

Повышение эффективности технологических процессов обработки и анализа графических данных в ГИС*

Ю.Г. Васин, Т.Ш. Утешева

ya.vasinyuri@yandex.ru | uts13@yandex.ru

Нижегородский Государственный Университет имени Н.И. Лобачевского

Рассматриваются эффективные методы вычислительной геометрии, расширяющие функциональные возможности автоматизированной составляющей технологии создания цифровых карт и функционирования геоинформационных систем при массовой обработке больших объемов графических данных.

Ключевые слова: вычислительная геометрия, геоинформационные системы, обработка графической информации

Improving the Efficiency of Technological Processes of Processing and Analysis of Image Data into GIS*

Yu.G. Vasin, T.Sh. Utesheva

Nizhny Novgorod State University named after N.I. Lobachevskiy

We consider effective methods of computational geometry, extends the functionality of the automated part of the technology of digital mapping and geographic information systems functioning in the mass processing of large volumes of image data.

Keywords: computational geometry, geographic information systems, processing of graphical information

1. Введение

Временная и емкостная эффективность массовой обработки больших объемов графических данных в значительной мере определяется используемыми методами вычислительной геометрии, лежащими в основе геометрических и логических операций над графическими объектами. Схема функционирования современных ГИС имеет несколько наиболее ресурсоемких блоков, временные затраты которых определяются именно вычислительной сложностью реализуемых ими алгоритмов. В большинстве таких «узких» мест производится анализ геометрии взаимного расположения большого числа графических объектов и потому применение методов вычислительной геометрии очень эффективно. Практический опыт разработки методов, алгоритмов и программ обработки комплексной (метрической и атрибутивной) картографической информации, как на этапе создания цифровых карт, так и на этапах ее анализа в различных геоинформационных тематических приложениях, показал, что для данного вида информации наиболее эффективен метод от общего к частному на базе иерархического представления данных. Кроме того, на начальных этапах создания цифровых карт и в приложениях, ориентированных на задачи принятия решений на базе цифровых планов городов, когда высок процент объектов малой метрической протяженности, эффективен метод охватывающих прямоугольников.

Эффективное иерархическое представление метрики картографической векторной информации (планарной и трехмерной) [1-5], метод от общего к частному решения геометрических задач [6,7] на основе такого структурированного представления, различные варианты повышения эффективности метода от общего к частному [8,9] и алгоритмы реализации различных технологических этапов ГИС были разработаны и апробированы на уровне промышленного внедрения в НИИ ПМК ННГУ.

2. Метод от общего к частному

В работах [1-6] были предложены методы и алгоритмы обработки графической информации на базе локальных однородных хорошо приспособленных базисных функций (ЛОХПБФ) и предопределяемых ими иерархических регулярных структур представления данных в виде усеченных разностных бинарных деревьев. Отсчеты каждого уровня иерархии указанных структур отбираются с использованием ЛОХПБФ и представляют исходные данные с некоторой контролируемой погрешностью. Чем ниже рассматриваемый уровень иерархии представления данных, тем точнее описывается исходное поле. В совокупности иерархическая структура содержит не избыточный набор существенных отсчетов и ошибок описания на предыдущих уровнях иерархии, позволяющий провести восстановление исходной информации с заданной точностью. Указанная структура может быть представлена в виде усеченных бинарных разностных деревьев для различного типа графических данных.

Работа выполнена и опубликована при финансовой поддержке РФФИ, гранты 13-07-00521, 13-07-12211, 15-07-20347

Иерархическое представление графической информации позволяет эффективно использовать метод от общего к частному в задачах анализа взаимного расположения картографических объектов. Геометрические задачи решаются путем последовательных приближений: поиск решения начинается с корня иерархии и завершается при возможно более грубом представлении данных. Информация уточняется там, где это необходимо, то есть на участках, определяющих решение задачи, используется более точное описание данных. При этом на верхних уровнях дерева формируются промежуточные решения, которые, во-первых, могут использоваться как некоторое приближение к искомому решению, во-вторых, они применяются для оценок перспективных направлений дальнейшего поиска окончательного решения.

При реализации такого подхода важен корректный выбор критериев отбора перспективных участков аппроксимации, уточнение которых заведомо приведет к искомому решению. Синтез таких критериев при решении широкого класса задач требует в каждой вершине дерева на каждом уровне иметь ограничивающие оценки, такие, что исходная информация, соответствующая данным существенным отсчетам не может отклониться за их пределы. Было предложено при решении задач анализа графических данных использовать усеченные бинарные разностные деревья с D -окрестностями, где D -окрестность уровня k – D_i^k это область, за пределы которой исходная информация не может отклониться от i -го аппроксимирующего участка k -го уровня. Это позволило для каждой геометрической задачи сформулировать критерий отбора только тех участков рассматриваемых графических объектов, которые могут содержать решение, а заведомо бесперспективные (и только их) исключать из рассмотрения. Такой подход оказался высокоэффективным при массовой обработке больших объемов графических данных и был применен при разработке алгоритмов комплекса программ решения задач вычислительной геометрии, связанных с анализом взаимного положения объектов на плоскости. Программы комплекса оформлены в виде функций и организованы в библиотеку, которая может быть использована для создания любых приложений, требующих быстрой обработки больших объемов графической информации.

Библиотека содержит функции для решения следующих задач:

Для определения взаимного положения точек и кривых: определение расстояния от точки до кривой; поиск кривой из множества, ближайшей к заданной точке; поиск точки из множества, ближайшей к заданной кривой.

Для определения взаимного положения точек и областей: определение положения точки относительно области; определение положения точек множества относительно области; определение точек из множества, лежащих в ϵ -окрестности области вне ее; определения положения части заданных точек из некоторого множества с отнесением точек, лежащих на границе, в соответствии с заданным режимом.

Для определения взаимного положения кривых: определение расстояния между двумя кривыми; определение точек пересечения и участков совпадения для множества кривых с подмножеством и для двух множеств кривых; поиск близких кривых в заданном множестве.

Для определения взаимного положения кривых и областей: выделение части кривой, лежащей внутри многоугольника; выделение части кривой, лежащей внутри области, граница которой задана структурированной кривой.

Для определения взаимного положения областей: определение положения множества контуров относительно многосвязной области; построение пересечения заданной области с множеством областей.

Это – базовые функции, суперпозиция которых позволяет решать широкий класс задач определения геометрических и логических отношений между графическими объектами.

Разработанные алгоритмы обладают следующими важными достоинствами: высокая вычислительная производительность; общий методологический подход к решению всех геометрических задач; использование единой предварительной обработки данных, которая проводится однократно и используется для решения всех необходимых задач, являясь при этом частью общей технологии обработки графической информации.

3. Обработка и анализ графических данных в ГИС

Результатом первого этапа оцифровки картографических данных является метрическая составляющая объектов карты с простейшим семантическим наполнением. Последующие этапы предполагают формирование более сложных характеристик, пространственных семантических и логических связей, а также создание новых площадных и линейных объектов из автоматически введенных дискретных и линейных. Этот процесс является интерактивным и уровень его автоматизации во многом зависит от качества исходного материала и успешности всех предварительных процедур. Тем не менее, ресурсы повышения эффективности автоматизированной составляющей в настоящее время не исчерпаны, и с этой целью были разработаны следующие процедуры:

- сшивки смежных картографических листов с учетом всех атрибутивных данных, а так же пространственно-логических и топологических связей;
- программный комплекс построения цепочно – узловой (сегментной) модели описания метрической информации;
- процедура формирования информативной семантической (атрибутивной) информации исходя из анализа взаимного расположения картографических объектов;
- автоматического формирования новых объектов – производных от нескольких ранее существующих;
- семантического структурирования объектов посредством механизма прерываний и характеристик на основе анализа геометрического отношения объектов;
- процедура распознавания связанных групп элементов заполнения площадных объектов карты;
- сборки площадных и линейных объектов из набора дискретных;
- идентификации кодами автоматически введенных объектов по различным критериям: примыкания, направления оцифровки, одновременно примыкания нескольких объектов с различными кодами, отношения вне – внутри и др.
- процедура формирования новых площадных и линейных объектов из автоматически введенных линейных объектов по условию выполнения большого набора геометрических отношений.

Задача всех перечисленные процедур состоит в автоматическом формировании новых объектов, присвоении новых кодов, формировании характеристик (информативной семантической информации), прерываний или пространственно – топологических связей в зависимости от наличия и типа геометрического взаимодействия с другими картографическими объектами. При этом возможен анализ логики взаимодействия (конъюнкция, дизъюнкция и др.) рассматриваемого объекта в одной точке с несколькими различными типами картографических объектов. Решаемые задачи являются ресурсоемкими, причем основную временную нагрузку алгоритмов определяет блок геометрических и логических операций над графическими единицами карты.

Программная реализация этих процедур предусматривает универсальность по отношению к наполнению информационной базы (классификатора) и возможность использования при создании электронных топографических карт, топопланов, а так же морских навигационных карт всего масштабного ряда.

4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Представленные выше программные комплексы были интегрированы в состав созданной в НИИ ПМК ННГУ объектно-ориентированной интеллектуальной геоинформационной системы «ГИС-Терра».

Комплекс реализован на языке программирования С++. В качестве инструментальных средств для создания и отладки ПО использовалась интегрированная среда разработки Borland С++ Builder.

Эксплуатация в реальных производственных условиях программных комплексов и систем в различных организациях и предприятиях Российской Федерации подтвердила эффективность и результативность принятых решений при разработке методов, алгоритмов и создании программного обеспечения.

Литература

- [1] Васин Ю.Г. Нерегулярные выборки отсчетов исходной информации и задача кодирования электрокардиографических данных // Кибернетика и вычислит. техника, 1978. Вып.42. Киев, 1978. С.98–104.
- [2] Васин Ю.Г. “Хорошо приспособленные” базисы и задачи обработки экспериментальной информации: Учебное пособие // Горьк. гос. ун-т, 1979. С.1-129.
- [3] Васин Ю.Г. Оптимизация описания исходных данных в диалоговых системах решения задач классификации // Современное состояние теории исследования операций. М.: Наука, 1979. С.424-446.
- [4] Васин Ю.Г. “Хорошо приспособленные” локальные однородные методы обработки графической информации // Автоматическая обработка сложной графической информации: Межвуз. тематич. сб. науч. тр. Горьк. гос. ун-т, 1984. С.131-158.
- [5] Васин Ю.Г. Эффективность различных стратегий обработки видеoinформации на базе локальных однородных рекуррентно - рекурсивных функций // Методы и средства обработки графической информации : Межвуз. сб. науч. тр. Горьк. гос. ун-т - Горький, 1986. С.4-45.
- [6] Васин Ю.Г., А.Д. Крахнов Метод от общего к частному в задачах дискретной геометрии // Методы и средства обработки графической информации: Межвуз. сб. Горьк. гос. ун-т., 1986. С.67-80.
- [7] Васин Ю.Г., А.Д. Крахнов, Т.Ш. Утешева Метод от общего к частному при решении пространственных задач дискретной геометрии // Автоматическая обработка сложной графической информации: Межвуз. сборник. Горьк. гос. ун-т, 1988. С.73-83.
- [8] Васин Ю.Г., А.Д. Крахнов, Т.Ш. Утешева Методы дискретной геометрии в задачах обработки сложной графической информации // 7 Международная конференция по распознаванию образов и анализу изображений: Новые информационные тех-

нологии PRIA-7-2004. Труды конференции, СПб. 2004. Т.3. С.954-956.

- [9] Vasin Yu.G., Utesheva T.Sh. Raising the efficiency of technological processes of digitizing and preparation of graphical information for 3d modeling and rendering // The 11-th International Conference "Pattern recognition and image analysis: new information technologies"(PRIA-11-2013). September 23-28, 2013. Conference proceedings, Samara: IPSI RAS, 2013. Vol. II. pp.763-765.

Об авторах

Юрий Васин – профессор ННГУ им. Н.И. Лобачевского.

Его адрес: ya.vasinyuri@yandex.ru.

Тамара Утешева – доцент ННГУ им. Н.И. Лобачевского.

Ее адрес: uts13@yandex.ru.