

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА АНАЛИЗА И ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ТОПОГРАФИЧЕСКИХ КАРТ

Тарасян В.С.¹, Дмитриев Н.В.¹

¹ФГБОУ ВПО «Уральский государственный университет путей сообщения» (УрГУПС), Екатеринбург, Россия (620034, Екатеринбург, ул. Колмогорова, 66), e-mail: vtarasyan@gmail.com

Рассматривается компьютерная система анализа специального класса графических изображений – топографических карт. Ее основной задачей является построение объемной модели местности по предложенной карте. Авторами разработана общая концепция такой системы, а также ее архитектура. В связи со спецификой правил построения топографических карт для создания такой системы требуется решить ряд подзадач, каждая из которых достаточно сложна для машинного анализа. По этой причине в системе применяются элементы искусственного интеллекта, облегчающие решение задач поиска объектов на карте, их распознавания и анализа. В качестве примера авторами приведены результаты обработки небольшого фрагмента реальной топографической карты, по которому построена 3D-модель участка местности.

Ключевые слова: искусственный интеллект, распознавание образов, анализ изображений, преобразование карт, моделирование транспортной и логистической инфраструктуры

INTELLIGENT SYSTEM FOR ANALYSIS AND TRANSFORMATION OF TOPOGRAPHIC MAPS

Tarasyan V.S.¹, Dmitriev N.V.¹

¹Ural State University of Railway Transport (USURT), Ekaterinburg, Russia (620034, Ekaterinburg, str. Kolmogorova, 66), e-mail: vtarasyan@gmail.com

We consider a computer system for analysis of a special class of graphic images - topographic maps. Its main task is to build a three-dimensional model of the area the proposed map. The authors have developed a general concept of such system and its architecture. Due to the specific of the rules of construction of topographic maps for the creation of such system is required to solve a number of subproblems, each of which is complicated enough for machine analysis. For this reason, the system uses artificial intelligence components to facilitate the solution of problems of map search, their identification and analysis. As an example, the authors presented the results of processing a small portion of the actual topographic map on which is built 3D-model of the site area.

Keywords: artificial intelligence, pattern recognition, image analysis, conversion maps, modeling of the transport and logistics infrastructure

Задача об оптимальном размещении объектов транспортной и логистической инфраструктуры является одной из основных в экономике регионов и целой страны. Построение коммуникаций, особенно транспортных, напрямую зависит от места их прохождения, поэтому выбор оптимального пути по стоимости за километр или по длине необходимо осуществлять исходя из знаний о местности [1, 3-6]. Чтобы осуществить этот выбор, можно воспользоваться разными способами: осуществить непосредственный осмотр местности, проанализировать данные со спутников или карт.

Первый способ можно применить только на территориях, занимающих достаточно небольшую площадь, либо на конечном этапе строительства для выявления локальных отклонений. Но общий вид транспортного пути необходимо определить на самом раннем этапе, ведь необходимо обосновывать строительство моста или туннеля или осуществление петли именно в некотором данном месте. Поэтому данный способ не подходит для

стратегического планирования транспортного пути, но является самым верным с точки зрения точности.

Второй способ подходит лучше первого, так как позволяет оценить именно общий вид транспортного пути, но труден, так как объекты, расположенные на фотографиях со спутников, не описаны подробно, а даны только своими изображениями.

Поэтому третий способ – анализ карт, особенно топографических, представляется нам самым продуктивным, так как они содержат сведения об опорных геодезических пунктах, рельефе, гидрографии, растительности, грунтах, существующих хозяйственных и культурных объектах, дорогах, коммуникациях, границах и других объектах местности. Полнота содержания и точность топографических карт позволяют решить задачи оптимального размещения новых инфраструктурных объектов либо развития уже существующих.

Концепция интеллектуальной системы анализа топографических карт

Для решения поставленных задач было бы полезно преобразовать исходную топографическую карту в объемную модель местности, отражающую всю информацию, содержащуюся в карте. При этом мы бы смогли осуществить достаточно полный анализ местности, исключая непосредственный выезд на нее.

Топографические карты, поставляемые в виде цифровых изображений, необходимо проанализировать: распознать изолинии и обозначения высот, указанные на них, реки, озера и возвышенности, существующие коммуникации и объекты, распознать специальные символы, обозначающие зоны растительности и грунта, болота и т.д.

Сложность данной задачи состоит в сложности структуры топографических карт (многочисленности и разнообразности составляющих их объектов), а также в потере точности карт как объектов материального мира – они изнашиваются и обесцвечиваются. Кроме того, до сих пор не существует государственного стандарта на изображение топографических карт, а имеются только некоторые справочные материалы, что осложняет распознавание текста (так как могут использоваться совершенно непохожие шрифты) и местности (так как могут использоваться разные цвета и текстуры заполнения для одинаковых объектов).

Для решения данных задач необходимо провести комплексный анализ данных с топографических карт с использованием интеллектуальных методов, систем и технологий, так как фиксированные алгоритмы не позволяют создать действительно гибкие и универсальные системы, необходимые для анализа таких структурно сложных объектов, как топографические карты. Поэтому среди этих методов необходимо использовать интеграцию геометрического и нейросетевого анализа, методы функциональной группировки

распознанных объектов. Кроме того, необходимо провести преобразование цифрового изображения топографической карты с целью повышения точности и нивелирования эффектов изнашивания и обесцвечивания.

Подходы к построению интеллектуальной системы анализа топографических карт

Задача распознавания графических образов в общем случае является одной из сложнейших и плохо параметризуемых задач [2, 7]. Однако в силу того, что для топографических карт имеются определенные правила их построения и нанесения условных знаков, мы можем применить для различных элементов карт различные методы анализа.

Геометрический анализ при распознавании объектов основан на их геометрических свойствах: занимаемой площади, форме, наличии отверстий, принадлежности. Этот метод позволяет осуществлять быстрый анализ некоторых определенных типов объектов, имеющих характерные особенности. Так, цифру 8 выделяет среди других цифр наличие двух отверстий, а цифра 1 – самая вытянутая из всех (имеет наименьшую ширину). Но цифры 5 и 2 достаточно похожи с геометрической точки зрения, они практически симметричны друг другу, особенно если на карте используется маленький шрифт. Поэтому данный метод неприменим для распознавания всех объектов, но способен достаточно быстро находить некоторые из них.

Для распознавания оставшихся объектов необходимо применить более интеллектуальный метод нейронных сетей, которые необходимо вначале обучить по имеющимся изображениям топографических карт. Чем более качественное обучение пройдет применяемая нейросеть, тем более точно она сможет определять объекты. Но данная сеть не сможет различить цифры 6 и 9, так как они абсолютно равны по начертанию, а числа высот на топографической карте могут располагаться под любым углом к ее осям.

Метод функциональной группировки объединяет распознанные объекты в функциональные комплексы. Цифры объединяются в числа высот, которые в свою очередь привязываются к изолиниям или возвышенностям. Кроме того, метод позволяет достичь наивысшего результата при распознавании. При этом анализируются соседние данные, и, если была обнаружена ошибка, происходит исправление. Например, если были распознаны подряд идущие изолинии с высотами 240, 250, 290, 270 и 580 м, то понятно, что допущены ошибки в третьем и последнем числах.

Первым этапом обработки карты является распознавание изолиний. Эта задача осложняется тем, что на карте не все изолинии имеют непрерывное начертание. Они могут прерываться обозначениями высот, надписями, пересекаться с линиями другого цвета (координатная сетка, реки, ручьи и другие подобные объекты). При этом нужно решить

задачу правильного соединения разорванных изолиний. Если для человека здесь проблем практически не возникает, то при машинной обработке имеются значительные сложности. Начальное преобразование цифрового изображения карты основывается на моделировании своеобразной экспертной системы на основе продукционных правил. Например, если рядом находятся две разорванные изолинии, то это одна изолиния (если произошло истирание карты в точке прохождения изолиний), или, если цветом объекта является оттенок голубого, то нужно заменить цвет на эталонный голубой (при обесцвечивании или выборе неэталонного цвета в качестве цвета реки или озера). Под эталонным цветом понимается не некоторый стандартный цвет, а цвет, наиболее часто встречающийся на картах. Поэтому для построения данной экспертной системы необходимо проанализировать как можно больший объем данных.

На втором этапе ставится задача поиска и распознавания обозначений высот на изолиниях и вершинах. Тогда топографическую карту можно будет перевести в трехмерный массив, который будет фактически *3D*-моделью местности. Для этого нужно найти эти обозначения на карте, правильно их сориентировать при необходимости и, наконец, распознать эти числа.

После проведения преобразований карты и осуществления анализа с целью распознавания объектов топографической карты необходимо осуществить построение *3D*-модели местности. Это можно сделать, преобразовав полученные данные о высотах изолиний в двумерный массив данных высот. Для этого необходимо провести аппроксимацию высот изолиний на весь участок карты. По полученному двумерному массиву поверхности местности строится трехмерная поверхность, на которой будут также отражены распознанные объекты местности, рельеф, растительность, расположение водных объектов и возвышенностей. Далее данная информация может быть загружена в разработанный программный модуль, выполняющий непосредственное построение транспортного (автомобильного или железнодорожного) пути на данной местности.

Кроме того, полученная *3D*-модель поможет непосредственно принимать решения о строительстве необходимых инфраструктурных объектов, помимо строительства транспортных сетей, так как позволит обеспечить более наглядное и точное представление о местности для инженеров-проектировщиков. Кроме нахождения более удобных расположений объектов логистической инфраструктуры, *3D*-модель поможет сократить время планирования проектов и количество командировок для работников строительных компаний.

Прототип интеллектуальной системы анализа топографических карт

В качестве самой системы автоматического распознавания топографических карт на кафедре «Мехатроника» Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС) спроектирован и разрабатывается программный модуль, использующий вышеперечисленные интеллектуальные методы анализа и преобразования топографических изображений. Главной его задачей является автоматическое их распознавание без участия человека, что является одной из наиболее перспективных и неизученных областей, облегчающих построение геоинформационных систем. В дальнейшем это приведет к решению проблемы оптимального расположения объектов логистической инфраструктуры.

Работу модуля проиллюстрируем на примере небольшого фрагмента карты (рис. 1, а). На нем показан участок с несколькими изолиниями, обозначением высоты на одной из них, фрагментом координатной сетки и специальными символами и обозначениями. На первом этапе производится бинарное контрастирование, т.е. строится черно-белое изображение, отсекающее ненужную информацию (рис. 1, б). Затем на полученном изображении проводится поиск места расположения отметки высоты изолинии (рис. 2, а). В этом месте при помощи специального алгоритма сначала устанавливается ориентация надписи, из которой затем выделяются цифры (рис. 2, б) и производится их распознавание (рис. 3). Далее построенные изолинии выделяются цветом для удобства их анализа (рис. 4). После этого производится анализ полученной информации и строится объемная модель изображенного участка местности (рис. 5). На полученной модели можно решать задачи оптимальной прокладки трассы, расположения инфраструктурных объектов, связанных оптимальной транспортной сетью, и иные, которые решаются в настоящее время научными работниками УрГУПС [1, 3-6].

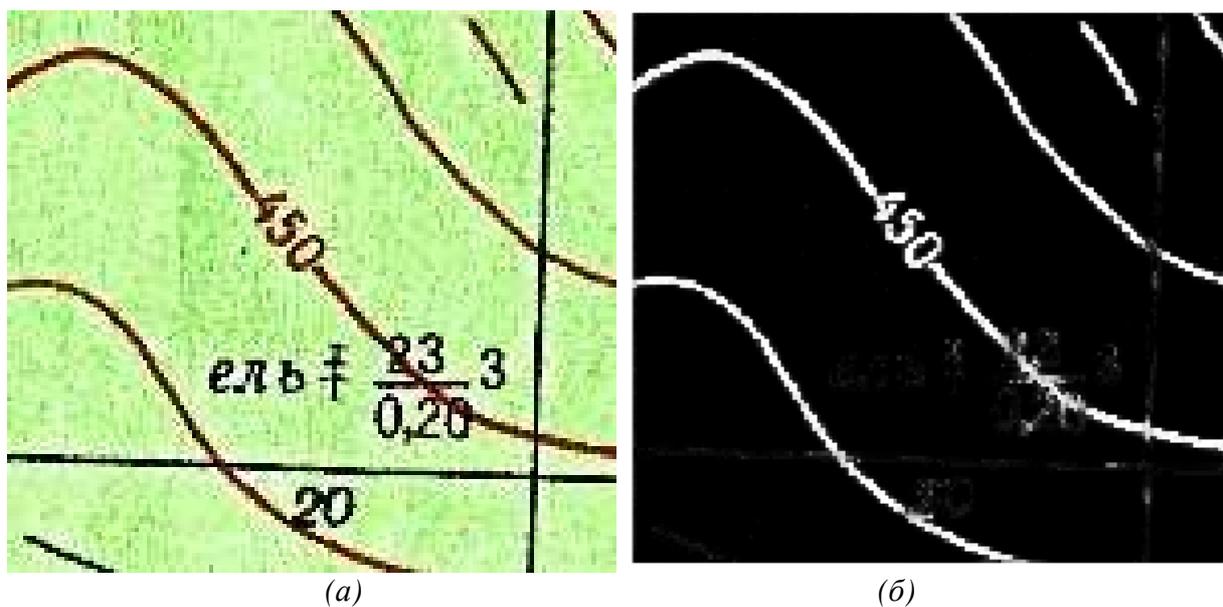
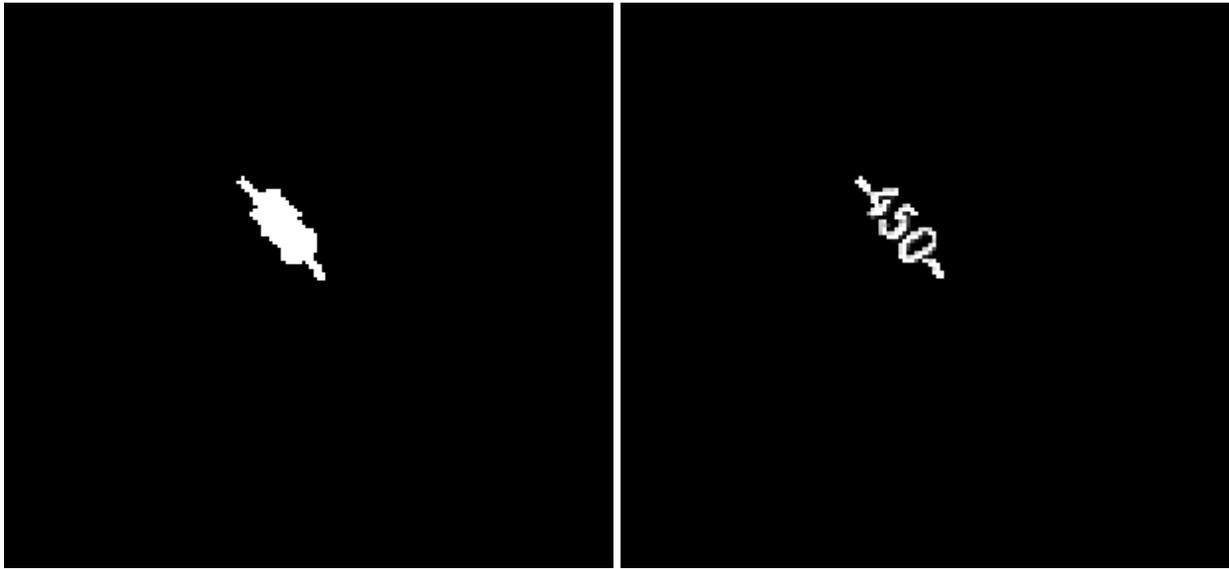


Рис. 1. Исходный фрагмент карты (а) и его контрастированное изображение (б)



(a)

(б)

Рис. 2. Нахождение отметки высоты на карте (a) и его изображение (б)

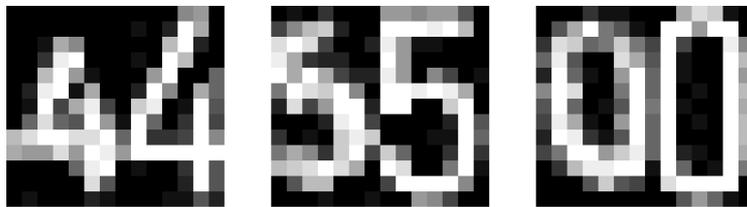


Рис. 3. Обработка и распознавание отметки на карте

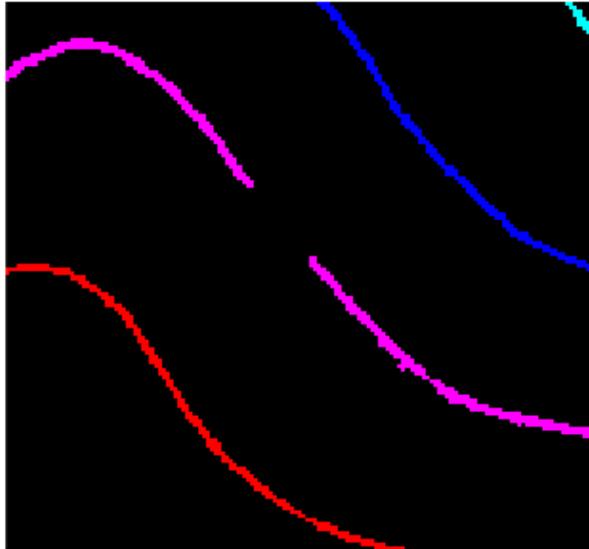


Рис. 4. Результат анализа изолиний

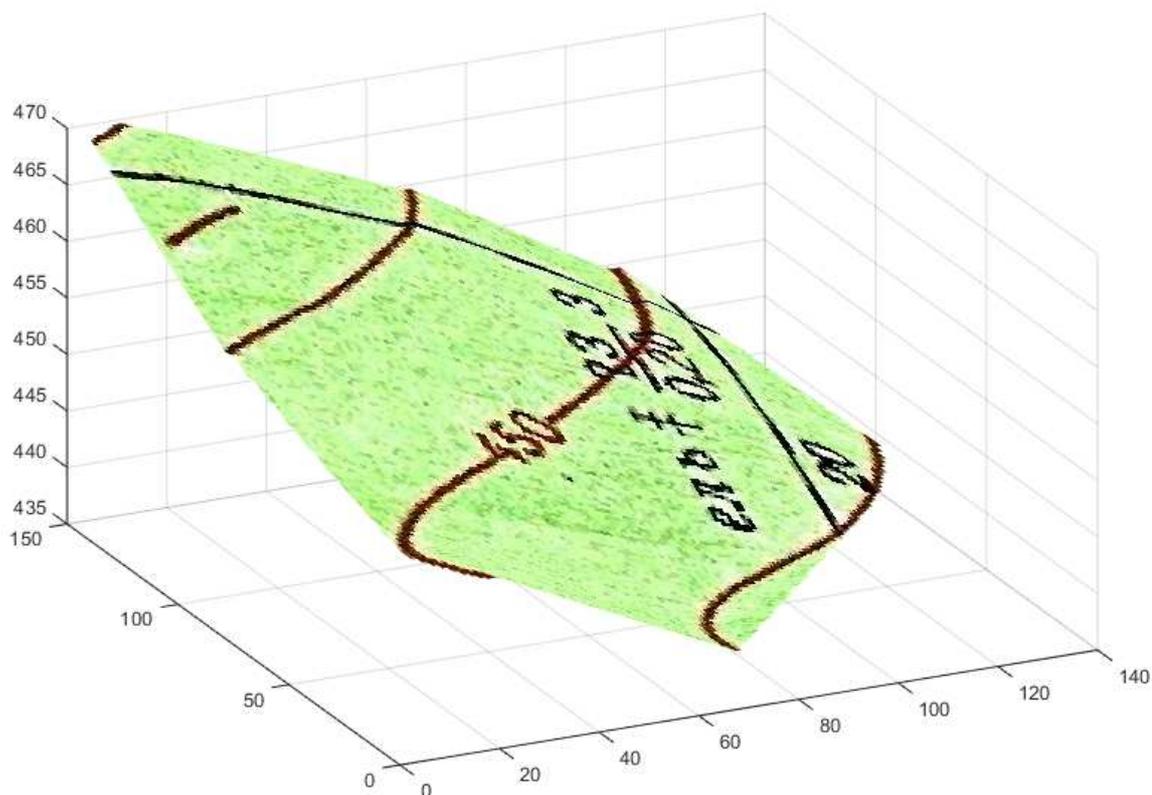


Рис. 5. Построение пространственной модели участка местности

Таким образом, полученные результаты дают возможность утверждать, что исследования проводятся в верном направлении, а предложенные авторами алгоритмы вполне работоспособны. В настоящее время ведутся работы с большими участками карт, что требует больших вычислительных ресурсов. Также еще не решена полностью задача поиска и анализа специальных символов. Тем не менее даже в текущем виде программа может представлять интерес для проектировщиков различных инфраструктурных объектов, например дорог.

Список литературы

1. Гонсалес Р., Вудс Р., Эдинс С. Цифровая обработка изображений в среде MATLAB. М.: Техносфера, 2006. – 616 с. ISBN: 5-94836-092-X, 0-13-008519-7.
2. Журавская М.А., Тарасян В.С. Искусственный интеллект в некоторых задачах моделирования и планирования логистических систем // Вестник науки Костанайского социально-технического университета имени академика Зулхарнай Алдамжар. 2012. № 3. С. 84–92.

3. Журавская М.А., Тарасян В.С. Обоснование оптимальной конфигурации региональной транспортной сети с учетом логистической инфраструктуры // Транспорт: наука, техника, управление. 2014. № 2. С. 22–27.
4. Петров М.Б., Тарасян В.С., Журавская М.А. Моделирование оптимальной сети железных дорог с учетом развития транспортно-логистической системы региона // Экономика региона. 2013. № 4. С. 181–189.
5. Тарасян В.С., Тен Д.О. Оптимизация транспортной инфраструктуры при помощи генетических алгоритмов // Инновационный транспорт. 2013. № 3 (9). С. 29–32.
6. Шапиро Л., Стокман Дж. Компьютерное зрение М.: Бинوم. Лаборатория знаний, 2006. – 752 с. ISBN 5-94774-384-1, 0-13-030796-3
7. Zhuravskaya M.A., Tarasyan V.S. Forming of the regional core transport network taking into account the allocation of alternative energy sources based on artificial intelligence methods // Transport Problems. 2014. Т. 9. № 4. С. 121–131.

Рецензенты:

Готлиб Б.М., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Мехатроника» ФГБОУ ВПО «Уральский государственный университет путей сообщения», г. Екатеринбург;

Неволин Д.Г., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Проектирование и эксплуатация автомобилей» ФГБОУ ВПО «Уральский государственный университет путей сообщения», г. Екатеринбург.