции // Вычислительные методы и программирование. 2002. Т. 3. № 2. С. 116–123.
98. Скворцов А.В. Сжатие топологических связей триангуляции // Вычислительные методы и программирование. 2002. Т. 3. № 2. С. 124–132.
99. Скворцов А.В. Разбиение множества отрезков на непересекающиеся части на дискретной плоскости // Изв. вузов. Физика. 2002. № 4. С. 25–28.
100. Мирза Н.С., Скворцов А.В., Чаднов Р.В. Построение мультитриангуляции // Информационные технологии и математическое моделирование : материалы III Всерос. науч.-практич. конф. (11–12 декабря 2004 г.). Часть 2. Томск: Изд-во Том. ун-та, 2004. С. 84–86.
101. Мирза Н.С., Скворцов А.В., Чаднов Р. В. Модифицированный алгоритм Чена построения выпуклой оболочки на плоскости // Информационные технологии и математическое моделирование: материалы III Всерос. науч.-практич. конф. (11–12 декабря 2004 г.) Часть 2. Томск: Изд-во Том. ун-та, 2004. С. 86–88.
102. Мирза Н.С., Скворцов А.В., Чаднов Р.В. Упрощение триангуляционных модулей поверхности // Теоретическая и прикладная информатика / под ред. проф. А.Ф. Терпугова. Томск: Изд-во Том. ун-та, 2004. Вып. 1. С. 50–61.
103. Чаднов Р.В., Скворцов А.В., Мирза Н.С. Модифицированный алгоритм Чена построения выпуклой оболочки на плоскости // Теоретическая и прикладная информатика / под ред. проф. А.Ф. Терпугова. Томск: Изд-во Том. ун-та, 2004. Вып. 1. С. 127–138.
104. Скворцов А.В., Мирза Н.С. Алгоритмы построения и анализа триангуляции. Томск: Изд-во Том. ун-та, 2006. 168 с.
105. Мирза Н.С., Скворцов А.В., Чаднов Р.В. Визуализация сверхбольших поверхностей // Вестник ТГУ. 2006. № 290. С. 271–274.
106. Костюк Ю.Л., Пожидаев М.С. Приближенные алгоритмы решения сбалансированной задачи к коммивояжеров // Вестник Томского государственного университета. Управление, вычислительная техника и информатика. 2008. № 1(2). С. 106–112.
107. Костюк Ю.Л., Пожидаев М.С. Сбалансированная задача коммивояжеров для нескольких баз // Информационные технологии и математическое моделирование (ИТММ-2008): материалы VII Всерос. науч.-практич. конф. с междунар. участием (14–15 ноября 2008). Томск. Изд-во Том. ун-та, 2008. Часть 1. С. 182–184.

6. ДИСТАНЦИОННОЕ ЗОНДИРОВАНИЕ

108. Серых А.П. Анализ разнотипных изображений при непараметрическом уровне статистической неопределенности // Геоинформатика: Теория и практика. Вып. 1 / под ред. А.И. Рюмкина, Ю.Л. Костюка. Томск: Изд-во Том. ун-та, 1998. С. 385–390.
109. Пушкарева Т.Г., Протасов К.Т. Спутниковый мониторинг пожаров непараметрическим алгоритмом распознавания образов с оценкой информативности признаков // Геоинформатика-2000: труды Междунар. науч.-практич. конф. / под ред. А.И. Рюмкина, Ю.Л. Костюка, А.В. Скворцова. Томск: Изд-во Том. ун-та, 2000. С. 64–69.
110. Кабанов М.М., Капустин С.Н., Серых А.П. Использование статистических методов для обнаружения пожаров по материалам космосъемки // Геоинформатика: Теория и практика. Вып. 1 / под ред. А.И. Рюмкина, Ю.Л. Костюка. Томск: Изд-во Том. ун-та, 1998. С. 349–355.
111. Кабанов М.М. Выделение объектов городской застройки по материалам аэрокосмосъемки под управлением модели // Геоинформатика: Теория и практика. Вып. 1 / под ред. А.И. Рюмкина, Ю.Л. Костюка. Томск: Изд-во Том. ун-та, 1998. С. 356–363.
112. Капустин С.Н. Выделение зданий по материалам аэро- и высокоточной космосъемки для решения задачи обновления планов городской застройки // Геоинформатика: Теория и практика. Вып. 1 / под ред. А.И. Рюмкина, Ю.Л. Костюка. Томск: Изд-во Том. ун-та, 1998. С. 364–375.
113. Протасов К.Т. Обнаружение аномалий подстилающей поверхности Земли на космических снимках алгоритмом разладки для ГИС // Геоинформатика: Теория и практика.

- Вып. 1 / под ред. А.И. Рюмкина, Ю.Л. Костюка. Томск: Изд-во Том. ун-та, 1998. С. 376–384.
114. *Золотенков В.В., Колоколов О.Ю.* Станция космического зондирования СКАНЭР // Геоинформатика: Теория и практика. Вып. 1 / под ред. А.И. Рюмкина, Ю.Л. Костюка. Томск: Изд-во Том. ун-та, 1998. С. 391–398.
115. *Рюмкин А.И., Протасов К.Т.* Непараметрический алгоритм распознавания объектов подстилающей поверхности Земли по данным аэрокосмической съемки // Суверенный Казахстан: 10-летний путь развития космических исследований: тез. докл. Алматы, 2001. С. 49.
116. *Кабанов М.М., Капустин С.Н., Серых А.П.* Помехоустойчивый алгоритм оценивания границ и уровня водной поверхности по данным дистанционного зондирования // Вестник ТГУ. 2002. № 275. С. 185–189.
117. *Кабанов М.М., Капустин С.Н., Рюмкин А.И. и др.* Контроль состояния территории на основе космической съемки в оптическом диапазоне // Междунар. симпозиум «Контроль и реабилитация окружающей среды». Томск: ИМО РАН, 1998. С. 40–42.
118. *Kabanov M.M., Kapustin S.N., Ryumkin A.I., et al.* Control of the territory condition using the space survey in optical range // Pattern Recognition and Image Analysis. 1999. V. 9. No. 2. P. 380.
119. *Kabanov M.M., Kapustin S.N., Ryumkin A.I.* Spatial geoinformation analysis and processing of space images in regional control // Atmospheric and Ocean Optics. Atmospheric Physics. X Joint International Symposium Session B3. Multiple Scattering in Optical Remote Sensing. Image Transfer and Processing, Tomsk, June 24–28, 2003. P. 81.
120. *Костюк Ю.Л., Пешихонов С.В.* Распознавание объектов определённой структуры по данным дистанционного зондирования с использованием поверхностной триангуляции // Исследование, разработка и применение высоких технологий в промышленности (материалы Междунар. конф.). Т. 6. Гл. 8. СПб., 2006. С. 238.
121. *Костюк Ю.Л., Гульбин К.Г., Пешихонов С.В.* Построение поверхностной триангуляции и выделение пространственных фигур по данным лазерного сканирования // Вестник ТГУ. 2006. № 293. С. 151–155.
122. *Ryumkin A., Yankovskaya A.* Image segmentation based on test pattern recognition methods // 8th Open German-Russian Workshop “Pattern Recognition and Image Understanding” OGRW-8-11, Nizhny Novgorod, 2011. P. 250–253.
123. *Рюмкин А.И. Тябаев Е.С.* Гео визуализация по данным дистанционного зондирования в проектировании магистральных трубопроводов // Исследование Земли из космоса. 2013. № 5 С. 60–75.

7. ГРАДОУСТРОЙСТВО И РЕГИОНАЛЬНОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ

124. *Авсейков А.С., Богданова О.В., Нейфельд Е.А. и др.* Геоинформационная система для исторической территории Томска // Историческая наука на рубеже веков: материалы Всерос. конф. Том 4 // Изд-во Том. ун-та, 2001. С. 89–101.
125. *Авсейков А.С., Габрусенко В.Р., Дмитриенко Е.В. и др.* Разработка методов и моделей для информационных систем градостроительного проектирования исторических городов Сибири // Аннотационные отчеты по госбюджетным (базовое финансирование) НИР, выполненные в 1991–1992 гг. ТГУ, вып. 2, 1993. С. 37–39.
126. *Авсейков А.С., Нейфельд Е.А., Рюмкин А.И.* Особенности организации застройки исторического Томска // Круг идей: Историческая информатика в информационном обществе. М.: Изд-во Мосгосархив, 2001. С. 249–259.
127. *Арзамасов Д., Гладков В.И., Макуха И.Я. и др.* Информационные системы для управления поточной застройкой города // Информация и моделирование территориальных соц.-экон. объектов: тез. докл. Всес. конф. 4–6 дек. 1990. Новосибирск: ВЦ СО АН, 1990. С. 90–92.
128. *Рюмкин А.И.* Геоинформационные технологии в управлении развитием города // Всерос. форум «Геоинформационные технологии: Управление, природопользование, бизнес». М., 1995. С. 17.

129. Рюмкин А.И. Геоинформационные технологии в управлении развитием города // Прогресс. 1995. № 1. С. 10–11.
130. Хохлаков Л.В., Пасечников С.В., Бабанов А.М., Рюмкин А.И. Система городского территориального кадастра г. Зеленогорска // Проблемы информатизации региона: труды межрегиональной конференции. Красноярск, 1995. С. 47–49.
131. Рюмкин А.И. Концепция применения геоинформационных технологий при управлении развитием регионов // Проблемы информатизации региона: труды межрегиональной конференции. Красноярск, 1995. С. 50–52.
132. Рюмкин А.И. Геоинформационные технологии в управлении развитием города // Ag-Review. 1997. № 2. С. 12.
133. Рюмкин А.И. Информационное обеспечение реформируемой системы управления развитием крупного города // Современные информационные технологии в урбанистике, градостроительстве и региональной планировке (УРБИС-97). М., 1998. Т. 1. С. 12–23.
134. Рюмкин А.И. Применение данных дистанционного зондирования и геоинформационных технологий в задачах управления развитием территории // Третий сибирский конгресс по прикладной и индустриальной математике (ИНПРИМ-98): сб. докл. Часть V. С. 129.
135. Аржанникова Е.В., Трофимова С.Ф. Проект геоинформационной системы для ведения адресного плана // Геоинформатика-2000: труды Междунар. науч.-практич. конф. / под ред. А.И. Рюмкина, Ю.Л. Костюка, А.В. Скворцова. Томск: Изд-во Том. ун-та, 2000. С. 132–134.
136. Макаров А.С., Авсейков А.С., Рюмкин А.И. Геоинформационное обеспечение задач градорегулирования Сибири // Геоинформатика-2000: труды Междунар. науч.-практич. конф. / под ред. А.И. Рюмкина, Ю.Л. Костюка, А.В. Скворцова. Томск: Изд-во Том. ун-та, 2000. С. 266–270.
137. Каленицкий А.И., Кравченко Ю.А., Рюмкин А.И. Геоинформационное обеспечение внешних инвестиций для регионов Сибири // Геоинформатика-2000: труды Междунар. науч.-практич. конф. / под ред. А.И. Рюмкина, Ю.Л. Костюка, А.В. Скворцова. Томск: Изд-во Том. ун-та, 2000. С. 270–273.
138. Вотяков М.В., Рюмкин А.И. Система поддержки принятия решений в сфере градорегулирования // Геоинформатика-2000: труды Междунар. науч.-практич. конф. / под ред. А.И. Рюмкина, Ю.Л. Костюка, А.В. Скворцова. Томск: Изд-во Том. ун-та, 2000. С. 306–308.
139. Рюмкин А.И., Чумичев И.И. Интеграция геоинформационных технологий и данных дистанционного зондирования в задачах управления устойчивым развитием области // Интеркарто-4. ГИС для оптимизации природопользования в целях устойчивого развития территорий: материалы Междунар. конф. Барнаул, 1998. С. 232–240.
140. Киштеев П.И., Рюмкин А.И., Тябаев Е.С. Мониторинг в системе взаиморасчетов населения за жилищно-коммунальные услуги с использованием ГИС-технологий // Геоинформатика-2000: труды Междунар. науч.-практич. конф. / под ред. А.И. Рюмкина, Ю.Л. Костюка, А.В. Скворцова. Томск: Изд-во Том. ун-та, 2000. С. 316–318.
141. Тябаев Е.С. Рюмкин А.И. Оценка расселения на основе демографических моделей и геоинформационного анализа // Геоинформатика: сб. Томск: Изд-во Том. ун-та, 1998. С. 245–272.
142. Рюмкин А.И., Чумичев И.И. Геоинформационные технологии и ДЗ при управлении пространственным развитием региона // Геоинформатика: сб. Томск: Изд-во Том. ун-та, 1998. С. 338–348.
143. Скворцов А.В. Реализация пакета транспортных задач в ГИС ГрафИн // Вестник ТГУ. 2002. № 275. С. 82–85.
144. Рюмкин А.И. Модель планировочной структуры города // Вестник ТГУ. 2006. № 290. С. 279–283.
145. Рюмкин А.И., Тябаев Е.С. О моделировании расселения региона // Вестник ТГУ. 2006. № 290. С. 284–289.

146. Рюмки А.И. Развитие инновационного кластера в рамках частно-государственного партнерства (на примере Томска) // Проблемы прогнозирования. 2009. № 4. С. 75–86.
147. Rymkin A.I. Development of innovative clusters based on business–government partnership using the example of Tomsk // Studies on Russian Economic Development. 2009. V. 20. No. 4. P. 400–409.

8. ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЕ

148. Поляков В.И., Рюмки А.И. Подсистема учета земель в системе территориального кадастра // Первая конференция пользователей Arc/Info. Голицыно, 18–21 октября 1994 г. Материалы конф. М.: СП ДАТА+, 1994. С. 146–147.
149. Рудченко В.В., Рюмки А.И., Танзыбаев М.Г. ГИС в решении задач использования земель // Почвенные ресурсы, рационализация землепользования и экологическая оптимизация агроландшафтов в Приенисейской Сибири. Красноярск, 1995. С. 43–48.
150. Воробьев С.Н., Изерская Л.А., Добрынина Н.В., Рюмки А.И. Электронная почвенная карта Томской области // Почвоведение. 1996. № 7. С. 830–832.
151. Танзыбаев М.Г., Рудченко В.В., Рюмки В.В. Опыт использования геоинформационных систем в почвоведении // Почвоведение. 1996. № 12. С. 1530–1534.
152. Бабанов А.М., Рюмки А.И., Шахторин Н.В. Особенности геоинформационного обеспечения кадастровых задач на переходном этапе рыночных преобразований // Материалы Междунар. конф. «Опыт и применение ГИС-технологий для создания кадастровых систем». Ялта, 21–24 мая. Ялта, 1997. С. 30–31.
153. Рюмки А.И. Концепция построения автоматизированного многоцелевого кадастра и ее воплощение в проекте городского кадастра в Томске // Материалы IV Всероссийского форума «Геоинформационные технологии. Управление. Природопользование. Бизнес». Москва, 2–6 июня 1997. М., 1997. С. 26–27.
154. Рюмки А.И., Тябаев Е.С. Разработка интегрированной информационной системы территориального кадастра Томской области // Междунар. конф. по сопряженным задачам механики и экологии. Томск: Изд-во Том.ун-та, 1998. С. 172–176.
155. Воробьев В.И. Рюмки А.И. Совещение специалистов по управлению недвижимостью городов Сибири и Дальнего Востока // Информационный бюллетень ГИС. 2000. № 1. С. 42.
156. Субботин С.А., Рюмки А.И. Интеграция геоинформационных технологий и данных дистанционного зондирования в задачах ведения земельного кадастра республики // Материалы научно-практического семинара «Эффективное управление земельными ресурсами через систему государственного земельного кадастра», ЗАО «Курорт озеро Шира». Абакан, 2000. С. 39–47.
157. Радченко В.А., Воробьев С.А., Кравченко Г.Г. и др. Геоинформационные технологии и дистанционное зондирование в задачах создания земельного кадастра Хакасии // Геоинформатика-2000: труды Междунар. науч.-практич. конф. Томск: ТГУ, НПО «Сибгеоинформатика», 2000. С. 297–306.
158. Поляков В.И. Разработка справочников для АИС земельного кадастра на основе существующей статистической отчетности // Геоинформатика-2000: труды Междунар. науч.-практич. конф. / под ред. А.И. Рюмкина, Ю.Л. Костюка, А.В. Скворцова. Томск: Изд-во Том. ун-та, 2000. С. 310–316.
159. Рюмки А.И. Реформирование землепользования и городское развитие // Проблемы прогнозирования. 2006. № 1. С. 124–135.

9. НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЕ И ЭКОЛОГИЯ

160. Галушин А.А., Логинов В.Т., Кравченко Г.Г., Никифоров А.Ю. Информационная система для управления природными ресурсами Республики Алтай // Геоинформатика-2000: труды Междунар. науч.-практич. конф. / под ред. А.И. Рюмкина, Ю.Л. Костюка, А.В. Скворцова. Томск: Изд-во Том. ун-та, 2000. С. 156–159.

161. Галушин А.А., Логинов В.Т., Кравченко Г.Г., Никифоров А.Ю. Информационная система для управления природными ресурсами Республики Алтай // Итоги и перспективы геологического изучения Горного Алтая. Горно-Алтайск: Горно-Алтайское кн. изд-во, 2000. С. 177–180.
162. Кравченко Г.Г. Геоинформационные технологии в геологоразведочной отрасли // Геоинформатика: Теория и практика. Вып. 1 / под ред. А.И. Рюмкина, Ю.Л. Костюка. Томск: Изд-во Том. ун-та, 1998. С. 284–295.
163. Ермак П.Г., Тэбырцэ М.Г., Кравченко Г.Г. и др. Этапы формирования геоинформационных технологий в нефтегазодобывающих компаниях // Геоинформатика: сб. Томск: Изд-во Том. ун-та, 1999. С. 296–314.
164. Рюмкина А.И., Базанов В.А., Тябаев Е.С. и др. Информационные системы по биоресурсам // Проблемы экологии Томской области. Общие вопр. экологии, экологии человека, экологических комплексов: тез. докл. региональной конф. Т. 1. Томск, 1992. С. 44–46.
165. Кравченко Г.Г., Паровинчак М.С., Рюмкина А.И. Геоинформационные технологии – инструмент реализации концепции ОАО «Востокгазпром» по развитию восточных регионов страны // Геоинформатика-2000: труды Междунар. науч.-практич. конф. / под ред. А.И. Рюмкина, Ю.Л. Костюка, А.В. Скворцова. Томск: Изд-во Том. ун-та, 2000. С. 161–163.
166. Кравченко Г.Г., Паровинчак М.С., Рюмкина А.И. Геоинформационные технологии – инструмент реализации концепции ОАО «Востокгазпром» по развитию восточных регионов страны // Газ: труды Междунар. науч.-практич. конф. Томск: ОАО «Востокгазпром», 2000. С. 147–149.
167. Кравченко Г.Г., Рюмкина А.И. Геоинформационная система для стратегического управления ОАО «Востокгазпром» // Проблемы и пути эффективного освоения минерально-сырьевых ресурсов Сибири и Дальнего Востока: материалы юбилейной науч.-практич. конф. 16–18 мая 2000. Томск: STT, 2000. С. 127–129.
168. Лунев В.И., Паровинчак М.С., Рюмкина А.И. Способ выявления площадей перспективных для поиска и разведки месторождений углеводородов / Патент РФ на изобретение № 2169934. Приоритет от 16.08.99.
169. Лунев В.И., Рюмкина А.И. Снеговая индикация месторождений углеводородов // Проблемы и пути эффективного освоения минерально-сырьевых ресурсов Сибири и Дальнего Востока: материалы юбилейной науч.-практич. конф. Томск, 2000. С. 198–200.
170. Макиенко А.Д., Рюмкина А.И. Дистанционное зондирование и экологический мониторинг территории Западносибирского региона // Фундам. проблемы охраны окружающей среды и экология природно-территориальных комплексов Западной Сибири: материалы научной конф. Горно-Алтайск, 2000. С. 8–9.
171. Костюк Ю.Л., Скворцов А.В., Поддубный В.В. и др. Инструментальная система экологического мониторинга природно-территориальных комплексов // Фундаментальные проблемы охраны окружающей среды и экологии природно-территориальных комплексов Западной Сибири: материалы научной конф. Горно-Алтайск, 2000. С. 9–11.
172. Рюмкина А.И., Кравченко Г.Г. Организация регионального развития на основе геоинформационных технологий // Геоинформатика. 2007. № 2.
173. Рюмкина А.И. Информационное обеспечение проектов территориального развития // Новоуренгойский газовый форум. Науч.-практич. конф. «Новые технологии в ТЭК». Новый Уренгой, 2008. С. 64.
174. Рюмкина А.И. Создание инновационного кластера эффективного недропользования «Притомье». Томск: Изд-во Том. ун-та, 2010. 88 с.
175. Рюмкина А.И. Кластерный вариант модернизации недропользования // ЭКО. 2011. № 12. С. 164–175.
176. Рюмкина А.И. О формировании инновационного кластера недропользования // Проблемы прогнозирования. 2012. № 1. С. 76–87.
177. Ryumkina A.I. Formation of an innovative cluster of subsoil usage // Studies on Russian Economic Development. 2012. V. 23. No. 1. P. 57–65.

10. ИНЖЕНЕРНЫЕ СЕТИ И ДОРОГИ

178. *Готман В.И., Слюсаренко С.Г., Субботин С.А., Скворцов А.В.* Информационная система коммуникаций промышленных предприятий // Проблемы и перспективы развития ТНХК. Томск, 1996. С. 90–91.
179. *Скворцов А.В., Слюсаренко С.Г.* Кадастр инженерных коммуникаций г. Томска // Энергетика: экология, надёжность, безопасность (Материалы 4-го Всерос. науч.-технич. семинара). Томск, 1998. С. 68–69.
180. *Скворцов А.В., Слюсаренко С.Г.* Информационная система городских коммуникаций // ИНПРИМ-98 (Материалы Междунар. конф.). Ч. 3. Новосибирск, 1998. С. 71.
181. *Слюсаренко С.Г., Скворцов А.В., Субботин С.А. и др.*, Особенности создания и поддержания кадастра инженерных сетей // Энергетика: экология, надёжность, безопасность (Материалы докладов 6-го Всерос. науч.-технич. семинара). Томск, 1998. С. 72–78.
182. *Скворцов А.В., Слюсаренко С.Г., Субботин С.А. и др.* Информационное обеспечение инженерных сетей // Геоинформатика: Теория и практика. Вып. 1 / под ред. А.И. Рюмкина, Ю.Л. Костюка. Томск: Изд-во Том. ун-та, 1998. С. 205–224.
183. *Новиков Ю.Л., Слюсаренко С.Г., Скворцов А.В., Сарычев Д.С.* Совместное использование данных кадастров инженерных коммуникаций многими пользователями // Геоинформатика-2000: труды Междунар. науч.-практич. конф. / под ред. А.И. Рюмкина, Ю.Л. Костюка, А.В. Скворцова. Томск: Изд-во Том. ун-та, 2000. С. 229–231.
184. *Слюсаренко С.Г., Новиков Ю.Л., Сарычев Д.С., Скворцов А.В.* Особенности реализации подсистем информационных запросов к кадастровым информационным системам // Геоинформатика-2000: труды Междунар. науч.-практич. конф. / под ред. А.И. Рюмкина, Ю.Л. Костюка, А.В. Скворцова. Томск: Изд-во Том. ун-та, 2000. С. 231–234.
185. *Слюсаренко С.Г., Заповодников К.И., Субботин С.А., Скворцов А.В.* Применение ГИСТехнологий в электроэнергетических системах // Геоинформатика-2000: труды Междунар. науч.-практич. конф. / под ред. А.И. Рюмкина, Ю.Л. Костюка, А.В. Скворцова. Томск: Изд-во Том. ун-та, 2000. С. 234–236.
186. *Слюсаренко С.Г., Рожков В.П., Субботин С.А., Скворцов А.В.* Современные информационные технологии в эксплуатации инженерных сетей // Геоинформатика-2000: труды Междунар. науч.-практич. конф. / под ред. А.И. Рюмкина, Ю.Л. Костюка, А.В. Скворцова. Томск Изд-во Том. ун-та, 2000. С. 219–224.
187. *Готман В.И., Слюсаренко С.Г., Скворцов А.В.* Имитационное моделирование режимов систем электроснабжения промышленных предприятий // Энергетика: экология, надёжность, безопасность (Материалы 4-го Всерос. науч.-технич. семинара). Томск, 1998. С. 65–66.
188. *Сарычев Д.С., Скворцов А.В., Слюсаренко С.Г.* Применение графовых моделей для анализа инженерных сетей // Вестник ТГУ. 2002. № 275. С. 70–74.
189. *Слюсаренко С.Г., Костюк Л.Ю., Скворцов А.В. и др.* Расчет установившихся режимов электрической сети в ГИС ГрафИн // Вестник ТГУ. 2002. № 275. С. 64–69.
190. *Сарычев Д.С.* Современные информационные системы для инженерных сетей // Вестник ТГУ. 2002. № 280. С. 354–361.
191. *Сарычев Д.С., Крысин С.П., Скворцов А.В.* Создание информационных моделей автомобильных дорог и информационной системы на их основе // Вестник ТГУ. 2002. № 280. С. 362–369.
192. *Бойков В.Н., Скворцов А.В., Сарычев Д.С., Филиппов В.Г.* Проблемы кадастра недвижимости Федеральных автомобильных дорог // Мир дорог. 2011. № 57. С. 22–25.
193. *Петренко Д.А., Понамарёв И.Н., Бойков В.Н., Скворцов А.В.* Оценка пространственной видимости с помощью 3D-моделирования // Дорожная держава. 2012. № 42. С. 19–21.
194. *Скворцов А.В., Байгулов А.Н., Мотуз В.О.* Траектории движения и расчёт динамических коридоров транспортных средств в IndorCAD/Road // Дорожная держава. 2012. № 43. С. 30–33.
195. *Бойков В.Н., Петренко Д.А., Люст С.Р., Скворцов А.В.* Система автоматизированного

- проектирования автомобильных дорог IndorCAD/Road // Вестник ТГУ. 2002. № 280. С. 350–353.
196. Каплун Н.В., Матюшин А.В., Мирза Н.С., Скворцов А.В. Обзор моделей транспортной сети для решения задач моделирования транспортных потоков на макро- и микроуровне // Информационные технологии и математическое моделирование (ИТММ-2006): материалы V Междунар. науч.-практич. конф. (10–11 ноября 2006 г.). Ч. 2. Томск: Изд-во Том. ун-та, 2006. С. 16–19.
197. Скворцов А.В., Поспелов П.И., Бойков В.Н., Крысин С.П. Геоинформационные системы в дорожном хозяйстве: Справочная энциклопедия дорожника (СЭД) Т. VI. М.: ФГУЛ «Информавтодор», 2006. 372 с.
198. Скворцов А.В., Поспелов П.И., Котов А.А. Геоинформатика в дорожной отрасли. М.: МАДИ(ГТУ), 2005. 250 с.
199. Сарычев Д.С., Скворцов А.В. ГИС, САПР и БД // Автомобильные дороги. 2009. № 1. С. 129–131.
200. Скворцов А.В. Принципы построения ГИС федеральных автомобильных дорог // Автомобильные дороги. 2010. № 10. С. 71–74.
201. Скворцов А.В. Современное состояние геоинформационных систем в дорожной отрасли // Строительство и транспорт. 2007. № 3. С. 37–39.
202. Скворцов А.В., Сарычев Д.С. ГИС в дорожной отрасли // Дорожная держава. 2007. № 4. С. 20–23.
203. Скворцов А.В., Сарычев Д.С. Пилотный ГИС-проект: концепция, технологии, результаты // Дорожная держава. 2010. № 28. С. 18–21.
204. Скворцов А.В., Сарычев Д.С. Пилотный проект создания ГИС федеральных автомобильных дорог // Информационный бюллетень ГИС-ассоциации. 2009. № 4 (71). С. 10–14.
205. Скворцов А.В., Сарычев Д.С. Разработка инфраструктуры дорожных данных // Дорожная держава. 2009. № 22. С. 29–31.
206. Скворцов А.В., Сарычев Д.С. Создание инфраструктуры дорожных данных Российской Федерации RusRoadS // Пространственные данные. 2009. № 3. С. 67–71.
207. Рюмкин А.И. Информационное обеспечение 3D-ГИС для проектирования и реконструкции магистральных трубопроводов и трасс инженерных коммуникаций // Математич. модели и методы анализа и оптимального синтеза развивающихся трубопроводных и гидравлических систем / Труды XII Всерос. науч. семинара с участием («Ай-Петри», п. Корез, Ялта, 20–26 сентября 2010). Москва – Иркутск: ИСЭМ, 2010. С. 437–448.

11. УЧЕБНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЕ РАБОТЫ

208. Рюмкин А.И., Топчий А.Т., Чиндина Л.А. и др. Археологическая геоинформационная система Томской области // Геоинформатика-2000: труды Междунар. науч.-практич. конф. / под ред. А.И. Рюмкина, Ю.Л. Костюка, А.В. Скворцова. Томск Изд-во Том. ун-та, 2000. С. 349–351.
209. Балахчин В.П., Боковенко Н.А., Грачев И.А. и др. Геоинформационная система по археологическим памятникам Хакасии // Геоинформатика-2000: труды Междунар. науч.-практич. конф. / под ред. А.И. Рюмкина, Ю.Л. Костюка, А.В. Скворцова. Томск: Изд-во Том. ун-та, 2000. С. 352–355.
210. Власкина О.А., Трофимова С.Ф., Рюмкин А.И. Некоторые аспекты обучения геоинформатике // Информационный бюллетень ГИС-ассоциации. 1997. № 2. С. 12.
211. Трофимова С.Ф. Преподавание геоинформатики на факультете информатики ТГУ // Геоинформатика-2000: труды Междунар. науч.-практич. конф. / под ред. А.И. Рюмкина, Ю.Л. Костюка, А.В. Скворцова. Томск: Изд-во Том. ун-та, 2000. С. 335–337.
212. Скворцов А.В. Геоинформатика: учеб. пособие. Томск: Изд-во Том. ун-та, 2006. 336 с.
213. Галушин А.А., Кравченко Г.Г., Логинов В.Т. Предложения по созданию ГИС Республики Алтай // Новые информационные технологии в науке и образовании: сб. науч. тр. Горно-Алтайск: «Универ-принт», 2002. С. 4–24.

214. *Кравченко Г.Г., Галушин А.А., Голдаев Ю. В. и др.* Создание ГИС – Природные ресурсы Республики Алтай // Территориальный фонд геологической информации по Республике Алтай. Отчёт о НИР. Государственный регистрационный № 83-008/1, 2002. 158 с.
215. *Кравченко Г.Г., Ожередов Ю.И.* Создание цифровой археологической карты Томской области // Проблемы историко-культурного развития древних и традиционных обществ Западной Сибири и сопредельных территорий: материалы XIII Западно-Сибирской археолого-этнографической конф. К 100-летию со дня рождения В.Н. Чернецова. Томск, 2005. С.83–86.
216. *Рыкун М.П., Кравченко Г.Г., Кравченко Д.Г. и др.* Создание банка данных кабинета антропологии Томского госуниверситета // VI конгресс этнографов и антропологов России. СПб.: МАЭРАН, 2005. С. 396.
217. *Боброва А.И., Кравченко Г.Г.* Геоинформационные технологии в исследовании археологических памятников II тысячелетия нашей эры Томско-Нарымского Приобья // Интеграция археологических и этнографических исследований: сб. науч. тр. / гл. ред. Н.А. Томилов, отв. ред. М.Л. Бережнова, М.А. Карусенко. Омск: «Издательский дом наука», 2005. С. 51–57.
218. *Березовская Н.В., Кравченко Г.Г., Торощина Н.В., Чернова И.В.* Формирование источниковой и методической базы для комплексного изучения историко-культурного наследия Притымья Томской области // Современные проблемы археологии России: материалы Всерос. археолог. съезда. Т. II. Новосибирск: Изд-во Ин-та археологии и этнографии СО РАН, 2006. С. 484–486.
219. *Боброва А.И., Кравченко Г.Г.* Проблема взаимодействия культур в эпоху развитого средневековья в Нарымском Приобье // II северный археологический конгресс: тез. докл. 2006. С. 136–137.
220. *Кравченко Г.Г.* Применение ГИС-технологий в гуманитарных исследованиях (археография) // Человек – текст – эпоха: сб. науч. статей и материалов. Вып. 2: Современные проблемы источниковедения / под ред. В.П. Зиновьева, Е.Е. Дутчак. Томск: Изд-во Том. ун-та, 2006. С. 62–67.
221. *Рыкун М.П., Кравченко Г.Г., Кравченко Д.Г., Новосёлова Т.В.* Банк данных кабинета антропологии Томского государственного университета – средство интеграции при реконструкции этнокультурных процессов // Интеграция археологических и этнографических исследований: сб. науч. статей / гл. ред. Н.А.Томилов. Одесса, Омск: Изд-во ОмГПУ, 2007. С. 376–380.
222. *Рыкун М.П., Кравченко Г.Г., Кравченко Д.Г.* Банк данных по фондам кабинета антропологии Томского госуниверситета: создание и перспективы использования // Археология и этнография Приобья: материалы и исследования: сб. тр. кафедры археологии и этнологии. Вып. 1 / отв. ред. Н.В. Лукина. Томск: Изд-во Том. ГПУ, 2007. С. 117–126.
223. *Кравченко Г.Г., Барсуков Е.В., Торощина Н.В., Чернова И.В.* Об использовании картографического материала в изучении историко-культурного наследия Притымья // Время и культура в археолого-этнографических исследованиях древних и современных обществ Западной Сибири и сопредельных территорий: проблемы интерпретации и реконструкции: материалы Западно-Сибирской археолого-этнографической конф. Томск: Изд-во Аграф-Пресс, 2008. С. 48–51.
224. *Рыкун М.П., Кравченко Г.Г.* Современные подходы к систематизации краниологических коллекций. Традиции и инновации // Древние и средневековые кочевники Центральной Азии: сборник научных трудов / отв. ред. А.А. Тишкин. Барнаул: Азбука, 2008. С. 210–213.
225. *Рыкун М.П., Кравченко Г.Г., Кравченко Д.Г.* Фонды кабинета антропологии Томского государственного университета и информационные технологии как основа изучения этногенеза коренного населения Сибири // Актуальные направления антропологии. Сборник, посвящённый юбилею академика РАН Т.И. Алексеевой / отв. ред. А.П. Бужилова, М.В. Добровольская, М.Б. Медникова. М.: Институт археологии РАН, 2008. С. 184–188.

226. Рыкун М.П., Галушин А.А., Кравченко Г.Г., Кравченко Д.Г. Геоинформационные технологии в антропологии // Человек и север: Антропология, археология, экология: материалы Всерос. конф., г. Тюмень, Изд-во ИПОС СО РАН, 2009, Вып. 1. С. 35–38.

Рюмкин Александр Иванович,

Костюк Юрий Леонидович,

Скворцов Алексей Владимирович,

Томский государственный университет

E-mail: airyumkin@mail.ru; kostyuk_y_l@sibmail.com;

skv@indorsoft.ru

Поступила в редакцию 7 декабря 2012 г.

*Ryumkin Alexander I., Kostyuk Yury L., Skvortsov Alexey V. (Tomsk State University). **About geoinformatics development in Tomsk State University and Sibgeoinformatics Ltd.***

In this paper the short review of development and the received results of scientific school of geoinformatics of Tomsk state university is given. The geoinformatics is understood further as a science about methods of the effective description of territory of the Earth and its bowels, processing and the analysis of the spatial information, computer representation and processing of the geodata which results is set of constructive computer methods of representation and the analysis of the information on space by means of adequate cartographical visual models and raster images. Geoinformatics as youngish and well demanded scientific direction, roughly develops, generating a considerable quantity of works and corresponding publications. For orientation in the maintenance of the received results, estimations of a current condition and tendencies of development, understanding of possibilities of collective the general review of the works executed to the present time is necessary. Such review is resulted in present paper necessarily short in view of large number of the literature and contains the compressed statement of history of development and thematic grouping of publications. Stages of formation and development of our collective, program toolkit, original methods of creation of digital models of district and a relief, methods of representation of spatial data and data processing of remote sounding, and also their appendix in problems of town-planning, territorial planning, land tenure, subsoil usage and ecology are described, at designing and operation of engineering networks and roads, at training. The substantial statement is accompanied by references to corresponding publications of authors of works. The bibliography contains 226 names.