



стоит в интеграции различных информационных потоков, описывающих степень наполненности контейнеров, дорожную обстановку и взаимное расположение грузовиков в момент пересчета расписания. Дополнительным преимуществом системы в целом является формирование продукционной базы знаний, использующей нечеткие экспертные правила, учитывающие реальную ситуацию в городе и влияющие на процесс принятия решения по формированию маршрута.

### Литература

1. Global Innovators: International Case Studies on Smart Cities. Research paper number 135. OCTOBER 2013. Available from [www.gov.uk/government/publications/smart-cities-international-case-studies-global-innovators](http://www.gov.uk/government/publications/smart-cities-international-case-studies-global-innovators)
2. Anagnostopoulos T., Zaslavsky A., Medvedev A., Khoruzhnikov S. Top-k Query based Dynamic Scheduling for IoT-enabled Smart City Waste Collection // In Proc. of the 16th IEEE International Conference on Mobile Data Management (MDM 2015), Pittsburgh, US.
3. Chourabi H., Nam T., Walker S. and others. Understanding Smart Cities: An Integrative Framework // In Proc. of the 45th Hawaii International Conference on System Sciences (2012), pp. 2289–2295.
4. Kumar N., Swamy C., and Nagadarshini K. // Efficient Garbage Disposal Management in Metropolitan Cities Using VANETs // Journal of Clean Energy Technologies, Vol. 2, No. 3, July 2014, pp. 258-262.
5. Каргин Р. В., Домницкий А. А. Маршрутизация движения дорожных машин для сбора и вывоз отходов / Р. В. Каргин, А. А. Домницкий // Дороги и мосты: сборник.–М.: РОСДОРНИИ. – 2012. – №. 28/2. – С. 92-102.
6. Долинина О.Н., Печенкин В.В., Тарасова В.В., Подходы к динамической визуализации графов социальных сетей образовательной организации / О.Н. Долинина, В.В. Печенкин, В.В. Тарасова // Вестник СГТУ. – 2011. – № 4 (62), – С. 239-242.

Н.В. Дмитриев

### АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ТОПОГРАФИЧЕСКИХ КАРТ В ГЕОИНФОРМАЦИОННУЮ МОДЕЛЬ

(Уральский Государственный Университет путей сообщения, Екатеринбург)

#### 1 Введение

В настоящее время одной из основных проблем в экономике регионов и целой страны является задача оптимального построения транспортно-логистической инфраструктуры. Так как осуществить непосредственный анализ местности достаточно трудно из-за больших территорий, то проектировщики стали использовать цифровые модели местности, такие как геоинформационные системы (*GIS*) в качестве систем поддержки принятия решений. Для мак-



симальной информативности *GIS* должна содержать сведения о рельефе местности, почвах, характере растительности, объектах гидрографии, естественных и культурных объектах. Аэрофотоснимки и снимки со спутников не могут обеспечить всей полноты информации, так как содержат только изображения без описания. Поэтому авторами для создания системы построения *GIS* были выбраны топографические карты (ТК), так как в них содержится вся необходимая информация [1].

### 2 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 (матричное совпадение, поиск особенностей, интеллектуальные методы) и понимания изображения (анализ сцен, объектная согласованность) [2, 3, 4]. 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 не только в том, что относительно небольшие объекты на них часто пересекаются, и помехи могут сильно исказить текстуры и цвет, но и в том, что объекты связаны не только структурой, но и функциями, делая распознавание нестабильным (ошибки в распознавании объектов одной функции могут повлиять на распознавание 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, но для практического применения считается, что объекты на цифровом изображении бывают трёх типов: точечные (символы текста, цифры и идеограммы), одномерные (изолинии, транспортные и другие коммуникации, реки) и двумерные (поля, дома, водные объекты). 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, хотя 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.

### 3 Описание и результаты работы программы

Основной проблемой, как уже было сказано, является комплексный функциональный анализ распознанных объектов, поиск возможных ошибок, сделанных на предыдущих этапах, получение согласованных данных GIS. ТК в процессе обработки необходимо разбить на функциональные слои, каждый из которых хранит бы информацию об отдельных объектах [5]. Прежде всего, нас интересует рельеф местности, так как именно его характер оказывает наибольшее влияние на проектирование транспортной инфраструктуры. Для этого был разработан алгоритм и прототип программы, выполняющей распознавание изолиний и отметок высот и строящей объёмную модель рельефа по введённой отсканированной топографической карте.

Для предобработки использовались низкоуровневые методы улучшения изображения (изменение контраста и яркости, фильтр для подавления шумов), затем для сегментации изолиний и отметок высот (коричневого цвета) использовался метод искусственной нейронной сети, на вход которой подавалась информация об окрестности исследуемой точки. В дальнейшем метод сегментации будет выполняться после кластеризации, так как объекты на ТК часто сильно отличаются по цвету от стандарта условных изображений.

Над полученным бинарным изображением, определяющем принадлежность пикселя к обладанию функции определения рельефа, производились морфологические операции, чтобы отделить матрицу чисел от матрицы линий. Данное разделение возможно, так как эти объекты относятся к разным типам размерности.

Далее, для распознавания цифр использовался метод нейронных сетей, как наиболее качественный в распознании отдельных символов (обучение производилось на зашумлённых изображениях цифр стандартного шрифта, используемого для отметок) и была реализована процедура разделения и сращивания кусочков изолиний. На последнем этапе полученные данные согласовывались, вычислялись высоты изолиний, у которых отсутствовали отметки, находились ошибки распознавания и строилась объёмная модель местности на основе интерполяции данных, полученных для изолиний, на точки карты, в которых изолинии отсутствуют.

Для иллюстрации разработанной программы, покажем исходную топографическую карту окрестности г. Нижний Тагил (рис. 1) и полученную объёмную виртуальную модель этой местности (рис. 2). На рис. 2 для наглядности масштаб рельефа по вертикальной оси увеличен в 4 раза.



Рис. 1. Топографическая карта местности

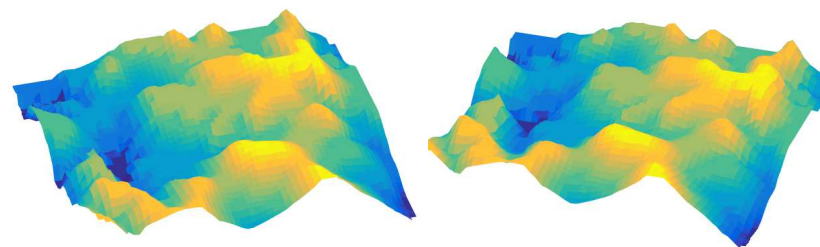


Рис. 2. Полученная виртуальная модель местности под разными углами зрения

### 4 Заключение

В настоящее время ведётся усовершенствование программы для комплексной обработки топографических карт, включая анализ объектов гидрографии, почв и растительности; нахождение географических координат для со-



вершения геопозиционирования. Так же ведутся теоретические и экспериментальные исследования возможности использования новых алгоритмов обработки изображений и их оптимизации для улучшения качества распознавания и быстродействия программы.

Разработанная система не является полностью автоматической, так как всегда имеется вероятность ошибок, поэтому полученные геоданные следует проверять и подтверждать вручную, но время работы с такой системой значительно сокращается относительно существующих программных продуктов векторизации изображений, так как в них не происходит согласования данных и проверки ошибок, и они не специализированы для работы с топографическими картами.

### Литература

1. Тарасян В. С., Дмитриев Н. В. Интеллектуальная система анализа и преобразования топографических карт // Современные проблемы науки и образования. 2015, №2; <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=21614> (дата обращения: 03.03.2016)
2. Претт, Э. Цифровая обработка изображений Текст.: в 2 т. / Э. Претт. - [Перевод с англ. Д.С. Лебедева] -М.: Мир, 1982.
3. Christopher M. Bishop Pattern Recognition and Machine Learning / Springer, 2006
4. Дуда Р., Харт П. Распознавание образов и анализ сцен М.: Наука, 1976, 512 с.
5. Тарасян В. С., Дмитриев Н. В. Система автоматизированного построения виртуальной модели местности по топографической карте // Молодежь в науке: Новые аргументы: Сборник научных работ II-го Международного молодежного конкурса. Часть I. 2015. С. 62-65.

Е.А. Жданова, М.В. Додонов

## СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ДЛЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТВЁРДЫХ НИТОК ГРАФИКА МЕЖДУ ГРУЗОТПРАВИТЕЛЯМИ НА ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГЕ

(Самарский национальный исследовательский университет  
имени академика С.П. Королёва)

### 1 Предпосылки для разработки системы

Грузовые железнодорожные перевозки играют важную роль в экономике нашей страны. Исторически сложилось так, что самым востребованным, а в некоторых ситуациях единственно подходящим видом транспорта является железная дорога.

В настоящее время железнодорожные перевозки осуществляются безаварийно в соответствии с документами, регламентирующими движение каждого конкретного состава на каждом диспетчерском участке (нормативный



график РФ). Но позитивный опыт европейских железных дорог демонстрирует необходимость перехода на движение поездов по технологии твёрдых ниток графика, когда отправитель груза выкупает желаемое время (нитку графика) в расписании, и может в любой момент отследить, где находится груз, и когда он прибудет в место назначения. На данный момент эта технология еще не внедрена окончательно, но в этом направлении ведётся активная работа.

В процессе внедрения новой технологии неминуемо возникнет необходимость в автоматизации ряда процессов. Например, клиенту, малознакомому с железной дорогой, будет затруднительно без посторонней помощи оформить доставку груза и выбрать подходящую нитку в расписании. Разрабатываемая система поддержки принятия решений призвана не только максимально упростить грузоотправителю процесс выбора нитки для отправки груза, предлагая ему наиболее подходящую, но и оценивать оптимальность общего плана перевозок с учетом всех забронированных ниток графика.

### 2 Использование мультиагентного подхода в разработке системы

В процессе обсуждения требований к системе с представителями ОАО РЖД был выявлен ряд характеристик, которыми должна обладать разрабатываемая система. Среди них такие характеристики как: интеллектуальность, масштабируемость, реактивность. Основной функцией системы является подбор для определённой заявки подходящей нитки. В случае если система будет обрабатывать заявки и нитки в соответствии с некоторым алгоритмом, то ей придётся рассмотреть все комбинации типа «заявка-нитка», что сведёт задачу подбора ниток заявкам к задаче полного перебора. Недостатки такого подхода очевидны: на распределение тратится слишком много времени и система недостаточно гибкая для того, чтобы подстроиться под меняющиеся входные данные.

Альтернативным подходом может служить мультиагентный подход: с его помощью можно получить гибкую, масштабируемую систему, которая самоорганизуется и не нуждается в управлении «сверху» [1]. Основной идеей при проектировании системы является идея организации «переговоров» и достижения соглашений между агентами двух типов: «заявками» и «нитками». На рисунке 1 представлена диаграмма объектов предметной области системы.

У каждой заявки и грузоотправителя есть набор критериев, по которым можно проанализировать, насколько одна заявка лучше другой. Наиболее простой и эффективный способ это описание в терминах естественного языка, например: «хорошая заявка», «плохой грузоотправитель» и т.д. Нечеткая логика позволяет делать выводы, опираясь на информацию именно такого рода. Учитывая особенность автоматизированной системы как системы поддержки принятия решений, в качестве математического аппарата был выбран нечеткий логический вывод, наиболее близкий к процессу рассуждений человека [2]. Для каждой из лингвистических переменных были построены функции принадлежности на основе экспертных оценок. Например, для переменной «количество отказов грузоотправителя от перевозок» терм-множество состоит