

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ТОПОГРАФИЧЕСКИХ КАРТ В ГЕОИНФОРМАЦИОННУЮ МОДЕЛЬ

Н.В. Дмитриев

Уральский государственный университет путей сообщения, Екатеринбург, Россия

Рассматривается задача автоматического построения объёмного рельефа местности по сканированным изображениям топографических карт. Описаны особенности компьютерной обработки топографических карт. Разработано программное обеспечение, выполняющее распознавание чисел отметок высот и горизонталей и строящее объёмную модель местности. Построена процедура, согласующая результаты распознавания и осуществляющая поиск возможных ошибок, для уменьшения времени работы оператора.

Ключевые слова: распознавание топографических карт, построение рельефа местности.

Введение

Автоматизация преобразования сканированного изображения топографических карт (ТК) в геоинформационные системы (ГИС) является одной из актуальных задач современности. Существует множество готовых коммерческих продуктов, таких как MapInfo, ArcGIS, Easy Trace, SpotLight, обладающих большим комплексом отдельных процедур, выполняющих операции предобработки растровых изображений, кластеризации, сегментации, топологического анализа. Этой тематике посвящены труды лаборатории мат. методов обработки изображений ИСОИ РАН, Центра информатики и интеллектуальных информационных технологий ННГУ им. Лобачевского; особый вклад в исследуемую проблему внесли Сойфер В. А., Сергеев В. В., Мясников В. В. [1, 2], Васин Ю. Г. [3]. Предлагаемые решения значительно сокращают время работы оператора ПК, занимающегося преобразованием, но, из-за неидеального выполнения операций, оно ещё остаётся довольно большим: специалисту приходится тратить время на исправление ошибок преобразующих процедур.

1. Особенности обработки топографических карт

Общая методология обработки любого цифрового изображения состоит из нескольких этапов: предобработки (удаление шумов, устранение размытости, улучшение изображения), сегментации (кластеризация, распознавание цветов, текстурное разделение), распознавания объектов и понимания изображения (анализ сцен, объектная согласованность). Существуют различные методы, решающие первые три задачи, но они не оптимизированы для использования их в ТК, как объектах, имеющих сложную структуру. Сложность обработки карт заключается в том, что относительно небольшие объекты на них часто пересекаются, и помехи могут сильно исказить текстуры и цвет. Кроме этого, объекты связаны не только структурой, но и функциями, делая распознавание нестабильным [4]. В общем случае, ошибки в распознавании объектов одной функции могут повлиять на распознавания в целом.

Параллельно с данными этапами выполняются процедуры редукции данных и оптимизации. Под редукцией данных понимается уменьшение объёма занимаемого места памяти, например, за счёт уменьшения количества размерностей данных (три матрицы цветового пространства RGB преобразуются в одну в чёрно-белых тонах) или сокращение количества данных вдоль размерностей (удаление распознанных объектов, дублирующих друг друга, или объединение нескольких объектов в один). Под оптимизацией понимается вычисление или нахождение параметров алгоритмов, дающих максимальное качество, согласно выбранным критериям (ошибкам первого и второго родов при сегментации множества пикселей или вероятности распознавания символов и т. д.).

Фактически, все объекты на топографической карте являются двумерными, так как они состоят из множества пикселей, расположенных на плоской карте. Для практического применения считается, что объекты на цифровом изображении бывают трёх типов: точечные (символы текста), одномерные (изолинии, коммуникации) и двумерные (поля). Очевидно, что для каждого отдельного типа объектов придётся использовать разные методы теории распознавания образов и машинного зрения.

К настоящему моменту авторами было проведено несколько исследований, касающихся распознавания точечных и линейных объектов, сравнивающих аналитические и интеллектуальные методы обработки информации. Было выявлено, что одним из наилучших методов является метод искусственных нейронных сетей. Другие методы, например, детектор Кэнни или метод опорных векторов в задаче сегментации и выделение особенностей или метод матричного совпадения в задаче распознавания символов, также показывают хорошие результаты после гиперпараметрического оптимизирования, выполняемого для нахождения параметров методов для обработки именно топографических карт.

2. Описание и результаты работы программы

Основной проблемой является комплексный функциональный анализ распознанных объектов, поиск возможных ошибок, сделанных на предыдущих этапах, получение согласованных данных ГИС. Например, в Easy Trace такой комплексный анализ выполняется при учёте течения рек: направление течения должно согласовываться с рельефом. ТК в процессе обработки необходимо разбить на функциональные слои, каждый из которых хранил бы информацию об отдельных объектах.

Прежде всего, нас интересует рельеф местности, так как именно его характер оказывает наибольшее влияние на проектирование транспортной инфраструктуры. Например, в программе Easy Trace и SpotLight нет специальных механизмов, распознающих текст, поэтому оператору приходится вручную вносить значения высот горизонталей. Поэтому авторами был разработан алгоритм и прототип программы, выполняющей распознавание изолиний и отметок высот одновременно и строящий объёмную модель рельефа по введённой отсканированной топографической карте.

Основной моделью анализа был выбран персептрон Розенблатта, выполняющий сегментацию и распознавание текста. Для сегментации на вход персептрона подавались значе-

ния цветowych координат пикселей окружающей точки (окрестность 3×3). Затем, с помощью морфологических операций горизонтали отделялись от областей чисел отметок высот.

Найденные области нахождения цифр анализировались с помощью другого персептрона, имеющего 7×13 входов, соответствующих размеру перемещающегося окна поиска цифр. Далее распознанные цифры группировались в числа.

После проведённого топологического анализа горизонталей (соединения или разъединения) распознанные числа ставились им в соответствие. На последнем этапе вычислялись высоты изолиний, у которых отсутствовали отметки и находились ошибки распознавания и согласования. Например, одно число могло поменяться на другое в зависимости от степени уверенности в распознавании соседних отметок. В результате строилась 3D-модель местности на основе интерполяции полученных данных.

Для иллюстрации разработанной программы, покажем исходную ТК (рис. 1) и полученную объёмную виртуальную модель этой местности (рис. 2а-б). Время автоматической обработки для ТК размером 5 Мп составляет порядка 2 минут; на дополнительную обработку для исправления операций может потребоваться не больше 3 минут.

Заключение

В построенном алгоритме остаётся вероятность ошибки распознавания чисел при малом их количестве на ТК и ошибках топологического анализа при сильной зашумлённости или низком разрешении карты. Тем не менее, результат для задачи построения рельефа был улучшен относительно стандартных пакетов, поэтому метод комплексного функционального анализа можно исследовать дальше. Кроме того, следует продолжить исследование функциональных слоёв другой природы: распознавание объектов гидрографии, растительности и т. д.

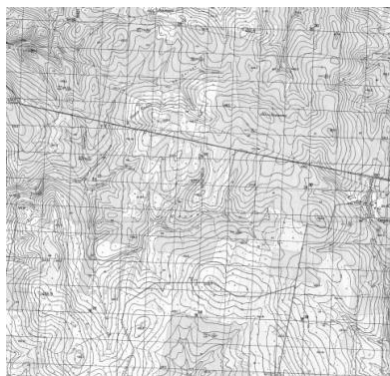


Рис. 1. Топографическая карта местности



Рис. 2. Полученная виртуальная модель местности под разными углами зрения

Литература

1. Методы компьютерной оптики / А. В. Волков, Д. Л. Головашкин, Л. Д. Досколович, Н. Л. Казанский, В. В. Котляр, В. С. Павельев, Р. В. Скиданов, В. А. Сойфер, В. С. Соловьев, Г. В. Успенев, С. И. Харитонов, С. Н. Хонина; под ред. В. А. Сойфера. – Изд. 2-е, испр. – М.: Физматлит, 2003. – 688 с.
2. Перспективные информационные технологии дистанционного зондирования земли / А. В. Сойфер, М. В. Гашников, Н. И. Глумов, Е. В. Гошин, А. Ю. Денисова, А. В. Кузнецов, В. А. Митекин, В. В. Мясников, В. В. Сергеев, В. А. Федосеев, В. А. Фурсов, М. А. Чичева, П. Ю. Якимов; под ред. В. А. Сойфера. – Самара: Новая техника, 2015. – 240 с.
3. Vasin, Yu. G. Constructing color-separated layers of complicated color graphic documents / Bashkirov O. A., Vasin Yu. G., Lebedeva L. V., Smirnov A. F., Strelkova L. D. // Pattern Recognition and Image Analysis. – 2001. – Vol. 11(2). – P. 285. – ISSN 1054-6618.
4. Дмитриев, Н. В. Интеллектуальная система анализа и преобразования топографических карт / Н. В. Дмитриев, В. С. Тарасян // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 2. – URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=21614> (дата обращения: 20.03.2016).