

УДК 656.02

Лебедева Ольга Анатольевна,
к.т.н., доцент кафедры «Управление на автомобильном транспорте»,
ФГБОУ ВО «Ангарский государственный технический университет»,
тел.: +7(952)6326611, e-mail: kravhome@mail.ru

ЗАДАЧА ОПТИМИЗАЦИИ АВТОБУСНОГО МАРШРУТА С ПРИМЕНЕНИЕМ ГЕОИНФОРМАЦИОННОЙ СРЕДЫ

Lebedeva O.A.

THE PROBLEM OF OPTIMIZING BUS ROUTE USING GEOINFORMATION ENVIRONMENT

Аннотация. Система общественного транспорта характеризуется сложной транспортной сетью, пересекающимися маршрутами и разрозненностью остановочных пунктов. В этой связи функционирование транспортной системы для обеспечения оптимального планирования автобусных перевозок, является актуальной задачей. Вариантом решения этой задачи может являться многоуровневая модель, которая позволяет представлять сетевые объекты на нескольких пространственных уровнях, вычислять точную временную задержку, и удовлетворять потребности планирования автобусных поездок с различными критериями оптимизации.

Ключевые слова: маршрут, оптимизация, пассажирские перевозки, транспорт.

Abstract. The public transport system is characterized by a complex transport network, intersecting routes and fragmented stopping points. In this regard, the functioning of the transport system to ensure optimal planning of bus transportation is an urgent task. A solution to this problem can be a multi-level model that allows you to represent network objects at several spatial levels, calculate the exact time delay, and meet the needs of planning bus trips with various optimization criteria.

Keywords: route, optimization, passenger transportation, transport.

По мере роста автомобилизации и устойчивого социально-экономического развития городской среды потребности в общественном транспорте возрастают. Важность решения задачи планирования работы общественного транспорта подчеркивается низкой обеспеченностью транспортной инфраструктурой и эффективностью строительства городских дорог, что значительно отстает от роста интенсивности движения. Эта проблема возникла в 1980-х годах, вызванная политикой стимулирования мобильности в крупных городах. Распределение транспортного потока и управление системой общественного транспорта не может ликвидировать транспортные заторы на улично-дорожной сети. Учитывая эти проблемы и опыт развитых стран принята политика «приоритетного развития общественного транспорта», в которой основное внимание уделяется повышению качества функционирования транспортной системы и совершенствованию планирования работы городского транспорта. Транспортная система оказывает большое влияние на региональное развитие, экономическую жизнеспособность, воздействие на окружающую среду и на поддержание

социально приемлемого уровня качества жизни. Для того чтобы городской общественный транспорт стал реальной альтернативой личному транспорту, он должен обеспечивать минимальное время в пути и удобство поездки [1-5].

Рассмотрим многоуровневую модель данных. Большинство приложений геоинформационных систем и транспортных моделей используют упрощенный метод представления автобусного маршрута и линейных остановок, то есть один атрибут включает два направления маршрута, а точка включает две или больше остановок. Для анализа данных в режиме реального времени, необходимо учитывать расписание движения и направления.

Потребность в анализе может возникнуть в городах с высокой интенсивностью. Во-первых, автобусный маршрут может иметь два разных/частично разных маршрута в двух направлениях, это может быть связано с организацией дорожного движения (одностороннее движение; ограничение по типу транспортных средств) или потребностями в часы пик. Во-вторых, в месте пересечения нескольких автобусных маршрутов

может иметься несколько одноименных остановочных пунктов.

Пространственное расположение маршрутов и остановочных пунктов имеет большое значение для планирования работы городского пассажирского транспорта общего пользования с учетом возможных вариантов пересадок. Подробное представление маршрута в двух направлениях отразит реальную сеть и даст конкретное руководство пассажирам при поиске необходимого пути проезда. Для проведения качественного исследования необходимо выделить следующие аспекты:

- маршруты должны быть спроектированы с учетом улично-дорожной сети;
- остановочные пункты, обслуживающие множество маршрутов (более двух остановочных пунктов на одном участке);
- остановочные пункты в случае двухстороннего движения на данном участке должны располагаться по обе стороны улично-дорожной сети.

С учетом вышеприведенных требований возможно применение многоуровневой модели, которая объединяет общественный транспорт в единую структуру и позволяет упростить многомасштабные приложения автобусной транспортной системы для динамического планирования поездок и оперативного управления данными с учетом существующих моделей.

Направленный уровень – самый низкий уровень в многоуровневой структуре, который отличается детализацией, и дает возможность смоделировать и учесть пешеходные переходы между остановками, что играет важную роль в анализе пересадочного процесса. Такое моделирование позволяет представить сложную транспортную структуру системы автобусных перевозок в городах и разработать основу для приложений планирования. Направленная модель данных состоит из непространственных объектов, пространственных функций и сети. В направленном уровне маршруты и остановочные пункты представлены в географических координатах с прикрепленными атрибутами. Маршруты пространственно разграничиваются по геометрическим путям (внешние полосы улично-дорожной сети). Этот уровень подходит для приложений интеллектуальных транспортных систем, управления автобусными перевозками.

При наличии остановочных пунктов в прямом направлении можно смоделировать пешеходные переходы между остановками, а также пересадочный процесс. На основе данных оптимизации пешеходные переходы могут быть идентифицированы, что обычно не учитывается обычными оптимизационными методами.

При оптимизации автобусных перевозок и планировании работы городского общественного транспорта общего пользования необходимо учитывать задержки в процессе пересадки (среднюю задержку использовать не рекомендуется из-за грубой оценки стоимости). В результате пассажир не может получить точную информацию о маршрутах для оптимального планирования поездки.

Оптимизация автобусной поездки позволяет моделировать на направленном географическом уровне с более полной оценкой альтернативные оптимальные маршруты. Для автоматического расчета оптимальных маршрутов, и обеспечения эффективного управления перевозочным процессом, касающегося как времени в пути, так и количества пересадок возможно применение метода оптимизации, представленного в этом исследовании [6, 7].

Система городского пассажирского транспорта общего пользования часто характеризуется сложной транспортной сетью, перекрывающимися маршрутами и разрозненными одноименными остановками. В результате этой специфической характеристики метод оптимизации транспортных поездок сводится к поиску оптимального маршрута.

Цель поездки для пассажира может быть сформулирована по-разному: поездка до пункта назначения с наименьшими затратами; выбор наиболее удобного маршрута; замена экскурсионной поездки. Критерием выбора может быть: расстояние, время в пути, количество пересадок и стоимость билета. Достижение целей поездки делает оптимизацию автобусного маршрута достаточно сложной задачей.

Таким образом, исследование направлено на использование направленной модели данных с целью поиска оптимальных маршрутов общественного транспорта для обеспечения точного руководства транспортной сетью.

Основная цель исследования – повышение точности представления сложных маршрутов и остановок в транспортной системе, а также обеспечение эффективного информационного обслуживания общественного транспорта и надежное руководство. Для достижения глобальной цели конкретизируем пошаговый алгоритм:

- проанализировать функционирование общественного транспорта на направленном пространственном уровне на основе модели данных общественного транспорта;
- адаптировать алгоритм кратчайшего маршрута для поиска нескольких оптимальных путей;
- найти оптимальный маршрут между одной идентифицированной парой корреспонденций на направленном уровне;
- разработать руководство по планированию автобусных маршрутов в транспортной сети.

Вопросы исследования связаны с решением следующих задач [5].

1. Проанализировать особенности интенсивности движения на направленном пространственном уровне данных модели (характеристики многоуровневой модели данных; выбор направленной модели пространственных данных для визуализации сети автобусных маршрутов; особенности автобусных маршрутов и остановок в транспортной сети; апробация модели направленных данных на реальной транспортной сети).

2. Оптимизировать алгоритм кратчайшего маршрута для поиска нескольких вариантов объезда (учитывать атрибуты при оценке альтернатив оптимальной поездки на автобусе; варианты изменения алгоритма для создания несколько оптимальных маршрутов; настройка адаптированного алгоритма на направленную сеть передачи данных).

3. Сгенерировать нескольких оптимальных автобусных маршрутов между одной идентифицированной парой корреспонденций (интеграция алгоритма в ГИС систе-

му; получение географической информации из альтернативных маршрутов).

4. Разработать руководство по планированию поездок с подробной информацией о трансферах для пассажиров автобуса (информация для эффективного управления поездками; интерпретирование альтернативных маршрутов с географическими данными; сравнение альтернативных маршрутов с целью выбора оптимальных маршрутов).

Концептуальную основу исследования можно представить в виде рисунка 1.

Поиск кратчайшего маршрута происходит с учетом выбранного импеданса. В роли импеданса может выступать – минимизация времени с реальным транспортным потоком для определенного времени суток и дня недели или стоимостной показатель.

Количество атрибутов, задействованных при анализе маршрута, не играют роли при выборе пути проезда в транспортной сети.

На рисунке приведен обзор методологии, используемой при оптимизации автобусного маршрута с применением геоинформационной среды исследования (рисунок 2).

Методология оптимизации автобусного маршрута на направленном уровне с использованием ГИС включает три последовательных этапа.

Первый этап направлен на анализ текущего состояния и адаптацию существующих моделей относительно имеющихся данных. В зависимости от конфигурации транспортных систем необходимо учитывать перекрытие маршрутов и сложности в процессе распределения пассажиропотока относительно автобусных остановочных пунктов. Комплексная модель должна отражать ситуацию с пассажиропотоком в режиме реального времени и позволять провести точный анализ выбора оптимальных маршрутов.

Такие требования возможно удовлетворить при использовании многоуровневой модели данных, которая позволит учитывать автобусные маршруты, пассажиропоток, пешеходные маршруты для восстановления целостной картины функционирования транспортной сети.

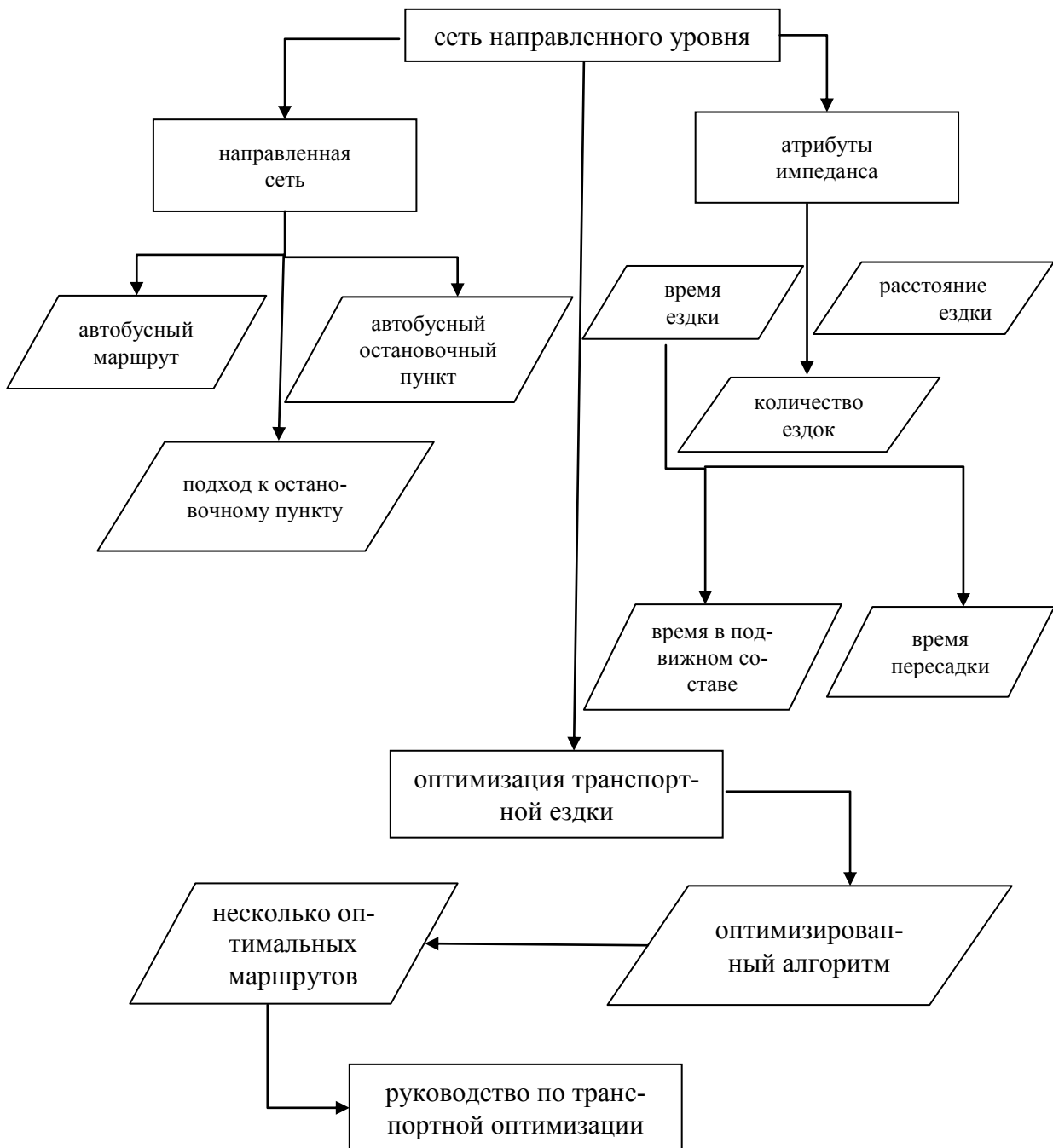


Рисунок 1 – Концептуальная схема исследования

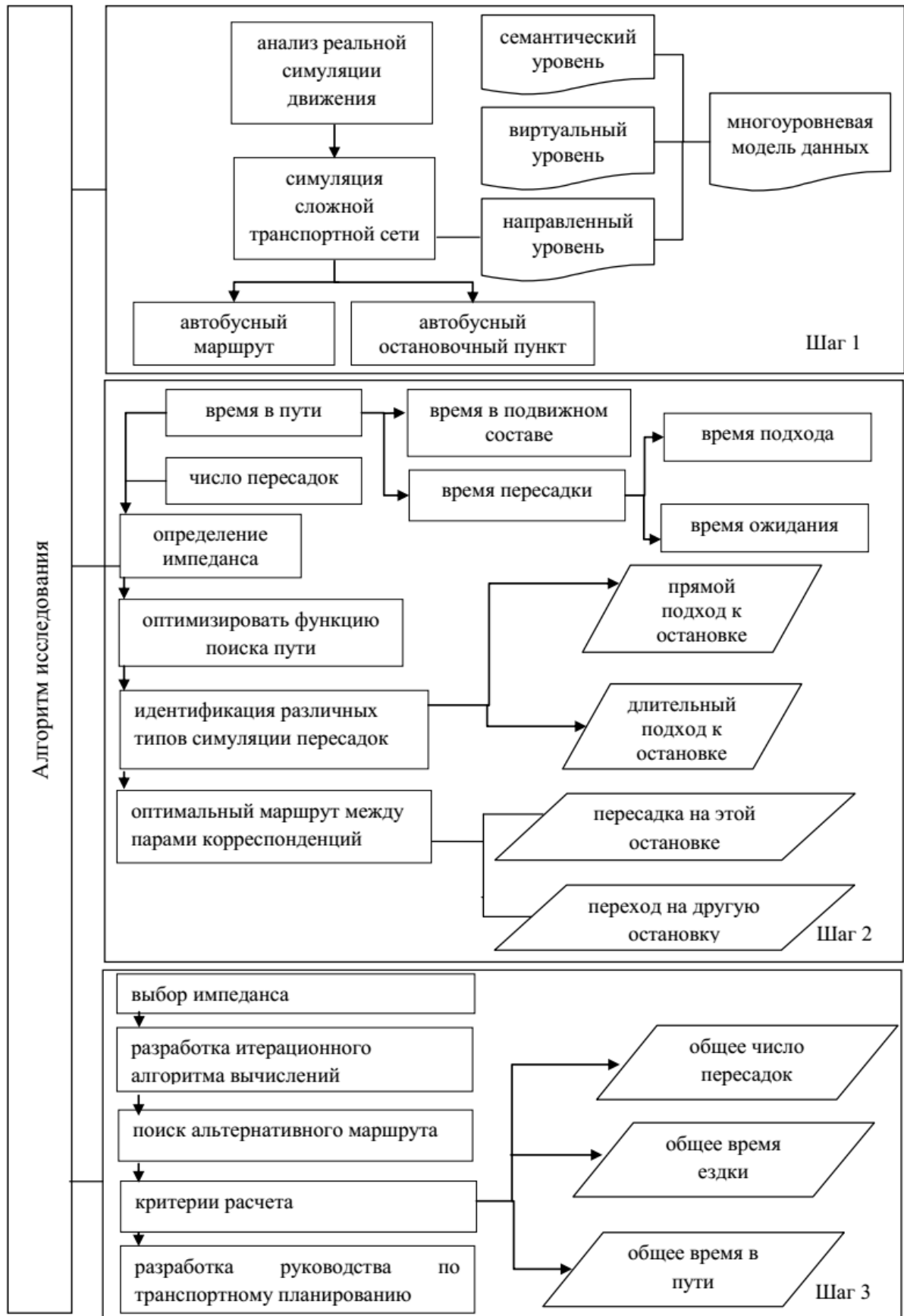


Рисунок 2 – Алгоритм поиска оптимального автобусного маршрута

Второй этап включает определение вариантов поездки и создание оптимального автобусного маршрута. Во время поездок на автобусе приоритетными могут являться разные цели – наименьшее количество пересадок или кратчайшего расстояния и время. Это приводит к различным стратегиям поиска оптимальных поездок: одна ориентирована на количество пересадок, а другая – на расстояние или время. При моделировании функционирования общественного транспорта атрибут времени включает время в подвижном составе и время пересадки. На самом деле время пересадки можно разделить на время пешего подхода (если имеется подход к другому остановочному пункту) и время ожидания. На основе детального уровня в модели можно точно оценить количество пересадок. Оптимизация на основе импеданса по времени это итеративный процесс. При использовании общего алгоритма кратчайшего пути каждый прогон может иметь только одно решение. Но для автобусных поездок обычно существует несколько возможных оптимальных маршрутов. Чтобы получить эти альтернативные маршруты, необходимо использовать алгоритм с функцией сетевого анализа. Пересадка между двумя маршрутами возможна только на остановочных пунктах. С введением остановочных пунктов можно выделить два типа пересадок: пересадка на этом же остановочном пункте и переход на про-

тивоположную сторону улично-дорожной сети к другому остановочному пункту.

Третий этап сводится к поиску альтернативных маршрутов и планированию автобусных маршрутов. На практике из-за перекрытия маршрутов в транспортной сети и пересадочного процесса между остановками городская транспортная система позволяет предложить несколько вариантов решений между парами пунктов. Для поиска оптимальных поездок для пассажиров необходимо разработать процесс поиска альтернативных маршрутов с учетом различных атрибутов, которые возможно изменять автоматически для получения приемлемых результатов. Таким образом, можно получить альтернативные варианты, для оценки которых проводится анализ критериев, учитывая общее время, расстояние и количество пересадок. Применение географических информационных систем повысит возможность поиска оптимальных маршрутов с учетом различных атрибутов, допуская оптимизацию в транспортной сети сложной конфигурации.

В целом, разработка алгоритма поиска оптимального автобусного маршрута с учетом атрибутов является результатом эффективного использования имеющейся информации. Трехэтапная структура применяется как вариант моделирования, который можно использовать в транспортных сетях сложной конфигурации с учетом пересадочного процесса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лебедева О.А. Вопросы функционирования городского пассажирского транспорта // Современные технологии и научно-технический прогресс. 2013. Т. 1. С. 40.
2. Лебедева О.А. Показатели оценки эффективности работы общественного транспорта // Современные технологии и научно-технический прогресс. 2018. Т. 1. С. 108-109.
3. Полтавская Ю.О. Качественные характеристики функционирования городского общественного пассажирского транспорта (ГОПТ) // Сборник научных трудов Ангарского государственного технического университета. 2015. Т. 1. № 1. С. 260-266.
4. Полтавская Ю.О., Крипак М.Н., Гозбенко В.Е. Оценка условий движения транспортных потоков с применением геоинформационных технологий // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. 2016. № 1 (49). С. 155-161.
5. Xia X. Bus Trip Optimization at Directional Level in GIS. MSc Project, International Institute for Geo-Information Science and Earth Observation, Enschede, 2009.
6. Бахирев И.А., Михайлов А.Ю. Оценка условий движения на городских улицах // Градостроительство. 2015. № 4 (38). С. 63-68.
7. Михайлов А.Ю., Левашев А.Г., Шаров М.И. Современные методы оценки качества организации дорожного движения в городах // Депонированная рукопись № 64-B2015 31.03.2015.