IT & TRANSPORT

ИТ & ТРАНСПОРТ

Сборник научных статей

Том 5

Самара
«ИнтелТранс»
2016

УДК 004.9+656

IT & Transport / ИТ & Транспорт : сб. науч. статей / под ред. Т.И. Михеевой. – Самара: Интелтранс, 2016. – Т. 5. – 138 с.:ил.

В сборнике представлены научные статьи, содержащие результаты исследований в следующих предметных областях: геоинформационные системы, информационные технологии, базы данных и знаний, системы искусственного интеллекта, нейронные сети, цифровая обработка изображений, математическое и компьютерное моделирование. Тема сборника посвящена информационным технологиям на транспорте.

Предназначен для научно-технических работников, инженеров, аспирантов и студентов, обучающихся по специальностям, связанным с информационными технологиями и транспортными процессами.

Авторская позиция и стилистические особенности публикаций полностью сохранены.

Главный редактор
Т.И. Михеева д-р техн. наук, проф., засл. деятель науки и образования РФ

Редакционная коллегия:
С.А. Прохоров д-р техн. наук, проф., засл. работник высшей школы РФ, действительный член МАИ, зав. каф. «Информационные системы и технологии» Самарского университета
Л.С. Зеленко канд. техн. наук, доцент
С.В. Михеев канд. техн. наук, доцент
О.Н. Сапрыкин канд. техн. наук, доцент

Редакция:
О.К. Головнин
Н.А. Остроглазов

Печатается по решению научно-технического совета ГК «ИнтелТранс»

ISBN 978-5-9906857-6-5

© Авторы, 2016
© ИнтелТранС, 2016

Филиппова А.С., Филиппов Д.В.

СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ РЕШЕНИЙ В ЗАДАЧАХ ТРАНСПОРТНОЙ ЛОГИСТИКИ

Башкирский государственный педагогический университет им. М. Акмуллы

В данной статье предлагается оптимизационное ядро управления логистической информационной системы для выбора метода решения задач транспортной логистики.

Ключевые слова: *логистическая информационная система, оптимизация, маршрутизация транспорта, ядро управления*.

Изучение структурных связей между элементами логистической информационной системы (ЛИС) транспортной логистики напрямую влияет на эффективность организации маршрутизации движения транспорта [1]. Рациональное транспортное обеспечение, установление взаимосвязи транспортных и сопутствующих им логистических процессов, направленных на экономное использование ресурсов, несомненно является актуальным. Все это требует анализа процесса и систем организации, регулирования и управления транспортными маршрутами, призванными выполнять передвижение товаров народного хозяйства дешево и в срок.

Оптимизационные проблемы транспортной логистики – это, главным образом, задачи маршрутизации, выбора и загрузки транспортных средств и размещения в них товаров. Среди различных задач маршрутизации рассматриваются различные модели с учетом загрузки и разгрузки [2]. К ним примыкают проблемы кластеризации, оптимального размещения, сетевого планирования, поиска кратчайшего пути и другие. Необходимость решения ряда оптимизационных и расчетных задач транспортной логистики связана

с созданием оптимизационного ядра в структуре логистической информационной системы.

В основу концепции разработки транспортной составляющей положен анализ среды одной оптовой распределительной компании [3, 4, 5]. Выявлены следующие особенности, оказывающие влияющие на систему принятия решений при организации маршрутов движения транспорта:

- разветвленная сеть автодорог;
- наличие участков сети плохого качества;
- транспортные «пробки» некоторых участков сети;
- большое количество клиентов;
- большой разброс расстояний между поставщиком (депо) и клиентами (от единиц до сотен км);
- практически отсутствуют промежуточные склады;
- небольшой объем складских помещений клиентов;
- ограниченные возможности транспортного парка;
- отсутствие современных технических средств погрузки (разгрузки) товаров;
- специфический контингент рабочих (недостаточная квалификация, нарушение трудовой дисциплины, текучесть кадров);
- сложные условия эксплуатации ТС (климатические и технические).

В таблице 1 указаны основные логистические задачи, приведены их функции и указаны математические модули, входящие в оптимизационное ядро управления ЛИС.

Схема процесса распределения и доставки товаров клиентам заключается в следующем. Заявки от клиентов поступают в логистический центр, где они корректируются и передаются на склады продукции. Обработанные в логистическом центре заказы направляются в отдел транспортного обеспечения, где осуществляется во взаимосвязи с центром управления, расчет маршрутов и размещения грузов.

Табл. 1. Логистические задачи модуля управления информационной системы распределительной компании

Логистические задачи	**Функции модуля**	**Математические модули**
1.Снабжение	Формирование планов для поставки товаров клиентам	Прогнозирование спроса
2.Обеспечение	Оперативная поставка товаров, поддержка процессов поставки: загрузка ТС, транспортировка, доставка «точно во время»	Расчет оптимальных маршрутов; задачи расписания
3.Физическое распределение	Обслуживание клиентов: обработка заказов, формирование обобщенных заказов, загрузка и выгрузка	Размещение заказов в транспортном средстве

На рис. 1 изображен контур управления логистической информационной системой, в которой свое место находит оптимизационное ядро.

Целью логистической информационной системы является поддержка управления движением товаропотока по каналам распределения. ЛИС призваны обеспечивать интеграцию различных видов логистической деятельности. Выделены различные уровни информационного обеспечения: Цепь операций начинается с поступления заказов клиентов в информационную систему. Это порождает формирование обобщенных заказов. Затем следует операция комплектования грузоотправления. Последняя операция – оформление платежной документации и выставление счетов к оплате.

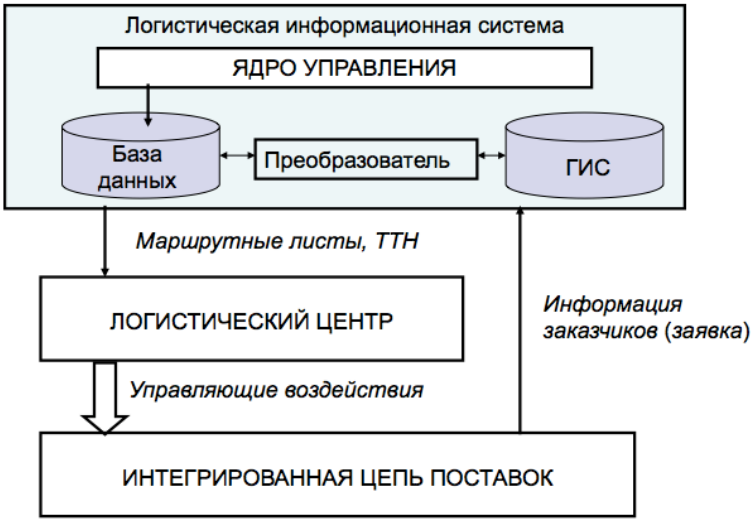

Рис. 1. Контур управления логистической информационной системой

ЛИС базируется на принципах доступности, точности, своевременности и гибкости.

На рис. 2 изображены потоки логистической информации и схема их продвижения. Управление и ввод данных позволяют ЛИС получать информацию из внешних источников. Это может быть информационная система компании или информация от других фирм. Каналы информационного обмена реализуют взаимодействие элементов системы как между собой, так и с внешним миром. Она должна обеспечивать управленческий контроль, анализ решений и интеграцию с внешними системами.

В процессе управления поставками существенную роль выполняют различные факторы, в том числе: протяженность маршрута, выбор ТС, размещение грузов в ТС и составление расписания допоставки товаров.

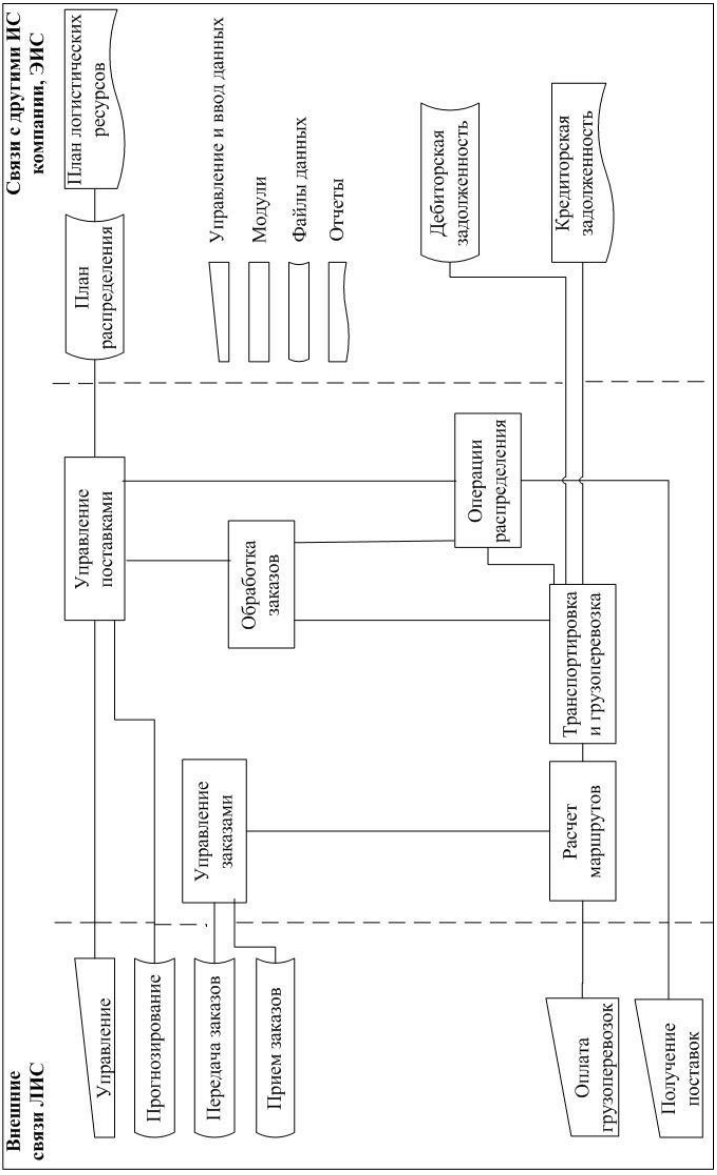

Рис. 2. Потоки логистической информации

Основными модулями товаропродвижения с учетом указных факторов являются:

- модуль формирования набора заявок, подлежащих размещению внутри ТС, он включает информацию заказчиков об объеме и времени исполнения поставки;
- модуль назначения транспортных средств (ТС): определяется необходимое количество единиц ТС с учетом имеющихся на данный момент ТС, их геометрическими и техническими параметрами, объема и характеристиками заказов клиентов;
- модуль размещения. Для выбранного ТС и параметров заказов, рассчитывают карты их размещения в одном или нескольких ТС с учетом комфортности их разгрузки клиентам на пути их следования по маршруту;
- модуль расчета маршрутов: находят последовательность пунктов (цепь поставок), проходящую транспортными средствами.

Требуется определить набор маршрутов минимальной суммарной протяженности для доставки товаров из пунктов складирования к пунктам-клиентам. Для этого необходимо решить оптимизационные задачи на транспортной сети.

Оптимизационное ядро ЛИС выполняет функции анализа ситуаций и расчета транспортных маршрутов. Его структурное и функциональное наполнение изображены на рис. 3.

Содержание ядра составляют: транспортные модели; анализ идентификации и преобразования моделей; алгоритмы решения транспортной задачи; алгоритмы расчета рациональных маршрутов [2, 6]; выходные данные и управление маршрутами. Ввод исходной информации

осуществляется через модуль управления ЛИС. Схема, изображенная на рис. 3, может быть продолжена, детализирована и дополнена другими оптимизационными моделями и методами. Здесь изображен основной фрагмент оптимизационного ядра для формирования маршрутов.

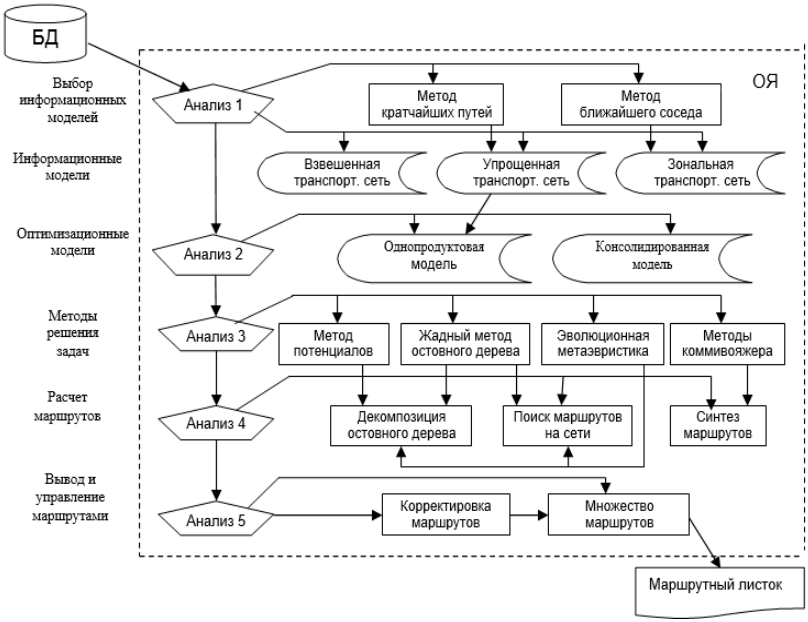

Рис. 3. Оптимизационное ядро: расчет маршрутов и сопутствующих логистических задач

В таблице 2 приведены критерии выбора моделей и методов решения на различных уровнях анализа входной информации.

Разработанное оптимизационное ядро маршрутов движения товаров и его функции не ограничены расчетами оптимальных (рациональных) параметров маршрутов. В его составе предусмотрены модули анализа ситуаций, в результате осуществляется переход на тот или иной модуль оптимизации. При этом предусмотрена иерархия мо-

дулей, позволяющая решить несколько задач в течение одного сеанса.

Табл. 2. Анализ ситуаций: выбор модели и метода решения в оптимизационном ядре

Уровень анализа	Назначение анализа	Критерии выбора модели (метода решения)
1	Выбор общей модели решения задачи	Проверка идентификации входной информации, поступающей из БД , со структурой входа в модели; учет сложности и размерности сети; рекомендации пользователя; необходимость преобразования входной информации.
2	Выбор оптимизационной модели	Выбирается в зависимости от количества типов перевозимых продуктов и оптимизируемых функций.
3	Выбор метода решения (1-ый уровень оптимизации)	Критерием выбора точного или эвристического метода являются: размерность задачи (количество узлов сети) и цена перевозимого продукта. Предпочтение - метаэвристикам.
4	Вычисление рациональных маршрутов (2-ой уровень оптимизации)	Анализ выхода на уровне 3: если построено остовное дерево, то его декомпозиция. Если построены маршруты на сети, то выбор лучшего. В случае решения задачи коммивояжера для зональной консолидированной модели – синтез маршрутов и.т.д.
5	Формирование маршрутного листка	По требованию

Заключение

Проведен анализ расчета транспортных маршрутов и выявлены ситуации, возникающие при поставке товаров

клиентам. На основании результатов этого анализа предложены логистико-ориентированные модели оптимизации маршрутов и подходов для решения соответствующих задач.

Предложенная концепция разработки и функционирования ЛИС включает анализ цепи поставок распределительной компании во взаимодействии с другими подсистемами товаропродвижения, в составе которых функционирует оптимизационное ядро для принятия рациональных решений в рамках сети транспортных маршрутов.

Список литературы

1. Мухачева Э.А., Бухарбаева Л.Я., Филиппов Д.В., Карипов У.А. Оптимизационные проблемы транспортной логистики: оперативное размещение контейнеров при транспортировке грузов. // –М.: Информационные технологии. №7. 2008. С. 17-22
2. Филиппова А.С., Филиппов Д.В. Гильманова Н.А. Задачи маршрутизации в транспортных логистических системах: локальный поиск оптимальных решений // –М.: Информационные технологии. №2, 2009. С. 59–63.
3. Бауэрсокс Д. Логистика. Интегрированная цепь поставок / Д.Д. Клосс. М.: Олимп-Бизнес. 2006. 640с.
4. Д.С.Джонсон, Д.Ф.Вуд, Д.Л.Вордлоу, П.Р.Мэрфи-мл. Современная логистика, 7-е издание: Пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2005. – 624 с.
5. Филиппов Д.В. Качество обслуживания при транспортировке заказов в интегрированной цепи поставок. // Сборник материалов седьмой Всероссийской научно-практической конференции «Управление качеством» / – М.: «МАТИ». - 2008. С. 189-190.
6. Модели и методы теории логистики/ Под общей редакцией В.С. Лукинского // С.-Петербург: ПИТЕР.2008. 447с.

Федосеев А.А.

ИММАНЕНТНЫЕ СВОЙСТВА ОБЪЕКТОВ ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева

Рассмотрены имманентные свойства объектов транспортной инфраструктуры, описанные в соответствии с концепцией двухуровневой схемы информационной поддержки построения модели транспортной инфраструктуры на основе данных ДЗЗ.

Ключевые слова: *имманентные свойства, дистанционное зондирование, транспортная инфраструктура, спектральный признак, геометрический признак, признаковое описание.*

Введение

Процесс синтеза тематического слоя объектов транспортной инфраструктуры (ТрИ), в основу которого положены подходы к дешифрированию аэрокосмических снимков, требует априорного знания характерных признаков объектов (имманентных свойств) данного тематического слоя.

Целевой объект на снимке может быть распознан по прямым и/или косвенным дешифровочным признакам. К прямым дешифровочным признакам объекта ТрИ отнесём такие признаки, как тон, тень, цвет, размер, форма, текстура, рисунок, местоположение и т. п. К косвенным дешифровочным признакам отнесём связь с другими объектами, а также результат влияния одних объектов на другие, проявляющийся в виде одного или нескольких прямых признаков (например, число полос дороги определяется, исходя из числа рядов автомобилей, дислоцированных по ширине этой дороги). В настоящей работе сосредоточимся на рассмотрении прямых признаков.

Яркостные (спектральные) признаки во многих случаях являются основными и единственными признаками, используемыми при распознавании аэрокосмических изображений. При обработке многоспектральных снимков они наиболее удобны, так как каждая точка просматриваемого изображения получает многомерную числовую характеристику – набор спектральных признаков.

К геометрическим признакам отнесем форму (линейная, плоская, объёмная), размер, топологические свойства объектов (связность, число промежутков). Трудная формализация геометрических признаков определяет их более редкое использование по сравнению с яркостными признаками.

Современным, перспективным и наиболее эффективным подходом к автоматизированному дешифрированию аэрокосмических изображений является использование комплексных признаков – специфического сочетания яркостных и геометрических признаков, определяющего структуру (текстуру) изображенных на снимке объектов. Они наиболее эффективны и устойчивы, хотя и трудно формализуемы.

Признаковое описание объектов тематического слоя является важным элементом при разработке и выборе методов и подходов к интерпретации данных пространственно-спектрального куба. Точность модели объектов ТрИ на основе аэрокосмических снимков зависит, в том числе, от полноты и точности признакового описания этих объектов.

Полнота и точность признакового описания объекта ТрИ зависит от степени детализации и масштабного уровня представления этого объекта в пространственно-спектральном кубе [1, 4]. Для систематизации процесса целевого использования информации ДЗЗ в рамках рассматриваемой предметной области целесообразно сформулировать систему признаков объектов ТрИ с учётом кон-

цепции двухуровневой схемы информационной поддержки построения модели ТрИ [3].

1 Имманентные свойства объектов на макроуровне

При описании имманентных свойств объектов ТрИ на макроуровне в рамках настоящей работы достаточно ограничиться рассмотрением классов «*Транспортная_сеть*» и «*Транспортное_средство*».

Транспортная сеть

Учитывая, что транспортная сеть (ТрС) представляет собой совокупность дорог, целесообразно определить имманентные признаки объектов класса «*Дорога*».

Объекту класса «*Дорога*» в каждом канале пространственно-спектрального куба соответствует прямоугольная область

$$\hat{d}^{\tilde{t}_i^R} = \hat{d}^{\tilde{t}_i^R}(\hat{a}^{\tilde{t}_i^R}, \hat{b}^{\tilde{t}_i^R}, \alpha^{\tilde{t}_i^R}) \qquad (1)$$

где $\hat{b}^{\tilde{t}_i^R}$ – ширина области, $\hat{a}^{\tilde{t}_i^R}$ – длина области, $\alpha^{\tilde{t}_i^R}$ – угол поворота области в заданной системе координат.

Совокупность областей, соответствующих объектам класса «*Дорога*», обозначим $\hat{D}^{\tilde{t}_i^R} = \{\hat{d}_j^{\tilde{t}_i^R}\}$.

Пусть $\tilde{L} = \{\tilde{l}_i\}$ – множество объектов, не являющихся элементами ТрС. Совокупность областей, соответствующих этим объектам, обозначим $\hat{D}^{\tilde{l}_i} = \{\hat{d}_j^{\tilde{l}_i}\}$.

Для объекта класса «*Дорога*», ограниченного областью $\hat{d}^{\tilde{t}_i^R}$, определим следующие основные характерные признаки:

- значительная протяжённость, т.е. ширина области $\hat{d}^{\tilde{t}_i^R}$ намного меньше её длины

$$\hat{b}^{\tilde{t}_i^R} << \hat{a}^{\tilde{t}_i^R}; \qquad (2)$$

- одинаковая ширина на всём протяжении

$$\hat{b}^{\tilde{t}_i^R} = const; \qquad (3)$$

- равномерное распределение функции яркости на участке протяжения, которое означает, что значение среднеквадратического отклонения $\sigma[f(x,y)]$ яркости пикселей каждого канала пространственно-спектрального куба, принадлежащих области $\tilde{d}^{\tilde{t}_i^R}$, стремится к нулю:

$$\sigma[f(x,y)] \to 0, (x,y) \in \tilde{d}^{\tilde{t}_i^R}; \qquad (4)$$

- чёткие контуры, т. е. модуль градиента $\nabla f(x,y)$ функции яркости на границах области $\tilde{d}^{\tilde{t}_i^R}$ превышает среднее значение градиента $\nabla \bar{f}$ по всему каждому каналу пространственно-спектрального куба:

$$\nabla f(x,y) > \nabla \bar{f}, (x,y) \in \tilde{d}^{\tilde{t}_i^R}; \qquad (5)$$

- отрицательные значения вегетационного индекса $NDVI$:

$$-1 < NDVI^{\tilde{T}^R} < 0; \qquad (6)$$

Функция, проверяющая соответствие $\tilde{d}^{\tilde{t}_i^R}$ основным характеристикам объектов класса «*Дорога*», имеет вид:

$$u^{\tilde{t}_i^R} = u^{\tilde{t}_i^R}(\tilde{d}^{\tilde{t}_i^R}) = [(\tilde{b}^{\tilde{t}_i^R} << \tilde{a}^{\tilde{t}_i^R}) \wedge (\tilde{b}^{\tilde{t}_i^R} = const) \wedge (\sigma[f(x,y)] \to 0) \wedge (\nabla f(x,y) > \nabla \bar{f}) \wedge (-1 < NDVI^{\tilde{T}^R} < 0)]. \qquad (7)$$

Транспортное средство

Объекту класса «*Транспортное_средство*» в каждом канале пространственно-спектрального куба соответствует прямоугольная область:

$$\tilde{d}^{\tilde{t}_i^V} = \tilde{d}^{\tilde{t}_i^V}(\tilde{a}^{\tilde{t}_i^V}, \tilde{b}^{\tilde{t}_i^V}, \tilde{\alpha}^{\tilde{t}_i^V}) \qquad (8)$$

где $\tilde{b}^{\tilde{t}_i^V}$ – ширина области, $\tilde{a}^{\tilde{t}_i^V}$ – длина области, $\tilde{\alpha}^{\tilde{t}_i^V}$ – угол поворота области относительно оси абсцисс в выбранной системе координат.

Для объекта класса «*Транспортное_средство*», ограниченного областью $\tilde{d}^{\tilde{t}_i^V}$, определим следующие основные характерные признаки:

- область $\tilde{d}^{\tilde{t}_i^V}$ находится в составе области $\tilde{d}^{\tilde{t}_i^R}$

$$\tilde{d}^{\tilde{t}_i^V} \in \tilde{d}^{\tilde{t}_i^R}; \quad (9)$$

- размеры области $\tilde{d}^{\tilde{t}_i^V}$ намного меньше размеров области $\tilde{d}^{\tilde{t}_i^R}$, т.е. длина $\tilde{a}^{\tilde{t}_i^V}$ области $\tilde{d}^{\tilde{t}_i^V}$ намного меньше длины $\tilde{a}^{\tilde{t}_i^R}$ области $\tilde{d}^{\tilde{t}_i^R}$, ширина $\tilde{b}^{\tilde{t}_i^V}$ области $\tilde{d}^{\tilde{t}_i^V}$ меньше ширины $\tilde{b}^{\tilde{t}_i^R}$ области $\tilde{d}^{\tilde{t}_i^R}$

$$\tilde{a}^{\tilde{t}_i^V} << \tilde{a}^{\tilde{t}_i^R}, \tilde{b}^{\tilde{t}_i^V} < \tilde{b}^{\tilde{t}_i^R}; \quad (10)$$

- среднеквадратическое отклонение яркости точек каждого канала пространственно-спектрального куба, принадлежащих области $\tilde{d}^{\tilde{t}_i^V}$, отличается от среднеквадратического отклонения яркости точек каждого канала пространственно-спектрального куба, принадлежащих области $\tilde{d}^{\tilde{t}_i^R}$

$$(\sigma[f(x,y)] \in \tilde{d}^{\tilde{t}_i^V}) \neq (\sigma[f(x,y)] \in \tilde{d}^{\tilde{t}_i^R}); \quad (11)$$

- чёткие контуры, т.е. модуль градиента $\nabla f(x,y)$ функции яркости на границах области $\tilde{d}^{\tilde{t}_i^V}$ значительно превышает среднее значение градиента $\nabla \bar{f}$ внутри области $\tilde{d}^{\tilde{t}_i^R}$ и стремится к максимальным значениям, характерным для канала пространственно-спектрального куба:

$$\nabla f(x,y) >> \nabla \bar{f}(\bar{x},\bar{y}), (x,y) \in \tilde{d}^{\tilde{t}_i^V}, (\bar{x},\bar{y}) \in \tilde{d}^{\tilde{t}_i^R}; \quad (12)$$

- отрицательные значения вегетационного индекса *NDVI*:

$$-1 < NDVI^{\tilde{T}^R} < 0. \quad (13)$$

Функция, проверяющая соответствие $\tilde{\hat{d}}^{\tilde{t}_i^V}$ основным характеристикам объектов класса «*Транспортное_средство*», имеет вид:

$$u^{\tilde{t}_i^V} = u^{\tilde{t}_i^V}(\tilde{\hat{d}}^{\tilde{t}_i^V}) = [(\tilde{\hat{a}}^{\tilde{t}_i^V} << \tilde{\hat{a}}^{\tilde{t}_i^R}) \wedge (\tilde{\hat{b}}^{\tilde{t}_i^V} < \tilde{\hat{b}}^{\tilde{t}_i^R}) \wedge ((\overline{DN}_{x,y}^{\tilde{b}_i} \in \tilde{\hat{d}}^{\tilde{t}_i^V}) \neq (\overline{DN}_{x,y}^{\tilde{b}_i} \in \tilde{\hat{d}}^{\tilde{t}_i^R})) \wedge .$$
$$(\nabla f(x,y) >> \nabla \bar{f}(\bar{x},\bar{y}), (x,y) \in \tilde{\hat{d}}^{\tilde{t}_i^V}, (\bar{x},\bar{y}) \in \tilde{\hat{d}}^{\tilde{t}_i^R}) \wedge (-1 < NDVI^{\tilde{T}^R} < 0)] \quad (14)$$

2 Имманентные свойства объектов на локально-детальном уровне

Описание имманентных свойств объектов ТрИ на локально-детальном уровне будем проводить путём рассмотрения класса «*Дорога*» с детализацией на классы «*Проезжая_часть*», «*Обочина*», «*Тротуар*», «*Велосипедная_дорожка*», «*Разделительная_полоса*», «*Разметка*», а также путём рассмотрения класса «*Природный_объект*». Особенностью описательного набора объектов ТрИ, рассматриваемых на локально-детальном уровне, является наличие спектрального портрета, присущего каждому такому объекту. Стоит отметить что, учитывая однородность материалов, из которых выполнены объекты классов «*Проезжая_часть*», «*Тротуар*» и «*Велосипедная_дорожка*», спектральные портреты этих объектов, как правило, являются схожими между собой (рисунок 1).

Выделим в границах области $\tilde{\hat{d}}^{\tilde{t}_i^R}$ следующие прямоугольные области:

- $\tilde{\hat{d}}^{\tilde{t}_i^D}$ – соответствует объекту класса «Проезжая_часть»;
- $\tilde{\hat{d}}^{\tilde{t}_i^W}$ – соответствует объекту класса «*Обочина*»;
- $\tilde{\hat{d}}^{\tilde{t}_i^P}$ – соответствует объекту класса «*Тротуар*»;
- $\tilde{\hat{d}}^{\tilde{t}_i^C}$ – соответствует объекту класса «*Велосипедная_дорожка*»;
- $\tilde{\hat{d}}^{\tilde{t}_i^S}$ – соответствует объекту класса «*Разделительная_полоса*»;

- $\tilde{d}^{\tilde{t}_i^M}$ – соответствует объекту класса «*Разметка*».

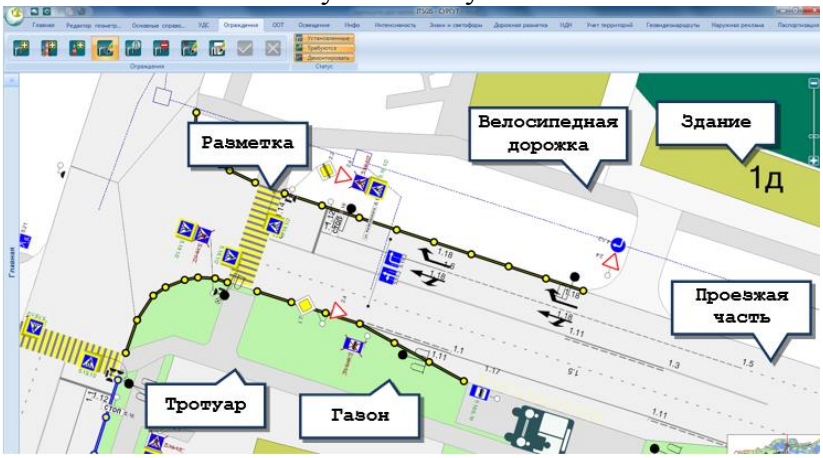

Рис. 1. Объекты класса «Дорога» на электронной карте

Для объекта класса «*Проезжая_часть*», ограниченного областью $\tilde{d}^{\tilde{t}_i^D}$, определим следующие свойства:

- значительная протяжённость, т.е. ширина области $\tilde{d}^{\tilde{t}_i^D}$ намного меньше её длины

$$\hat{b}^{\tilde{t}_i^D} << \hat{a}^{\tilde{t}_i^D}; \qquad (15)$$

- длина $\hat{a}^{\tilde{t}_i^D}$ области $\hat{d}^{\tilde{t}_i^D}$ равна длине $\hat{a}^{\tilde{t}_i^R}$ области $\hat{d}^{\tilde{t}_i^R}$

$$\hat{a}^{\tilde{t}_i^D} = \hat{a}^{\tilde{t}_i^R}; \qquad (16)$$

- рост отражательной способности, как функции от длины волны, хорошо прослеживается в ближнем и коротковолновом инфракрасных диапазонах при отражательной способности более 10% (на основе гиперспектральной информации) [5]:

$$(\Delta\rho^{[\lambda_1, \lambda_2]} > 0)\ if\ (\rho^{[\lambda_1, \lambda_2]} > 10\%), \qquad (17)$$

где λ_1 – значение длины волны, соответствующее левой границе ближнего ИК диапазона спектра, λ_2 – значение

длины волны, соответствующее правой границе коротковолнового ИК диапазона спектра;

- поглощение излучения оксидами железа на длинах волн λ=520 нм, λ=670 нм и λ=870 нм, проявляющееся на спектральном профиле в виде «ямы» с центром, соответствующим указанным длинам волн;
- увеличение отражательной способности для старых (изношенных) дорожных покрытий (с минимальными значениями индекса состояния дорожного покрытия PCI, широко распространённого в международной практике) в диапазоне длин волн от 2100 до 2200 нм и уменьшение в диапазоне от 2250 до 2300 нм:

$$\{PCI \to \min\} \; if \; \begin{cases} \Delta\rho^{[\lambda_{2100},\, \lambda_{2200}]} > 0 \\ \Delta\rho^{[\lambda_{2250},\, \lambda_{2300}]} < 0 \end{cases}; \qquad (18)$$

- высокое значение индекса $ARVNIRI$ (Asphalt Road Visible Near InfraRed Index), представляющего собой разность отражательных способностей на длинах волн λ=830 нм и λ=490 нм, и низкое значение индекса $ARSWIRI$ (Asphalt Road Short Wave InfraRed Index), представляющего собой разность отражательных способностей на длинах волн λ=2120 нм и λ=2340 нм, для старых (изношенных) дорожных покрытий (с минимальными значениями индекса состояния дорожного покрытия PCI):

$$\{PCI \to \min\} \; if \; \begin{cases} (ARVNIRI = \rho^{830} - \rho^{490}) \to \max \\ (ARSWIRI = \rho^{2120} - \rho^{2340}) \to \min \end{cases}, \qquad (19)$$

где ρ^{830} – значение отражательной способности на длине волны λ=830 нм, ρ^{490} – значение отражательной способности на длине волны λ=490 нм, ρ^{2120} – значение отражательной способности

на длине волны λ=2120 нм, ρ^{2340} – значение отражательной способности на длине волны λ=2340 нм.

Объект класса «*Обочина*», ограниченный областью $\tilde{d}^{\tilde{t}_i^W}$, определён следующими основными характерными признаками:

- ширина $\tilde{b}^{\tilde{t}_i^W}$ области $\tilde{d}^{\tilde{t}_i^W}$ меньше ширины $\tilde{b}^{\tilde{t}_i^D}$ области $\tilde{d}^{\tilde{t}_i^D}$

$$\tilde{b}^{\tilde{t}_i^W} < \tilde{b}^{\tilde{t}_i^D}; \quad (20)$$

- индивидуальный характер спектральной кривой, в зависимости от типа искусственного материала, из которого выполнена обочина (за исключением случаев, когда обочина выполнена из того же материала, что и проезжая часть);
- область $\tilde{d}^{\tilde{t}_i^W}$ граничит с областью $\tilde{d}^{\tilde{t}_i^D}$, т.е. одна из сторон наибольшей длины области $\tilde{d}^{\tilde{t}_i^W}$ совпадает с одной из сторон наибольшей длины области $\tilde{d}^{\tilde{t}_i^D}$.

Основным характерным признаком объектов классов «*Тротуар*» и «*Велосипедная_дорожка*», ограниченных соответственно областями $\tilde{d}^{\tilde{t}_i^P}$ и $\tilde{d}^{\tilde{t}_i^C}$, является меньшая ширина указанных областей по сравнению с шириной области $\tilde{d}^{\tilde{t}_i^D}$:

$$\tilde{b}^{\tilde{t}_i^W} < \tilde{b}^{\tilde{t}_i^D}, \quad (21)$$

$$\tilde{b}^{\tilde{t}_i^C} < \tilde{b}^{\tilde{t}_i^D} \quad (22)$$

Для объектов класса «*Разделительная_полоса*» определим следующие характерные признаки:

- область $\tilde{d}^{\tilde{t}_i^S}$ делит область $\tilde{d}^{\tilde{t}_i^D}$ вдоль на две части таким образом, что стороны наибольшей длины области $\tilde{d}^{\tilde{t}_i^S}$ граничат отдельно с соответствующей

стороной наибольшей длины каждой из разделённых областей $\widehat{d}_1^{\tilde{t}_i^D}$ и $\widehat{d}_2^{\tilde{t}_i^D}$;

- индивидуальный характер спектральной кривой, в зависимости от типа материала, из которого выполнена разделительная полоса (за исключением случаев, когда разделительная полоса выполнена из того же материала, что и проезжая часть).

Объект класса «*Разметка*», ограниченный областью $\widehat{d}^{\tilde{t}_i^M}$, определён следующими основными характерными признаками:

- длина $\widehat{a}^{\tilde{t}_i^M}$ области $\widehat{d}^{\tilde{t}_i^M}$ равна длине $\widehat{a}^{\tilde{t}_i^D}$ области $\widehat{d}^{\tilde{t}_i^D}$

$$\widehat{a}^{\tilde{t}_i^D} = \widehat{a}^{\tilde{t}_i^D}; \qquad (23)$$

- ширина области $\widehat{d}^{\tilde{t}_i^M}$ намного меньше её протяжённости

$$\widehat{b}^{\tilde{t}_i^M} << \widehat{a}^{\tilde{t}_i^M}; \qquad (24)$$

- высокое среднее значение яркости точек каждого канала пространственно-спектрального куба, принадлежащих области $\widehat{d}^{\tilde{t}_i^M}$:

$$\overline{DN}_{x,y}^{\tilde{b}_i} \to \max,\ \overline{DN}_{x,y}^{\tilde{b}_i} \in \widehat{d}^{\tilde{t}_i^M}. \qquad (25)$$

Набор имманентных свойств объекта класса «*Природный_объект*» включает в себя только спектральные признаки и не включает в себя геометрические признаки ввиду высокой сложности их формализации.

Заключение

В статье рассмотрены имманентные свойства объектов транспортной инфраструктуры, описанные в соответствии с концепцией двухуровневой схемы информационной поддержки построения модели транспортной инфраструктуры на основе данных ДЗЗ.

Указанные свойства лежат в основе разработанных методов и алгоритмов анализа материалов дистанционного зондирования, обеспечивающих автоматизированное распознавание объектов транспортной инфраструктуры в условиях ограниченного состава спектральных признаков или их полного отсутствия [2, 3].

Список литературы

1. Михеева Т.И., Федосеев А.А. Кластеризация гиперспектральных данных мониторинга объектов транспортной инфраструктуры // Известия Самарского научного центра РАН. – 2014. – Т. 16, № 4(2) – С. 435–442.
2. Распознавание объектов транспортной инфраструктуры на гиперспектральных снимках методом глубинного машинного обучения / А.А. Федосеев, Т.И. Михеева, О.Н. Сапрыкин, Р.Р. Мингазов // Информационные технологии интеллектуальной поддержки принятия решений: труды конф. – Уфа : Изд-во УГАТУ. – 2016. – С. 67–72.
3. Михеева Т.И., Федосеев А.А. Автоматизированная идентификация изменений конфигурации дорожной сети на основе материалов космической съёмки // Перспективные информационные технологии (ПИТ 2016) : труды конф. – Самара : Издательство СНЦ РАН, 2016. – С. 663–667.
4. Аншаков Г.П., Журавель Ю.Н., Федосеев А.А. Эффективность использования мультиспектральных и гиперспектральных данных дистанционного зондирования в задачах мониторинга окружающей среды // Вестник СГАУ. – 2013. –№4 (42). – С. 38–48.
5. Spectrometry and hyperspectral remote sensing of urban road infrastructure [Электронный ресурс] / M. Herold, M. Gardner, V. Noronha, D. Roberts. – URL: www.eo.uni-jena.de/~c5hema/pub/rse04_heroldetal.pdf.

Гусарова М.В.

МОДЕЛИРОВАНИЕ НЕШТАТНЫХ СИТУАЦИЙ НА ДОРОГЕ

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева

В статье рассмотрены средства моделирования транспортных потоков. Особое внимание уделено моделированию в условиях нештатных ситуация на улично-дорожной сети города. Авторами предложена практическая реализация мультиагентной транспортной модели города Самара, позволяющая моделировать нештатные ситуации.

Ключевые слова: *имитационное моделирование, транспортный поток, нештатная ситуация.*

Транспорт – одна из важнейших отраслей хозяйства, выполняющая основную свою функцию – перевозку людей и грузов. Улицы и дороги, по которым проводятся перевозки, образуют на плане города сеть наземных путей сообщения. Важнейшим показателем, который характеризует эксплуатационные качества транспортной сети города – это ее пропускная способность [1].

Пропускная способность улиц – максимальное число автомобилей, которые могут пройти по ней в единицу времени при обеспечении заданной скорости и безопасности движения. Другими характеристиками транспортного потока являются скорость (км/ч) и плотность движения (авт./км). Наиболее высокое значение плотности потока достигается при заторах движения.

Основная причина нештатных ситуаций (например, ДТП) – увеличение плотности транспортного потока на дорогах. Одним из способов анализа нештатных ситуаций на дороге является имитационное моделирование.

Моделирование – исследование объектов на их моделях; построение и изучение моделей реально существующих объектов, процессов или явлений с целью получения объяснений этих явлений, а также для предсказания явлений, интересующих исследователя. Имитационное моделирование – это разработка и выполнение на компьютере программной среды, отражающей структуру и функционирование (поведение) моделируемого объекта или явления во времени. Такую программную систему называют имитационной моделью этого объекта или явления. Имитационная модель – это упрощенное подобие реальной системы, либо существующей, либо той, которую предполагается создать.

Имитационное моделирование – метод, позволяющий строить модели, описывающие процессы реального мира. Модель можно воспроизводить во времени для произвольного числа испытаний. При этом результаты будут определяться случайным характером процессов. По результатам моделирования можно получить достаточно устойчивую статистику. При имитационном моделировании изучаемая система заменяется моделью, описывающей реальную систему, с которой проводятся эксперименты с целью получения информации об этой системе. Имитационную модель можно рассматривать как множество правил, которые определяют, в какое состояние система перейдёт в будущем из заданного текущего состояния [2].

Современная парадигма научного исследования состоит в том, что реальные объекты заменяются их упрощенными представлениями, абстракциями, выбираемые таким образом, чтобы в них была отражена суть явления, те свойства исходных объектов, которые существенны для решения поставленной проблемы. Модель – это упрощенный аналог реального объекта или явления, представляющий законы поведения входящих в объект частей и их свя-

зи, построение модели и ее анализ называется моделированием. В научной работе моделирование является одним из главных элементов научного познания.

В практической деятельности цель построения модели – решение некоторой проблемы реального мира, которую дорого либо невозможно решать, экспериментируя с реальными объектами.

Существует множество различных программных систем, с помощью которых можно провести имитационное моделирование нештатной ситуации на дороге.

Наиболее известными программными системами являются:

1. PTV VISUM – программное обеспечение, позволяющее осуществлять имитационное моделирование транспортных потоков и дорожного движения на микро и макроуровне.
2. AnyLogic – программное обеспечение, охватывающее следующие методы имитационного моделирования: дискретно-событийное, агентное и динамическое [3].
3. MATSim – мультиагентная система, обеспечивающая основу для реализации транспортного моделирования [4].

В данной научной работе используется система моделирования MATSim. Для моделирования транспортного процесса в MATSim необходим:

1. Сбор исходных данных.
2. Ввод первоначальных данных.
3. Получение имитационной модели на основе исходных данных.
4. Изменение исходных данных, путем моделирования нештатной ситуации.
5. Ввод измененных данных.
6. Получение имитационной модели на основе измененных данных.

7. Анализ построенной модели, выводы и предложения по улучшению или изменению улично-дорожной сети.

На рисунке 1 представлена визуализация моделирования в программном обеспечении MATSim.

Рис. 1. Визуализация моделирования

С помощью построенной динамической модели транспортных потоков города можно оценить влияние любой дорожно-транспортной ситуации на всех участников дорожного движения в городе (см. рис. 2).

Рис. 2. Визуализация моделирования нештатной ситуации до изменений УДС

На основе проведенного анализа можно разработать проекты по улучшению УДС или внедрению системы гибкого управления транспортными потоками (см. рис. 3).

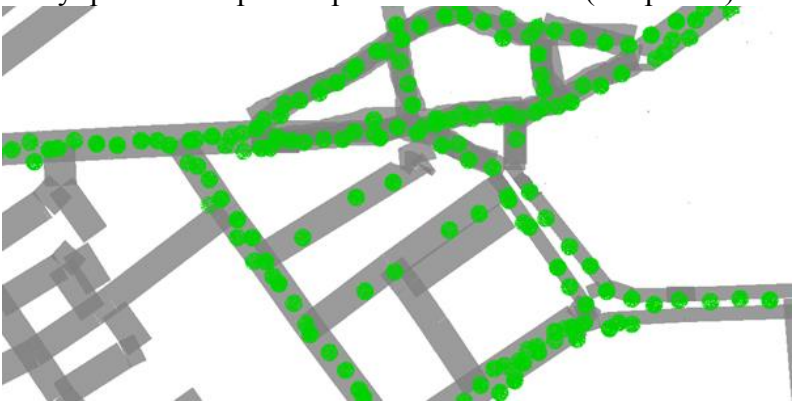

Рис. 3. Визуализация моделирования нештатной ситуации после изменений УДС

Список литературы

1. Лобанов Е.М. Транспортная планировка городов: Учебник для студентов вузов. – М.: Транспорт, 1990. – 240 с.
2. Saprykin O., Saprykina O. Multilevel Modelling of Urban Transport Infrastructure // In Proceedings of the 1st International Conference on Vehicle Technology and Intelligent Transport Systems (VEHITS-2015). Portugal, Lisbon: SCITEPRESS, 2015.
3. Обзор нескольких информационных технологий (компьютерных программ), применяемых при обучении моделированию интеллектуальных транспортных систем/ Н.В. Базан, Е.А. Веренцова, И.Н. Щербаков, Е.В. Слепокурова // Прогрессивные технологии и процессы. 2015. –Т. 3. – С. 89-92.
4. Multi-Agent Transport Simulation Toolkit [Электронный ресурс] – URL: http://www.matsim.org.

Федосеев А.А.

МЕТОД СИНТЕЗА ТЕМАТИЧЕСКОГО СЛОЯ ТРАНСПОРТНОЙ СЕТИ НА ОСНОВЕ ДАННЫХ ДЗЗ ИЗ КОСМОСА

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева

Описан метод синтеза тематического слоя на основе данных дистанционного зондирования Земли, обеспечивающий экстрагирование элементов транспортной сети с космических снимков. Синтез тематических слоев производится с использованием гибридного подхода, предполагающего совместное использование кластерного и контурного подходов к обработке данных ДЗЗ.

Ключевые слова: *дистанционное зондирование, транспортная инфраструктура, транспортная сеть, спектральный признак, геометрический признак, синтез тематического слоя.*

Введение

Создание электронной карты урбанизированной территории предполагает построение соответствующих тематических слоёв объектов транспортной инфраструктуры (ТрИ). В качестве исходных данных для синтеза таких слоёв выступают, в том числе, данные дистанционного зондирования Земли из космоса, обеспечивающие получение пространственно-распределённой информации о характеристиках и состоянии объектов ТрИ. Важным вопросом является повышение автоматизации процесса выделения (распознавания) таких объектов, в частности, транспортной сети (ТрС), на космических снимках, представленных ограниченным набором спектральных признаков (три-четыре спектральных канала, из которых состоит наиболее распространённый комплект поставки материалов космической съёмки).

В основе метода синтеза тематического слоя ТрС на базе космического снимка лежит задача экстрагирования локальных областей, соответствующих объектам класса «*Дорога*», на этом снимке в условиях ограниченного пространства спектральных признаков (комплект снимка, состоящий из мультиспектрального и панхроматического изображений). В таких условиях резонно сосредоточиться на подходах объектно-ориентированного анализа изображений с использованием априорных знаний о характерных признаках распознаваемых элементов ТрС [9].

Базисом метода является гибридный подход, предполагающий совместное использование кластерного и контурного подходов к обработке данных ДЗЗ для достижения синергетического эффекта в результате объединения спектральных свойств мультиспектрального изображения с пространственной информацией панхроматического изображения. Таким образом, в отличие от задачи определения характеристик объектов ТрИ на основе использования гиперспектральных снимков, где достаточно иметь только набор признаков $\widetilde{P}^{s}_{\widetilde{t}_i^R}$, для экстрагирования элементов ТрС с использованием комплекта первого типа требуется также анализ пространственных признаков $\widetilde{P}^{g}_{\widetilde{t}_i^R}$ (пространственно-спектральный подход) [2, 4]. Это объясняется тем, что в условиях ограниченного состава спектральных признаков спектральный образ элементов ТрС является весьма схожим со спектральным образом ряда других объектов искусственного происхождения, присутствующих в рассматриваемой сцене [8].

Описание работы метода

Метод $M^{g}_{\widetilde{S}^N}$ синтеза тематического слоя ТрС на основе гибридного подхода (рисунок 1) представлен последовательностью шагов.

На вход подаётся космический снимок в виде комплекта, состоящего из панхроматического и спектрозонального изображений. На выходе формируется упрощённая модель ТрС заданного района, отображаемая в виде осевых линий и используемая впоследствии для поиска изменений конфигурации ТрС. Результаты работы метода, полученные на срезе синтеза результирующего тематического слоя элементов ТрС, могут быть также использованы в других приложениях.

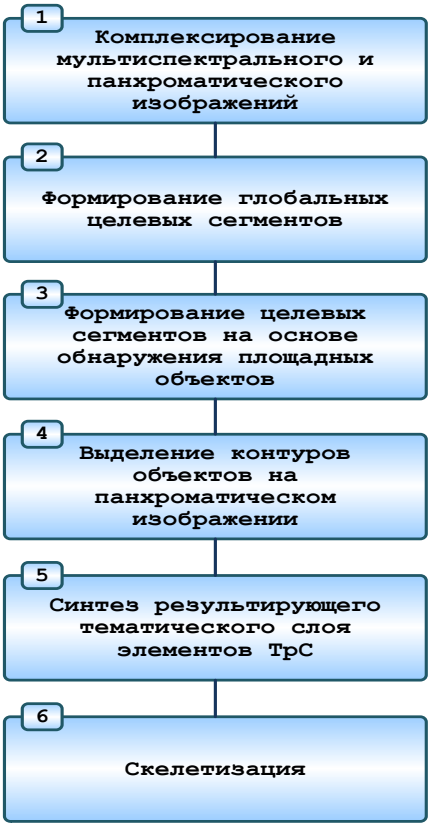

Рис. 1. Метод синтеза тематического слоя элементов ТрС на основе гибридного подхода

Шаг 1. **Комплексирование исходного комплекта изображений**

В результате операции комплексирования исходного комплекта изображений формируется спектрозональное изображение с числом и границами спектральных каналов, соответствующих числу и границам каналов спектрозонального изображения исходного комплекта, и пространственным разрешением, соответствующим пространственному разрешению панхроматического изображения исходного комплекта, подающегося на вход системы. В качестве метода комплексирования используется подход, описанный в [3] и реализованный в ряде коммерческих программных пакетах обработки информации ДЗЗ.

Шаг 2. **Формирование глобальных целевых сегментов**

На данном этапе производится предварительное выделение глобальных сегментов на основе спектральных каналов исходного снимка I, в состав которых входят области $\widehat{d}_j^{\tilde{t}_i^R}$, с использованием только спектрально-яркостных характеристик изображения в условиях априорного отсутствия соответствующих эталонов.

С целью предварительного исключения из процесса анализа областей изображения, соответствующих объектам типа «*Трава*» и «*Дерево*», для изображения, полученного на предыдущем этапе, производится расчёт вегетационного индекса $NDVI$:

$$NDVI = \frac{\rho^{NIR} - \rho^{RED}}{\rho^{NIR} + \rho^{RED}} \qquad (1)$$

Области изображения со значениями $NDVI > 0$ исключаются и не учитываются при последующем анализе.

Снимок может быть представлен как расширенное пространство спектральных признаков множества объектов T, присутствующих на этом снимке:

$$\tilde{P}_T^s = \left\{ \tilde{P}_{t_1}^s, \tilde{P}_{t_2}^s, ..., \tilde{P}_{t_i^R}^s, ..., \tilde{P}_{t_n}^s \right\}, \quad (2)$$

где $t_i \in T$ – объекты, присутствующие на снимке, n – число этих объектов, $\tilde{t}_i^R$ – объект ТрИ, подлежащий экстрагированию.

Требуется построить множество кластеров $\breve{B}$ и отображение множества $\tilde{P}_T^s$ на множество $\breve{B}$, т.е. $\breve{Y} : \tilde{P}_T^s \to \breve{B}$. Отображение $\breve{Y}$ задаёт модель данных, являющуюся решением задачи данного этапа. Множество $\breve{B}$ можно представить следующим образом:

$$\breve{B} = \{\breve{b}_1, \breve{b}_2, ..., \breve{b}_h, ..., \breve{b}_z\}, \quad (3)$$

где $\breve{b}_h$ – кластер, содержащий похожие друг на друга признаки объектов из множества $\tilde{P}_T^s$. Каждый из объектов t_i, представленных на анализируемом снимке, может быть описан следующим образом:

$$\tilde{P}_{t_i}^s = \left\{ \tilde{p}_{t_i 1}^s, ..., \tilde{p}_{t_i m}^s \right\}, \quad (4)$$

где m – число спектральных признаков объекта.

Кластер $\breve{b}_h$, включающий в себя целевую область $\hat{d}_j^{\tilde{t}_i^R}$, определяется следующим выражением:

$$\breve{b}_h = \left\{ \tilde{p}_{\tilde{t}_i^R q}^s, \tilde{p}_{t_i u}^s \mid \tilde{p}_{\tilde{t}_i^R q}^s \in \tilde{P}_{\tilde{t}_i^R}^s \subset \tilde{P}_T^s, \tilde{p}_{t_i u}^s \in \tilde{P}_{t_i}^s \subset \tilde{P}_T^s \wedge d(\tilde{p}_{\tilde{t}_i^R q}^s, \tilde{p}_{t_i u}^s) < \varepsilon \right\}, \quad (5)$$

где ε – величина, определяющая меру близости между признаками (расстояние).

Таким образом, если расстояние между двумя признаками $\tilde{p}_{\tilde{t}_i 1}^s$ и $\tilde{p}_{\tilde{t}_i 2}^s$ объекта ТрИ $\tilde{t}_i$, представленного на

снимке, меньше некоторого значения ε, то эти признаки принадлежат одному кластеру.

В результате на данном этапе формируются сегменты изображения, включающие в свой состав совокупность областей $\widehat{D}^{\widetilde{T}^R} = \{\widehat{d}_j^{\widetilde{t}_i^R}\}$, соответствующих элементам ТрС. а также совокупность областей $\widehat{D}^{\widehat{L}} = \{\widehat{d}_j^{\widehat{l}_i}\}$, не соответствующих элементам ТрС. Предварительный тематический слой, формирующийся на данном этапе, обозначим $\widetilde{S}_1^N$.

В контексте рассматриваемой задачи, учитывая разнородность сюжетов анализируемых изображений, использование подходов на основе классификации без учителя (кластеризации) более предпочтительно по сравнению с подходами на основе классификации с учителем [6]. В качестве метода кластеризации используется метод *k*-средних [5, 1]. Задаётся исходное число кластеров, на которые разбиваются пиксели изображения. В ходе постклассификационной обработки на основе полученного набора кластеров формируются обобщённые классы объектов, соответствующие элементам ТрС. Обобщённая схема формирования глобальных целевых областей показана на рисунке 2.

Шаг 3. **Формирование целевых сегментов на основе обнаружения площадных объектов**

На вход данного этапа подаётся панхроматическое изображение, включающее в себя только глобальные целевые сегменты, полученные в результате классификации спектрозонального изображения.

При распознавании объектов ТрС следует учитывать специфику состава объектов, присутствующих на снимках урбанизированных и загородных территорий. Учитывая ограниченный состав спектральных признаков целевых объектов, а также схожие спектральные характеристики

объектов ТрС и других объектов рассматриваемой сцены, результаты обработки снимков урбанизированных территорий, могут отличаться от результатов обработки снимков загородных сюжетов.

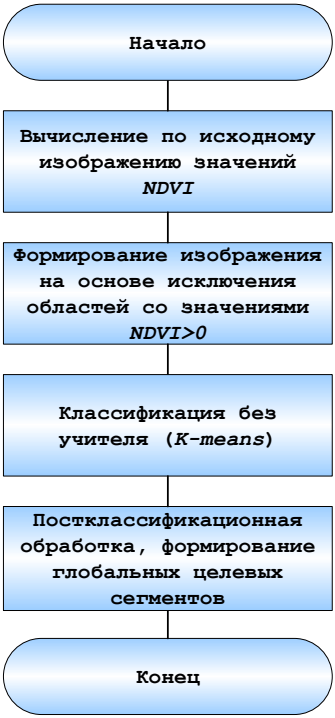

Рис. 2. Процесс формирования глобальных целевых сегментов

Размеры объектов, не соответствующих элементам ТрС, на снимках урбанизированных территорий могут превышать размеры самих элементов ТрС. В этом случае подходы к сегментации целевых объектов на основе использования информации только об их форме и размерах могут быть малоэффективными. Для решения данной проблемы предлагается подход на основе модернизированного метода, описанного в [10]. Целью применения подхода является выделение на снимке урбанизированных террито-

рий областей, соответствующих площадным объектам типа объектов класса «*Искусственное_сооружение*», для которых выполняются следующие условия:

- равномерное распределение функции яркости в пределах соответствующей области $\hat{d}^{\tilde{t}_i^B}$, которое означает, что значение среднеквадратического отклонения (СКО) яркости пикселей каждого канала пространственно-спектрального куба, принадлежащих данной области, стремится к нулю:

$$\sigma[f(x,y)] \to 0, (x,y) \in \hat{d}^{\tilde{t}_i^B}; \qquad (6)$$

- ширина области $\hat{d}^{\tilde{t}_i^B}$ намного больше ширины области $\hat{d}^{\tilde{t}_i^R}$:

$$\hat{d}^{\tilde{t}_i^B} >> \hat{d}^{\tilde{t}_i^R}. \qquad (7)$$

Данный этап является необходимым при обработке изображений урбанизированных сюжетов. При обработке изображений загородных сюжетов, характеризующихся отсутствием большого числа инфраструктурных объектов, данный этап может быть исключен из цепочки обработки.

Определим некоторую квадратную область $\hat{d}^{\breve{p}}$ с центром в $\breve{p}$, заданную длиной стороны $\hat{a}^{\breve{p}}$ (рисунок 3):

$$\hat{d}^{\breve{p}} = \hat{d}(\hat{a}^{\breve{p}}, \breve{p}). \qquad (8)$$

Построим четыре линии с центрами в $\breve{p}$ в горизонтальном, вертикальном и двух диагональных направлениях. Ограничим линии областью $\hat{d}^{\breve{p}}$. Обозначим $\hat{l}_1$ линию, построенную в горизонтальном направлении, $\hat{l}_2$ – линию, построенную в вертикальном направлении, $\hat{l}_3$ – линию, построенную в диагональном направлении из нижнего правого угла в верхний левый угол, $\hat{l}_4$ – линию, построенную в диагональном направлении из верхнего левого угла

в нижний правый угол. Обозначим $\hat{d}^{\bar{l}_1}$ группу пикселей, образованную пересечением этих пикселей линией $\bar{l}_1$ и входящую в состав области $\hat{d}^{\breve{p}}$, $\hat{d}^{\bar{l}_2}$ – группу пикселей, образованную пересечением этих пикселей линией $\bar{l}_2$ и входящую в состав области $\hat{d}^{\breve{p}}$, $\hat{d}^{\bar{l}_3}$ – группу пикселей, образованную пересечением этих пикселей линией $\bar{l}_3$ и входящую в состав области $\hat{d}^{\breve{p}}$, $\hat{d}^{\bar{l}_4}$ – группу пикселей, образованную пересечением этих пикселей линией $\bar{l}_4$ и входящую в состав области $\hat{d}^{\breve{p}}$.

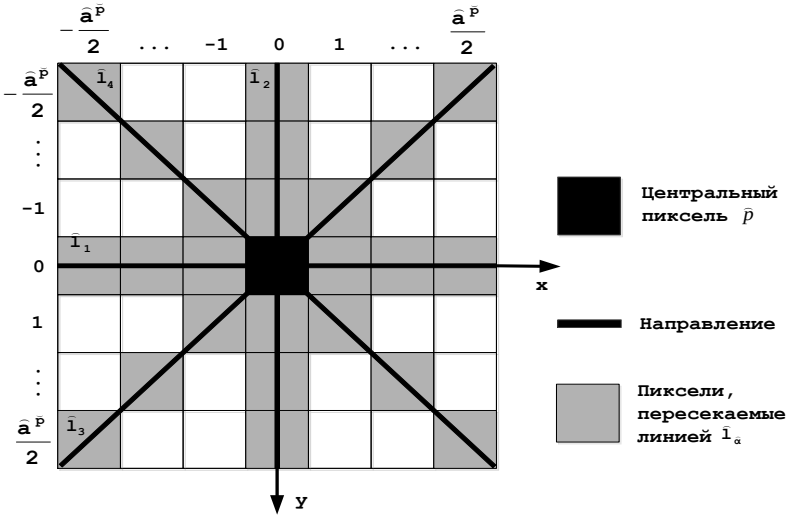

Рис. 3. Иллюстрация области $\hat{d}^{\breve{p}}$, используемой для распознавания площадных объектов

Каждая указанная группа пикселей характеризуется математическим ожиданием M, дисперсией D и СКО σ значений яркости этих пикселей:

- горизонтальное направление:

$$M^{\hat{d}^{\hat{l}_1}} = \frac{\sum_{i,j} f(i,j)}{2n},\ i = 0,\ -\frac{\hat{a}^{\breve{p}}}{2} \le j \le \frac{\hat{a}^{\breve{p}}}{2}\ ; \qquad (9)$$

$$D^{\hat{d}^{\hat{l}_1}} = \frac{\sum_{i,j}[f(i,j) - M^{\hat{d}^{\hat{l}_1}}]^2}{2n},\ i = 0,\ -\frac{\hat{a}^{\breve{p}}}{2} \le j \le \frac{\hat{a}^{\breve{p}}}{2}; \qquad (10)$$

$$\sigma^{\hat{d}^{\hat{l}_1}} = \sqrt{D^{\hat{d}^{\hat{l}_1}}}\ ; \qquad (11)$$

- вертикальное направление:

$$M^{\hat{d}^{\hat{l}_2}} = \frac{\sum_{i,j} f(i,j)}{2n},\ \frac{\hat{a}^{\breve{p}}}{2} \le i \le -\frac{\hat{a}^{\breve{p}}}{2},\ j = 0\ ; \qquad (12)$$

$$D^{\hat{d}^{\hat{l}_2}} = \frac{\sum_{i,j}[f(i,j) - M^{\hat{d}^{\hat{l}_2}}]^2}{2n},\ \frac{\hat{a}^{\breve{p}}}{2} \le i \le -\frac{\hat{a}^{\breve{p}}}{2},\ j = 0\ ; \qquad (13)$$

$$\sigma^{\hat{d}^{\hat{l}_2}} = \sqrt{D^{\hat{d}^{\hat{l}_2}}}\ ; \qquad (14)$$

- диагональное направление из нижнего правого угла в верхний левый угол:

$$M^{\hat{d}^{\hat{l}_3}} = \frac{\sum_{i,j} f(i,j)}{2n},\ \frac{\hat{a}^{\breve{p}}}{2} \le i \le -\frac{\hat{a}^{\breve{p}}}{2}, -\frac{\hat{a}^{\breve{p}}}{2} \le j \le \frac{\hat{a}^{\breve{p}}}{2}\ ; \qquad (15)$$

$$D^{\hat{d}^{\hat{l}_3}} = \frac{\sum_{i,j}[f(i,j) - M^{\hat{d}^{\hat{l}_3}}]^2}{2n},\ \frac{\hat{a}^{\breve{p}}}{2} \le i \le -\frac{\hat{a}^{\breve{p}}}{2}, -\frac{\hat{a}^{\breve{p}}}{2} \le j \le \frac{\hat{a}^{\breve{p}}}{2}\ ; \qquad (16)$$

$$\sigma^{\hat{d}^{\hat{l}_3}} = \sqrt{D^{\hat{d}^{\hat{l}_3}}}\ ; \qquad (17)$$

- диагональное направление из нижнего левого угла в верхний правый угол:

$$M^{\hat{d}^{\hat{l}_4}} = \frac{\sum_{i,j} f(i,j)}{2n}, -\frac{\hat{a}^{\breve{p}}}{2} \le i \le \frac{\hat{a}^{\breve{p}}}{2}, -\frac{\hat{a}^{\breve{p}}}{2} \le j \le \frac{\hat{a}^{\breve{p}}}{2}\ ; \qquad (18)$$

$$D^{\hat{d}^{\hat{l}_4}} = \frac{\sum_{i,j}[f(i,j) - M^{\hat{d}^{\hat{l}_4}}]^2}{2n}, -\frac{\hat{a}^{\bar{p}}}{2} \le i \le \frac{\hat{a}^{\bar{p}}}{2}, -\frac{\hat{a}^{\bar{p}}}{2} \le j \le \frac{\hat{a}^{\bar{p}}}{2}; \quad (19)$$

$$\sigma^{\hat{d}^{\hat{l}_4}} = \sqrt{D^{\hat{d}^{\hat{l}_4}}}. \quad (20)$$

В выражениях (9) – (20) $f(i,j)$ – значение яркости пикселя, расположенного в i-ой строке и j-ом столбце области $\hat{d}^{\hat{p}}$, n – число пикселей, составляющих каждую из четырёх областей $\hat{d}^{\hat{l}_1}$, $\hat{d}^{\hat{l}_2}$, $\hat{d}^{\hat{l}_3}$, $\hat{d}^{\hat{l}_4}$.

Для каждой из четырёх областей $\hat{d}^{\hat{l}_1}$, $\hat{d}^{\hat{l}_2}$, $\hat{d}^{\hat{l}_3}$, $\hat{d}^{\hat{l}_4}$ в соответствии с (11), (14), (17) и (20) находятся значения СКО яркости входящих в эти области пикселей.

Для эффективного отделения объектов, соответствующих классу «*Искусственное_сооружение*» от объектов, соответствующих классу «*Дорога*» размер рабочего окна, соответствующего области $\hat{d}^{\hat{p}}$, должен превосходить ширину областей, соответствующих объектам класса «*Дорога*». Задаётся пороговое значение $\hat{T}_{\hat{d}^{\hat{l}}}$ СКО значений яркости пикселей, входящих в области $\hat{d}^{\hat{l}_1}$, $\hat{d}^{\hat{l}_2}$, $\hat{d}^{\hat{l}_3}$, $\hat{d}^{\hat{l}_4}$. Если значения СКО по четырём направлениям меньше $\hat{T}_{\hat{d}^{\hat{l}}}$, будем считать объект в границах области $\hat{d}^{\hat{p}}$ однородным. Следовательно, такой объект не принадлежит к классу «*Дорога*» и должен быть исключён. В случае превышения значения СКО по хотя бы одному направлению порогового значения $\hat{T}_{\hat{d}^{\hat{l}}}$ объект в границах области имеет возможную принадлежность к классу «*Дорога*». Такой сегмент изображения подлежит дальнейшему анализу. Для области $\hat{d}^{\hat{p}}$ проверка условий её принадлежности области $\hat{d}^{\tilde{t}_i^B}$ выглядит следующим образом:

$$f(\tilde{I}, \hat{d}^{\hat{p}}) = [(\sigma^{\hat{d}^{\hat{l}_1}} < \hat{T}_{\hat{d}^{\hat{l}}}) \wedge (\sigma^{\hat{d}^{\hat{l}_2}} < \hat{T}_{\hat{d}^{\hat{l}}}) \wedge (\sigma^{\hat{d}^{\hat{l}_3}} < \hat{T}_{\hat{d}^{\hat{l}}}) \wedge (\sigma^{\hat{d}^{\hat{l}_4}} < \hat{T}_{\hat{d}^{\hat{l}}})]. \quad (21)$$

Обозначим $\tilde{S}_3^N$ тематический слой, формируемый на данном этапе в результате исключения областей $\hat{d}^{\tilde{t}_i^B}$.

Алгоритм формирования целевых сегментов на основе обнаружения площадных объектов, не соответствующих элементам ТрС, показан на рисунке 4.

Определяется квадратная область $\hat{d}^{\hat{p}}$ (8) с центром в точке $\hat{p}$. Область характеризуется длиной стороны $\hat{a}^{\hat{p}}$, задаваемой оператором с учётом условия (7). Данная область проверяется на принадлежность области, обладающей свойствами объекта класса «Искусственное_сооружение» (6), (7). Производится перемещение области $\hat{d}^{\hat{p}}$ по изображению в режиме «скользящего окна» с шагом, соответствующем длине стороны $\hat{a}^{\hat{p}}$.

Принадлежность $\hat{d}^{\hat{p}}$ области, соответствующей объекту класса «*Искусственное_сооружение*», определяется в соответствии с (21). Задаётся пороговое значение $\hat{T}_{\hat{d}^{\hat{l}}}$ СКО значений яркости пикселей, входящих в области $\hat{d}^{\hat{l}_1}$, $\hat{d}^{\hat{l}_2}$, $\hat{d}^{\hat{l}_3}$, $\hat{d}^{\hat{l}_4}$. Если значения СКО по четырём направлениям меньше $\hat{T}_{\hat{d}^{\hat{l}}}$, объект в границах области $\hat{d}^{\hat{p}}$ считается однородным. Следовательно, такой объект не принадлежит к классу «*Дорога*» и должен быть исключён. В случае превышения значения СКО по хотя бы одному направлению порогового значения $\hat{T}_{\hat{d}^{\hat{l}}}$ объект в границах области имеет возможную принадлежность к классу «*Дорога*». Такой сегмент изображения подлежит анализу на следующих этапах.

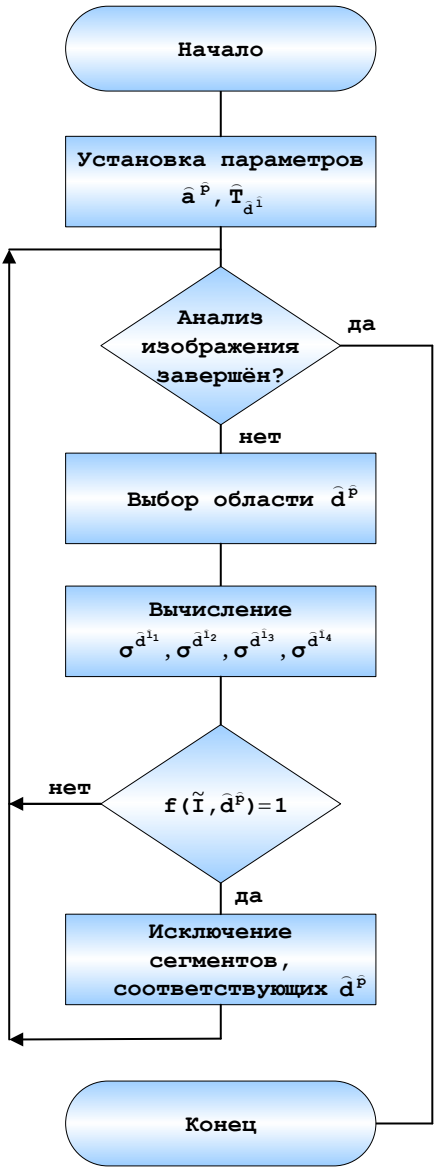

Рис. 4. Алгоритм формирования сегментов на основе выделения площадных объектов

Шаг 4. Выделение контуров объектов на панхроматическом изображении

На вход данного этапа подаётся исходное панхроматическое изображение. В качестве инструмента выделения контуров объектов на изображении используется детектор границ Кэнни, представляющий собой многоступенчатый алгоритм, состоящий из следующих шагов [7]:

- сглаживание;
- поиск градиентов;
- подавление немаксимумов;
- двойная пороговая фильтрация;
- трассировка области неоднозначности.

Метод Кэнни ориентирован на три основных критерия:

- хорошее обнаружение границы (путём повышения отношения сигнал/шум);
- хорошая локализация (точное определение положения границы);
- единственный отклик на одну границу.

Указанные критерии лежат в основе целевой функции стоимости ошибок, минимизация которой обеспечивает поиск оптимального линейного оператора для свёртки с изображением.

Сглаживание на основе использования первой производной Гауссиана обеспечивает уменьшение чувствительности алгоритма к шуму. Маска Гауссиана выглядит следующим образом:

$$\hat{I} = \frac{1}{159}\begin{bmatrix} 2 & 4 & 5 & 4 & 2 \\ 4 & 9 & 12 & 9 & 4 \\ 5 & 12 & 15 & 12 & 5 \\ 4 & 9 & 12 & 9 & 4 \\ 2 & 4 & 5 & 4 & 2 \end{bmatrix} \bullet \tilde{I}, \qquad (22)$$

где $\hat{I}$ – изображение, полученное после применения маски Гауссиана, $\tilde{I}$ – исходное изображение.

Далее производится вычисление градиента изображения $\hat{I}$:

$$\nabla f(x, y) = \sqrt{G_x^2 + G_y^2}, \quad (23)$$

$$\theta(x, y) = arctg(\frac{G_y}{G_x}), \quad (24)$$

где $\theta(x, y)$ – угол, определяющий направление вектора градиента.

Полученные согласно (24) значения угла направления вектора градиента, округляются до одного из четырёх значений: 0°, 45°, 90°, 135°. Информация о направлении границы используется с целью удаления точки именно рядом с границей и исключения разрыва границы вблизи локальных максимумов градиента.

Двойная пороговая фильтрация обеспечивает удаление слабых границ. В случае превышения значения градиента в пределах рассматриваемого фрагмента верхнего порога этот фрагмент считается допустимой границей в тех местах, где значение градиента падает ниже этого порога, до тех пор, пока значение не станет ниже нижнего порога. В случае отсутствия на всём фрагменте точек со значением, превышающим верхний порог, то этот фрагмент удаляется. Такой гистерезис обеспечивает уменьшение числа разрывов в границах. Результирующие границы определяются на основе подавления краёв, несвязанных с определёнными (сильными) границами. Обозначим $\tilde{S}_2^N$ предварительный тематический слой, формирующийся на этапе выделения контуров на панхроматическом изображении.

Шаг 5. **Синтез результирующего тематического слоя элементов ТрС**

Процесс синтеза результирующего тематического слоя элементов ТрС состоит из двух основных шагов:

- комплексирование результатов, полученных в ходе реализации рассмотренных выше этапов обработки исходного комплекта изображений;
- окончательная сегментация по критерию формы и размеров областей, полученных на предыдущем шаге.

Последовательность формирования результирующего тематического слоя элементов ТрС представлена на рисунке 5.

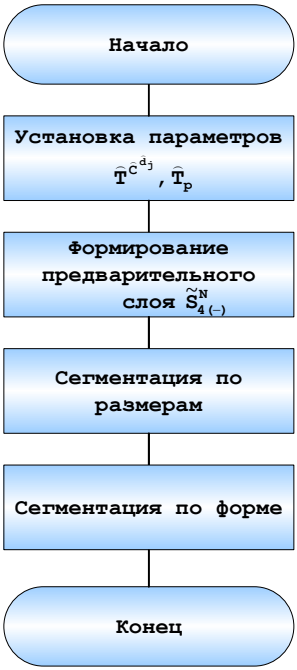

Рис. 5. Последовательность формирования результирующего тематического слоя

На вход этапа подаются исходные данные в виде следующих предварительных тематических слоёв:

- слой сегментов, образованных в результате обнаружения и исключения площадных объектов, не соответствующих элементам ТрС;
- слой контуров объектов, представленных на исходном панхроматическом изображении.

Отображаемые на тематическом слое $\tilde{S}_3^N$ области $\hat{d}_j^{\tilde{l}_i}$, соответствующие объектам $\tilde{l}_i$, не являющимся элементами ТрС, могут как иметь связи с областями $\hat{d}_j^{\tilde{t}_i^R}$, соответствующими элементам ТрС, так и не иметь таких связей. В случае отсутствия связей с областями $\hat{d}_j^{\tilde{t}_i^R}$ области $\hat{d}_j^{\tilde{l}_i}$ могут быть исключены на основе информации об их размерах и форме. Исключение областей $\hat{d}_j^{\tilde{l}_i}$, связанных с областями $\hat{d}_j^{\tilde{t}_i^R}$, без разрушения элементов ТрС, представляет собой более сложную задачу. Для её решения целесообразно использовать информацию о контурах объектов, представленных тематическим слоем $\tilde{S}_2^N$. Далее производится исключение отделённых в результате данной операции областей на основе информации об их размерах и форме.

Обозначим $\tilde{C} = \{\tilde{c}_i\}$ контуры объектов изображения, отображаемые на тематическом слое $\tilde{S}_2^N$. Множество объектов за пределами контуров обозначим $\tilde{H} = \{\tilde{h}_i\}$. Совокупность областей, соответствующих контурам $\tilde{c}_i$, представим $\hat{D}^{\tilde{c}_i} = \{\hat{d}_j^{\tilde{c}_i}\}$. Совокупность областей, соответствующих объектам за пределами контуров $\tilde{h}_i$, представим

$\widehat{D}^{\widetilde{h}_i} = \{\widehat{d}_j^{\widetilde{h}_i}\}$.

Пусть $\widetilde{S}_{4(-)}^{N}$ – предварительный тематический слой, синтезируемый в ходе совместного использования результатов построения целевых сегментов на основе выделения площадных объектов, не соответствующих элементам ТрС, результатов выделения контуров объектов на исходном изображении, а также результатов выделения точек на панхроматическом изображении, соответствующих элементам ТрС.

Процесс построения тематического слоя $\widetilde{S}_{4(-)}^{N}$ сегментации целевых областей, соответствующих элементам ТрС, может быть описан следующим выражением:

$$\widetilde{S}_{4(-)}^{N} = \begin{cases} \widehat{D}^{\widetilde{t}_i^R} \ \textit{if only} \ \{(\widehat{D}^{\widetilde{t}_i^R} \in \widetilde{S}_3^N) \wedge (\widehat{D}^{\widetilde{h}_i} \in \widetilde{S}_2^N)\} \\ \widehat{D}^{\widetilde{l}_i} \ \ \textit{otherwise} \end{cases}. \qquad (25)$$

На данном этапе метод синтеза тематического слоя элементов ТрС может быть представлен как процесс построения тематического слоя $\widetilde{S}^N$ на основе предварительного тематического слоя $\widetilde{S}_{4(-)}^{N}$:

$$M_{\widetilde{S}^N} = F_{\widetilde{S}^N}(\widetilde{S}_{4(-)}^{N}, \widetilde{S}^N) \qquad (26)$$

Дальнейшая обработка, направленная на получение заданного тематического слоя элементов ТрС, связана с сегментацией полученных ранее областей в соответствии с их размерами и формой. Устанавливается пороговое значение числа пикселей, образующих область, превышение которого обеспечивает принадлежность объектов этой области к классу «*Дорога*»:

$$\widehat{d}_j = \widehat{d}_j^{\widetilde{t}_i^R} \ \textit{if} \ \{(\widehat{a}_j > \widehat{T}_p) \wedge (\widehat{b}_j < \widehat{T}_p)\}, \qquad (27)$$

где $\widehat{d}_j$ – рассматриваемая область,

$\hat{a}_j$ – длина рассматриваемой области,

$\hat{b}_j$ – ширина рассматриваемой области,

$\hat{T}_p$ – пороговое значение числа пикселей, в рассматриваемой области.

Для сегментации незначительных областей, размеры которых соответствуют как объектам класса «*Дорога*», так и другим объектам (например, класс объектов «*Искусственное_сооружение*») целесообразно использование критерия компактности, являющегося одним из способов оценки формы:

$$\hat{C} = \frac{\hat{P}^2}{4\pi \sum_{j=1}^{n} (\hat{a}_j \hat{b}_j)}, \tag{28}$$

где $\hat{C}$ – компактность, $\hat{P}$ – длина внешней границы целевого объекта, представленного в виде совокупности областей $\hat{d}_j$, $\sum_{j=1}^{n} (\hat{a}_j \hat{b}_j)$ – общая площадь областей, образующих целевой объект, n – число областей, образующих целевой объект.

Условие, определяющее сегментацию элементов ТрС малой длины:

$$\hat{d}_j = \hat{d}_j^{\tilde{t}_i^R} \; if \; (\hat{C}^{\hat{d}_j} > \hat{T}^{\hat{C}^{\hat{d}_j}}), \tag{29}$$

где $\hat{C}^{\hat{d}_j}$ – значение компактности для объекта $\hat{d}_j$,

$\hat{T}^{\hat{C}^{\hat{d}_j}}$ – пороговое значение компактности.

Шаг 6. **Скелетизация**

На вход данного этапа подаётся изображение, полученное в результате выделения сегментов ТрС. Целью этапа является выделение осевых линий элементов ТрС – дорог.

Скелетизация представляет собой процесс построения скелета, описывающего форму ТрС.

Для реализации данного этапа применяется алгоритм Зонга-Суня [11]. Используется фильтр размером 3×3, который, перемещается по изображению с проверкой принадлежности каждого пикселя к границе сегмента ТрС. Если условия проверки выполняются, то пиксель удаляется из области. Независимо от количества выполненных шагов сегмент остаётся связным, в предельном случае он выродится в линию толщиной в один пиксель.

Заключение

Описанный метод синтеза тематического слоя на основе данных дистанционного зондирования Земли обеспечивает экстрагирование элементов транспортной сети с космических снимков. Синтез тематических слоев производится с использованием гибридного подхода, предполагающего совместное использование кластерного и контурного подходов к обработке данных ДЗЗ. В качестве исходных данных для работы метода достаточно иметь комплект космического снимка, представленного панхроматическим и мультиспектральным изображением из нескольких (три-четыре) спектральных каналов, что является отличительным преимуществом метода.

Список литературы

1. Зимичев Е.А., Казанский Н.Л., Серафимович П.Г. Пространственная классификация гиперспектральных изображений с использованием метода кластеризации k-means++ // Компьютерная оптика. – 2014. – Т. 38, № 2. – С. 281–286.
2. Михеева Т.И., Федосеев А.А. Кластеризация гиперспектральных данных мониторинга объектов транспортной инфраструктуры // Известия Самарского научного центра

РАН. – 2014. – Т. 16, № 4(2) – С. 435–442.
3. Патент US006011875A. Process for enhancing the spatial resolution of multispectral imagery using pan-sharpening / Laben et al. – №6,011,875; опубл. 04.01.2000. – 9 с.
4. Аншаков Г.П., Журавель Ю.Н., Федосеев А.А. Эффективность использования мультиспектральных и гиперспектральных данных дистанционного зондирования в задачах мониторинга окружающей среды // Вестник СГАУ. – 2013. –№4 (42). – С. 38–48.
5. Шовенгердт Р.А. Дистанционное зондирование: методы и модели обработки изображений – М. : Техносфера, 2010. – 560 с.
6. Csatho J.F., Schenk A.F. Multi-sensor data fusion for automatic scene interpretation // International archives of photogrammetry and remote sensing. –1998. –Vol.7. –Pp.336–341.
7. Ding L., Goshtasby A. On the Canny edge detector. – URL: soe.rutgers.edu/~meer/TEACH/ADD/ cannyedge.pdf.
8. Gao J., Wu L. Automatic extraction of road networks in urban areas from Ikonos imagery based on spatial reasoning. – URL: www.isprs.org/proceedings/XXXV/congress/comm3/papers/290.pdf.
9. Change detection from remotely sensed images: From pixel-based to object-based aproaches / M. Hussain [et al.] // ISPRS Journal of photogrammetry and remote sensing. – 2013. – Vol. 80. – P. 81–106.
10. Zhang Y. Texture-Integrated Classification of Urban Treed Areas in High-Resolution Color-Infrared Imagery // Photogrammetric Engineering & Remote Sensing. – 2001. – Vol. 67, No. 12. – Pp. 1359–1365.
11. Zhang T., Suen C., Ching Y. A Fast Parallel Algorithms For Thinning Digital Patterns / // Communication of the ACM. – 1984. – Vol. 27, No. 3. – P. 236-239.

Майоров Е.Р., Уварова Л.А., Сапрыкин О.Н.

ПОСТРОЕНИЕ МОДЕЛИ ПЕРЕДВИЖЕНИЯ НАСЕЛЕНИЯ ПО ГОРОДУ САМАРА

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева

В статье рассмотрены модели передвижения населения по городу. На основании гравитационной модели была собрана необходимая информация, для её построения. Рассчитана матрица корреспонденций между административными районами города. Разработан алгоритм деления улично-дорожной сети города на районы.

Ключевые слова: *Транспортная инфраструктура, моделирование транспортных процессов, SUMO, матрица корреспонденций, гравитационная модель, улично-дорожная сеть, транспортный район.*

Транспортные системы городов - это один из главных факторов влияния на социально-экономическое развитие страны. Существует устойчивая тенденция ежегодного роста количества автомобилей, который имеется почти у каждого жителя развитых стран. Автомобили требуют соответствующей транспортной инфраструктуры для своей эксплуатации. Эффектами от улучшения дорожной сети являются рост доходов транспортных предприятий, снижение аварийности и удешевление эксплуатации транспортных средств.

Высокий уровень автомобилизации делает невозможным ручной расчет конфигурации улично-дорожной сети города. На помощь приходит транспортное моделирование. Его суть состоит в том, чтобы автоматизировать процесс проверки необходимости прокладывания нового участка дороги, постройки пешеходного перехода и других объектов транспортной инфраструктуры города [7].

Существует множество прикладных программ, которые позволяют моделировать транспортные процессы [5].

В данной научной работе используется современная система моделирования SUMO, обладающая широким спектром возможностей. Главной особенностью данной программы является точная, удобная и интуитивно понятная визуализация транспортных процессов.

Одной из основных задач в транспортном моделировании является построение адекватной модели передвижение населения по городу. Для решения этой задачи необходимо построение матриц корреспонденций. Матрица корреспонденций является показателем, сколько людей перемещается из одного района в другой. Существует множество разных методов для построения матрицы. Самыми популярными из них являются гравитационная и энтропийная модели. Энтропийную модель предложил А. Вильсон [8]. Транспортную систему, как систему передвижения жителей по улично-дорожной сети города, объясняет наличие очень большого числа неуправляемых элементов. При этом транспортную систему можно считать замкнутой. Таким образом, проблему определения корреспонденций можно ставить как задачу максимизации энтропии в транспортной системе. Другой метод называется гравитационным, его предложил В. Рейли [6]. Идею к построению гравитационной модели дал всемирный закон тяготения. Применительно к транспортной системе, в качестве тел выступают пункты порождающие/поглощающие потоки, за массу тела принимается суммарный объем выезжающего/въезжающего потока, физическое расстояние можно заменить любыми затратами, связанными с передвижением.

Первым вопросом на пути решения задачи стоит корректное разделение города на транспортные районы. В идеальном виде необходимо было бы разделить весь город на очень маленькие районы, которые включали бы в себя несколько домов или одну улицу. Чтобы каждый район можно было отнести к рабочему (куда жители города ездят

только работать), к «спальному» (где жители только живут), районы развлечений и магазинов. Это необходимо для того, чтобы можно было проследить, откуда и куда жители города перемещаются в разное время суток. К сожалению, разбивка города на такие районы занимает много времени, и для разработки первоначальной модели принято решение разделить город по административным районам (рис. 1). Этот способ подходит для данной работы, так как большинство административных районов можно поделить на рабочие, «спальные» и т.д.

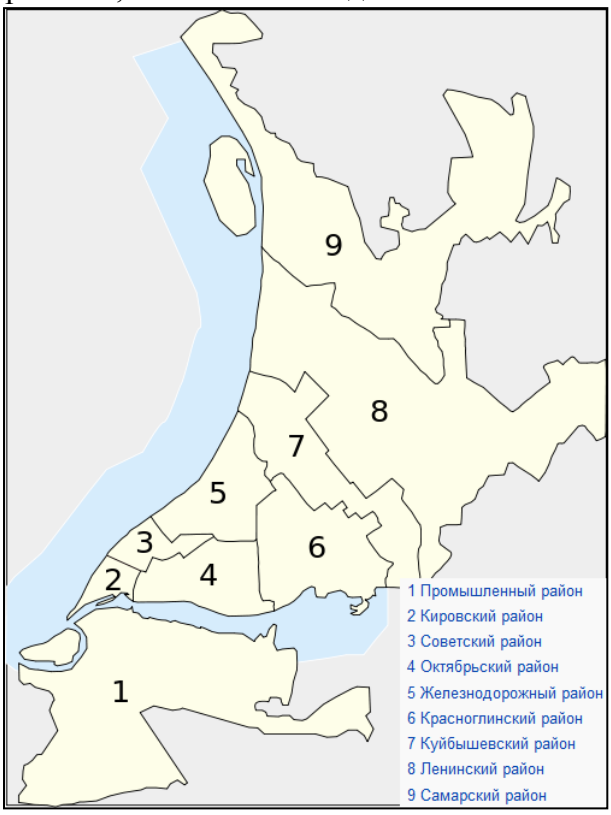

Рис. 1. Административные районы г. Самара

Для максимально точного моделирования транспортных процессов в городе необходимо знать большое количество данных о жителях города. Для начала необходимо собрать информацию о количестве жителей в каждом районе, на которые был поделен город. Данные для моделирования взяты из Интернет-ресурса [2], поскольку это первое приближение к модели города, то их достаточно на данном уровне детализации. В последующем модель будет дополнена информацией о количестве автомобилей в городе, количестве людей работающих во всех организациях города и т.д.

Следующим шагом является построение матрицы корреспонденций. В данной работе используется гравитационная модель, как наиболее подходящая для решения поставленных задач. Транспортная гравитационная модель связывает интенсивность потока T_{ij} между полным числом отправления из i-ой зоны Q_i и прибытий в j-ую зону D_j и затратами на передвижение между зонами i и j – c_{ij}

$$T_{ij} = \frac{Q_i * D_j}{c_{ij}^2}, \quad i = 1, \dots, N, \quad j = 1, \dots, M,$$

где N – общее количество зон отправления,

M – общее количество зон прибытия.

Расстояние между районами, считается как расстоянием между центрами этих районов. После определения всех исходных данных построена матрица корреспонденций (таблица 1). Цифрами 1,2,3…9 обозначены районы: Куйбышевский, Самарский, Ленинский, Октябрьский, Железнодорожный, Советский, Кировский, Промышленный, Красноглинский, соответственно.

Для построения имитационной модели по матрице корреспонденций необходимо связать ее с улично-дорожной сетью города. Для этой цели в работе использу-

ется открытая электронная карта с Интернет-ресурса OpenStreetMap [1]. После определения границ города и загрузки карты она была импортирования в систему моделирования SUMO.

Далее встала проблема разделения карты в SUMO на районы. Решения данной проблемы найдено в извлечении координат участков улично-дорожной сети, координат административных районов и последующем вычислении пересечения объектов этих двух видов с помощью геоинформационных методов. После этого каждый участок улично-дорожной сети можно классифицировать по принадлежности к одному из транспортных районов.

Табл. 1. Матрица корреспонденций

	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**
1	0	124,40	142,96	117,09	203,55	98,79	58,88	135,55	17,03
2	124,40	0	319,98	81,56	122,94	41,30	36,60	78,33	8,27
3	142,96	319,98	0	388,54	494,69	112,89	116,45	264,51	24,93
4	117,09	81,56	388,54	0	930,95	669,62	571,22	2 237,89	90,71
5	203,55	122,94	494,69	930,95	0	477,22	214,82	533,88	39,79
6	98,79	41,30	112,89	669,62	477,22	0	930,27	1 523,08	126,35
7	58,88	36,60	116,45	571,22	214,82	930,27	0	3 314,59	654,36
8	135,55	78,33	264,51	2 237,89	533,88	1 523,08	3 314,59	0	407,83
9	17,03	8,27	24,93	90,71	39,79	126,35	654,36	407,83	0

Задача классификации участков решена путем написания программы на языке Python с использованием библиотек Minidom и GeoPandas. Классифицированные участки

импортируются в систему моделирования совместно с матрицей корреспонденций.

В ходе выполнения работы собраны исходные данные по населению города Самара. Построена матрица корреспонденций, связывающая административные районы города. Решена задача классификации участков улично-дорожной сети согласно транспортным районам. Дальнейшее развитие работы состоит в постепенном уточнении модели: разбиении на более мелкие транспортные районы и введении дополнительных параметров.

Список литературы

1. Карта города Самара [Электронный ресурс]. – URL: www.openstreetmap.org/#map=5/51.500/-0.100.
2. Районы Самары [Электронный ресурс]. - URL: www.samru.ru/society/putevod/43899.html.
3. Районы Самары на карте [Электронный ресурс]. – URL: travelel.ru/rajony-samary-na-karte.
4. Уэс Маккинли. Python и анализ данных/ Пер. с англ. Слинкин А. А. - М.: ДМК Пресс, 2015. – 482 с.
5. Якимов М.Р. Транспортное планирование: создание транспортных моделей городов: монография. – М.: Логос, 2013. – 188 с.
6. Reilly W.J. The law of retail gravitation // New York. – 1931.
7. Saprykin O.,Saprykina O. Multilevel Modelling of Urban Transport Infrastructure / // In Proceedings of the 1st International Conference on Vehicle Technology and Intelligent Transport Systems (VEHITS-2015). Portugal, Lisbon: SCITEPRESS, 2015. – pp. 78-82.
8. Wilson A. G. A statistical theory of spatial distribution models // Transportation Research. 1967. Vol. 1. P. 253-270.

Головнин О.К., Гуськов Р.С.

ПОДСЧЕТ ИНТЕНСИВНОСТИ ТРАНСПОРТНЫХ И ПЕШЕХОДНЫХ ПОТОКОВ НА ПЕРЕКРЕСТКЕ

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва

Рассматривается способ подсчета и анализа данных об интенсивности транспортных потоков, без которых неосуществима задача по грамотному управлению дорожным движением в современном городе.

Ключевые слова: *транспортный поток, пешеходный поток, интенсивность, приведенные единицы.*

Современная жизнь человека связана с постоянными перемещениями, транспортных средств (ТС) на дорогах с каждым годом становится только больше. Для любого более-менее крупного города вопрос интенсивности движения и грамотного управления им стоит острейшим образом, ведь без этого самого грамотного управления город будет просто парализован. Но осуществлять его невозможно без наличия достоверных и актуальных данных о интенсивности движения транспортных потоков – количестве ТС, прошедших контрольное сечение дорожного объекта (дороги, улица, перекрестка, моста, эстакады, транспортной развязки и т.п.) во всех направлениях за единицу времени (час, сутки) [1].

Исходя из данных интенсивности, можно выявить проблемы организации движения на данном участке, выдвинуть способы их решения посредством, например, изменения светофорного цикла при его наличии. Либо, напротив, путём установки светофора или его демонтажа за ненадобностью на перекрёстках, где без нанесения существенного ущерба другим направлениям можно ускорить движение основного потока, а также изменению типа

перекрёстка, выделением «кармана» для остановок общественного транспорта и другими способами.

При расчетах используются данные об интенсивности движения в часы пик и среднесуточной интенсивности движения за год [2], которые и были вычислены в результате подсчёта движения транспортных потоков на исследованном перекрестке ул. Аэродромная х ул. Волгина, изображенного на рисунке 1. Данный перекрёсток имеет существенное значение для транспортной инфраструктуры этой части города, располагаясь неподалёку от её ключевого узла – перекрёстка ул. Авроры х ул. Аэродромная, который в пиковый период собирает «пробки» размером больше чем в один перегон.

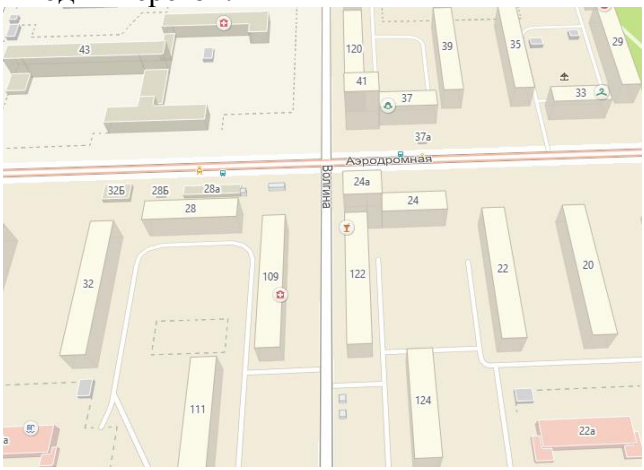

Рис. 1. Перекресток ул. Аэродромная х ул. Волгина

Подсчёт часовой интенсивности транспортных и пешеходных потоков. Для вычисления интенсивности в утренний и вечерний периоды в каждой из четырёх точек перекрёстка по 15 минут подсчитывалась величина транспортного потока, отмечались направление движения ТС их наименование и количество пешеходов. Для получения часовой интенсивности каждое значение было умножено на 4, после чего для получения интенсивности в приведенных

единицах интенсивность каждого вида транспорта была помножена на соответствующий ему коэффициент приведения. В таблице 1 показаны значения утренней приведённой интенсивности на перекрестке ул. Аэродромная х ул. Волгина (29.09.16, утро), а в таблице 2 – коэффициенты приведения для видов транспорта.

Табл. 1. Часовая интенсивность с приведен. коэффициентами

Направление	1			2			3			4		
Вид ТС	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Легковой авто	68	596	60	72	176	68	36	412	92	92	136	68
Грузовой до 2т	0	60	12	0	0	0	6	24	6	24	42	24
Грузовой до 6т	0	0	0	0	8	8	0	32	0	0	8	0
Грузовой до 8т	0	0	0	0	20	0	0	0	0	0	0	0
Грузовой до 14т	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Грузовой > 14т	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Автобус	0	120	0	0	0	0	0	184	0	0	0	0
Сочлен. автобус	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Троллейбус	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Сочлен. троллей-бус	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Газель пассажир-ская	0	24	0	0	0	0	0	20	0	0	0	0
Велосипед	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Мотоцикл с коляс-кой	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Мотоцикл/мопед	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Автопоезд	0	0	0	0	0	0	0	12	0	0	0	0
Трактор	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Трамвай	0	16	0	0	0	0	0	16	0	0	0	0
Трамвай 2 вагона	0	48	0	0	0	0	0	24	0	0	0	0
Пешеходы	220			216			192			172		
Общая интенсив-ность	68	864	72	72	204	76	42	724	98	116	186	92

Табл. 2. Коэффициенты приведения для различных видов транспорта

Вид транспортного средства	Коэффициенты приведения
Легковой авто	1,00
Грузовой до 2т	1,50
Грузовой до 6т	2,00
Грузовой до 8т	2,50
Грузовой до 14т	3,00
Грузовой > 14т	3,50
Автобус	2,00
Сочленённый автобус	3,00
Троллейбус	2,00
Сочленённый троллейбус	3,00
Газель пассажирская	1,00
Велосипед	0,30
Мотоцикл с коляской	0,75
Мотоцикл/мопед	0,50
Автопоезд	3,00
Трактор	3,00
Трамвай	2,00
Трамвай 2 вагона	3,00

Для получения суточной среднегодовой интенсивности перекресток поделён на 4 сечения для каждого из которых с использованием интенсивности в приведенных единицах подсчитана приведенная интенсивность. В каждом сечении рассматривалось две вершины: начальная, из

которой в разных направлениях исходит транспортный поток, и конечная, в которую сливаются транспортные потоки с различных направлений.

Для получения суточной среднегодовой интенсивности была использована следующая формула:

$N_{сут} = (N_ч) \div (k_t \times k_н \times k_г \times 365)$, в которой:

$N_ч$ – приведенная интенсивность сечения;

k_t – коэффициент, учитывающий время, когда был проведен подсчёт. В данном случае он составляет $k_t = 0{,}055$ для интервала 8:00-10:00;

$k_н$ – коэффициент, учитывающий день недели, когда был проведен подсчёт, в данном случае – $k_н$ = 0,145 для четверга;

$k_г$ – коэффициент, учитывающий месяц, когда был проведен подсчёт,

$k_г = 0{,}11$ для сентября, октября.

На рис. 2 и 3 отображены показатели часовой интенсивности (отмечена черным цветом по разным направлениям), часовой интенсивности в сечениях перекрёстка (красным цветом) и суточной среднегодовой интенсивности (зелёным).

Все величины представлены в приведённых единицах. Показатели были подсчитаны отдельно для утреннего и вечернего измерений.

Наибольший коэффициент для времени дня приходится на вечерний пиковый период с 16 до 18 часов – в это время он составляет 0,065. Коэффициент 0,16 является наибольшим для дней недели и присваивается пятнице. Наименьший (0,13) у воскресенья, но этот показатель сильно зависит от расположения перекрёстка. Например, относительно въезда в город. Что касается месяца, то здесь показатели колеблются в диапазоне от 0,03 (для февраля) до 0,13 (для июля).

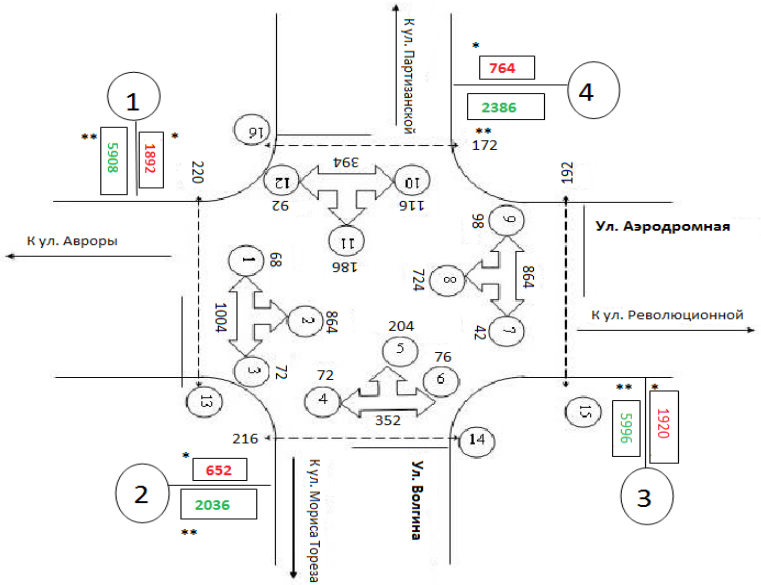

Рис. 2. Интенсивность транспортных потоков ул. Аэродромная х ул. Волгина (29.09.16, утро)

Проведённые измерения позволяют понять структуру интенсивности движения на перекрёстке ул. Аэродромная х ул. Волгина и установить оптимальный режим движения для данного участка.

Очевидно, что движение по улице Аэродромная как по одной из главных транспортных артерий на пути из Железнодорожного в Советский район, намного оживлённее, чем по второстепенной улице Волгина. Потому вполне рациональным выглядит преимущество в 10 секунд светофорной фазы по Аэродромной.

Утром движение по Аэродромной в направлении ул. Революционной выше, а вечером – ниже, чем в сторону ул. Авроры. Это объясняется общегородской тенденцией, согласно которой большая часть транспортного потока по утрам движется в сторону исторического центра Самары, а

вечером – на выезд из него. Однако в особо загруженные дни или дни с тяжелыми погодными условиями, как снегопад, интенсивность движения в сторону ул. Авроры падает, поскольку на этом направлении часто скапливаются серьёзные пробки.

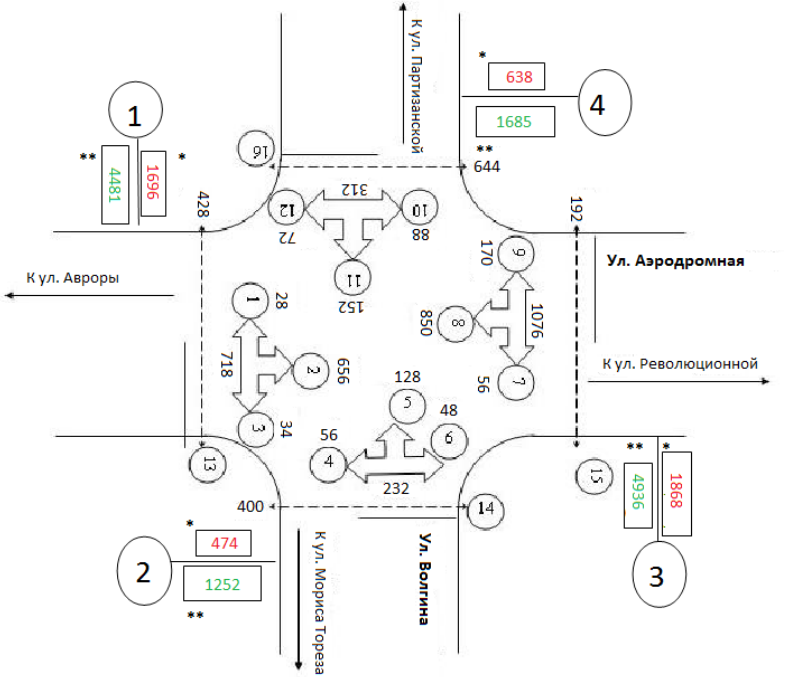

Рис. 3. Интенсивность транспортных потоков ул. Аэродромная х ул. Волгина (29.09.16, вечер)
«» - Часовая интенсивность в сечениях перекрёстка*
*«**» - Суточная среднегодовая интенсивность*

Результаты измерений для вечера, как показало исследование, во многом отличаются от утренних значений часовой интенсивности по направлениям.

Подсчёт интенсивности транспортного потока не только помогает предпринять необходимые меры по грамотной организации дорожного движения, в том числе в случае ремонта какого-либо участка транспортной сети, но играет ключевую роль при проектировании новых дорог и транспортных развязок, что было особенно актуально для Самары при разработке проекта транспортной системы в рамках подготовки к Чемпионату мира по футболу 2018 года.

В нынешнем мире, где объём перевозок постоянно растёт, а одной из главных ценностей является информация, сведения об интенсивности транспортного потока и умение правильно их использовать имеют очень важное значение.

Список литературы

1. Зацепина Е.А. Определение параметров транспортного потока на регулируемом перекрестке // XReferat. – URL: xreferat.com/96/1485-1-opredelenie-parametrov-transportnogo-potoka-na-reguliruemom-perekrestke.html.
2. Михеев С.В., Михайлов Д.А., Богданова И.Г. Исследование интенсивности транспортных потоков в интеллектуальной ГИС «ITSGIS» // Известия Самарского научного центра РАН. – 2014. – №4-2. – С.393-398.
3. Михеева Т.И. Построение математических моделей объектов улично-дорожной сети города с использованием геоинформационных технологий // Информационные технологии. – 2006. – №1. – С. 69-75.
4. Головнин О.К. Оценка влияния мультиколлинеарных атрибутов улично-дорожной сети на транспортный поток // Перспективные информационные технологии (ПИТ-2015): труды Международной научн.-техн. конф.. – Самара: Изд-во СНЦ РАН, 2015. – Т. 2. – С. 51–55.

Тихонов А.Н., Николаева В.В.

ДИСЛОКАЦИЯ ДОРОЖНЫХ СВЕТОФОРОВ В ГЕОИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЕ ITSGIS

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва

В работе рассматривается дислокация действующих и требуемых дорожных светофоров с помощью программы ITSGIS в поселках городского типа Алексеевка и Усть-Кинельский г.о. Кинель.

Ключевые слова: *транспортный поток, светофор, светофорный цикл, дислокация.*

В современном мире роль транспорта, автомобильных перевозок, общественного транспорта растет с каждым годом, поэтому необходим контроль и управление транспортными потоками, который обеспечит высокий уровень безопасности на дорогах, снизит аварийность и возможные чрезвычайные происшествия.

В работе рассматривается организация дорожного движения, устанавливаются действующие и требуемые дорожные светофоры с помощью программы «ITSGIS» в поселках городского типа Алексеевка и Усть-Кинельский г.о. Кинель.

«ITSGIS» – это геоинформационная система с многослойной электронной картой города, обеспечивающая работу с различными геообъектами городской инфраструктуры (дома, дороги, дорожные знаки, светофоры, световые опоры, закрепленные территории, остановки общественного транспорта, транспортные маршруты и др.), специализированными геообъектами (ДТП, места концентрации ДТП, места работ, ведущихся на улично-дорожной сети, и др.).

Источником информации для работы служит видеозапись улиц данной местности. Для воспроизведения и удоб-

ного ориентирования в видеозаписях используется специальная программа Datacam Player. Функционал данной программы позволяет проигрывать видео и одновременно видеть движение транспортного средства, что значительно упрощает навигацию и выбор места расположения объектов. Внешний вид программы и функциональные кнопки представлены на рисунке 1.

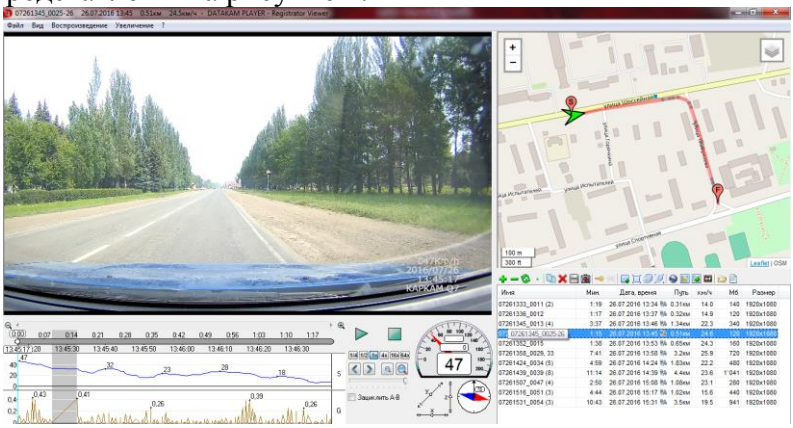

Рис. 1. Интерфейс программы DATACAM PLAYER

Затем, просматривая видеозапись, восстанавливалось реальное и требуемое расположение дорожных светофоров на карте в системе «ITSGIS».

Запуская программу ITSGIS открывается диалоговое окно, содержащее запрос о выборе карты (рисунок 2).

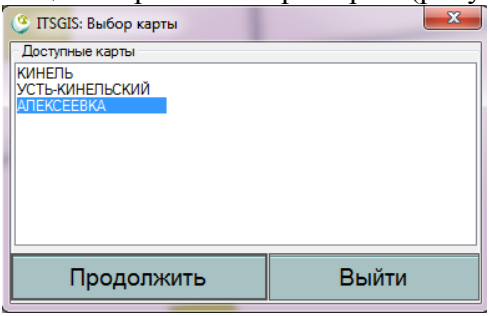

Рис. 2. Выбор карты

Для установления светофора в геоинформационной системе ITSGIS в строке меню нужно выбрать пункт «Знаки и светофоры» (рисунок 3).

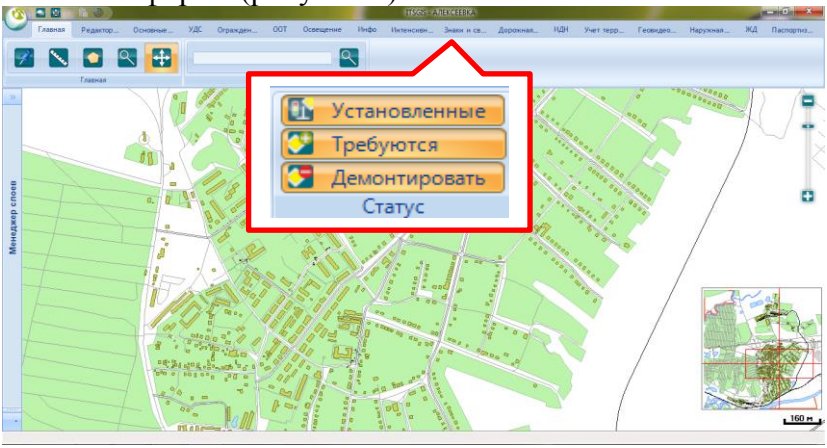

Рис. 3. Закладка «Знаки и светофоры»

В закладке расположено множество инструментов для работы с опорами, которые являются основными объектами, к которым привязаны дорожные знаки и светофоры (рисунок 4).

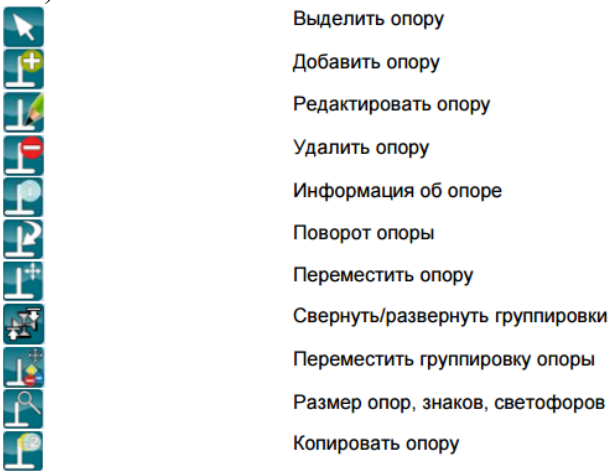

Рис. 4. Описание группы «Знаки и светофоры»

Чтобы добавить новую опору на карту необходимо нажать кнопку «Добавить опору» и щелкнуть левой кнопкой мыши на требуемое место на карте. В результате появится окно редактирования новой опоры, в котором нужно указать вид новой опоры, выбрав его из списка (рисунок 5), качество опоры, то есть материал (рисунок 6) и адрес расположения.

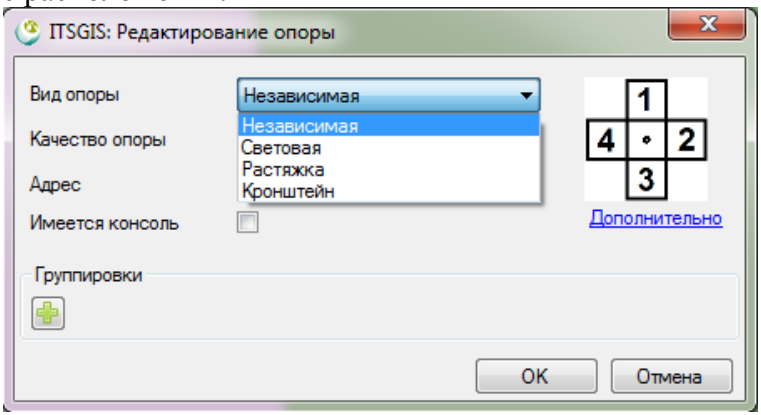

Рис. 5. Список видов опор

В области «Группировки» (рисунок 7) окна редактирования опоры будет содержаться информация о знаках и светофорах, расположенных на новой опоре.

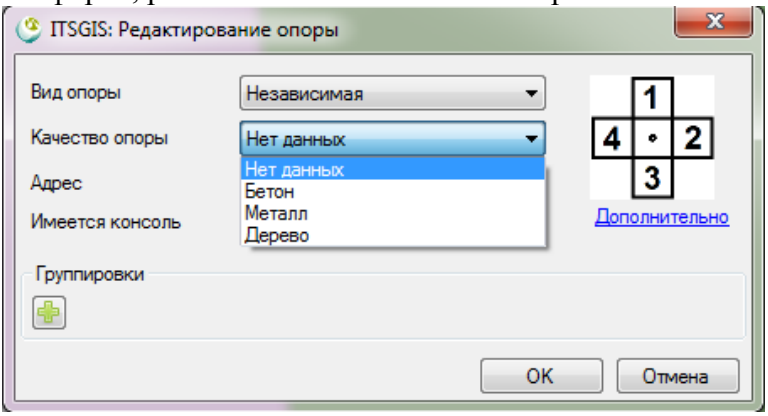

Рис. 6. Список материалов опор

Инструменты «Группировки» показаны на рисунке 8. Чтобы добавить светофор, необходимо выбрать нужную группировку и нажать на кнопку «Добавить светофор». Из списка выбирается нужный тип светофора (рисунок 9). Общее окно редактирования показано на рисунке 10.

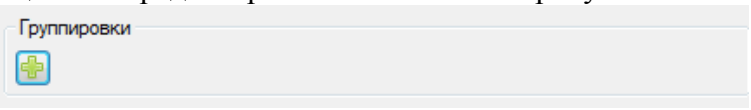

Рис. 7. Область «Группировки»

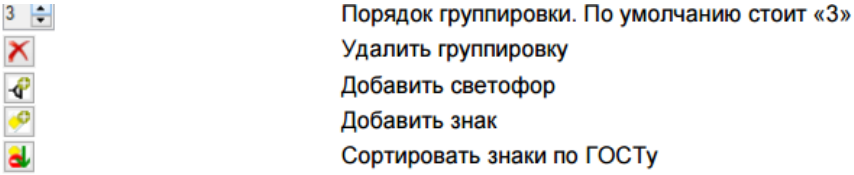

Рис. 8 Инструменты «Группировки»

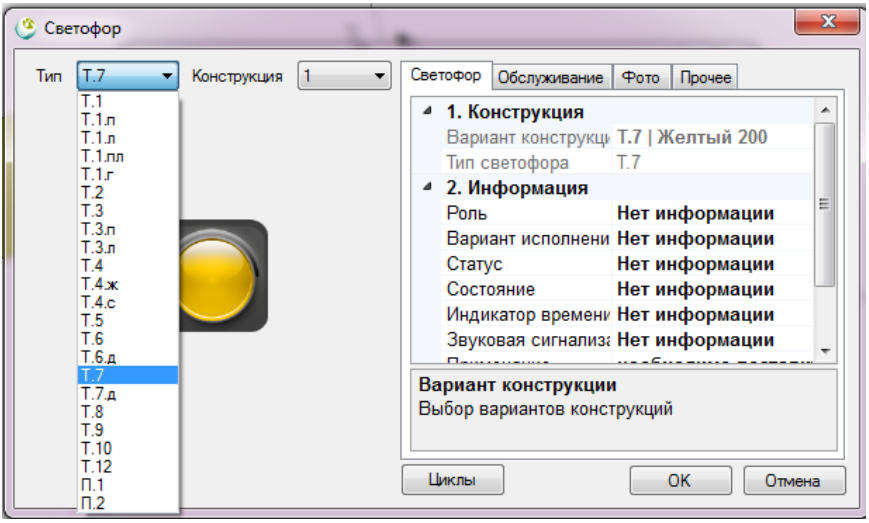

Рис. 9. Типы светофоров

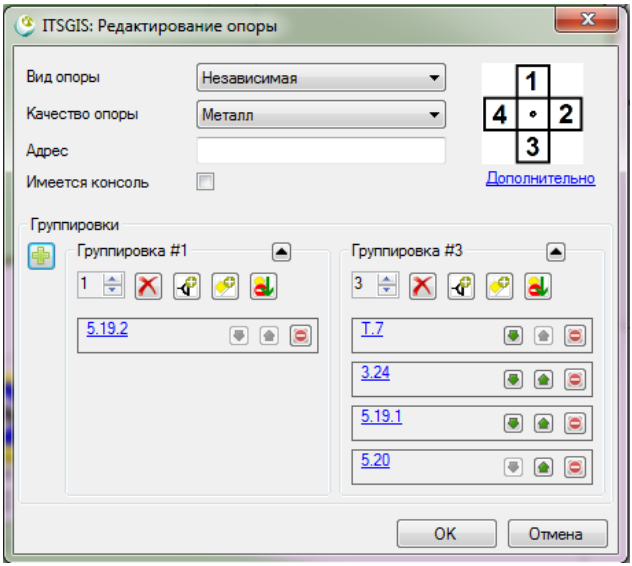

Рис. 10. Окно редактирования опоры

Для просмотра полной информации об опоре необходимо нажать кнопку «Информация об опоре» на главной закладке и левой кнопкой мыши на опору, затем появится окно с информацией (рисунок 11).

Алгоритм расстановки дорожных светофоров:

1. Определение точного расположения дорожного светофора относительно дорог, зданий и сооружений.
2. Выбор параметров опоры, на которую установлен светофор, типа опоры, группировки светофоров.
3. Представление информации о светофоре, выбор типа светофоров и его характеристик. Пример показан на рисунке 12.
4. Уточнение статуса дорожного светофора. В закладке «Обслуживание» вводится информация об обслуживающей организации, дате установки и сроке службы. Здесь же устанавливается статус светофора (рисунок 13).

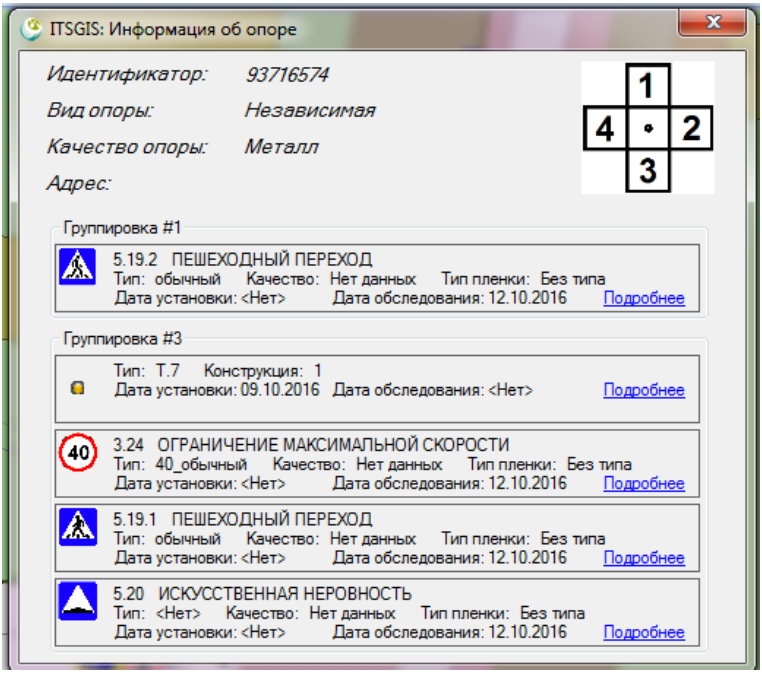

Рис. 11. Окно информации об опоре

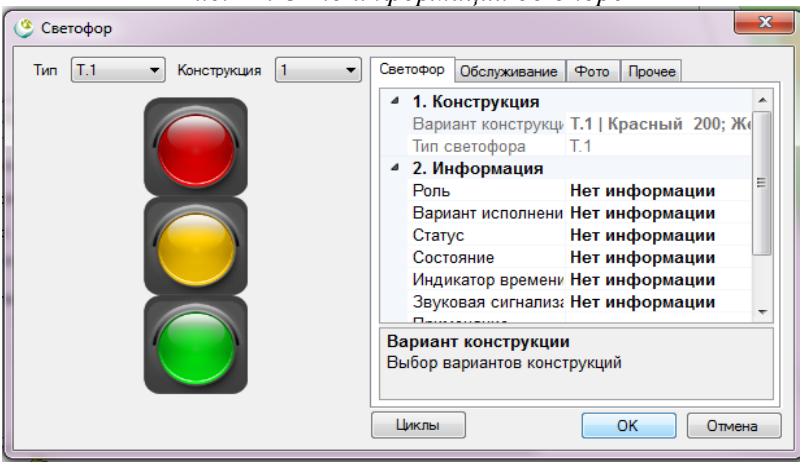

Рис. 12. Уточнение характеристик дорожного светофора в системе «ITSGIS»

Статус «Установлен» настроен по умолчанию. Если светофор требует демонтажа или переноса, следует установить статус «Демонтировать». Если светофор только планируется устанавливать на опоре, следует выбрать статус «Требуется».

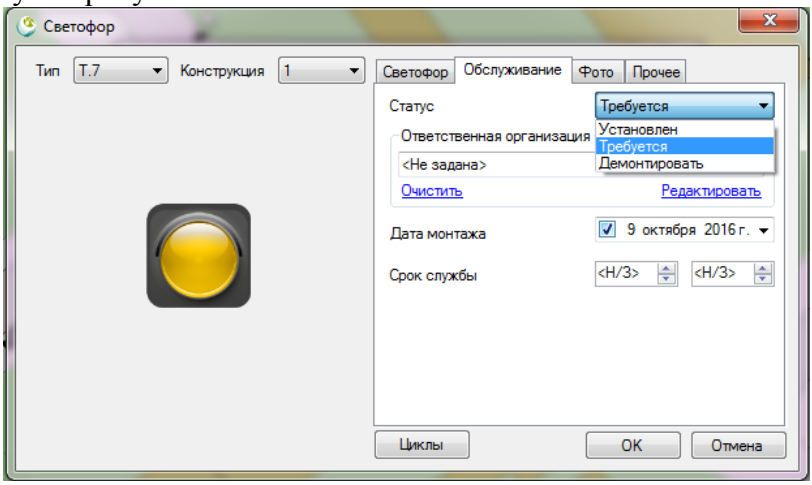

Рис. 13. Уточнение статуса дорожного светофора

Ориентации дорожных светофоров и окончательная постановка их на карте – рисунок 14.

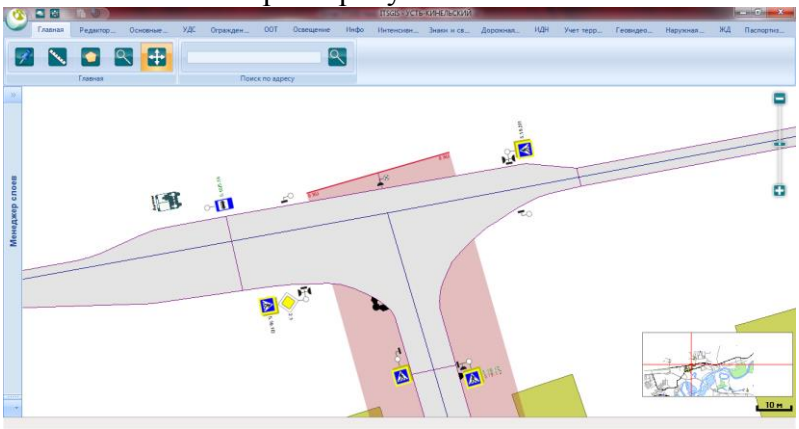

Рис. 14. Ориентация дорожных светофоров на карте

Примеры постановки дорожных светофоров представлены ниже на рисунках 15–17.

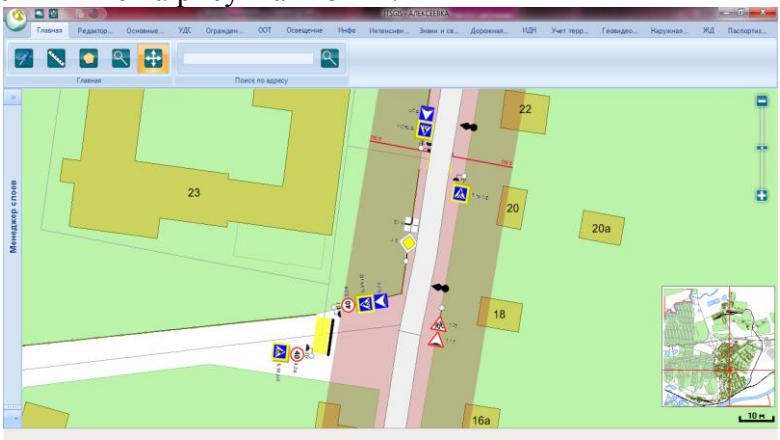

Рис. 15. Ориентация дорожных знаков и светофоров на пересечении ул.Ленина и ул.Куйбышева (пгт Алексеевка)

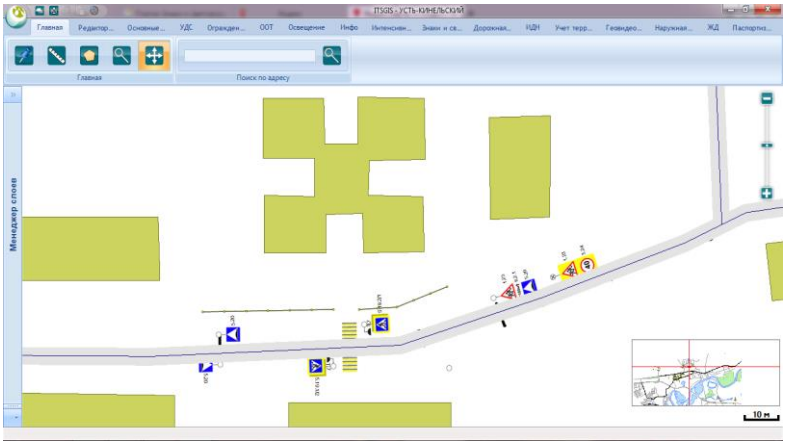

Рис. 16. Ориентация дорожных знаков и светофоров около детского сада №9 «Золотой петушок» на адресу ул.Селекционная, 18А (пгт Усть-Кинельский)

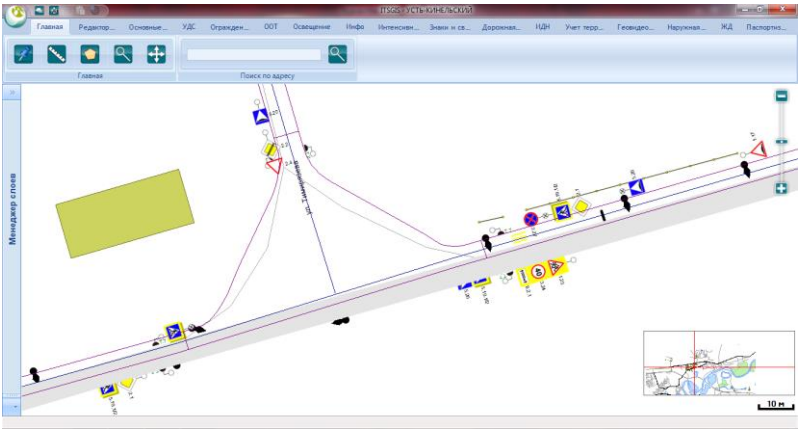

Рис. 17. Ориентация дорожных знаков и светофоров на пересечении ул.Спортивная и ул.Тимирязева (пгт Усть-Кинельский)

Организация дорожного движения важная задача. Одним из средств регулирования дорожного движения являются светофоры. Светофорное регулирование – один из эффективных способов повышения безопасности движения на дорогах. Так же с целью повышения безопасности и комфортности на дорогах необходим учет и контроль состояния объектов городской транспортной инфраструктуры (дорожных знаков, светофоров, опор, пешеходных и транспортных ограждений и т.д.). Вся информация об объектах хранится в базе данных геоинформационной системы. Одной из таких систем является геоинформационная система «ITSGIS».

Список литературы

1. Михеева Т.И. Структурно-параметрический синтез систем управления транспортной инфраструктурой. – Самара: СНЦ РАН, 2007. – 386 с.
2. Михеева Т.И. Построение математических моделей объектов улично-дорожной сети города с использованием

геоинформационных технологий // Информационные технологии. – №1. – 2006. – С. 69-75.
3. Ахметова А.Ж. Разработка многоагентной модели сети дорожных перекрестков // Магистерская диссертация. Новосибирский государственный университет. – Новосибирск, 2013.
4. Набраться ума: Интеллектуальная транспортная система Москвы. – URL: http://city-smart.ru/info/43.html.
5. Евстигнеев И.А. Интеллектуальные транспортные системы на автомобильных дорогах федерального значения России. – М.: 2015.–164 с.
6. Жанказиев С.В., Ефименко Д.Б., Воробьев А.И. Разработка концепции создания интеллектуальной транспортной системы на автомобильных дорогах федерального значения. – М.: 2009.– 91 с.
7. ГОСТ Р 52282. Технические средства организации дорожного движения. Светофоры дорожные. – М.: 2005.– 16 с.
8. ГОСТ Р 52289-2004. Технические средства организации дорожного движения. Правила применения дорожных знаков, разметки, светофоров, дорожных ограждений и направляющих устройств. – М.: 2006.– 98 с.
9. Официальный сайт ITSGIS. – URL: itsgis.ru.
10. Интеллектуальная транспортная геоинформационная система ITSGIS. Ядро / Т.И. Михеева, С.В. Михеев, О.К. Головнин, А.В. Сидоров, Е.А. Савинов. – Самара: Интелтранс, 2016. – Т.1. – 171 с.
11. Головнин О.К., Кондратьева Е.О. Интеллектуальная ГИС ITSGIS в управлении транспортной инфраструктурой г. Саранска // Перспективные информационные технологии (ПИТ-2016) : труды конф.. – Самара: Издательство Самарского научного центра РАН, 2016. – С. 606–610.

Картак В.М., Рамазанова Р.Р., Безрученко М.Ю.

МОДЕЛИ И МЕТОДЫ РЕШЕНИЯ ОДНОЙ ЗАДАЧИ ТРАНСПОРТНОЙ ЛОГИСТИКИ

Башкирский государственный
педагогический университет им. М. Акмуллы

В данной статье рассматриваются задача маршрутизации транспортных средств на нестационарных графах. Данный вид задач является актуальным для сферы транспортной логистики. Рассматривается следующая задача, когда необходимо доставить товары с помощью транспортных средств (ТС) с учетом возникающих изменений в течение рабочего дня. Необходимо выбрать оптимальный маршрут проезда из места отправления до места назначения, который учитывает реальную обстановку на дорогах. Приведена математическая модель, алгоритм решения данной задачи.

Ключевые слова: задачи маршрутизации транспортных средств, нестационарность, модифицированный алгоритм Дейкстры, жадный алгоритм.

1. Введение

Одним из основных направлений исследований в области логистики и управления транспортом являются проблемы маршрутизации. Задачи маршрутизации ТС (Vehicle Routing Problem, VRP) представляют огромный практический интерес. Целью решения VRP является построение маршрутов движения ТС с минимальными затратами. В решении подобных задач заинтересованы многие организации, например, службы скорой помощи, интернет-магазины, оптовые базы, автотранспортные предприятия, компании, занимающиеся грузоперевозками и многие др. На сегодняшний день имеется немало разработок в области построения маршрутов для ТС, но, несмотря на значительные успехи, далеко не все задачи в этой области можно считать решенными.

Впервые оптимизационная задача VRP была сформулирована Г. Данцигом и Дж. Рамсером в 1959 г. [1]. За прошедшее время было сформулировано множество подобных задач, учитывающих различные ограничения, диктуемые практикой. Обзор различных вариантов VRP и методов их решения с самыми разнообразными условиями широко представлены в зарубежных публикациях [2,3]. В простейшем варианте VRP представляет собой синтез известной задач коммивояжёра и одномерной упаковки контейнеров. Таким образом, построение маршрутов следования ТС относится к классу NP-трудных задач, и оптимальное решение может быть получено лишь путём полного перебора всех возможных вариантов, что требует значительных затрат времени, экспоненциально возрастающих при увеличении размерности задачи.

В данной статье рассматривается пример задачи маршрутизации ТС на нестационарных графах, т. е. в условиях реального времени. Рассматриваемая задача описывает ситуацию, когда клиенты предприятия, представленные пунктами на карте, предъявляют спрос на некоторый однородный товар, хранящийся на складе предприятия. Этот товар требуется доставить клиентам с помощью ТС в течение рабочего дня. Маршрут должен начинаться и заканчиваться на складе. Состояние дорог в течение дня может изменяться, а современные системы навигации способны предоставлять в реальном времени информацию о ситуации на дороге и состоянии погоды, позволяя избегать пробки. Для ТС необходимо определить маршрут следования через данные пункты. Для снижения издержек предприятия суммарное время в пути должны быть минимальным.

2. Математическая модель

Проблема определена на графе $G = (V, E)$, где $V = \{0,1,..., n\}$ – множество вершин, $E = \{(i, j) : i, j \in V, i \neq j\}$ –

множество дуг. Вершина 0 – склад, тогда как другие вершины представляют собой географически разбросанных клиентов. Каждый клиент обладает определенным положительным спросом $q_i, i \in V/\{0\}$. $c_{ij}(\tau)$ – дискретная функция, определяющее время прохождения от клиента i к клиенту j в начальный момент времени τ. На складе имеется ТС вместимостью Q. Маршрут начинается и заканчивается на складе. Задачей является разработка такого маршрута на графе G, при котором все клиенты будут обслужены и суммарное время в пути должно быть минимальным с учетом состояния дорог в определенное время.

Введем следующие переменные: $x_{ij} \in \{0,1\}$ равняется 1, если и только если ТС едет напрямую от клиента i к j; $u_i \geq 0$ вспомогательная целочисленная переменная, определяющая порядковый номер клиента i в маршруте ТС [4]. Используя эти переменные и обозначения, запишем математическую постановку задачи:

$$\min \sum_{i=0}^{n} \sum_{j=0}^{n} c_{ij}(\tau) x_{ij} \qquad (1)$$

при следующих ограничениях:

$$\sum_{i=o}^{n} x_{ij} \geq 1,\ j = 0,.., n \qquad (2)$$

$$\sum_{i=0}^{n} x_{ij} = \sum_{i=0}^{n} x_{ji},\ j = 0,..., n \qquad (3)$$

$$\sum_{i=1}^{n} q_i \leq Q \qquad (4)$$

$$u_i - u_j + n x_{ij} \leq n-1, i, j = 1,\ldots,n \qquad (5)$$

Целевая функция (1) определяет суммарное время. Ограничение (2) показывает, что каждого клиента посещает хотя бы одно ТС. Ограничение (3) показывает, что если ТС приезжает к клиенту j, то оно должно его покинуть.

Ограничение (4) ограничивает максимальную загрузку ТС величиной Q. Ограничение (5) запрещает подциклы, не проходящие через склад.

3. Алгоритм решения

Основа алгоритма – алгоритм Дейкстры. С его помощью рассчитывается кратчайший путь от склада до каждого из клиентов. Построение маршрута проходит методом ближайшего соседа. Маршрут – это путь, проходящий через целевые метки (клиенты), начинающийся и заканчивающийся на складе.

Модифицированный алгоритм Дейкстры находит длину между одной конкретной вершиной (складом, 0) и всеми остальными вершинами графа (клиентами) в момент времени τ.

Пусть *x* – вершина, расстояние от которой ищутся, *Y* – множество посещенных вершин, *d(u)* – по окончании работы алгоритма равно длине кратчайшего пути из *x* до вершины *u*, *p[u]* – по окончании работы алгоритма содержит кратчайший путь из *x* в *u*.

Присвоим $d(x,\tau_0) \leftarrow 0$, $p(x,\tau_0) \leftarrow 0$

Для всех $(v_i,\tau_i) \in V$ отличных от (x,τ_0) присвоим $d(v_i,\tau_i) \leftarrow \infty$

Пока $\exists (v,\tau_v) \notin Y$

Пусть $(v,\tau_v) \notin Y$ — вершина с минимальным $d(v,\tau_v)$

занесём v в Y

Для всех $u \notin Y$ таких, что $vu \in E$

если $\tau_u \geq \tau_v + c_{vy}(\tau_v)$ то

изменим $d(u) \leftarrow \tau_v + c_{vy}(\tau_v)$

изменим $p(u) \leftarrow p(v), u$

Алгоритм ближайшего соседа – один из простейших методов. Относится к категории «жадных» алгоритмов. Формулируется следующим образом: «Пункты обхода

плана последовательно включаются в маршрут, причем, каждый очередной включаемый пункт должен быть ближайшим к последнему выбранному пункту среди всех остальных, ещё не включенных в состав маршрута».

Пусть текущая нагрузка авто – *S(A)*. Объем запрашиваемой продукции в точке *T* – *S(T)*. Склад – *H*.

Построение начинается с нахождения ближайшей целевой точки *T*.

Попадая в точку *T*, вычитаем из *S(A) S(T)*. Из точки *T* находим ближайшую доступную точку *T1* в которой *S(A) > S(T1)*, при этом, если путь до *T1* в 2 раза больше чем путь до *H*, возвращаемся на *H* (условие работает только в том случае если сумма всех не пройденных *S(T) > S(A)*).

Оптимизация маршрутов. Каждый маршрут представляет собой последовательность целевых точек T находящихся в маршруте между базой H. Для оптимизации маршрута используется перебор.

Для маршрута $H \rightarrow T1 \rightarrow T2 \rightarrow T3 \rightarrow H$ будет просчитаны время прохождения маршрутов:

$H \rightarrow T1 \rightarrow T3 \rightarrow T2 \rightarrow H$

$H \rightarrow T2 \rightarrow T1 \rightarrow T3 \rightarrow H$

$H \rightarrow T2 \rightarrow T3 \rightarrow T1 \rightarrow H$

$H \rightarrow T3 \rightarrow T1 \rightarrow T2 \rightarrow H$

$H \rightarrow T3 \rightarrow T2 \rightarrow T1 \rightarrow H$

и выбран кратчайший из представленных.

Учет трафика.

При прохождении через ребро графа, в определенное время, его длина умножается на некий множитель *X*, который является коэффициентом трафика, и привязан к какому-либо времени.

Например, в час *Y*, если на дороге нет загруженности коэффициент *X(Y) = 1*, автомобиль проходит путь как истинную длину. В другой временной период *Y1* присутствует ощутимая нагрузка, допустим коэффициент *X(Y1) = 3,5*,

т.е. автомобиль движется в 3,5 раза медленнее, следовательно, затрачивает на 3,5 больше времени, чем при $X = 1$.

Рассмотрим пример (см. рис. 1), в котором имеется один склад и 19 клиентов, одно ТС (вместимость $Q=100$).

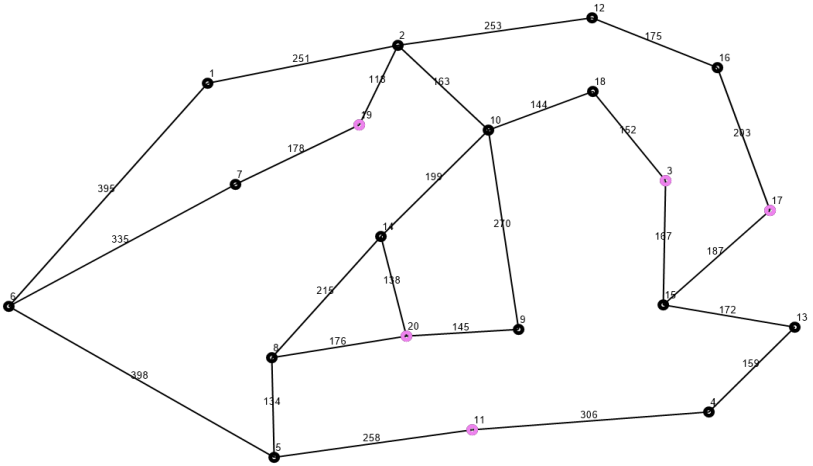

Рис. 1. Исходный граф

Номера клиентов и их запросы представлены в таблице 1.

Табл. 1. Номера клиентов и их запросы

Пункты доставки	
Точка	Требуемое количество товара
3	20
11	35
17	24
19	27
20	32

В таблице 2 представлены изменения в пропускной способности пути в зависимости от времени τ.

В таблице 3 представлены маршруты при различных начальных значениях времени.

Табл. 2. Изменения пропускной способности пути

Нагрузки на пути				
A	B	Множитель	C	ДО
6	5	5	9:00	11:00
8	14	3	10:00	11:00
14	10	6	10:30	11:30
10	18	6	10:30	11:30
15	17	8	10:00	12:00
1	2	6	10:00	13:00

Табл. 3. Маршруты

При возможной нагрузке на машину в 100 ед.			
Начальная точка	Начальное время	Конечное время	Путь
6	10:00	14:13	6, 7, 19, 2, 10, 9, 20, 8, 5, 11, 5, 6, 7, 19, 2, 10, 18, 3, 15, 17, 16, 12, 2, 19, 7, 6
6	15:00	18:48	6, 7, 19, 2, 10, 18, 3, 15, 17, 16, 12, 2, 19, 7, 6, 5, 11, 5, 8, 20, 8, 5, 6
5	10:00	13:18	15, 3, 18, 10, 2, 19, 2, 10, 9, 20, 9, 10, 18, 3, 15, 17, 15, 13, 4, 11, 4, 13, 15
5	15:00	18:18	15, 3, 15, 17, 16, 12, 2, 19, 2, 10, 18, 3, 15, 13, 4, 11, 5, 8, 20, 14, 10, 18, 3, 15

4. Заключение

В данной работе рассмотрена задача построения маршрутов на нестационарных графах, представлен алгоритм решения. Для решения данного типа задач перспективными являются алгоритмы на основе эволюционных стратегий, в которых при посещении очередного клиента производится сверка текущей информации с исходной.

Список литературы

1. Dantzig G.B., Ramser R.H. The Truck Dispatching Problem / // Management Science. – 1959. – Vol. 6. – P. 80-91.

2. Cordeau J.-F., Laporte G., Savelsbergh M.W.P., Vigo D. Vehicle Routing. Transportation, in: C. Barnhart, G. Laporte, (eds.) // Handbooks in Operations Research and Management Science. – 2007. – Vol. 14. – P. 367-428.
3. Berbeglia G., Cordeau J.F., Gribkovskaia I., Laporte G. Static pickup and delivery problems: A classication scheme and survey. // TOP. – 2007. – Vol. 15. – P. 1-31.
4. Хмелев А.В. Алгоритмы локального поиска для задач маршрутизации транспортных средств [Текст]: дис. … канд. ф.-м. наук: 05.13.18 / Хмелев, Алексей Владимирович. – Новосибирск, 2015.

Капустин И.В., Полукаров Д.Ю.
РЕАЛИЗАЦИЯ ГРАФОВЫХ СТРУКТУР ДАННЫХ С ПОМОЩЬЮ БИБЛИОТЕК JAVASCRIPT

Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики

Описано использование готовых свободно распространяемых библиотек JavaScript при реализации графовых структур данных.

Ключевые слова: *JavaScript, Cytoscape.js, графы, Canvas, телекоммуникации.*

В математике, граф – это абстрактное представление множества объектов и связей между ними. Графом называют пару (V, E) где V это множество вершин, а E множество пар, каждая из которых представляет собой связь (эти пары называют рёбрами). Граф может быть ориентированным или неориентированным. В ориентированном графе, связи являются направленными, то есть пары являются упорядоченными, например, пары (a, b) и (b, a) это две разные связи. В свою очередь в неориентированном графе,

связи ненаправленные, и поэтому если существует связь (a, b) то значит, что существует связь (b, a). Конструирование структур данных для представления в программе объектов математической модели – это основа искусства практического программирования. Рассмотрим два базовых представления графов. Выбор наилучшего представления определяется требованиями конкретной задачи. Более того, при решении конкретных задач используются, как правило, некоторые комбинации или модификации указанных представлений, общее число которых необозримо. Но все они, так или иначе, основаны на тех базовых идеях, которые описаны ниже.

Матрица смежности. Этот способ является удобным для представления плотных графов, в которых количество рёбер (|E|) примерно равно количеству вершин в квадрате ($|V|^2$). В данном представлении мы заполняем матрицу размером |V| x |V| следущим образом:

A[i][j] = 1 (Если существует ребро из i в j)

A[i][j] = 0 (Иначе)

Данный способ подходит для ориентированных и неориентированных графов. Для неориентированных графов матрица A является симметричной (то есть A[i][j] == A[j][i], т.к. если существует ребро между i и j, то оно является и ребром из i в j, и ребром из j в i). Благодаря этому свойству можно сократить использование памяти почти в два раза, храня элементы только в верхней части матрицы, над главной диагональю. Очевидно, что с помощью данного способа представления, можно быстро проверить существует ли ребро между вершинами v и u, просто посмотрев в ячейку A[v][u].С другой стороны этот способ очень громоздкий, так как требует O($|V|^2$) памяти для хранения матрицы.

Списки смежности. Данный способ представления больше подходит для разреженных графов, то есть графов

у которых количество рёбер гораздо меньше чем количество вершин в квадрате ($|E| << |V|^2$).В данном представлении используется массив Adj содержащий |V| списков. В каждом списке Adj[v] содержатся все вершины u, так что между v и u есть ребро. Память, требуемая для представления равна O(|E| + |V|) что является лучшим показателем, чем матрица смежности для разреженных графов. Главный недостаток этого способа представления в том, что нет быстрого способа проверить существует ли ребро (u, v).

Рассмотрим более подробно реализацию графовых структур данных с использованием специальных библиотек языка JavaScript.

SigmaJS – это JavaScript библиотека, предназначенная для создания графов. Она легко позволяет опубликовать графы на веб-страницах, и позволяет разработчикам интегрировать, исследование и построение графов в веб-приложения. Основные возможности:

- SigmaJS предоставляет много возможностей из коробки, такие как рендеринг на Canvas и WebGL или поддержка мышки и тачапада, что делает взаимодействие пользователя с графом простым и удобным;
- конфигурация по умолчанию, имеет поддержку мыши и тачапада, перерисовка и масштабирования графа, в ответ на изменения размера контейнера, рендер на WebGL Canvas, если поддерживает браузер, либо на 2D Canvas, адаптация размеров узлов графа и ребер к размеру экрана;
- практически все аспекты работы SigmaJS можно настроить, как необходимо через настройки, включить или выключить интерактивное взаимодействие с графом для конечного пользователя. Также присутствует возможность написать свой функционал рендера узлов и ребер;

- SigmaJS библиотека для рендеринга графов, в первую очередь, поэтому разработчик сам выбирает, насколько будет граф интерактивным для пользователя, будет ли он интерактивным вообще. API SigmaJS позволяет изменять данные для графа, двигать камеру, подписаться на события и т.д.

Код, простейшего графа с тремя вершинами и связующими их ребрами, реализованный с помощью SigmaJS выглядит следующим образом:

```
{
"nodes": [
{ "id": "router_1", "label": "Маршрутизатор_1", "x": 0, "y": 0, "size": 3 },
{ "id": "router_2", "label": "Маршрутизатор_2", "x": 3, "y": 1, "size": 3 },
{ "id": "router_3", "label": "Маршрутизатор_3", "x": 1, "y": 3, "size": 3 }
],
"edges": [
{ "id": "eth0", "source": "router_1", "target": "router_2" },
{ "id": "eth1", "source": "router_2", "target": "router_3" },
{ "id": "eth2", "source": "router_3", "target": "router_1" }
]
}
```

Массив объектов «nodes» представляет собой набор узлов графа с полями, отражающими название, которое помещено поверх его визуального отображения, положение на экране определяемое координатами X и Y, а так же размер (size) и уникальный идентификатор узла (id). Ребра графа задаются массивом объектов «edges», поля которого определяют уникальный идентификатор (id) и узел начала и конца дуги. Таким образом, граф, созданный с помощью

библиотеки SigmaJS, является ориентированным уже на программном уровне, что, однако не мешает отобразить его как неориентированный в графическом отображении. Все возможные варианты реализации узлов графа находятся в файле sigma.classes.graph.js. Однако статично заданный граф едва ли можно назвать полезным с точки зрения интерактивного взаимодействия с пользователем Чтобы устранить это, необходимо создавать свои объекты узлов и ребер, и указывать в качестве прототипа соответствующие объекты библиотеки SigmaJS, расширяя, таким образом, набор свойств, предназначенных изначально только для отображения. Чтобы «оживить» граф, сделать его более интерактивным, нам потребуется реализовать обработчики событий. Поскольку элементов графа всего два – узел и ребро – то следующие события могут быть связанны только с этими двумя элементами:

- clickNode;
- clickEdge;
- rightClickNode;
- rightClickEdge;
- doubleClickNode;
- doubleClickEdge;

Не обязательно реализовывать все события на всех элементах, чаще всего достаточно событий связанных с кликом. Событие doubleClickNode на элементе «узел» вызывает модальное окно с полями этого объекта, событие rightClickNode создает объект класса «edge» со значением поля «source» равным «id» узла на котором это событие было сгенерировано. Событие rightClickEdge на ребре графа предназначено для удаления ребра, а событие doubleClickEdge вызывает модальное окно с возможностью редактирования и заполнения свойств ребра. Все обработчики событий имеют своим прототипом sigma.classes.dispatcher, иначе говоря, наследуют все его

свойства и функции. Самый главный метод, который используется – bind(events, handler), принимающий в качестве параметров событие и обработчик. Обработчик может быть вынесен в отдельную функцию, а может быть реализован в том же месте где и объявляется связывание:

sigInst.bind("clickNode", function () { ... });

Таким образом, мы получаем визуальный редактор, с помощью которого можно графовую структуру данных, с элементами узлы и ребра, каждый из которых обладает дополнительными свойствами. Свойства необходимые для визуального отображения элементов и интерактивного взаимодействия пользователя с ними мы получаем путем прототипного наследования от соответствующих объектов «nodes» и «edges» библиотеки SigmaJS. Построение сети на базе JavaScript-объектов позволяет легко декодировать построенный граф в формат JSON, с целью дальнейшей обработки его модулем на стороне сервера.

Cytoscape.js – это свободно распространяемая JavaScript библиотека для создания графов. Данная библиотека используется для визуализации и анализа графовых структур данных. Библиотека позволяет не только отображать граф, но интерактивно взаимодействовать с ним через встроенные события, такие как разного рода клики по элементам графа. Библиотека оптимизирована для работы не только в полноценных браузерах, но в браузерах для мобильных устройств. Cytoscape.js поддерживает различные виды графов: ориентированные, неориентированные, петли, мультиграфы и гиперграфы. Разработчики регулярно выпускают обновления, добавляя новый функционал, а так же реализацию графовых структур в разных областях применения, например в медицине, телекоммуникация, логистики и т.д.

К основным компонентам архитектуры библиотеки относится ядро и набор функций для выполнения операций

над графовыми структурами. В состав ядра входит набор правил отображения графа, количество максимальное и минимальное количество узлов, изначальный зум отображения и количество уровней зума. Второй компонент – это набор функционала, который представляет собой коллекцию для хранения множества функций, причём каждая функция может встречаться лишь один раз, т.е. иметь уникальную реализацию. Такая коллекция является неизменяемой на этапе выполнения, т.е. добавить новую функцию возможно лишь на этапе разработки, далее пользователь изменяет только сам граф, используя ранее определенный набор инструментов.

Основные элементы входящие в состав ядра библиотеки это:

- cy – непосредственно сам компонент ядра
- eles – массив из одного или нескольких элементов (узлов и ребер)
- ele – массив только из одного элемента
- nodes – массив из одного или нескольких узлов
- node – массив из одного узла
- edges – массив из одного или нескольких ребер
- edge – массив из одного ребра
- layout – макет отображения
- ani – аннимация.

Большое внимание уделено реализации связного ациклического графа (дерево). Дерево имеет свои особенности реализации, например, связь с элементом верхнего уровня осуществляется с помощью заранее определенной функции node.parent(). Так же, такая структура неизменяема, после момента создания нового узла. Позиция нового, дочернего узла, определяется позицией родительского и не может быть перемещена произвольно по холсту отображения дерева. Особо стоит отметить не только богатый набор

функций для отображения графа, но и набор алгоритмов реализованных в библиотеке, таких как:

- поиск в ширину;
- поиск в глубину;
- алгоритм Дейкстры;
- PageRank-алгоритм;
- алгоритм Каргера и т.д.

Использование готовых библиотек при реализации графовых структур данных существенно сокращает время на разработку и позволяет избежать ошибок, которые могут возникнуть на этапе разработки. Выбор конкретной библиотеки зависит от набора решаемых задач и пожелания разработчика. Рассмотренные библиотеки являются свободно распространяемыми и могут быть использованы даже в коммерческих целях.

Список литературы

1. Официальный сайт библиотеки SigmaJS [Электронный ресурс]: URL: http://sigmajs.org.
2. Официальный сайт библиотеки Cytoscape.js [Электронный ресурс]: URL: http://js.cytoscape.org.
3. Стуликова К.А., Полукаров Д.Ю. Проблемы отображения автономных систем с помощью графов // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – Т.16, № 4-2. – 2014. – С. 459-464.
4. Полукаров Д.Ю., Капустин И.В. Сравнительный анализ систем визуального проектирования компьютерных сетей // XXIII российская научная конференция профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов. – Самара, 2016. – С. 226-227.

Пазухина А.О.[1], Прокофьев Д.А.[2], Золотовицкий А.В.[1]

ПОСТРОЕНИЕ АДРЕСНОГО ПЛАНА ПОСЕЛКА ГОРОДСКОГО ТИПА АЛЕКСЕЕВКА В ПРОГРАММНОЙ СРЕДЕ ITSGIS

[1] Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева

[2] Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики

Описано использование геоинформационной системы ITSGIS для формирования адресного плана поселка городского типа Алексеевка Самарской области.

Ключевые слова: *адрес, адресный план, электронная карта, геоинформационная система.*

В настоящее время ввиду растущей и всесторонне распространяющейся информатизации общества всё более актуальным становится создание и использование геоинформационных систем (ГИС). Требования к пространственной геоинформации постоянно повышаются. Важной задачей является поддержание пространственных данных в актуальном состоянии, требуемом для работы административных учреждений, коммунальных и телекоммуникационных компаний, проектных и строительных фирм.

ГИС применяются для информационного обеспечения функций управления, которые требуют решения пространственных задач, например:

- маршрутизация транспорта;
- анализ и управление сетями (транспортными, связи, электроснабжения, водоснабжения и т.д.)
- многофакторная оценка земель;
- экологический мониторинг и т.д.

ГИС дает возможность интегрировать проектные и картографические данные из множества источников или с различных серверов, а также легко и быстро распространять карты и картографическую информацию, формировать информационные объекты карты в зависимости от необходимости, использовать разные слои карты и т.д.

Таким образом, ГИС представляет собой высокофункциональную, удобную и гибкую систему, осуществляющую ввод, интеграцию, анализ и распространение картографических данных [1].

«ITSGIS» – это интеллектуальная транспортная геоинформационная система с многослойной электронной картой города, обеспечивающая работу с различными геообъектами городской инфраструктуры (дома, дороги, дорожные знаки, светофоры, световые опоры, закрепленные территории, остановки общественного транспорта, транспортные маршруты и др.), специализированными геообъектами (ДТП, места концентрации ДТП, места работ, ведущихся на улично-дорожной сети, и др.).

«ITSGIS» позволяет:

- отображать карты распространенных форматов (MapInfo, ArcGIS, ИнГео и др.);
- редактировать карту с помощью базовых графических примитивов;
- гибко настраивать пользовательский интерфейс;
- разрабатывать разнообразные программные модули («плагины»), расширяющие систему [2, 3].

Объектом исследования в работе является инфраструктура поселка городского типа Алексеевка Самарской области. С использованием геоинформационный системы «ITSGIS» был создан адресный план исследуемого поселка.

При построении адресного плана поселка, справочник адресного плана был отредактирован следующим образом:

- добавлен населенный пункт (рисунок 1);
- добавлены/отредактированны улицы;
- добавлены строения.

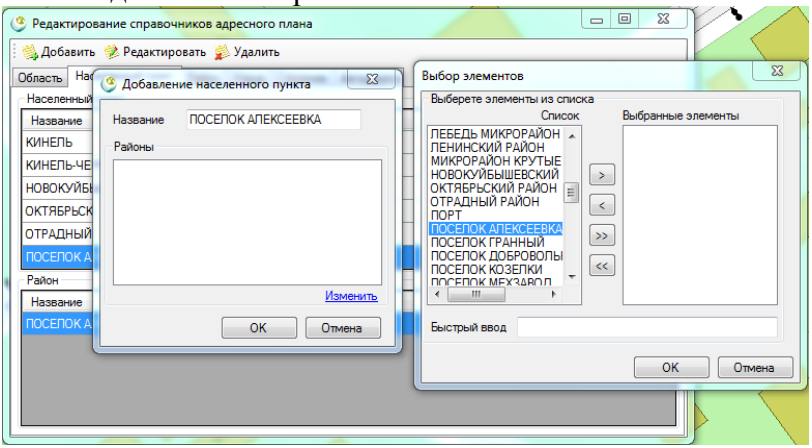

Рис. 1. Добавление населенного пункта

Справочник адресного плана уже содержит перечень улиц, таким образом улицы наименования которых находились в справочнике были отредактированы, остальные добавлены (рисунки 2, 3).

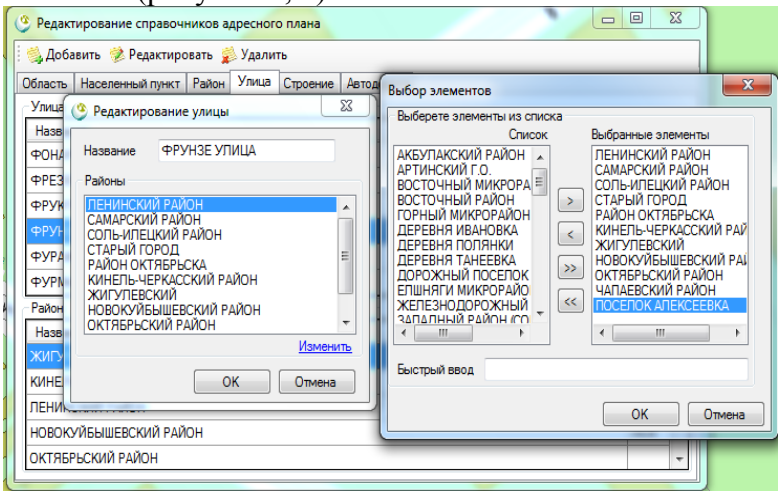

Рис. 2. Редактирование улицы

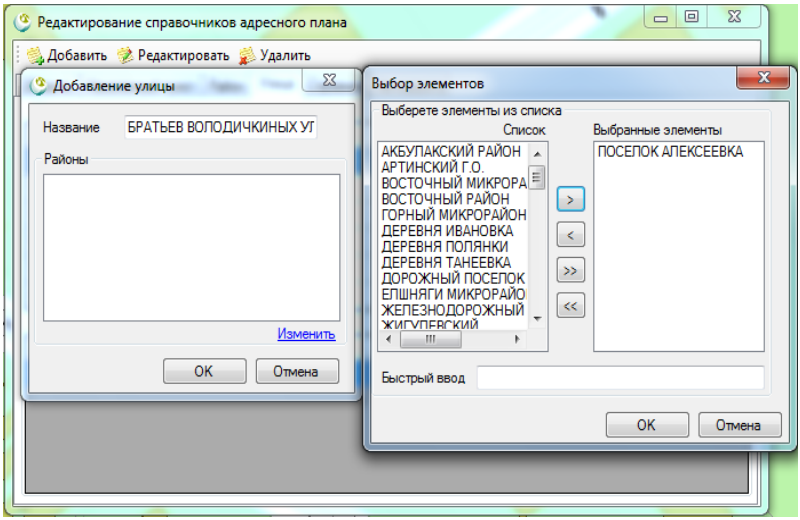

Рис. 3. Добавление улицы

Также в справочник адресного плана были добавлены строения находящийся в поселке (рисунки 4, 5).

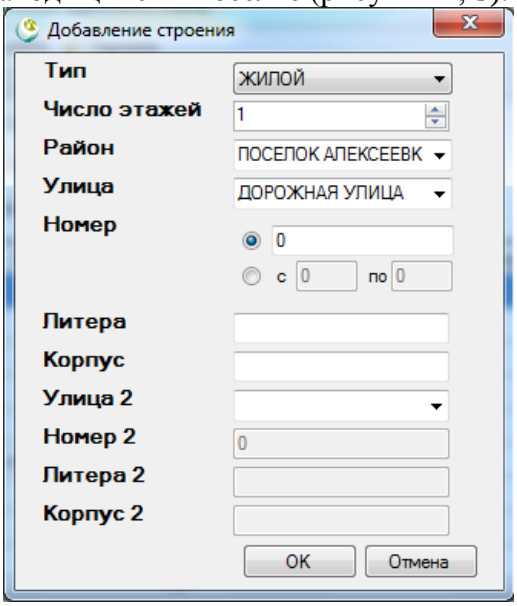

Рис. 4. Добавление строения

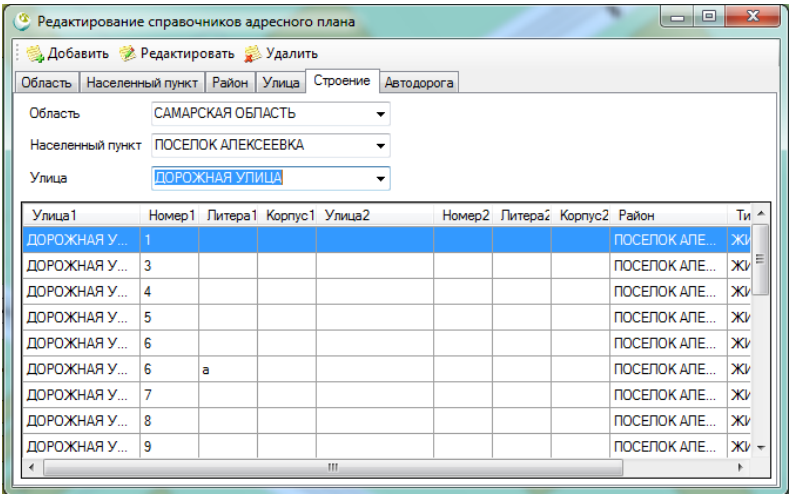

Рис. 5. Здания, содержащиеся в адресном плане

Для полноценной работы адресного плана, все внесенные в Справочник улицы и строения были связаны с геометрией на карте (рисунки 6, 7).

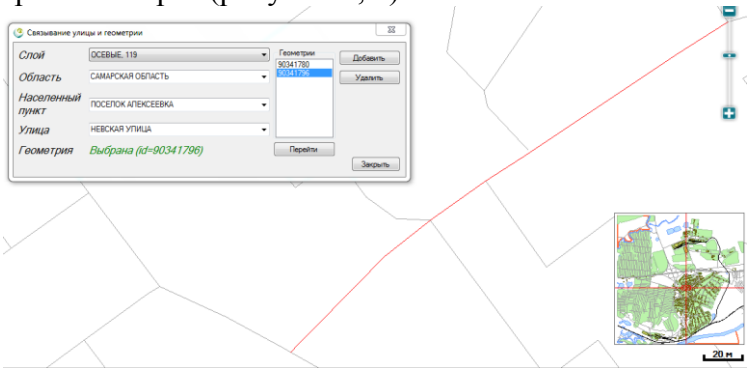

Рис. 6. Связывание улицы и геометрии

Связанные улицы и строения для обозначения их на карте были подписаны. Для удобства нанесения объектов программа «ITSGIS» содержит менеджер слоев, с помощью которого можно выбрать редактирование нужного слоя. В данной работе это были слои «ПОДПИСИ УЛИЦ» и «ПОДПИСИ ЗДАНИЙ».

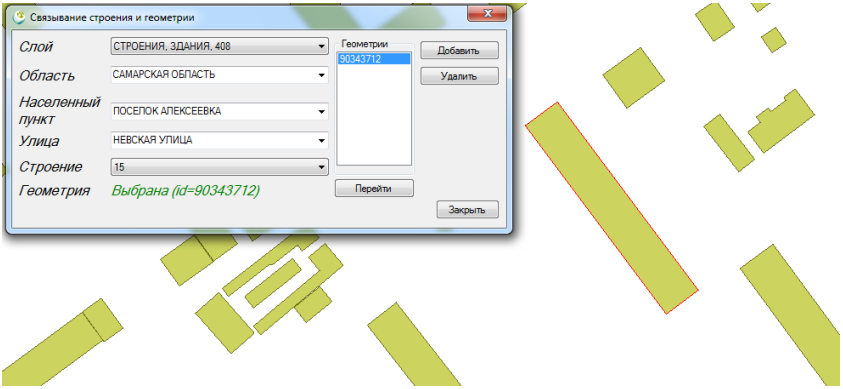

Рис. 7. Связывание строения и геометрии

Для подписи зданий и улиц на карту был добавлен и отредактирован текст (рисунки 8, 9).

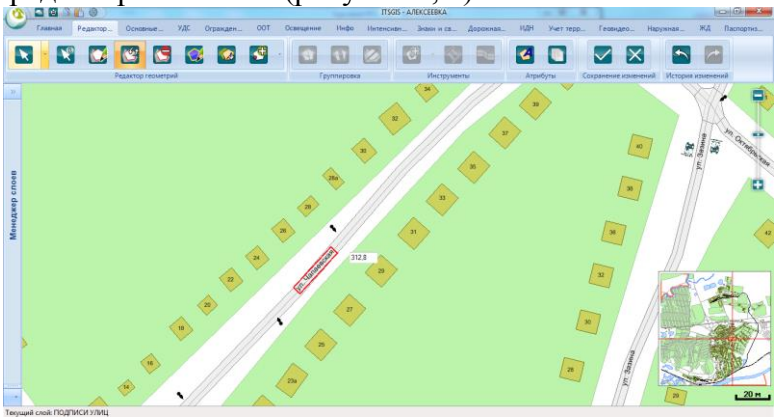

Рис. 8. Вращение геометрии (текста) по направлению дороги

В программной среде «ITSGIS» на карте поселка городского типа Алексеевки были выполнены следующие задачи:

- внесение в базу данных адресного плана улиц и зданий;
- связывание улиц и геометрии;
- связывание зданий и геометрии;
- подпись всех улиц и зданий.

Рис. 9. Подпись строения

Список литературы

1. Геоинформационная система (ГИС). – URL: infodesigner.ru/pages/main/about/products/gis/index.shtml
2. Интеллектуальная транспортная геоинформационная система ITSGIS. Плагины / Т.И. Михеева, С.В. Михеев, О.К. Головнин, А.В. Сидоров, Е.А. Савинов, В.А. Ключников, Д.А. Алтухов, Н.А. Остроглазов, А.Н. Имамутдинов. – Самара: Интелтранс, 2016. –Т.2. – 217 с.
3. Михеева Т.И. Интеллектуальная транспортная система. Дислокация дорожных знаков // Вестник Самарского гос. техн. ун-та. Серия «Технические науки». –№ 32. – Самара: СамГТУ, 2005. –С.53-63.
4. Golovnin O.K., Osmushin A.A., Mikhaylov D.A. Corporate Accounting Information System of Urban Infrastructure on the basis of Geographic Information Platform “ITSGIS” // Proceedings of the 15th international workshop on computer science and information technologies CSIT’2013, Vol.1, Vienna – Budapest – Bratislava, September 15–21, 2013. – P. 110–114.

Огина О.В.

ДИСЛОКАЦИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ОРГАНИЗАЦИИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ В РАЙОНАХ РАСПОЛОЖЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ УЧРЕЖДЕНИЙ

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва

В работе рассматривается организация дорожного движения около учебных заведений в поселках городского типа Алексеевка и Усть-Кинельский г.о. Кинель.

Ключевые слова: *транспортный поток, учебное заведение, школа, организация движения.*

Организация дорожного движения система мероприятий, направленная на наиболее эффективное передвижение транспортных средств по улицам и дорогам. Совершенствование организации дорожного движения достигается применением прогрессивных средств регулирования движения, в том числе интеллектуальные транспортные системы и геоинформационные системы.

В работе рассматривается организация дорожного движения, устанавливаются технические средства около учебных заведений с помощью программы «ITSGIS» в поселках городского типа Алексеевка и Усть-Кинельский г.о. Кинель.

«ITSGIS» – это геоинформационная система (ГИС) с многослойной электронной картой города, обеспечивающая работу с различными геообъектами городской инфраструктуры (дома, дороги, дорожные знаки, светофоры, световые опоры, закрепленные территории, остановки общественного транспорта, транспортные маршруты и др.), специализированными геообъектами (ДТП, места концен-

трации ДТП, места работ, ведущихся на улично-дорожной сети, и др.).

В рамках статьи в программе устанавливаются следующие технические средства:

- знаки
- светофоры типа Т7
- дорожная разметка
- искусственная дорожная неровность (ИДН)
- ограждения.

Дислокация технических средств организации дорожного движения около учебных заведений в ПГТ Алексеевка.

В поселке городского типа Алексеевка находятся четыре образовательных учреждения. Два детских сада и две общеобразовательные средние школы. Рассмотрим каждое учреждение подробно.

Детский сад №9 находится по адресу улица Гагарина, 4. Около данного учреждения располагаются знаки: предупреждающий знак 1.23«дети»; знак 3.24 «ограничение максимальной скорости» в 40 км/ч; знаки 5.19.1/2 на желто-зеленой люминесцентной подложке «пешеходный переход»; и имеется непосредственно пешеходный переход. Через некоторое расстояние дублируется знак 1.23«дети», который сопровождается 8.2.1 «зона действия», равная 100 метрам. Есть ограждения, но нет светофора, типа Т7, обозначающего нерегулируемый пешеходный переход, также необходимо добавить ИДН и знаки для него 5.20 и предупреждающий знак 1.17 «искусственная неровность», должна быть дорожная разметка 1.24.11.23 «дети». На рисунке 1 изображен пример расстановки технических средств в ITSGIS.

Детский сад №3 находится по адресу улица Невская, 4а.

Организация дорожного движения около детского сада практически соответствует новым стандартам. Пешеходный переход оборудован светофорами типа Т7 и знаками 5.19.1/2 на желто-зеленой люминесцентной подложке «пешеходный переход», есть искусственная неровность, которая сопровождается знаком 5.20 «Искусственная неровность» и предупреждающими знаками 1.17 «Искусственная неровность», в пределах видимости расположен знак 1.23 «дети». Вдоль организации есть ограждение, также есть дорожная разметка 1.24.11.23 «дети». Не хватает знака 3.24 «ограничение максимальной скорости», который рекомендуется установить в значении 40 км/ч.

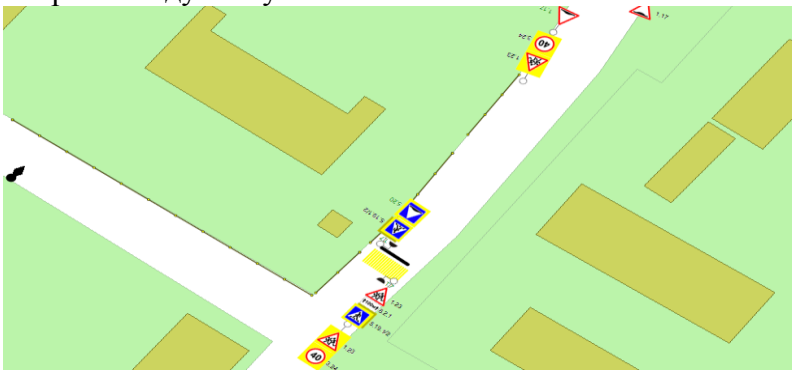

Рис. 1. Дислокация знаков около детского сада №9

Школа №4 расположена по адресу улица Гагарина, 8.

На данном участке установлены знаки 5.19.1/2 «пешеходный переход», есть дорожная разметка 1.24.11.23 «дети». В соответствии с новыми правилами, пешеходный переход вблизи образовательного учреждения должен быть оборудован светофорами типа Т7, а также искусственными дорожными неровностями (ИДН), соответственно, их необходимо добавить в программу и рекомендовать к установке. ИДН по правилам сопровождается знаком 5.20 «Искусственная неровность», его тоже нужно установить.

В 50 — 100 метрах от школы должны располагаться предупреждающие знаки: 1.23 «осторожно дети», и 1.17 «искусственная неровность», также должен быть установлен знак 3.24 «ограничение минимальной скорости», согласно правилам, рекомендуется установить знак с ограничением в 40 км/ч.

Школа №8 дислоцируется по адресу улица Куйбышева, 23.

Организация дорожного движения около школы №8 соответствует новым стандартам. Пешеходный переход оборудован светофорами типа Т7 и знаками 5.19.1/2 на желто-зеленой люминесцентной подложке «пешеходный переход», есть искусственная неровность, которая сопровождается знаком 5.20 «Искусственная неровность» и предупреждающими знаками 1.17 «Искусственная неровность», в пределах видимости расположен знак 1.23 «осторожно дети», также есть дорожная разметка 1.24.11.23 «дети». По периметру школы расположены ограждения.

Установка технических средств организации дорожного движения около учебных заведений в ПГТ Усть-Кинельский.

В поселке городского типа Усть-Кинельский находятся пять образовательных учреждений. Детский сад, две общеобразовательные средние школы и одно учреждение высшего профессионального образования, а также музыкальная школа. Рассмотрим каждое учреждение детально.

Детский сад №9 находится по адресу улица Селекционная, 18а.

Организация дорожного движения около учреждения соответствует новым стандартам. Пешеходный переход оборудован светофорами типа Т7 и знаками 5.19.1/2 на желто-зеленой люминесцентной подложке «пешеходный переход», есть искусственные неровности, которые сопровождаются знаками 5.20 «Искусственная неровность». Не

хватает предупреждающего знака 1.17 «Искусственная неровность», не хватает дорожной разметки 1.24.11.23 «дети». В пределах видимости расположен знак 1.23 «осторожно дети». Есть знак 3.24 «ограничение максимальной скорости». По периметру здания расположены ограждения.

ФГОУ ВПО «Самарская государственная сельскохозяйственная академия». Инженерный корпус.

Около учебного заведения расположен пешеходный переход, сопровождаемый знаками 5.19.1/2 на желто-зеленой люминесцентной подложке «пешеходный переход», который, согласно новым стандартам, должен быть оборудован светофорами типа Т7. Есть искусственная неровность, которая сопровождаются знаками 5.20 «Искусственная неровность» и предупреждающим знаком 1.17 «Искусственная неровность». В пределах видимости расположен знак 1.23 «осторожно дети», который сопровождается 8.2.1 «зона действия», равная 500 метров. По периметру здания расположены ограждения. Не хватает дорожной разметки 1.24.11.23 «дети».

Далее следует корпус 2 по улице Спортивная 7а, рядом в доме 7г расположен анатомический факультет. Здесь расположен нерегулируемый пешеходный переход со знаками 5.19.1/2. В пределах видимости есть знаки 1.23 «дети».

Рекомендуются к установке: светофоры типа Т7, ИДН, которая должна сопровождаться знаком 5.20 «искусственная неровность» и предупреждающим знаком 1.17 в 50 метрах «искусственная неровность», знак 3.24 «ограничение максимальной скорости».

Детская музыкальная школа №2 дислоцирована также на улице Спортивная 6, напротив нее расположена средняя общеобразовательная школа №2, Спортивная 9. Здесь расположен нерегулируемый пешеходный переход со знаками 5.19.1/2 и светофорами типа Т7. В пределах видимо-

сти есть знаки 1.23 «дети». Имеется ИДН с обеих сторон от перехода и, соответственно, знаки 5.20 «искусственная неровность». Не хватает предупреждающего знака 1.17 «искусственная неровность», и знака 3.24 «ограничение максимальной скорости», а также дорожной разметки 1.24.11.23 «дети».

Более детально дислокация технических средств организации дорожного движения в населенных пунктах представлена в таблице 1 и таблице 2.

Табл.1 . Сводные данные по дислокации технических средств в ПГТ Алексеевка

Образовательное учреждение	Установленные технические средства	Рекомендуемые к установке технические средства
Детский сад №1	1.23 «дети» (в двух экземплярах) 3.24 «ограничение максимальной скорости» 5.19.1 «пешеходный переход» 5.19.2 «пешеходный переход» 8.2.1 «зона действия» пешеходный переход (разметка 1.14) ограждение	Светофоры типа Т7 ИДН 1.17 «искусственная неровность» 5.20 «искусственная неровность»
Детский сад №3	1.17 «искусственная неровность» 1.23 «дети» 5.19.1 «пешеходный переход» 5.19.2 «пешеходный переход» 5.20 «искусственная неровность» пешеходный переход (разметка 1.14) Светофоры типа Т7 ИДН Ограждение	3.24 «ограничение максимальной скорости»

Школа №4	5.19.1 «пешеходный переход» 5.19.2 «пешеходный переход» пешеходный переход (разметка 1.14) ограждение	1.17 «искусственная неровность» 1.23 «дети» 3.24 «ограничение максимальной скорости» 5.20 «искусственная Светофоры типа Т7 ИДН
Школа №8	1.17 «искусственная неровность» 1.23 «дети» (в двух экземплярах) 3.24 «ограничение максимальной скорости» 5.19.1 «пешеходный переход» 5.19.2 «пешеходный переход» 5.20 «искусственная неровность» 8.2.1 «зона действия» пешеходный переход (разметка 1.14) Светофоры типа Т7 ИДН ограждение	

Табл. 2. Сводные данные по дислокации технических средств в ПГТ Усть - Кинельский

Образовательное учреждение	Установленные технические средства	Рекомендуемые к установке технические средства
Детский сад №9	1.23 «дети» (в двух экземплярах) 3.24 «ограничение максимальной скорости» 5.19.1 «пешеходный переход» 5.19.2 «пешеходный переход» 5.20 «искусственная неровность» 8.2.1 «зона действия» пешеходный переход (разметка 1.14) Светофоры типа Т7 ИДН, ограждение	1.17 «искусственная неровность»

СГСХА, инженерный корпус	1.17 «искусственная неровность» 1.23 «дети» 5.19.1 «пешеходный переход» 5.19.2 «пешеходный переход» 5.20 «искусственная неровность» 8.2.1 «зона действия» пешеходный переход	3.24 «ограничение максимальной скорости» Светофоры типа Т7
СГСХА, корпус 2, анатомический факультет	ИДН ограждение 1.23 «дети» 5.19.1 «пешеходный переход» 5.19.2 «пешеходный переход» пешеходный переход (разметка 1.14) ограждение	1.17 «искусственная неровность» 3.24 «ограничение максимальной скорости» 5.20 «искусственная Светофоры типа Т7 ИДН
Детская музыкальная школа №2, Средняя общеобразовательная школа №2	1.23 «дети» (в двух экземплярах) 5.19.1 «пешеходный переход» 5.19.2 «пешеходный переход» 5.20 «искусственная неровность» 8.2.1 «зона действия» пешеходный переход (разметка 1.14) Светофоры типа Т7 ИДН ограждение	1.17 «искусственная неровность» 3.24 «ограничение максимальной скорости»

Выводы

Организация дорожного движения около учебных заведений серьезная и ответственная задача. От расстановки технических средств, от их рационального расположения, видимости зависит жизнь и здоровье людей.

В рассмотренных поселках знаки располагаются правильно в среднем на 74% (73 % в Алексеевке и 75 % в Усть-Кинельском). Как правило, в соответствии с изменениями к требованиям национальных стандартов – ГОСТы от 28.02.2014г., не хватает знаков 3.24 «ограничение максимальной скорости», не везде установлены светофоры типа Т7 и ИДН с соответствующими предупреждающими знаками 1.17 «искусственная неровность» и 5.20 «искусственная неровность».

Список литературы

1. Михеева Т.И. Построение математических моделей объектов улично-дорожной сети города с использованием геоинформационных технологий // Информационные технологии. – №1. – 2006. – С. 69-75.
2. Михеева Т.И. Интеллектуальная транспортная система. Дислокация дорожных знаков // Вестник Самарского гос. техн. ун-та. Сер. «Технические науки». – СамГТУ. – Самара, 2005. – № 32. – С.53-63.
3. Евстигнеев И.А. Интеллектуальные транспортные системы на автомобильных дорогах федерального значения России. – М.: Перо, 2015. – 164 с.
4. Стровский Л.Е. Всё о ГИС и их применении. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2007. – 199с.
5. ГОСТ Р 52289-2004 Технические средства организации дорожного движения. Правила применения дорожных знаков, разметки, светофоров, дорожных ограждений и направляющих устройств.
6. ГОСТ Р 52605-2006 Технические средства организации дорожного движения. Искусственные неровности. Общие технические требования. Правила применения.
7. ГОСТ Р 52290-2004 Технические средства организации дорожного движения. Знаки дорожные. Общие технические требования.
8. Понятие о геоинформационных системах [Электронный ресурс]. – URL: www.tadviser.ru.
9. Геоинформационные системы [Электронный ресурс] – URL: kursoviki.spb.ru/kurs2/kurs_geoinf.php.
10. Геоинформационные системы [Электронный ресурс] – URL: www.gissystem.ru/.

Остроглазов Н.А., Ткач Е.М.

ПОСТРОЕНИЕ ТРАНСПОРТНОЙ МОДЕЛИ ГОРОДА В СРЕДЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ГЕОИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ITSGIS

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва

В статье описывается исследование транспортного узла, получена интенсивность движения данного узла. По полученным данным были составлены графы и матрицы.

Ключевые слова: *уличная дорожная сеть, граф, транспортный поток, светофорный цикл, интеллектуальные транспортные системы, интенсивность движения.*

В современной России процесс автомобилизации происходит лавинообразными темпами, что не может не сказаться на состоянии улично-дорожной сети (УДС) городов, сетях общего пользования, а также в различных пересечениях и развязках дорог.

Обострение проблем, связанных с развитием автомобильного транспорта, происходит на фоне роста интенсивности движения при недостаточном развитии улично-дорожной сети, особенно в городах с исторически сложившейся застройкой. Пути решения этих проблем – в развитии всей транспортно-дорожной инфраструктуры и, в частности, в развитии УДС за счет строительства мощных скоростных общегородских магистралей. Однако это требует значительных инвестиций, хотя и приведет к глобальному улучшению. Наиболее доступным путем решения этих проблем является совершенствование организации дорожного движения (ОДД) в «узком смысле», рассматриваемой как комплекс инженерных и организационных мероприятий на существующей УДС [1].

В крупных городах, а Самара таким является, происходит перегрузка УДС на многих участках города, что приводит к образованию пробок и заторов, которые по своей продолжительности уже начинают достигать нескольких часов. Именно поэтому нельзя игнорировать эту проблему и необходимо исследовать различные узлы и перегоны, чтобы улучшить транспортную ситуацию города.

Рассмотрен пример исследования одного из очень загруженных транспортных перекрестков Самары и прилегающий к нему перегон. Подсчитана приведенная интенсивность движения через транспортный узел, определен светофорный цикл данного перекрестка, а также составлены ориентированный и взвешенный графы.

В качестве исследуемого узла выбрано пересечение проспекта Кирова и улицы Ставропольской (рисунок 1), а также перегон от Кирова пр. х Ставропольская ул. до Кирова пр. х Нагорная ул.

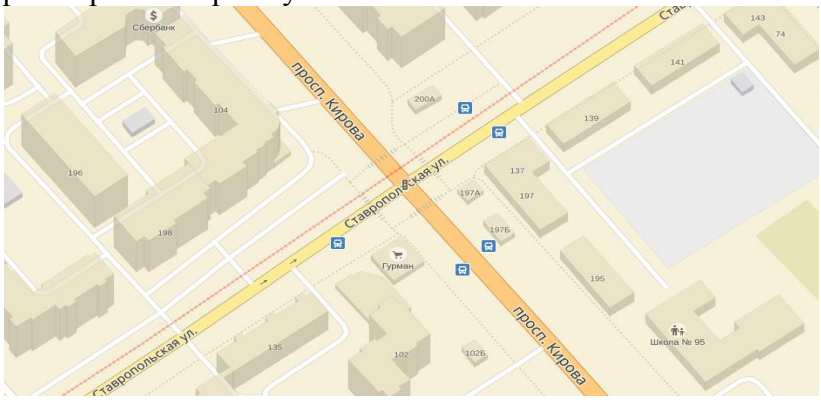

Рис. 1. Исследуемый перекресток

Интенсивность движения транспортных средств – это количество транспортных средств, проходящих через поперечное сечение дороги в определенном направлении или направлениях в единицу времени: $N_a = n_a / t$ [2].

Для определения интенсивности подсчитано количество машин, которые проезжали через каждое сечение перекрестка (всего их 4), а также количество пешеходов, так как они являются неотъемлемой частью дорожного движения.

На каждой точке перекрестка данные собирались в течение 15 минут, после чего умножались на 4 для получения часовой интенсивности движения. Следующим шагом был подсчет интенсивности движения через каждое сечение перекрестка. Посчитав каждое значение с учетом коэффициентов учитывающих месяц, день недели и время, в которое проводилось исследование, получим суточную среднегодовую интенсивность движения через каждое сечение. Это значение показывает загруженность данного транспортного узла. На рисунке 2 схематично изображен исследуемый транспортный узел, а также нанесены полученные данные по интенсивности.

Верхнее значение – часовая интенсивность через данное сечение.

Нижнее значение – суточная среднегодовая интенсивность через сечение.

Для определения светофорного цикла производится подсчет основных и повторяющихся тактов. Светофорным тактом называется время, на протяжении которого действует та или иная комбинация светофорных сигналов [3]. Во время основного такта движение транспорта и/или пешеходов в определённых направлениях разрешается. Промежуточный такт предназначен для того, чтобы оставшийся на перекрёстке транспорт завершил начатые во время основного такта манёвры, запрещая въезд на перекрёсток новому транспорту.

Передаётся замер длительности основных и промежуточных тактов светофоров исследуемого перекрестка. Учтем, что светофоры-дублёры работают в одной фазе.

Даём номер каждому светофору и заносим в таблицу посекундно такты. Рассматриваем только один цикл. Ниже, на рисунке 3 приведена дислокация светофорных объектов на перекрестке Кирова пр. х Ставропольская ул.

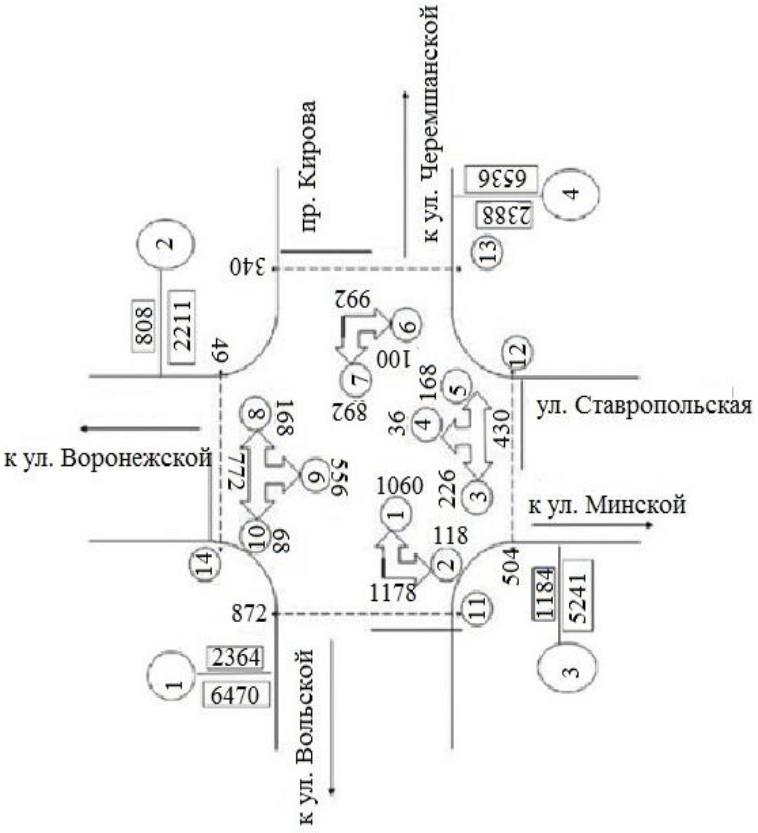

Рис. 2. Интенсивность транспортных потоков на перекрестке Кирова пр х Ставропольская ул (2016-10-19, среда, вечер)

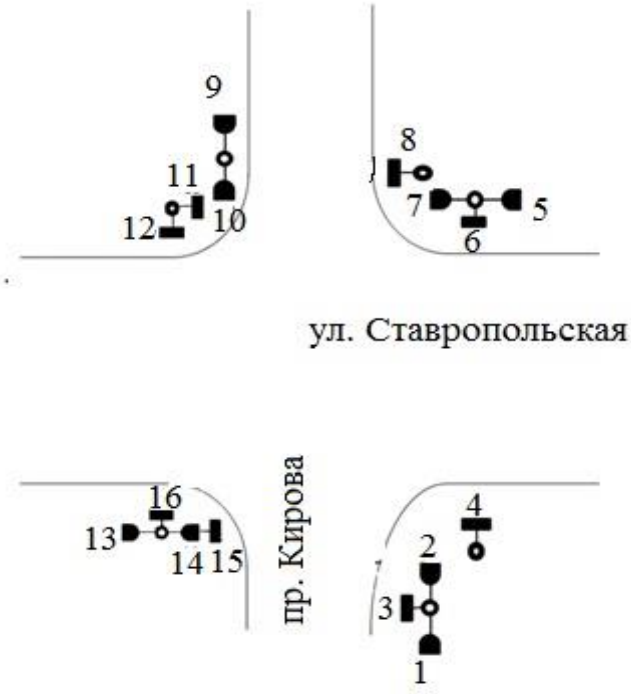

Рис. 3. Дислокация светофорных объектов

Собранные данные об интенсивности могут быть представлены в виде ориентированного графа, взвешенного графа и матрицы примыкания.

На рисунке 4 показан ориентированный граф Кирова пр. х Ставропольская ул. Рисунок 5 изображает взвешенный граф Кирова пр. х Ставропольская ул. (19.10.16, среда, утро). В таблице 1 отображена матрица примыкания орграфа Кирова пр. х Ставропольская ул. В таблице 2 данные матрицы примыкания взвешенного графа Кирова пр. х Ставропольская ул.

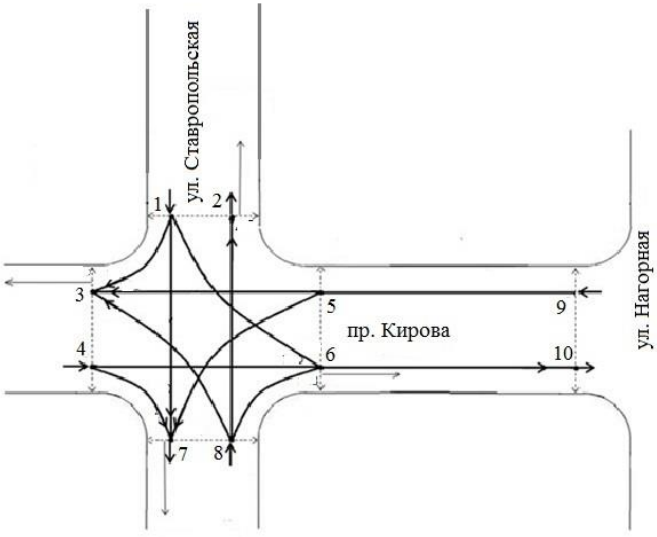

Рис. 4. Ориентированный граф Кирова пр. х Ставропольская ул.

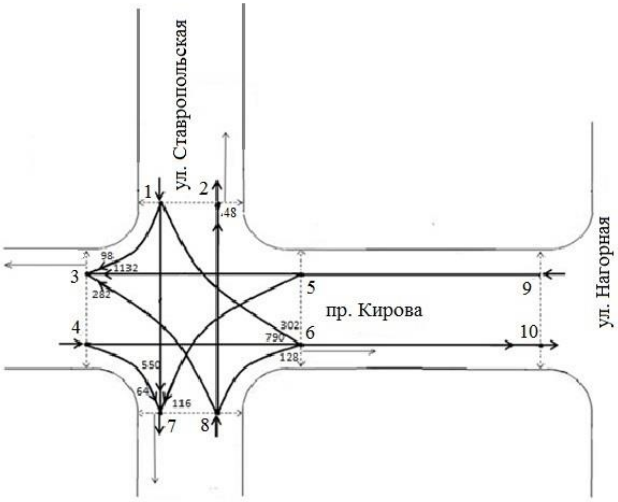

Рис. 5. Взвешенный граф Кирова пр. х Ставропольская ул. (19.10.16, среда, утро)

Табл. 1. Матрица примыкания орграфа

_	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0
5	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0
9	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Табл. 2. Матрица примыкания взвешенного графа

–	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	0	∞	98	∞	∞	302	550	∞	∞	∞
2	∞	0	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞
3	∞	∞	0	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞
4	∞	∞	∞	0	∞	790	64	∞	∞	∞
5	∞	1132	∞	∞	0	∞	116	∞	∞	∞
6	∞	∞	∞	∞	∞	0	∞	∞	∞	1
7	∞	∞	∞	∞	∞	∞	0	∞	∞	∞
8	∞	48	282	∞	∞	128	∞	0	∞	∞
9	∞	∞	∞	∞	1	∞	∞	∞	0	∞
10	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	0

Все данные, собранные и представленные в этой статье, являются результатами исследования транспортного узла на пересечении проспекта Кирова и улицы Ставропольской, за вечерний период с 17:05 до 18:08, среда 19 октября 2016 года.

В ходе проведения исследований, получены данные по часовой и суточной среднегодовой интенсивности на перекрёстке. Полученные сведения необходимо использовать при проектировании и планировании УДС.

Список литературы

1. Михеева Т.И. Моделирование движения в интеллектуальной транспортной системе // Вестник СГАУ. – 2004. – №2. – С. 118-126
2. Транспортный поток [Электронный ресурс] / Википедия. – URL: ru.wikipedia.org/wiki/Transportnyy_potok/
3. Структура светофорного цикла. Расчет светофорного цикла [Электронный ресурс] / ArteryLite. – URL: arterylite.ru/resources/svetofornyiy-tsikl-chto-eto-takoe/.
4. Михеева Т.И., Михеев С.В. Модели исследования в системе управления дорожным движением // Информационные технологии. – 2001. – №7. –С.50-54.
5. Клинковштейн Г.И. Организация дорожного движения: учеб. Для вузов. / М: Транспорт, 2001. – 247 с.
6. Сидоров А.В., Головнин О.К. Построение геоинформационной модели объектов транспортной инфраструктуры // Proceedings of the 2nd International Conference “Intelligent Technologies for Intelligent Decision Making Support” and the Intended International Workshop “Robots and Robotic Systems”, Vol. 1, Ufa, Russia, May 18–21, 2014. – С. 165–169.

Михеев С.В., Ивлева Е.С.

РАСЧЕТ ПРОМЕЖУТОЧНОГО ТАКТА ЦИКЛА РАБОТЫ СВЕТОФОРНОГО ОБЪЕКТА

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва

В статье предлагается методика расчета промежуточного такта цикла работы светофорного объекта. Основное внимание уделяется: допустимости завершения проезда перекрестка транспортным средствам; произведена оценка безопасности на перекрестке методом конфликтных точек между потоками транспортных средств; даны практические рекомендации по выбору взаимного соотношения временных отрезков между запрещающими сигналами: «желтым» и «красный с желтым».

Ключевые слова: *промежуточный такт цикла работы светофорного объекта, не прибегая к экстренному торможению, безопасность дорожного движения.*

Решение общих задач беззаторного и безопасного прохождения автомобильным транспортом элементов улично-дорожной сети – одна из важнейших проблем, связанных с эксплуатационными потерями в транспортном движении. Повышение эффективности работы светофорного объекта неразрывно связано с оптимизацией пропускной способности всего регулируемого узла УДС, включающей рациональное и полное использование цикла работы светофорного объекта, приведение в соответствие с нормативными документами таких элементов дороги, как ширина проезжей части, ширина и количество полос, предназначенных для движения транспортных средств; организацию и обустройство дороги островками безопасности и направляющими островками; установку дорожных знаков и нанесение дорожной разметки. При этом расчет цикла работы светофорного объекта является одним из немногих возможных мероприятий, позволяющих повысить эффектив-

ность работы автомобильных перевозок и уменьшить вероятность совершения дорожно-транспортных происшествий при минимальных финансовых затратах. Это может быть достигнуто за счет более правильного расчета основного и промежуточного тактов работы светофорного объекта.

В соответствии с назначением промежуточного такта его длительность должна быть такой, чтобы автомобиль, подходящий к перекрестку на зеленый сигнал со скоростью свободно движения, при смене сигнала с зеленого на желтый смог либо остановиться у стоп-линии, либо успеть освободить перекресток. Остановится у стоп-линии автомобиль сможет только в том случае, если расстояние от него до стоп-линии на проезжей части будет ровно или больше остановочного пути.

Таким образом, если рассматривать крайний случай, когда автомобиль в момент смены сигналов находился от стоп-линии на расстоянии остановочного пути, то длительности промежуточного такта должна включить в себя не только время, необходимое для освобождения автомобилем перекрестка, но и время его движения в пределах расстояния, равного остановочному пути. С другой стороны, автомобилю, начинающему движение в следующей фазе также необходимо определенное время, чтобы достигнуть точки конфликта с автомобилем предыдущей фазы. Это способствует уменьшению длительности промежуточного такта. Учитывая, что время проезда расстояния, равного остановочному пути, состоит из времени реакции водителя на смену сигналов светофора и времени торможения, можно в общем виде представить формулу промежуточного такта

$t\text{ni}=tPK + tT + ti + t(i + 1),$

где tni - длительность промежуточного такта в данной фазе регулирования, с;

tPK - время реакции водителя на смену сигналов светофора, с;

tT - время необходимое автомобилю для проезда расстояния, равного тормозному пути, с;

ti - время движения автомобиля до самой дальней конфликтной точки, ДКТ, с;

$t(i+1)$ - время, необходимое для проезда от стоп-линии до ДКТ автомобилю, начинающему движение в следующей фазе.

Так как составляющие tPK и $t(i+1)$ в большинстве случаев по значению близки друг к другу, на практике обычно их исключают из расчета. С учетом этого обстоятельства, формулу для определения длительности промежуточного такта можно представить в следующем виде:

$$tni = \frac{Va}{7.2aT} + 3.6 * (Li + La)/Va,$$

где Va - средняя скорость транспортных средств при движении на подходе к перекрестку и зоне перекрестка без торможения (с ходу), км/ч;

aT-среднее замедление транспортного средства при включении запрещающего сигнала;

Li- расстояние от стоп-линии до самой ДКТ, м;

La-длина транспортного средства, наиболее часто встречающегося в потоке, м.

$$tni = \frac{30}{7.2 * 4} + 3.6 * \frac{5 + 3.5}{3} = 3c$$

Обычно промежуточный такт обозначается желтым сигналом в направлении, где ранее (во время основного такта) осуществлялось движение. Учитывая, что в период его действия возможно движение транспортных средств, водители которых, находясь в непосредственной близости от стоп-линии, не смогли своевременно остановиться в момент его включения, длительность желтого сигнала $tж$ не должен быть менее 3с. С другой стороны, с позиции

безопасности движения (для предотвращения злоупотребления водителями правом проезда на желтый сигнал) его длительность не делают 4с.

В качестве промежуточного такта выбирают наибольшее значение из

$$tn = 4c$$

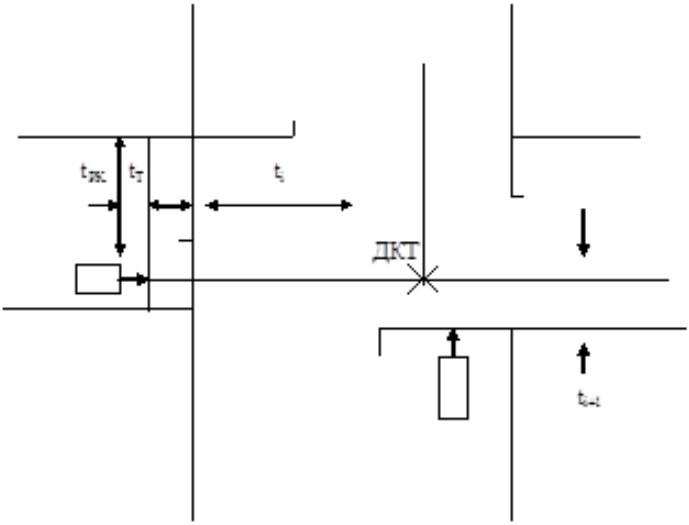

Рис.1. Составляющие промежуточного такта

Известно, что безопасность движения на перекрестке зависит от количества движения, их относительной интенсивности, числа точек пересечений, разветвлений и слияний потоков, а также от расстояний между этими конфликтными точками. Чем больше автомобилей проходит через конфликтную точку, тем больше вероятность возникновения в ней ДТП, основной причиной которых являются ошибки водителей при проезде опасной зоны. При этом вероятность происшествий тем выше, чем больше автомобилей проходит через ту или иную конфликтную точку.

Опасность конфликтной точки оценивается по возможной аварийности в ней (количество ДТП за 1 год) по формуле:

$$qi = \frac{kmn25}{Kr} * 10^{-7}$$

где k - относительная аварийность конфликтной точки;

m, n - интенсивности движения двух потоков в данной конфликтной точке, авт./сут.;

Kr - коэффициент годовой неравномерности движения зависит от месяца проведения.

Числовой коэффициент 25 введен в формулу для учета среднего количества рабочих дней в месяц, в течение которых загрузка дорог выше, чем в нерабочие дни. При расчетах, проводимых для существующих дорог, коэффициент Kr принимают для месяца, в который проводился учет интенсивности движения (для месяца ноябрь, принимается коэффициент $Kr = 0{,}08$) Значения m и n выбирается случайным образом в зависимости от направлений движения в конфликтной точке среднегодовой суточной интенсивности.

Степень опасности оценивается показателем безопасности движения, показывающем количество ДТП на 10 млн. автомобилей, прошедших через перекресток и характеризует степень обеспечения безопасности движения на перекрестке

$$Ka = \frac{Q*10^7 Kr}{N\text{ис}+N\text{п}} * 25,$$

где Nис - интенсивность на исследуемой дороге, авт./сут.;

Nп - интенсивность на пересекаемой или примыкающей дороге;

Kr - коэффициент годовой неравномерности движения.

Используя эту формулу, получаем

$$Ka = 31{,}4$$

При продолжительности промежуточного такта 7 и более секунд, его структура будет формироваться из трех составляющих. Первая из 3-х секундного запрещающего «желтого» сигнала для направления транспортных средств, завершающих проезд перекрестка, вторая представит собой включение запрещающего «красного» сигнала для всех конфликтующих направлений, и третья составляющая промежуточного такта будет представлена запрещающим сигналом «красный с желтым», для направления, начинающего движение через перекресток. Продолжительность третьей составляющей будет равна 2 сек.

Стартовая задержка обусловлена частым явлением начала движения водителей транспортных средств не на момент включения разрешающего «зеленого» сигнала светофора, а с некоторым запаздыванием. С точки зрения продолжительности основного такта, данное время стартовой задержки будет «потерянным временем». Уменьшение продолжительности промежуточного такта на величину «стартовой задержки» позволит в некоторой степени компенсировать «потерянное время».

Наиболее рациональным принято считать продолжительность времени промежуточного такта 3-5 сек. Объясняется это достаточностью секунд для психологической оценки ситуации и принятия решения о завершении проезда перекрестка или принятия мер к остановке, а также психологически достаточных 2-х секунд на включение сигнала «красный с желтым» для подготовки водителей к смене запрещающего сигнала на разрешающий, дающих в сумме 5 секунд. При необходимости, более продолжительный период запрещения движения может быть организован только за счет одновременного запрета движения в обоих конфликтующих направлениях, т.е. включения общего запрещающего красного сигнала. Анализ показывает, что увеличение общего перекрытия движения в обоих конфлик-

тующих направлениях на более длительный отрезок времени (более 1 секунды) ведет, нередко, к нарушению водителями Правил дорожного движения, что проявляется в начале движения на запрещающий «красный с желтым» сигнал светофора.

При расчете промежуточного такта необходимо учитывать, тот факт, что в период промежуточного такта заканчивают движение и пешеходы, ранее переходившие проезжую часть на разрешающий сигнал светофора. За время tm пешеход должен или вернуться на тротуар, откуда он начал движение, или дойти до середины проезжей части (островка безопасности, разделительной полосы, линии, разделяющей потоки встречных направлений). Максимальное время, которое потребуется для этого пешеходу определяется по формуле:

$$tm = B/(4 * Vn)$$

где B-ширина проезжей части, пересекаемой пешеходами в i-ой фазе регулирования, м; Vn-расчетная скорость движения пешеходов, м/с (обычно принимается 1,3 м/с).

Таким образом, предложенный расчет промежуточного такта работы светофорного объекта, должен позволить, с одной стороны, оптимизировать процесс преодоления транспортным потоком одного из наиболее сложных участков улично-дорожной сети, с другой, повысить безопасность за счет минимизации количества конфликтных точек.

Список литературы

1. Крюков А.О. Оценка безопасности движения методом конфликтных точек на перекрестке возле ТОГУ // Электронное научное издание «Ученые заметки ТОГУ». – 2012. – С. 43.

2. Городокин В.А. Расчет промежуточного такта цикла работы светофорного объекта // Вестник Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии. – 2015.
3. Михеева Т.И. Модели наследования в системе управления дорожным движением // Информационные технологии. – 2001. – № 7. – С. 50-54.

Михеева Т.И., Учаева Е.В.
ИССЛЕДОВАНИЕ ТРАНСПОРТНОГО УЗЛА

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва

В данной статье рассмотрен пример исследования перекрёстка города Самары и соответствующего перегона. На перекрёстке подсчитана интенсивность и светофорный цикл. Также составлены ориентированный и взвешенный граф этого перекрёстка.

Ключевые слова: *транспортный узел, интенсивность транспортного потока, светофорный цикл, взвешенный граф.*

Актуальность данного исследования заключается в том, что для современных условий России характерны высокие темпы автомобилизации населения, приводящей к высокому уровню загрузки как улично-дорожной сети городов (УДС), так и сетей дорог общего пользования, в результате этого на территории крупных городов происходит исчерпание пропускной способности как самой УДС в целом, так и в ее узлах, представленных различными видами пересечений и развязок.

Игнорирование закономерностей развития транспортной сети и распределение загрузки ее участков приводит к частому образованию транспортных пробок, перегрузке или недогрузке отдельных линий и узлов сети, повышению уровня аварийности. Для поиска эффективных стратегий

управления транспортными потоками в мегаполисе, оптимальных решений по проектированию улично-дорожной сети и организации дорожного движения необходимо учитывать широкий спектр характеристик транспортного потока [4].

От уровня развития сети автомобильных дорог во многом зависит достижение устойчивого экономического роста, повышение конкурентоспособности отечественных производителей и улучшение качества жизни населения, укрепление национальной безопасности государства и интеграция транспортного комплекса России в международную транспортную систему. Для рационального распределения денежных средств, выделяемых на развитие и содержание сети автомобильных дорог, для оптимизации методов организации дорожного движения на автомобильных дорогах, для повышения пропускной способности и безопасности движения транспортных средств и пешеходов необходима точная и достоверная информация о состоянии автомобильных дорог [5].

В данной статье рассмотрен пример исследования одного из перекрёстков города Самары и соответствующего перегона. На перекрёстке подсчитана интенсивность и светофорный цикл. Также составлены ориентированный и взвешенный граф этого перекрёстка.

Исследуемый перекрёсток – это пересечение ул. Вольская с ул. Ново-Вокзальная. Исследуемый перегон: от ул. Вольская х ул. Ново-Вокзальная до ул. Ново-Вокальная х ул. Свободы. Рисунок 1, скопированный с Яндекс.Карт, отображает выбранный перекрёсток.

Для начала посчитана интенсивность транспортного потока. Интенсивность движения транспортных средств в данной статье рассматривается как количество транспортных средств, проходящих через поперечное сечение доро-

ги в определенном направлении или направлениях в единицу времени [1].

Для получения интенсивности движения, в каждой из четырёх точек перекрёстков в течение 15 минут были подсчитаны величина транспортного потока, движущегося по трём направлениям относительно точки наблюдения: направо, прямо или налево, и количество пешеходов. Затем данные сводятся в таблицу, распределяющую их по видам транспорта, направлениям и времени проведения подсчёта.

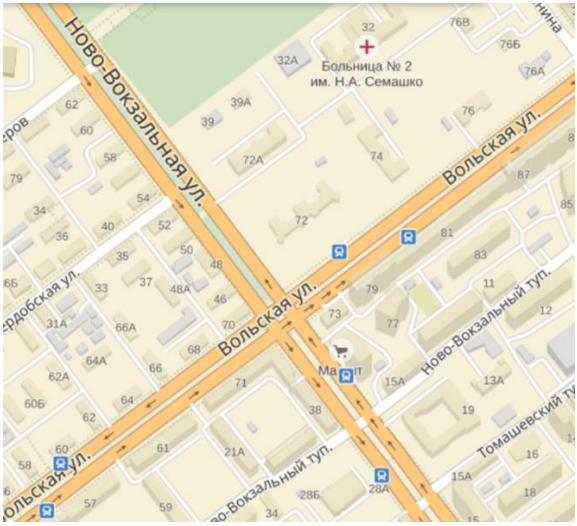

Рис.1. Исследуемый перекрёсток

Далее все полученные значения умножаются на 4 и получается интенсивность за час. Для получения интенсивности в приведенных единицах интенсивность каждого вида транспорта умножена на соответствующий ему коэффициент приведения. Поделив перекресток на 3 сечения и посчитав интенсивность каждого сечения в приведенных единицах, получили суточную среднегодовую интенсивность. На рисунке 2 схематично отображены результаты проведённых расчётов.

Вторым этапом подсчитан светофорный цикл, который рассматривается как периодически повторяющаяся совокупность всех фаз светофорного регулирования. Поскольку интенсивность транспортных потоков меняется в зависимости от времени суток, дня недели, сезона, то возникает необходимость периодического изменения режима светофорного регулирования. Эффективность светофорного регулирования возможна лишь при условии обоснованной установки светофорных объектов и подбора оптимальных параметров их работы: такта, фазы, цикла.

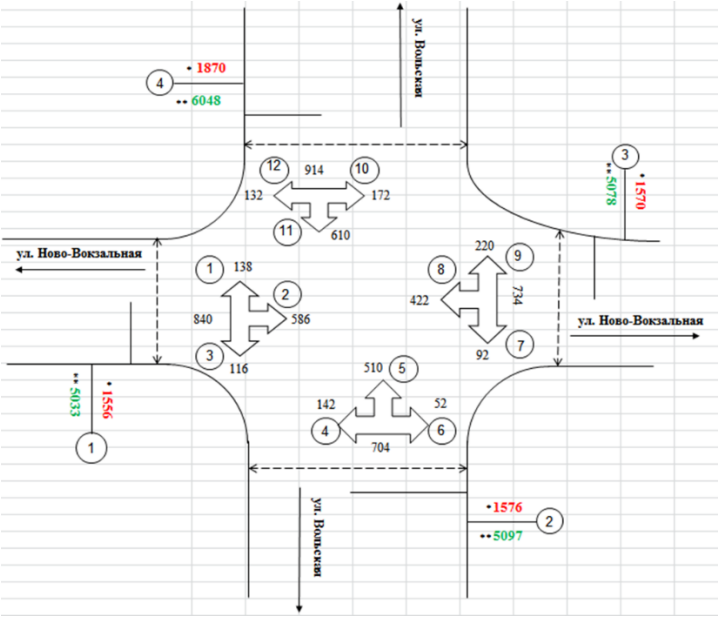

Рис.2. Интенсивность транспортных потоков Вольская ул. х Ново-Вокзальная ул.

*Значения с одной * –часовая интенсивность.*

*Значения с двумя ** – суточная среднегодовая интенсивность.*

Структура светофорного цикла и его длительность, рассчитываются в зависимости от:

- входящей интенсивности транспортного и пешеходного движения на перекрёстке;

- от пропускной его способности;
- других характеристик дорожного пересечения.

Эффективным считается светофорный цикл, в котором каждый такт имеет минимально необходимую продолжительность. Именно такая структура светофорного цикла способна обеспечить бесперебойное движение транспорта, отсутствие пробок и удобство пешеходного перехода проезжей части [2].

На рисунке 3 представлена дислокация светофоров на исследуемом перекрёстке.

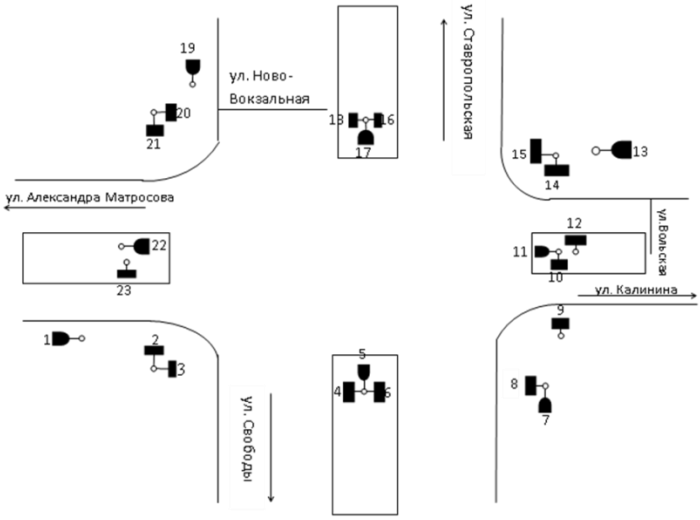

Рис.3. Дислокация светофорных объектов

Все светофоры разделены на 2 группы: транспортные и пешеходные. И каждая из этих групп разделена ещё на две подгруппы, которые будут объединять светофоры, горящие одинаковыми цветами в одинаковые промежутки времени. Так группа №1 состоит из транспортных светофоров с номерами 1, 11, 13 и 22, а группа №2 из транспортных светофоров с номерами 5, 7, 17 и 19.

Так как на перекрёстке есть островки безопасности, то светофоров для пешеходов было установлено больше. По-

этому группа №3 состоит из светофоров с номерами 2, 9, 10, 12, 14, 21 и 23. Остальные – группа №4.

Далее составлены графы и матрицы примыкания. Граф определим, как множество вершин (узлов), соединенных ребрами (дугами). Было принято следующее обозначение графа: G = (V, E), где V – множество вершин, E – множество дуг [3].

На рисунке 4 представлен ориентированный граф, ребра которого имеют направление, т.е. являются дугами. Взвешенный граф представлен на рисунке 5 и рассмотрен как граф, ребра которого имеют вес, то есть числовое значение, интенсивность в приведенных единицах.

Составленная матрица примыканий является двумерным массивом, в котором по вертикали указаны исходные вершины, по горизонтали – конечные. В ячейках матрицы ориентированного графа ставится 0, если из соответствующей исходной вершины нельзя пройти в соответствующую конечную вершину, и 1, если из соответствующей исходной вершины можно пройти в соответствующую конечную вершину.

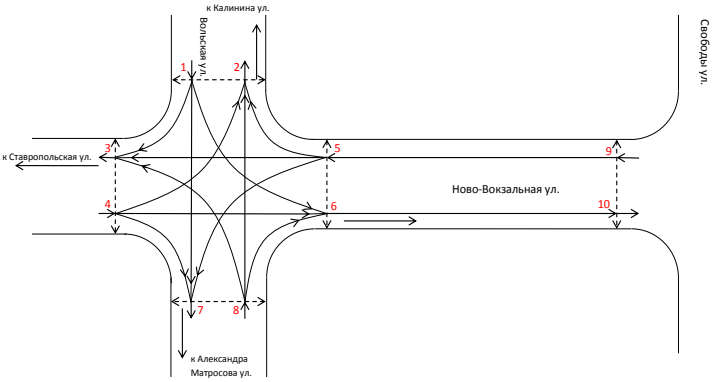

Рис.4. Ориентированный граф Вольская х Ново-Вокзальная

Ячейка матрицы взвешенного графа содержит знак бесконечности ∞, если ребро отсутствует. Во всех остальных случаях значение ячейки равно весу, т. е. интенсивности. Матрица примыкания ориентированного графа представлена в таблице 1. В таблице 2 представлена матрица примыкания взвешенного графа.

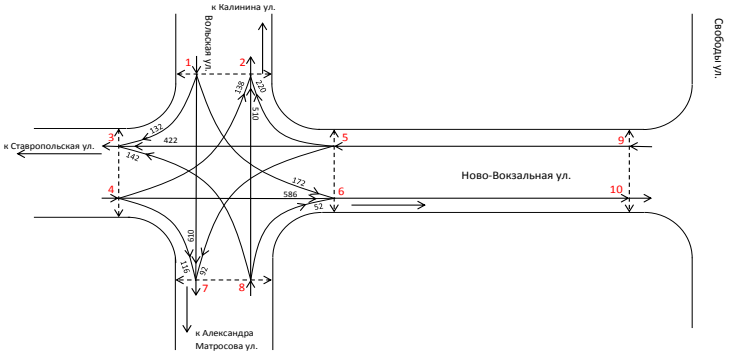

Рис.5. Взвешенный граф Вольская ул. х Ново-Вокзальная ул. (2016.09.28, среда, утро)

Таблица 1. Матрица примыкания ориентированного графа Вольская ул. х Ново-Вокзальная ул.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0
5	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0
9	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Все собранные и представленные выше данные являются характеристикой транспортного потока, в частности, за утренний период с 8:10 до 9:24 в среду 28 сентября 2016 года. Подобные параметры должны учитываться в проектировке улично-дорожной сети и организации дорожного движения.

Таблица 2. Матрица примыкания взвешенного графа Вольская ул. х Ново-Вокзальная ул.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	0	∞	132	∞	∞	172	610	∞	∞	∞
2	∞	0	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞
3	∞	∞	0	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞
4	∞	138	∞	0	∞	586	116	∞	∞	∞
5	∞	220	422	∞	0	∞	92	∞	∞	∞
6	∞	∞	∞	∞	∞	0	∞	∞	∞	I
7	∞	∞	∞	∞	∞	∞	0	∞	∞	∞
8	∞	510	142	∞	∞	52	∞	0	∞	∞
9	∞	∞	∞	∞	I	∞	∞	∞	0	∞
10	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	0

Данная работа наглядно показывает, как всё взаимосвязано на дорогах и что на что влияет. Это было исследование лишь одного перекрёстка города, но для улучшения качества дорог, соответствия их пропускных способностей современным требованиям нужно провести подобные исследования всей УДС и её узлов. Такого рода работы будут являться решением проблемы повышения эффективности организации дорожного движения на территории России.

Список литературы

1. Транспортный поток [электронный ресурс] / Википедия. – URL: ru.wikipedia.org/wiki/Транспортный_поток.

2. Структура светофорного цикла. Расчёт светофорного цикла. [электронный ресурс] / ArteryLite. – URL:www.arterylite.ru/resources/svetofornyiy-tsikl-chto-eto-takoe/
3. Михеева Т.И. Построение математических моделей объектов улично-дорожной сети города с использованием геоинформационных технологий // Информационные технологии. 2006. №1. С. 69-75.
4. Боярский С.Н. Повышение эффективности функционирования пересечений автомобильных дорог с высоким значением коэффициента загрузки движением: автореф. дис. канд. техн. наук. Екатеринбург, 2015. – 18 с.
5. Михеева Т.И., Ключников В.А., Головнин О.К. Методы и алгоритмы экспертизы объектов транспортной инфраструктуры // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – №6. – С. 177-185.

Тихонов А.Н., Соколова А.Н.
СОЗДАНИЕ ЭЛЕКТРОННЫХ КАРТ В ГЕОИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЕ

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва

В статье рассматриваются геоинформационные системы на примере ITSGIS. Приведена работа в ITSGIS: создание объектов карты и привязка номера домов.

Ключевые слова: *геоинформационная система, географическое координирование данных, карта, организации.*

Геоинформационные системы и технологии

ГИС – это система аппаратно-программных средств и алгоритмических процедур, созданная для цифровой под-

держки, пополнения, управления, манипулирования, анализа, математико-картографического моделирования и образного отображения географических координированных данных[1].

ГИС общего назначения, в числе прочего, обычно выполняет пять процедур (задач) с данными: ввод, манипулирование, управление, запрос и анализ, визуализацию.

Ввод. Для использования в ГИС данные должны быть преобразованы в подходящий цифровой формат. Процесс преобразования данных с бумажных карт в компьютерные файлы называется оцифровкой.

Манипулирование. Для совместной обработки и визуализации все данные удобнее представить в едином масштабе и одинаковой картографической проекции. ГИС-технология предоставляет разные способы манипулирования пространственными данными и выделения данных, нужных для конкретной задачи.

Управление. При увеличении объема информации и росте числа пользователей для хранения, структурирования и управления данными эффективнее применять системы управления базами данных (СУБД), специальные компьютерные средства для работы с интегрированными наборами данных (базами данных). В ГИС наиболее удобно использовать реляционную структуру, при которой данные хранятся в табличной форме.

Запрос и анализ. Современные ГИС имеют множество мощных инструментов для анализа, среди них наиболее значимы два: анализ близости и анализ наложения. Для проведения анализа близости объектов относительно друг друга в ГИС применяется процесс, называемый буферизацией. Процесс наложения включает интеграцию данных, расположенных в разных тематических слоях. В простейшем случае это операция отображения, но при ряде аналитических операций данные из разных слоев объединяются

физически. Наложение, или пространственное объединение, позволяет, например, интегрировать данные о почвах, уклоне, растительности и землевладении со ставками земельного налога.

Визуализация. Для многих типов пространственных операций конечным результатом является представление данных в виде карты или графика. С их помощью визуализация самих карт может быть легко дополнена отчетными документами, трехмерными изображениями, графиками, таблицами, диаграммами, фотографиями и другими средствами, например, мультимедийными [2,3,4].

Система ITSGIS

ITSGIS – это геоинформационная система с многослойной электронной картой города, обеспечивающая работу с различными геообъектами городской инфраструктуры, специализированными геообъектами (ДТП, места концентрации ДТП, места работ, ведущихся на улично-дорожной сети, и др.) [5].

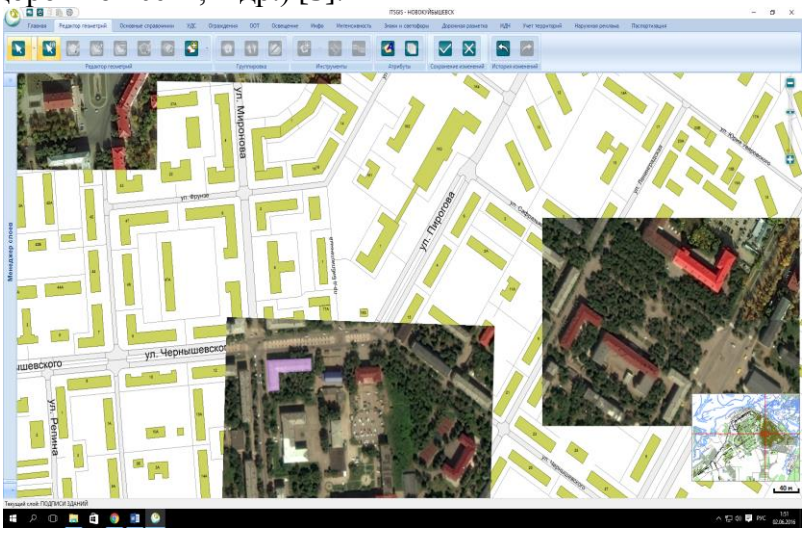

Рис. 1. Интерфейс программы

Выполнение работы в системе ITSGIS

На лабораторных работах по дисциплине «интеллектуальные транспортные системы» нами рассматривался процесс работы в системе ITSGIS. Была выполнена работа по привязке названий улиц к соответствующим улицам, созданию и нумерации домов, привязке номеров к домам, внесению перечня организаций в информацию о здании.

Привязка названий улиц.

Шаг 1. В меню «основные справочники» выбираем «связать улицу и геометрию» (рисунок 2).

Шаг 2. Ввод данных в выплывающее окно. Выбираем слой, область, населенный пункт и улицу (рисунок 3).

Шаг 3. Выбираем на карте соответствующую улицу, она выделяется красным и в окне высвечивается ее id (рисунок 4).

Шаг 4. Кликаем кнопку «Добавить». Привязка названия к улице создана.

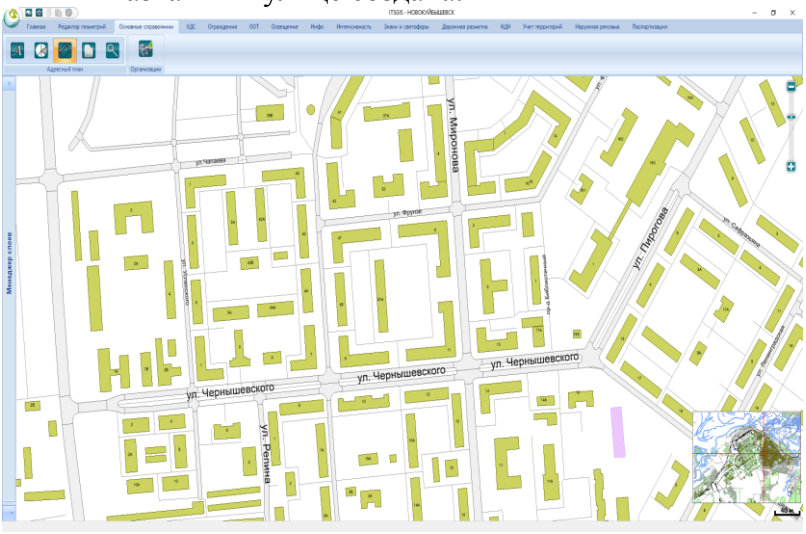

Рис. 2. Связывание улицы и геометрии

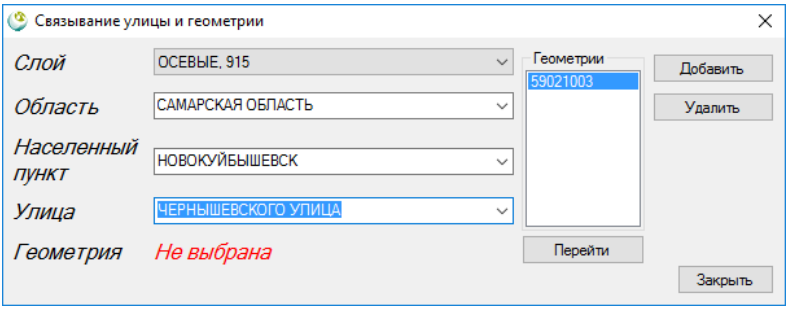

Рис. 3. Выбор слоя, области, населенного пункта

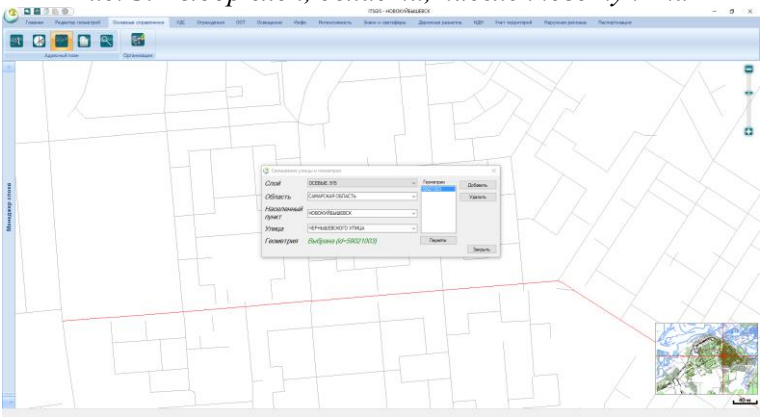

Рис. 4. Привязка соответствующей улицы

Создание и нумерация зданий

Шаг 1. В меню «редактор геометрии» выбираем «добавить геометрию», в выплывающем меню выбираем «добавить полигон» (рисунок 5).

Шаг 2. С помощью мышки сознаем очертание здания, редактируем стиль по подобию уже созданных на карте зданий (рисунок 6).

Шаг 3. Для указания номера здания в меню «редактор геометрии» выбираем «добавить геометрию», в выплывающем меню выбираем «добавить текст» (рисунок 7).

Шаг 4. В выплывающем окне вносим необходимый номер дома (рисунок 8).

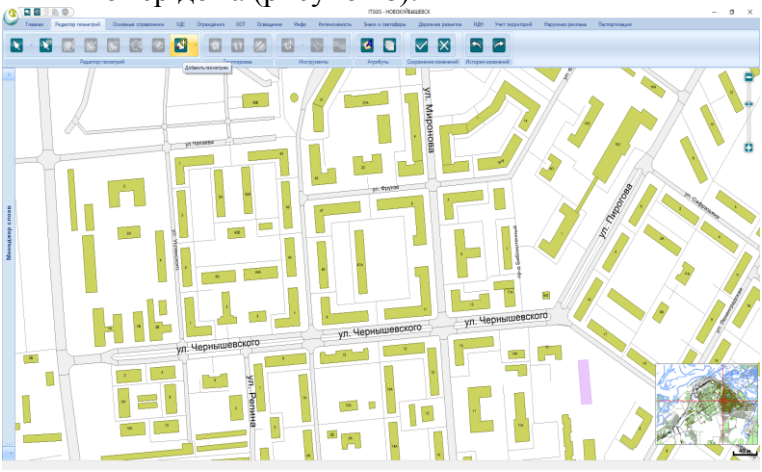

Рис. 5. Добавление геометрии

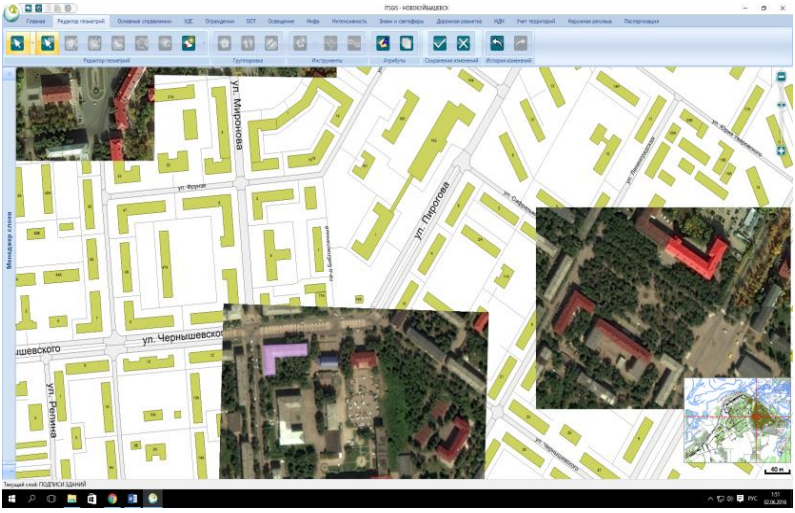

Рис. 6. Создание очертаний здания

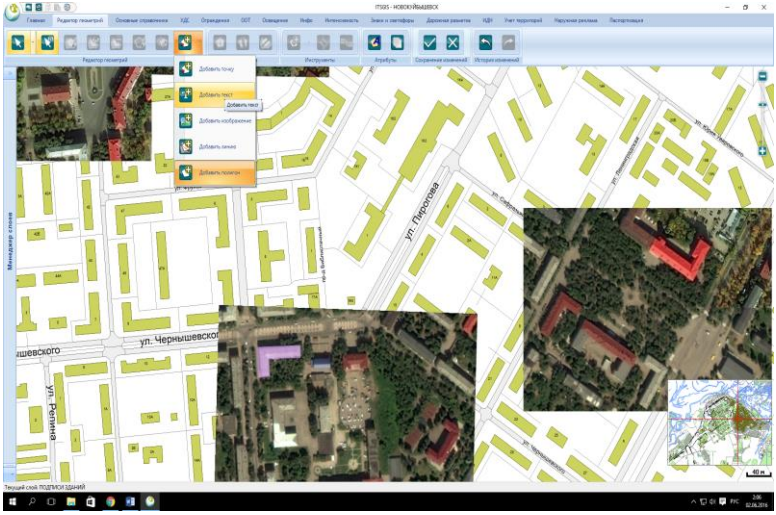

Рис. 7. Добавление текста

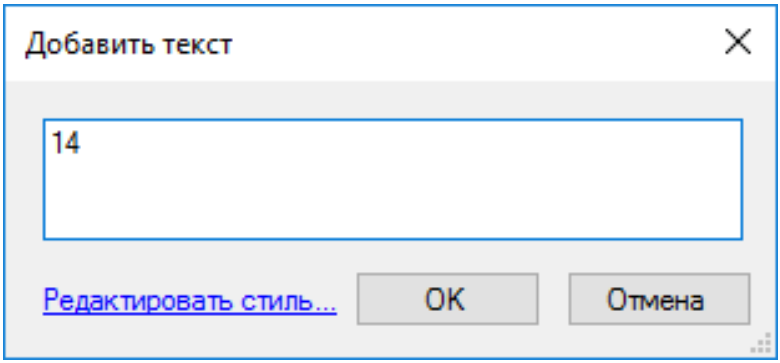

Рис. 8. Нумерация дома

Были изучены основные навыки работы в геоинформационной системе. Освоены навыки создания объектов карты, такие как создание сооружения, привязка номера домов.

Список литературы

1. Берлянт А.М. Геоинформационное картографирование. – М.: МГУ, 1997. – 64 с.
2. Кольцов А.С., Федорков Е.Д. Геоинформационные системы: учеб. пособие. – Воронеж: Воронежский государственный технический университет. – 2006. – 203 с.
3. Королев Ю.А. Общая геоинформатика. – М.: Дата+, 2001.
4. Соловьев Ю.А. Системы спутниковой навигации. – М.: Эко-Тренд, 2000. – 268 с.
5. Геоинформационная система «ITSGIS». – URL: itsgis.ru.

СОДЕРЖАНИЕ

Филиппова А.С., Филиппов Д.В. СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ РЕШЕНИЙ В ЗАДАЧАХ ТРАНСПОРТНОЙ ЛОГИСТИКИ 3

Федосеев А.А. ИММАНЕНТНЫЕ СВОЙСТВА ОБЪЕКТОВ ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ..... 12

Гусарова М.В. МОДЕЛИРОВАНИЕ НЕШТАТНЫХ СИТУАЦИЙ НА ДОРОГЕ 23

Федосеев А.А. МЕТОД СИНТЕЗА ТЕМАТИЧЕСКОГО СЛОЯ ТРАНСПОРТНОЙ СЕТИ НА ОСНОВЕ ДАННЫХ ДЗЗ ИЗ КОСМОСА 28

Майоров Е.Р., Уварова Л.А., Сапрыкин О.Н. ПОСТРОЕНИЕ МОДЕЛИ ПЕРЕДВИЖЕНИЯ НАСЕЛЕНИЯ ПО ГОРОДУ САМАРА 49

Головнин О.К., Гуськов Р.С. ПОДСЧЕТ ИНТЕНСИВНОСТИ ТРАНСПОРТНЫХ И ПЕШЕХОДНЫХ ПОТОКОВ НА ПЕРЕКРЕСТКЕ..... 55

Тихонов А.Н., Николаева В.В. ДИСЛОКАЦИЯ ДОРОЖНЫХ СВЕТОФОРОВ В ГЕОИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЕ ITSGIS 63

Картак В.М., Рамазанова Р.Р., Безрученко М.Ю. МОДЕЛИ И МЕТОДЫ РЕШЕНИЯ ОДНОЙ ЗАДАЧИ ТРАНСПОРТНОЙ ЛОГИСТИКИ..... 74

Капустин И.В., Полукаров Д.Ю. РЕАЛИЗАЦИЯ ГРАФОВЫХ СТРУКТУР ДАННЫХ С ПОМОЩЬЮ БИБЛИОТЕК JAVASCRIPT 81

Пазухина А.О., Прокофьев Д.А., Золотовицкий А.В. ПОСТРОЕНИЕ АДРЕСНОГО ПЛАНА ПОСЕЛКА ГОРОДСКОГО ТИПА АЛЕКСЕЕВКА В ПРОГРАММНОЙ СРЕДЕ ITSGIS 89

Огина О.В. ДИСЛОКАЦИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ОРГАНИЗАЦИИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ В РАЙОНАХ РАСПОЛОЖЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ УЧРЕЖДЕНИЙ..... 96

Остроглазов Н.А., Ткач Е.М. ПОСТРОЕНИЕ ТРАНСПОРТНОЙ МОДЕЛИ ГОРОДА В СРЕДЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ГЕОИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ITSGIS..... 105

Михеев С.В., Ивлева Е.С. РАСЧЕТ ПРОМЕЖУТОЧНОГО ТАКТА ЦИКЛА РАБОТЫ СВЕТОФОРНОГО ОБЪЕКТА 113

Михеева Т.И., Учаева Е.В. ИССЛЕДОВАНИЕ ТРАНСПОРТНОГО УЗЛА..... 120

Тихонов А.Н., Соколова А.Н. СОЗДАНИЕ ЭЛЕКТРОННЫХ КАРТ В ГЕОИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЕ..... 128

Научное издание

IT & TRANSPORT
ИТ & ТРАНСПОРТ
Сборник научных статей

Редакционная коллегия
Михеева Т.И. – главный редактор;
Головнин О.К. – ответственный редактор;
Прохоров С.А., Зеленко Л.С., Михеев С.В., Сапрыкин О.Н.,
Остроглазов Н.А.

Издательство «ИнтелТранС»

Подписано в печать 26.12.2016.
Формат 60x84 1/16.
Бумага офсетная. Печать офсетная.
Гарнитура Times New Roman. Усл. печ. л. 8,02.
Тираж 100 экз.

Группа компаний «ИнтелТранС»

Отпечатано в типографии ГК «ИнтелТранС»
443086, г. Самара, ул. Мичурина, 126