

## УПРАВЛЕНИЕ В СОЦИАЛЬНЫХ И ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

УДК 004.9:656.02

### ПОДДЕРЖКА ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В ЗАДАЧАХ ГОРОДСКОЙ ЛОГИСТИКИ НА ОСНОВЕ ДАННЫХ О ТРАНСПОРТНОЙ ЗАГРУЖЕННОСТИ ДОРОГ\*

Статья поступила в редакцию 29.03.2018, в окончательном варианте – 25.06.2018.

**Садовникова Наталья Петровна**, Волгоградский государственный технический университет, 400005, Российская Федерация, г. Волгоград, пр. Ленина, 28, доктор технических наук, профессор, ORCID 0000-0002-7214-9432, e-mail: npsn1@yandex.ru, [https://elibrary.ru/author\\_profile.asp?authorid=427120](https://elibrary.ru/author_profile.asp?authorid=427120)

**Парыгин Данила Сергеевич**, Волгоградский государственный технический университет, 400005, Российская Федерация, г. Волгоград, пр. Ленина, 28, кандидат технических наук, доцент, ORCID 0000-0001-8834-5748, e-mail: dparygin@gmail.com, [https://elibrary.ru/author\\_profile.asp?authorid=842349](https://elibrary.ru/author_profile.asp?authorid=842349)

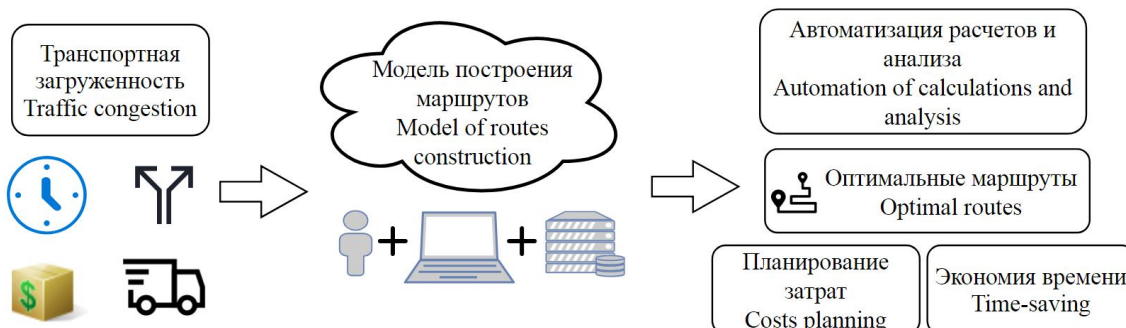
**Потапова Татьяна Александровна**, Волгоградский государственный технический университет, 400005, Российская Федерация, г. Волгоград, пр. Ленина, 28, магистрант, e-mail: tatiana\_potapova@inbox.ru

**Соболев Вадим Олегович**, Волгоградский государственный технический университет, 400005, Российская Федерация, г. Волгоград, пр. Ленина, 28, студент, e-mail: callofdutz@mail.ru

Социально-экономические процессы в любом достаточно крупном городе во многом определяются эффективностью функционирования его транспортной системы и, прежде всего, автомобильных дорог. Обеспечение эффективности принятия и реализации решений по перемещениям в пределах города осложняется высоким уровнем неопределенности ситуации на дорогах; множеством параметров и ограничений, которые необходимо учитывать. В связи с этим при решении задач городской логистики целесообразно использовать специальные методы, в том числе основанные на получении оперативной информации через Интернет; учитывающие неопределенность информации по транспортным потокам, динамику изменения информации. В статье представлен подход к поддержке принятия решений по построению в планируемый период времени оптимальных маршрутов перемещения по городу с учетом информации о транспортной загруженности магистралей, наличии заторов; о пользовательских предпочтениях; других факторах. Разработан web-сервис для анализа транспортной загруженности и выбора оптимальных маршрутов перемещения. Определены оптимальные значения следующих параметров: размер фрагмента карты для считывания данных о текущих скоростях движения автотранспорта; период считывания данных о скоростях движения на дорогах; период времени, учитываемого при расчете средней скорости движения; интервал времени между обновлениями в системе данных о средних скоростях движения. Тестирование разработанного сервиса проведено применительно к планированию перемещений на дорогах г. Волгограда.

**Ключевые слова:** поддержка принятия решений, автотранспортные магистрали, факторы неопределенности, построение маршрута, оптимизация, транспортная загруженность, Волгоград, веб-сервис

#### Графическая аннотация (Graphical annotation)



\* Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научных проектов № 16-07-00388\_а, № 16-07-00353\_а.

SUPPORT OF DESIGN-MAKING IN THE URBAN LOGISTICS TASKS  
BASED ON TRAFFIC CONGESTION DATA

The article was received by editorial board 29.03.2018, in the final version – 25.06.2018.

**Sadovnikova Natalia P.**, Volgograd State Technical University, 28 Lenin Ave., Volgograd, 400005, Russian Federation,

Doct.Sci. (Engineering), Associate Professor, e-mail: npsn1@yandex.ru

**Parygin Danila S.**, Volgograd State Technical University, 28 Lenin Ave., Volgograd, 400005, Russian Federation,

Cand.Sci. (Engineering), Associate Professor, e-mail: dparygin@gmail.com

**Potapova Tatiana A.**, Volgograd State Technical University, 28 Lenin Ave., Volgograd, 400005, Russian Federation,

post-graduate student, e-mail: Tatiana\_potapova@inbox.ru

**Sobolev Vadim O.**, Volgograd State Technical University, 28 Lenin Ave., Volgograd, 400005, Russian Federation,

undergraduate student, e-mail: callofdutz@mail.ru

Social and economic processes in any city that is big enough are largely defined by the efficient functioning of its transport system, and especially its roads. The task of providing for efficient decision-making and implementation of the taken decisions on movement within the city is complicated by a high level of the uncertainty of the situation on the roads; array of parameters and limitations that are to be taken into consideration. When solving urban logistics tasks it is rational to employ special methods, including those based on receiving current information from the Internet; accounting for the fuzziness and uncertainty of information on traffic flows and information changes dynamics. The paper discusses an approach to decision support in the process of building routes for moving around the city taking into account road utilized capacity, traffic congestion and user preferences. It describes the method of constructing an optimal route of travel around the city by car at the planned time that takes into consideration the movement duration and other factors. The authors present the developed web-based service for processing data on traffic congestion and for choosing the best route. The also determine optimal values for tile sizes for reading data on the vehicle's current speeds; the period of reading the data on the traffic speed on city roads; period of time taken into account when calculating the average speed of movement; interval between updates of average speeds. The developed service was tested to plan movement on Volgograd roads.

**Keywords:** decision-making support, motorways, uncertainties, route calculation, optimization, traffic congestion, Volgograd, web-service

**Введение.** Возрастающие требования к качеству городской среды предполагают изменения подходов к решению задач управления городскими процессами и развития городской инфраструктуры. Важным фактором становится возможность предсказывать потребности жителей и бизнес-структур; обеспечивать условия стабильного функционирования всех городских подсистем в самых разных условиях [8, 16]. Для этого необходимы системы поддержки принятия решений, которые позволят снизить неопределенность и уменьшить влияние субъективных факторов в процессе выбора вариантов решения проблем. Задачи управления транспортной логистикой города с каждым годом приобретают все большую актуальность [1]. Транспортные компании, курьеры, службы доставки, организации, занимающиеся обследованием подконтрольной сети торговых и промышленных объектов [7], и многие другие организации регулярно сталкиваются с необходимостью планирования маршрутов перемещения по городу, при этом им необходимо учитывать множество параметров и ограничений. Создание дополнительных возможностей для получения объективной информации, а также применение эффективных методов ее обработки, позволит снизить неопределенность и повысить эффективность принимаемых решений по планированию перемещений по городу [12].

В результате анализа задач городской транспортной логистики были сформулированы следующие задачи, которые требуют решения:

- построение маршрутов движения автотранспорта с учетом ретроспективных данных о транспортной загрузке магистралей города;
- планирование маршрутов заранее, с учетом таких предпочтений пользователя, как промежуток времени начала или окончания движения, время пребывания в пунктах маршрута, способы (последовательность) обхода точек маршрута.

**Анализ существующих сервисов для построения маршрутов.** В последнее время появилось большое количество сервисов и программ, которые могут использоваться для формирования маршрутов движения по городу. Ниже мы отметим лишь наиболее известные.

1. Комплексные специализированные системы типа системы управления транспортом «PSItms» [20], «ИНГИТ: Деловая карта» [5], TopLogistic [21], «БИТ.Управление транспортной логистикой» [3]. К их достоинствам можно отнести возможность выбора пунктов маршрута и планирование времени начала

и конца движения. Однако эти системы требуют установки на стационарный компьютер, настройки и сопровождения и, как правило, ориентированы на использование в больших транспортных компаниях.

2. Веб-сервисы «Яндекс.Карты» [14], «Google Карты» [17], «OSRM-Project», «Как Добраться До», «МегаНавигатор». С их помощью можно планировать маршрут движения с учетом загруженности дорог, однако нельзя сформировать единый маршрут, если существует необходимость обхода заранее заданных точек. Поэтому приходится осуществлять планирование «по сегментам» и задавать для каждого сегмента новую точку отправления.

3. Приложения для навигации и построения маршрутов, такие как «GPS Route Finder» [10], «2ГИС» [9], «Voyager: Route Planner» [11] и др. Они имеют качественные картографические сервисы и возможность использования в автономном режиме. Однако они не приспособлены для решения городских логистических задач ввиду низкой скорости обновления информации и отсутствия возможностей для пользователей по сравнению альтернативных маршрутов.

Поэтому целью данной работы стало совершенствование методов и алгоритмов планирования маршрутов перемещения по городу. При этом предлагается учитывать при построении маршрута данные о транспортной загруженности дорог (типичной для данного места и времени), а также заданные пользователем параметры перемещения.

**Общая характеристика предлагаемого подхода к построению маршрутов перемещения по городу.** Предлагаемый подход включает следующие этапы:

1) выбор пунктов маршрута – пользователь выбирает точку отправления и несколько объектов на карте, в которые ему нужно попасть, а также для объектов можно указать длительности пребывания в них;

2) настройка времени отправления из начальной точки или времени прибытия в конечную точку. Пользователь может выбрать дату отправления или прибытия, указать точное время или допустимый диапазон времени пребывания в точке маршрута – данная настройка позволяет спрогнозировать такое время отправления, при котором время в пути будет минимально, а также спланировать, сколько времени в целом займет движение по маршруту;

3) настройка дополнительных параметров – указывается можно ли менять порядок объектов посещения, и нужно ли оптимизировать маршрут по времени, расстоянию или по совокупности параметров;

4) формирование возможных маршрутов движения;

5) сравнение маршрутов, предлагаемых сервисом (в том числе с отображением их на карте, указанием длительностей перемещения и пр.);

6) выбор оптимального маршрута и его фиксация.

В процессе анализа способов построения оптимального маршрута были рассмотрены следующие алгоритмические решения: метод ветвей и границ [13]; метод локального поиска [6]; алгоритм Литтла [2]; полный перебор возможных вариантов перемещений [4]. В данном случае использование генетических алгоритмов нерационально в связи с относительно небольшим количеством пунктов посещения. Большинство из рассмотренных алгоритмов не учитывают возможные изменения исходных данных при решении задачи, в частности, зависимость загруженности дорог от времени движения по маршруту.

Чтобы реализовать возможность учета изменений дорожной обстановки, был разработан следующий алгоритм на основе метода полного перебора.

1. Если в списке посещенных точек маршрута находятся все точки, то маршрут считается найденным и добавляется в список возможных маршрутов.

2. Если есть непосещенные точки маршрута, а следующая точка для посещения известна, то добавить в рассчитываемый маршрут следующую точку (рис. 1).

3. Если есть еще непосещенные точки, а следующая точка для посещения неизвестна, то для каждой из непосещенных точек:

3.1. Принять непосещенную точку за следующую точку маршрута.

3.2. Создать копию рассчитываемого маршрута.

3.3. Добавить в копию рассчитываемого маршрута следующую точку (рис. 2).

Алгоритм добавления следующей точки для посещения в текущий маршрут движения состоит из следующих шагов.

1. На основе текущей точки маршрута, следующей точки маршрута, матрицы движений между точками со средними скоростями движения и текущего времени движения рассчитывается время движения до следующей точки.

2. Следующая точка маршрута принимается за текущую и добавляется в список посещенных точек маршрута.

3. Текущее время движения по маршруту обновляется на основе времени пребывания в добавленной точке маршрута и времени, требуемого для достижения точки.

4. Рассчитываются возможные маршруты движения для рассчитываемого маршрута, текущей точки маршрута и текущего времени движения (алгоритм расчета возможных маршрутов движения из указанной точки был описан ранее).

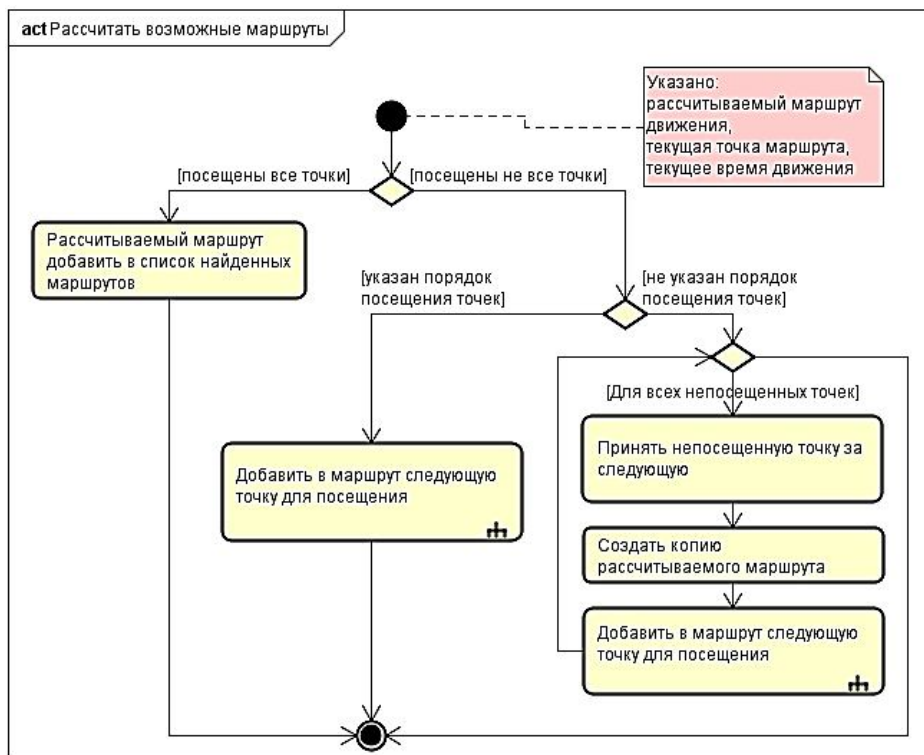


Рисунок 1 – Алгоритм расчета всех возможных вариантов маршрута движения



Рисунок 2 – Алгоритм расчета участка между двумя пунктами маршрута

**Анализ транспортной загруженности дорог города.** В разработанном алгоритме построения маршрута движения необходимо иметь данные о средних скоростях движения по улицам в зависимости от даты и времени суток. Для анализа транспортной загруженности дорог был разработан алгоритм, который автоматически с заданным интервалом времени собирает данные о текущих скоростях движения на выбранных дорогах с общедоступных сервисов, а в конце дня формирует средние значения скоростей движения (рис. 3).

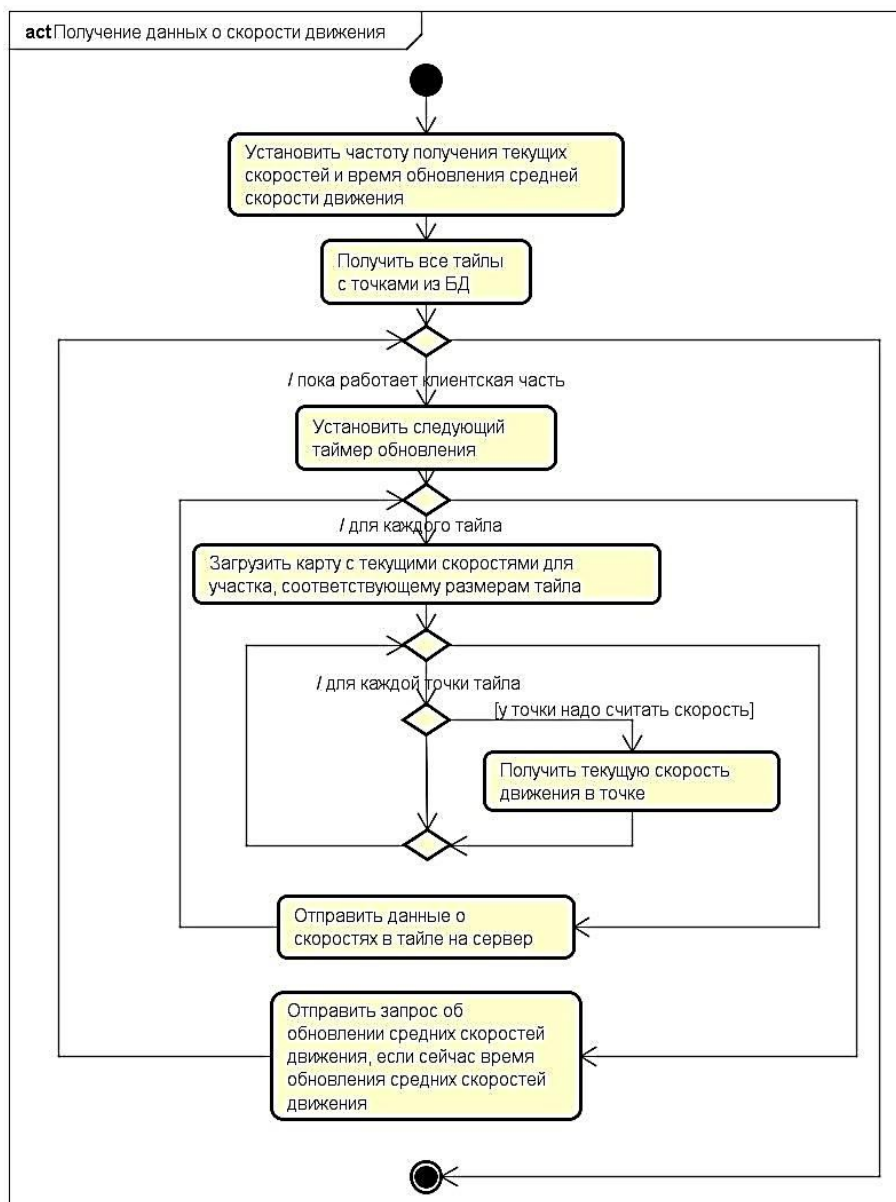


Рисунок 3 – Алгоритм обработки текущих и средних скоростей движения

Для того чтобы найти баланс между временем, требуемым на обработку данных и занимаемой оперативной памятью, а также для обеспечения своевременного обновления информации о транспортной загруженности, были проведены вычислительные эксперименты. В результате были определены оптимальные с точки зрения ресурсных затрат параметры (табл. 1):

- размер «тайла», прямоугольной области, соответствующей части города, для считывания с него данных о текущих скоростях движения автотранспорта;
- необходимая периодичность считывания данных о скорости движения на дорогах города;
- период времени, учитываемый при расчете средней скорости движения;
- интервал между обновлениями средних скоростей движения.

Данные для анализа загруженности дорог были получены с помощью карт OSM (Open Street Map) [19] и сервиса Mapzen [18], поскольку он позволяет бесплатно получить данные для всех объектов выделенной области. Для тестирования были использованы карты города Волгограда.



Таблица 1 – Оптимальные значения параметров, полученных в результате проведения вычислительных экспериментов

Название параметра	Значение параметра
Минимальное время для обработки значений скоростей движения для всех точек дорог	16 мин
Частота обработки значений скоростей движения	Каждые 30 мин
Период времени, учитываемый при расчете средней скорости движения	28 последних дней
Данные, учитываемые при расчете средних скоростей движения	День недели, время считывания скорости движения
Интервал между обновлениями данных о средних скоростях движения	24 ч

Полученные данные были преобразованы: удалены объекты, не относящиеся к дорогам, удалены свойства объектов и улиц, не относящиеся к решаемой задаче, убраны дубликаты точек, а сами точки сгруппированы в тайлы для уменьшения нагрузки на сервер. Преобразованные данные были записаны в базу данных.

Разработанный сервис имеет REST-архитектуру [24]. С помощью http-запросов можно получить информацию о сохраненных данных для проверки их корректности и для использования в алгоритме построения возможных маршрутов движения. Например, на рисунке 4 приведена информация о транспортной загрузженности, собранная 24.01.2018 в 18.00.

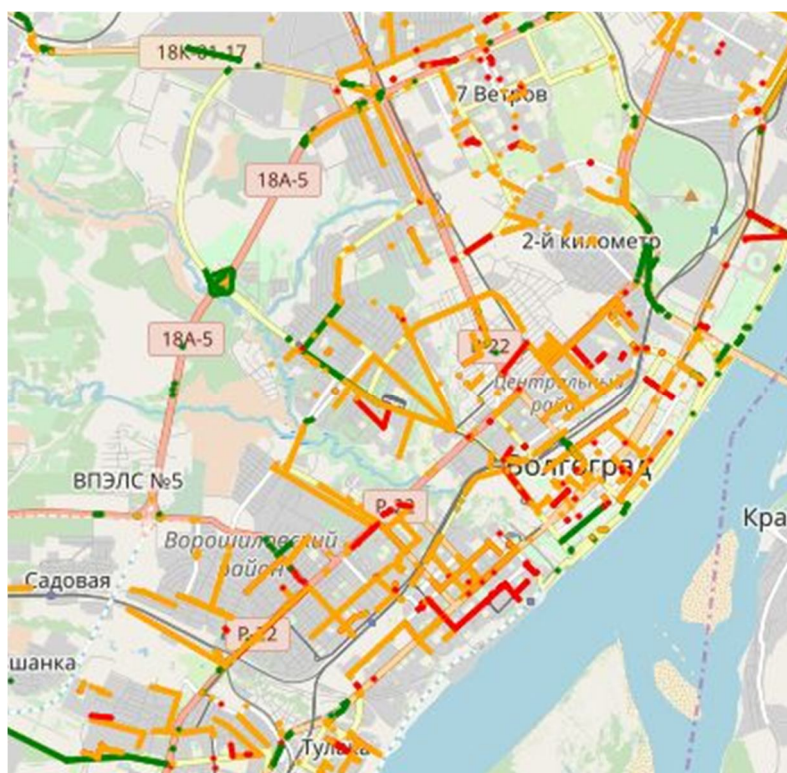


Рисунок 4 – Данные о скоростях движения, собранные в 18:00 24.01.2018: зеленым цветом показаны участки или точки, в которых скорость движения от 40 до 60 км/ч; желтым цветом – от 20 до 40 км/ч; красным цветом – менее 20 км/ч

**Разработка веб-сервиса для построения маршрутов движения.** На основе разработанных алгоритмов был разработан одностраничный веб-сервис с помощью библиотек UIKit [22] и Vue.js [23].

Главная страница сервиса представлена на рисунке 5а. В левой части располагается информация о настройках маршрута, а в правой части находится карта города.

При нажатии на кнопку «Построить» происходит поиск всех возможных маршрутов. После этого осуществляется отображение трех наилучших маршрутов на карте и формирование инструкций к шагам движения по маршрутам (рис. 5б). Кроме того, на экране вывода информации показываются найденные (предлагаемые) маршруты, а также информация о выбранном маршруте: общее время движения, время ожидания в пунктах маршрута, расстояние и средняя скорость, указания по движению.

ПАРАМЕТРЫ МАРШРУТА    ДЕТАЛИ МАРШРУТА

Точки маршрута

- ⊞ A: проспект Ленина, 31 ✕
- ⊞ B: Советская улица, 12 ✕  
Время пребывания (мин): 10
- ⊞ C: Донецкая улица, 14 ✕  
Время пребывания (мин): 20
- ⊞ D: Иртышская улица, 1 ✕  
Время пребывания (мин): 15
- ⊞ E: улица Глазкова, 23 ✕  
Время пребывания (мин): 5

Настройки параметров

Оптимизация по  времени  расстоянию

Можно изменить порядок точек

Настройки времени

СЕЙЧАС        ПРИВЫТИЕ

ФИКСИРОВАННОЕ   

Дата:     Время:  -

а

ПАРАМЕТРЫ МАРШРУТА    ДЕТАЛИ МАРШРУТА

1 ч. 16 мин. 50 с. (11588 м.)

Время движения: 17:30 - 18:46 (31 мин. 50 с.)

Время ожидания: 45 мин.

Расстояние: 11588 м.

Средняя скорость: 22 км/ч

Указания по движению:

ОПИСАНИЕ	РАССТОЯНИЕ	ВРЕМЯ
→ Отправление с проспект Ленина	45.2 м.	6 с.
→ Возьмите правее на проспект Ленина	756 м.	1 мин. 42 с.
← Поворот налево на улица Порт-Свида	265.9 м.	46 с.
→ Поворот направо на Советская улица	443.4 м.	1 мин. 18 с.
← Поворот налево	92.7 м.	28 с.
→ Поворот направо на улица Маршала Чуйкова	308.8 м.	1 мин. 28 с.
→ Поворот направо	32.9 м.	16 с.
→ Поворот направо	130.9 м.	59 с.
→ Прибытие (точка B)		30 мин.
← Отправление	130.9 м.	1 мин.

б

Рисунок 5 – Интерфейс разработанного веб-сервиса: а) задание параметров маршрута; б) результат построения маршрута

**Заключение.** В статье рассмотрена проблема построения маршрутов перемещения по городу и предложены решения, позволяющие повысить эффективность управления логистическими процессами за счет учета данных о загруженности дорог.

Предложенный алгоритм построения маршрута позволяет учитывать ретроспективные данные о транспортной загруженности дорог в зависимости от периода времени, в который надо организовать перемещение. Были проведены исследования и выбраны оптимальные с точки зрения ресурсоемкости параметры работы сервиса по сбору данных о транспортной загруженности дорог. Реализована возможность выбора разных периодов отправления и изменения порядка обхода точек назначения (промежуточных точек маршрута).

Научная ценность исследований заключается в разработке нового подхода к планированию маршрутов перемещения по городу с учетом ретроспективных данных о транспортной загруженности (типичной для данного места и времени суток) и предпочтений пользователя. Полученные в ходе исследования результаты реализованы в виде программного обеспечения. Его функционирование апробировано на данных о дорогах г. Волгограда. Разработанное приложение может использоваться для поддержки принятия решений в отношении городских логистических задач.

Целесообразно выделить три направления дальнейшей работы:

- 1) совершенствование предложенных алгоритмов, прежде всего, повышение точности прогнозируемого времени прохождения маршрута;
- 2) апробация разработанного приложения для использования в других городах;
- 3) интеграция разработанного сервиса в систему поддержки управления городскими процессами.

#### Список литературы

1. Автоматизация поддержки принятия решений по разработке маршрутов общественного транспорта на основе анализа данных о корреспонденциях жителей / М. В. Щербаков, Н. П. Садовникова, Д. С. Парыгин, А. В. Голубев, И. А. Чечеткин // Вестник компьютерных и информационных технологий. – Москва : Издательский дом «Спектр», 2016. – № 8 (август). – С. 29–33.
2. Алгоритм Литтла. – Режим доступа: <https://studopedia.org/1-17749.html>, свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. рус. (дата обращения: 28.03.18).
3. БИТ. Управление транспортной логистикой. – Режим доступа: <https://www.lcbit.ru/lcsoft/bit-upravlenie-transportnoy-logistiko/>, свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. рус. (дата обращения: 28.03.18).
4. Босс В. Перебор и эффективные алгоритмы / В. Босс. – Москва : Изд-во ЛКИ, 2008. – Т. 10. Лекции по математике. – 216 с.
5. ИНГИТ: Деловая карта. – Режим доступа: <http://www.ingit.ru/businessmap/>, свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. рус. (дата обращения: 28.03.18).
6. Метод локального поиска. – Режим доступа: <https://studfiles.net/preview/5625564/page:9/>, свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. рус. (дата обращения: 28.03.18).
7. Милихин М. М. Выбор маршрутной сети аудита территориально-распределенных торговых и промышленных объектов / М. М. Милихин, Ю. Б. Гриценко, Ю. А. Шурыгин // Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии. – 2017. – № 3 (39). – С. 45–60 ([http://hi-tech.asu.edu.ru/files/3\(39\)/45-60.pdf](http://hi-tech.asu.edu.ru/files/3(39)/45-60.pdf)).
8. Парыгин Д. С. Информационно-аналитическая поддержка задач управления городом : моногр. / Д. С. Парыгин, Н. П. Садовникова, О. А. Шабалина. – Волгоград : ВолгГТУ, 2017. – 116 с.
9. Приложения в Google Play – 2ГИС: справочник и навигатор. – Режим доступа: <https://play.google.com/store/apps/details?id=ru.dublglis.dgismobile>, свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. рус. (дата обращения: 28.03.18).
10. Приложения в Google Play – GPS Route Finder. – Режим доступа: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.snaptools.gps.routefinder>, свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. англ. (дата обращения: 28.03.18).
11. Приложения в Google Play – Voyager: Route Planner. – Режим доступа: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.sensis.voyager&hl=ru>, свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. англ. (дата обращения: 28.03.18).
12. Системный анализ совокупности концепций «умных объектов» городской среды в условиях развития информационно-коммуникационных технологий / Ю. М. Брумштейн, В. Ю. Гайфитдинова // Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии. – 2017. – № 1 (37). – С. 24–38.
13. Электронный учебник «Экономико-математические методы». – Режим доступа: [http://www.math.mrsu.ru/text/courses/method/metod\\_vetvei\\_i\\_granic.htm](http://www.math.mrsu.ru/text/courses/method/metod_vetvei_i_granic.htm), свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. рус. (дата обращения: 28.03.18).
14. Яндекс.Карты. – Режим доступа: <https://yandex.ru/maps>, свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. рус. (дата обращения: 28.03.18).
15. Cognitive and ontological modeling for decision support in the tasks of the urban transportation system development management / D. Parygin, N. Sadovnikova, A. Kravets, E. Gnedkova // IISA 2015 : Proceedings of the Sixth International IEEE Conference on Information, Intelligence, Systems and Applications, Corfu, Greece, 6–8 July 2015. – IEEE, 2015. – P. 1–5. – Режим доступа: <http://ieeexplore.ieee.org/xpl/articleDetails.jsp?arnumber=7388073>, свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. англ. (дата обращения: 28.03.18). – DOI : 10.1109/IISA.2015.7388073.
16. Evaluating the sustainability of Volgograd / N. Sadovnikova, D. Parygin, E. Gnedkova, B. Sanzhapov, N. Gidkova // The Sustainable City VIII : Proceedings of the Eight International Conference on Urban Regeneration and Sustainability. Section 3. Putrajaya, Malaysia, 3–5 December 2013. – WIT Press, 2013. – P. 279–290. – DOI: 10.2495/SC130241
17. Google Карты. – Режим доступа: <https://www.google.ru/maps>, свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. рус. (дата обращения: 28.03.18).
18. Mapzen – an open, sustainable, and accessible mapping platform. – Режим доступа: <https://mapzen.com/>, свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. англ. (дата обращения: 28.03.18).
19. OpenStreetMap. – Режим доступа: <https://www.openstreetmap.org/#map=2/69.6/-74.9>, свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. англ. (дата обращения: 28.03.18).
20. PSItms – Система управления транспортом (TMS). – Режим доступа: <http://www.psilogistics.com/ru/resheniya/sistema-upravleniya-transportom-tms/>, свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. рус. (дата обращения: 28.03.18).
21. TopLogistic : автоматизация транспортной логистики и мониторинга транспорта. Режим доступа: <http://www.toplogistic.ru/>, свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. рус. (дата обращения: 28.03.18).
22. Uikit. – Режим доступа: <https://getuikit.com/>, свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. англ. (дата обращения: 28.03.18).



23. Vue.js. – Режим доступа: <https://vuejs.org/>, свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. англ. (дата обращения: 28.03.18).
24. Web-сервисы RESTful: основы. – Режим доступа: <https://www.ibm.com/developerworks/ru/library/ws-restfu/index.html>, свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. рус. (дата обращения: 28.03.18).

#### References

1. Shcherbakov M. V., Sadovnikova N. P., Parygin D. S., Golubev A. V., Chechetkin I. A. Avtomatizatsiya podderzhki prinyatiya resheniy po razrabotke marshrutov obshchestvennogo transporta na osnove analiza dannykh o korrespondentsiyakh zhitel'ey [Automation of decision support for the development of public transport routes on the basis of analysis of data on the correspondence of residents]. *Vestnik kompyuternykh i informatsionnykh tekhnologiy* [Herald of Computer and Information Technologies]. Moscow, Spektr Publ. House, 2016, no. 8 (August), pp. 29–33.
2. *Algoritm Littla* [Little algorithm]. Available at : <https://studopedia.org/1-17749.html> (accessed 28.03.2018).
3. *BIT.Upravlenie transportnoy logistikoy* [BIT.Management of transport logistics]. Available at: <https://www.lcbit.ru/lcsoft/bit-upravlenie-transportnoy-logistikoy/> (accessed 28.03.2018).
4. Boss V. *Perebor i effektivnye algoritmy* [Brute force and effective algorithms]. Moscow, LKI Publ., 2008. 216 p.
5. *INGIT: Delovaya karta* [INGIT: Business card]. Available at: <http://www.ingit.ru/businessmap/> (accessed 28.03.2018).
6. *Metod lokal'nogo poiska* [Local search method]. Available at: <https://studfiles.net/preview/5625564/page:9/> (accessed 28.03.2018).
7. Milikhin M. M., Gritsenko Yu. B., Shurygin Yu. A. Vyb'or marshrutnoy seti audita territorial'no-raspredeleennykh torgovykh i promyshlennykh ob'ektov [Selection of route network for the audit of territorially-distributed commercial and industrial objects] *Prikaspiyskiy zhurnal: upravlenie i vysokie tekhnologii* [Caspian Journal: Control and High Technologies], 2017, no. 3(39), pp. 45–60 ([http://hi-tech.asu.edu.ru/files/3\(39\)/45-60.pdf](http://hi-tech.asu.edu.ru/files/3(39)/45-60.pdf)).
8. Parygin D. S., Sadovnikova N. P., Shabalina O. A. *Informatsionno-analiticheskaya podderzhka zadach upravleniya gorodom* [Informational and analytical support of city management tasks]. Volgograd, Volgograd State Technical University Publ., 2017. 116 p.
9. *Prilozheniya v Google Play – 2GIS: spravochnik i navigator* [Applications in Google Play – 2GIS: reference book and navigator]. Available at: <https://play.google.com/store/apps/details?id=ru.dublgis.dgismobile> (accessed 28.03.2018).
10. *Prilozheniya v Google Play – GPS Route Finder* [Applications in Google Play – GPS Route Finder]. Available at: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.snaptools.gps.routefinder> (accessed 28.03.2018).
11. *Prilozheniya v Google Play – Voyager: Route Planner* [Applications in Google Play – Voyager: Route Planner]. – Available at: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.sensis.voyager&hl=ru> (accessed 28.03.2018).
12. Brumshteyn Yu. M., Gayfitdinova V. Y. Sistemnyy analiz sovokupnosti koncepciy "umnykh ob'ektov" gorodskoy sredy v usloviyakh razvitiya informatsionno-kommunikatsionnykh tekhnologiy [The system analysis of "smart objects" concepts of the urban environment in the conditions of information and communication technologies development] *Prikaspiyskiy zhurnal: upravlenie i vysokie tekhnologii* [Caspian Journal: Control and High Technologies], 2017, no. 1 (37), pp. 24–38.
13. *Ehlektronnyy uchebnyk «Ekonomiko-matematicheskie metody»* [Electronic textbook "Economic and mathematical methods"]. Available at: [http://www.math.mrsu.ru/text/courses/method/metod\\_vetvei\\_i\\_granic.htm](http://www.math.mrsu.ru/text/courses/method/metod_vetvei_i_granic.htm) (accessed 28.03.2018).
14. *Yandex.Karty* [Yandex.Maps]. Available at: <https://yandex.ru/maps> (accessed 28.03.2018).
15. Parygin D., Sadovnikova N., Kravets A., Gnedkova E. Cognitive and ontological modeling for decision support in the tasks of the urban transportation system development management. *Proceedings of the Sixth International IEEE Conference on Information, Intelligence, Systems and Applications* (IISA 2015), Corfu, Greece, 6–8 July 2015, IEEE, 2015, pp. 1–5. Available at: <http://ieeexplore.ieee.org/xpl/articleDetails.jsp?arnumber=7388073> (accessed 28.03.2018). DOI: 10.1109/IISA.2015.7388073.
16. Sadovnikova N., Parygin D., Gnedkova E., Sanzhapov B., Gidkova, N. Evaluating the sustainability of Volgograd. *The Sustainable City VIII: Proceedings of the Eight International Conference on Urban Regeneration and Sustainability*, Section 3, Putrajaya, Malaysia, 3–5 December 2013. WIT Press, 2013. pp. 279–290. doi : 10.2495/SC130241
17. *Google Karty* [Google Maps]. Available at: <https://www.google.ru/maps> (accessed 28.03.2018).
18. *Mapzen – an open, sustainable, and accessible mapping platform*. Available at: <https://mapzen.com/> (accessed 28.03.2018).
19. *OpenStreetMap*. Available at: <https://www.openstreetmap.org/#map=2/69.6/-74.9> (accessed 28.03.2018).
20. *PSItms – Sistema upravleniya transportom* (TMS) [PSItms – Transport management system]. Available at: <http://www.psilogistics.com/ru/resheniya/sistema-upravleniya-transportom-tms/> (accessed 28.03.2018).
21. *TopLogistic :: avtomatizatsiya transportnoj logistiki i monitoringa transporta* [TopLogistic :: transport logistics and transport monitoring automation]. Available at: <http://www.toplogistic.ru/> (accessed 28.03.2018).
22. *Ulkit*. Available at: <https://getuikit.com/> (accessed 28.03.2018).
23. *Vue.js*. Available at: <https://vuejs.org/> (accessed 28.03.2018).
24. *Web-servisy RESTful: osnovy* [RESTful: Web services: basics]. Available at: <https://www.ibm.com/developerworks/ru/library/ws-restfu/index.html> (accessed 28.03.2018).