

УДК 656.02:519.25

# Метод и система оценки параметров транспортных потоков на основе обработки навигационных данных о движении транспортных средств

**О.А. КАПЦЕВИЧ,**

ведущий научный сотрудник ОАО «АГАТ – системы управления» (управляющая компания холдинга «Геоинформационные системы управления»),  
канд. техн. наук

**Д.В. КАПСКИЙ,**

декан АТФ УО «Белорусский национальный технический университет», д-р техн. наук

**Введение.** В настоящее время в большинстве развитых стран мира актуальной проблемой в сфере транспорта является перегруженность дорожных сетей движением. Прежде всего это характерно для ключевых магистралей со значительным количеством грузовых и пассажирских перевозок, а также для улично-дорожных сетей (УДС) городов.

На сегодняшний день в мире накоплен значительный опыт реализации мероприятий, направленных на решение данного вопроса. В первую очередь они ориентированы:

- на повышение максимальной пропускной способности дорожной сети (строительство и реконструкция дорожных объектов), эффективности использования существующей дорожной сети (совершенствование организации дорожного движения, включая применение автоматизированных систем управления дорожным движением);

- регулирование объема и структуры транспортного спроса (введение различных ограничений на движение и парковку, снижение потребностей в перевозках за счет мероприятий в сфере территориального планирования и т. д.).

При этом методологической основой для разработки подобных мероприятий служат методы математического моделирования функционирования существующих и проектируемых транспортных систем, применение которых позволит оценить эффективность планируемых мероприятий

с использованием как эксплуатационных, так и экономических показателей, выявить возможные отрицательные последствия их внедрения и разработать научно обоснованную программу реализации.

**Постановка задачи.** Объекты исследования – транспортные потоки (ТП) на магистралях Республики Беларусь, навигационные данные и иная информация, алгоритмы их обработки с целью получения оценок параметров ТП.

Главными направлениями исследования являются вопросы научно-методического и алгоритмического обеспечения процессов мониторинга параметров ТП на основе обработки данных о движении транспортных средств (ТС) для оценки параметров ТП с использованием навигационной информации. Основная задача заключается в разработке:

- метода расчета основных параметров ТП с использованием двухжидкостной математической модели Германа – Пригожина на основе пассивной обработки навигационных данных о движении ТС на магистралях и УДС с учетом особенностей их движения;

- системы оценки параметров ТП, обеспечивающей сбор навигационных данных, хранение, верификацию данных треков, управление данными дорожных участков (улиц), расчет параметров ТП с использованием вышеуказанного метода и кластеризацию дорожных участков (улиц) по полученным параметрам.

**Описание модели транспортного потока.** Одной из наиболее популярных моделей, применяемых для оценки параметров ТП на магистралях и УДС, является двухжидкостная математическая

модель Германа – Пригожина [1]. В качестве основных характеристик ТП для расчетов с использованием данной модели рассматриваются: интенсивность, объем движения, средняя скорость движения, время сообщения, коэффициент загрузки движением. В результате вычислений определяются нелинейные зависимости между удельным временем в пути и удельным временем задержек, затрачиваемым на единицу расстояния.

По сравнению с другими известными методами модель Германа – Пригожина легче применить при обследовании условий дорожного движения, что было обосновано в ранее проведенных научных исследованиях [2]. Предлагаемая модель позволяет осуществлять интегральную оценку качества организации движения с использованием данных навигационного оборудования.

Важное свойство кинетической теории описания ТП Р. Германа и И. Пригожина заключается в том, что могут быть рассмотрены и отображены два различных режима движения [3]. Это индивидуальный и коллективный потоки, которые функционально зависят от плотности потока ТС. При его незначительной плотности движение осуществляется в режиме индивидуального потока, а при повышении плотности переходит в состояние коллективного потока. В данном случае поток уже не зависит от выбора режима движения водителем.

Р. Герман и И. Пригожин выдвинули теорию двух потоков движения в качестве характеристики движения коллективного потока по дорожной сети. При этом ТС разделяются на две группы – движущиеся и остановившиеся. Последние включают ТС, остановившиеся в самом потоке, т. е. на перекрестках, из-за помех движению, по причине затора движения и т. д., но исключают находящиеся вне движения средства (например, припаркованные автомобили). Модель двух потоков представляет собой макроскопическое измерение качества функционирования дорожной сети и базируется на следующих исходных предположениях:

средняя скорость движения по дорожной сети пропорциональна доле ТС, находящихся в движении;

длительность задержек двигающихся ТС пропорциональна количеству ТС, остановившихся в данный момент времени.

Параметры, используемые в модели Германа – Пригожина, представляют собой средние данные, определенные в масштабе всей дорожной сети за данный период времени. Рассмотрим их более подробно.

В соответствии с приведенными выше положениями ТП в любой момент времени состоит

из двух частей:  $f_r$  – двигающихся ТС и  $f_s$  – стоящих ТС. При этом соблюдается условие  $f_r + f_s = 1$ , а сама доля стоящих ТС  $f_s$  определяется отношением

$$f_s = \frac{1}{T_s}, \quad (1)$$

где  $T_s$  – удельные затраты времени, вызванные задержками (на перекрестках, в транспортных заторах и т. д.), мин/км.

Средние удельные затраты времени  $T$  (мин/км) являются суммой среднего удельного времени движения  $T_r$  (мин/км) и удельного времени задержек  $T_s$  (мин/км):

$$T = T_r + T_s. \quad (2)$$

Средняя скорость двигающихся ТС  $V_r$  определяется как

$$V_r = V_m f_r^n, \quad (3)$$

где  $V_m$  – средняя максимальная скорость движения на дорожной сети или на ее рассматриваемом участке;  
 $n$  – показатель, характеризующий качество функционирования дорожной сети или ее рассматриваемого участка, указывающий, как по мере роста загрузки сети падает скорость движения.

С учетом задержек средняя скорость движения по дорожной сети или ее рассматриваемому участку  $V$  рассчитывается как

$$V = V_m f_r^{n+1}. \quad (4)$$

С учетом равенства  $f_r + f_s = 1$  уравнение (4) может быть представлено в виде

$$V = V_m f_r^{n+1} = V_m (1 - f_s)^{n+1}, \quad (5)$$

при этом граничные условия модели (5) таковы: если  $f_s = 0$ , то  $V = V_m$ , если  $f_s = 1$ , то  $V = 0$ .

Принимая в расчет средние удельные затраты времени на поездку  $T$  с учетом времени в движении в расчете на единицу длины  $T_r$  и среднего времени задержек при проезде участка единичной длины  $T_s$ , получаем соотношения

$$T = \frac{1}{V} \text{ и } T_m = \frac{1}{V_m},$$

где  $V$  – средняя скорость движения по дорожной сети с учетом задержек;

$T_m$  – среднее минимальное время проезда участка единичной длины.

Параметр  $T_m$  характеризует минимальные удельные затраты времени на движение в свободных условиях, т. е. при очень низком уровне загрузки сети, когда отсутствует взаимодействие между ТС в потоке. Это позволяет полагать, что  $T_m$  соответствует условиям свободного движения и отражает

геометрические характеристики дорожной сети, линейную плотность размещения перекрестков, пешеходных переходов, примыканий и т. д.

В свою очередь параметр  $n$ , получивший название критерия Германа – Пригожина, отражает влияние уровня загрузки на снижение скорости движения ТП. Его можно рассматривать как индикатор качества обслуживания ТП.

Второе исходное предположение двухжидкостной модели заключается в том, что длительность задержек ТС, двигающихся по дорожной сети, пропорциональна количеству ТС, остановившихся в данный момент времени. В соответствии с этим математически его можно выразить следующим образом:

$$f_s = \frac{T_s}{T}. \quad (6)$$

Соотношение (6) показывает, что условия движения по дорожной сети могут быть оценены на основе фиксации характеристик движения любого ТС, которое находится на данной дорожной сети [4].

Уравнение (4) можно переформулировать для оценки условий поездки по удельным затратам времени:

$$T = T_m (1 - f_s)^{-(n+1)},$$

$$T = T_m \left(1 - \frac{T_s}{T}\right)^{-(n+1)},$$

$$T_r = T_m^{\frac{1}{n+1}} T^{\frac{1}{n+1}}.$$

В этом случае формула модели Германа – Пригожина принимает следующий вид:

$$T_s = T - T_m^{\frac{1}{n+1}} T^{\frac{1}{n+1}}. \quad (7)$$

Представленные выше модель и параметр  $n$  позволяют получить системную оценку транспортной ситуации на дорожной сети в целом, т. е. возможность количественно измерять чувствительность условий движения к изменению загрузки дорожной сети. Уникальность модели состоит в том, что при оценке влияния уровня загрузки дорожной сети на условия движения не требуется определять уровень загрузки, т. е. интенсивность ТП и пропускную способность элементов дорожной сети. Для оценки параметров  $n$  и  $T_m$  необходимы лишь данные об удельных показателях времени поездки  $T$  и времени простоя  $T_s$ .

Логарифмическое преобразование равенства (7) в следующий вид

$$\ln T_r = \frac{1}{(n+1)} \ln T_m + \frac{n}{(n+1)} \ln T \quad (8)$$

обеспечивает возможность применения линейной регрессии для получения зависимости между параметрами  $n$  и  $T_m$ .

С целью использования линейной регрессии выражение (8) преобразуют к виду:

$$\ln T_r = \ln T_m + n(\ln T - \ln T_m).$$

Уравнение линейной зависимости упрощает саму процедуру регрессионного анализа и позволяет пользоваться стандартными статистическими методами оценки параметров ТП.

Исследования подтвердили положения теории двух потоков [5, 6]. Одновременно было установлено, что дорожные сети могут быть охарактеризованы двумя параметрами модели –  $n$  и  $T_m$ . Это подтверждается вычислениями на основе экспериментальных данных по результатам обследований дорожных сетей крупнейших городов мира.

Модель Германа – Пригожина может применяться в следующих случаях:

для сравнения дорожных сетей между собой или участков в пределах одной дорожной сети;

для сопоставления особенностей поведения водителей и движения отдельных типов ТС;

для детальной оценки влияния геометрических и других параметров дорожной сети на условия дорожного движения;

в моделировании ТП с целью оценки прогнозируемых условий движения.

Классификация дорожных сетей на основе параметров, входящих в состав модели Германа – Пригожина, позволяет прогнозировать скорости сообщения и затраты времени на передвижение на любом заданном участке дорожной сети. Классификация может быть построена, например, с применением кластерного анализа экспериментально установленных значений параметров  $T$ ,  $T_r$  и  $T_s$  [7]. По степени влияния уровня загрузки дорожным движением на темп движения  $T$  дорожные сети классифицируются следующим образом:

не реагирующие на увеличение загрузки (1, 2-й классы) –  $n = 0$ ;

имеющие слабую реакцию (5-й класс) –  $n = 1,22$ ;

имеющие умеренную реакцию (6, 8, 9-й классы) –  $n = 2,50-2,90$ ;

имеющие сильную реакцию (3, 7-й классы) –  $n = 3,70-4,90$ ;

имеющие максимальную реакцию (4, 10-й классы) –  $n = 5,40-7,01$ .

Полученные или аналогичные классы могут использоваться для детальной оценки условий движения и качества организации движения с использованием навигационного оборудования автомобилей (системы GPS и ГЛОНАСС), для верификации результатов моделирования ТП.

**Реализация системы оценки параметров транспортных потоков.** На базе двухжидкостной модели Германа – Пригожина реализован программный комплекс (ПК), который позволяет производить количественную оценку параметров дорожного движения с учетом навигационных данных, а также их визуализацию с использованием геоинформационной системы Google Maps [1, 3].

ПК, предлагаемый для решения поставленных задач, реализован на базе клиент-серверной архитектуры (рисунки 1 и 2).

Клиентская часть реализована и представлена двумя типами устройств – встроенным навигационным модулем в составе ТС или мобильным приложением на базе ОС Android. Визуальная часть разработана в соответствии с требованиями Google [8] для интерфейса Android-приложений. При получении физического адреса текущего местоположения был использован стандартный Geocoder [9]. Данные пользователя отправляются на облачный сервер Parse.com для последующего хранения и экспорта в нужном формате. Для работы с данными для Parse.com была использована библиотека самого сервера [10].

Серверная часть реализована в виде веб-приложения, которое предназначено для загрузки собственных треков в формате JSON [11] или треков сторонних организаций в формате CSV, обработки треков с использованием

модели Германа – Пригожина, визуализации результатов, наложенных на картографический сервис Google Maps [11], кластеризации участков дорожной сети с использованием параметров модели Германа – Пригожина [12].

Для отображения в web-формате был использован фреймворк Flask [13]. В качестве картографической основы применялся сервис Google Maps v3 [14]. Для манипуляции с картой (построение точек, маршрутов) был использован язык программирования JavaScript [15]. Для работы с базой данных применялась ORM SQLAlchemy [16], а в качестве СУБД – SQLite [17]. По окончании анализа треков и расчета параметров с использованием модели Германа – Пригожина формируется отчет виде файла в текстовом формате.

Программно-техническое обеспечение ПК оценки параметров ТП включает в себя:

устройство для сбора информации о движении – навигационный модуль в составе ТС или мобильное устройство с GPS-приемником (ОС Android версии 4.0 и выше) с активированной функцией передачи данных;

SDK Parse.com [10] для ОС Android – библиотеку для работы с платформой Parse.com на мобильном устройстве;

программные продукты транспортных компаний – навигационные данные в формате CSV;

автоматизированное рабочее место оператора –

персональный компьютер под управлением ОС семейства Linux, при разработке которого использовались виртуальное окружение (virtualenv) и фреймворк Flask [13], а также язык программирования Python [18] для реализации веб-приложения;

облачный сервис Parse.com [10] для хранения данных клиентов.

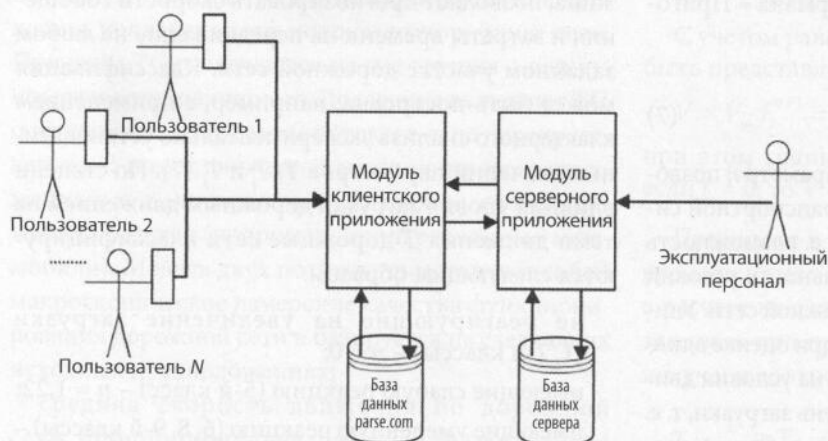


Рисунок 1 – Архитектура системы оценки параметров ТП

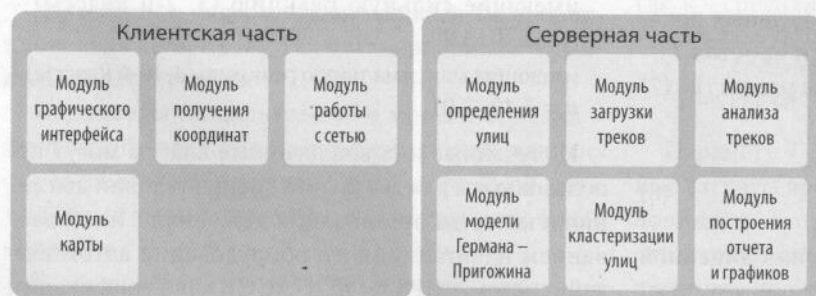


Рисунок 2 – Состав системы оценки параметров ТП

**Апробация программного комплекса оценки параметров ТП с использованием экспериментальных данных.** Для проверки функционирования модели Германа – Пригожина были использованы маршруты, созданные и добавленные по результатам работы модуля определения дорожных участков, а также набор треков, полученный по результатам работы модуля выделения треков, совпадающих с созданными маршрутами.

Для тестирования данного функционала разработанной системы был выбран участок магистрали М1 от Кобрина до Дзержинска. Отчет по результатам расчета параметров ТП с использованием модели Германа – Пригожина для данного участка транспортной магистрали представлен на рисунке 3.

Как следует из отчета, участок трассы имеет длину 246 км, средняя скорость ТС – 81 км/ч. Показатель качества обслуживания для данного участка составляет 4,61, что, согласно ранее приведенной классификации, соответствует сильной реакции на увеличение загрузки транспортной магистрали. Исходя из полученных результатов, можно сделать вывод, что на данном участке трассы при увеличении нагрузки средняя скорость движения будет сильно уменьшаться, а время проезда может существенно увеличиваться. Таким образом, учитывая исключительную важность данной автомобильной дороги, при организации дорожного движения необходимо прорабатывать варианты совершенствования инфраструктуры магистрали с целью уменьшить влияние ее загрузки на характеристики и качество транспортного сообщения.

**Закключение.** Разработан метод оценки основных параметров ТП с использованием двухжидкостной математической модели Германа – Пригожина на основе пассивной обработки навигационных данных о движении ТС на транспортных магистралях и УДС городов, который позволяет существенно повысить эффективность данной модели по сравнению с ее традиционным применением на основе активной обработки навигационных данных.

Создана система оценки параметров ТП, включающая модули сбора навигационных данных, хранения, верификации данных треков, управления данными дорожных участков (улиц), подсистемы расчета параметров ТП с использованием математической модели Германа – Пригожина и кластеризации дорожных участков (улиц) по полученным параметрам.

Основными достоинствами и новизной разработанной системы являются облачная обработка данных (использование для хранения больших объемов данных облачного хранилища), наличие клиентского мобильного приложения на базе ОС Android для сбора данных в дополнение к возможности работать с уже собранными навигационными данными от навигационно-информационного центра

|                                                         |                        |                   |                  |                   |                   |                  |                 |                 |                 |                 |                 |
|---------------------------------------------------------|------------------------|-------------------|------------------|-------------------|-------------------|------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| История маршрута: 133                                   |                        |                   |                  |                   |                   |                  |                 |                 |                 |                 |                 |
| Адрес: 133, Дзержинск-Кобрин, Беларусь                  |                        |                   |                  |                   |                   |                  |                 |                 |                 |                 |                 |
| Начальная точка: [53.64957885644902, 27.07810199737549] |                        |                   |                  |                   |                   |                  |                 |                 |                 |                 |                 |
| Конечная точка: [52.23320757003188, 24.480532995657227] |                        |                   |                  |                   |                   |                  |                 |                 |                 |                 |                 |
| Расстояние по прямой: 136818 метра (см)                 |                        |                   |                  |                   |                   |                  |                 |                 |                 |                 |                 |
| Расстояние по дороге: 246949 метра (см)                 |                        |                   |                  |                   |                   |                  |                 |                 |                 |                 |                 |
| Скорость: 80.8 км/ч                                     |                        |                   |                  |                   |                   |                  |                 |                 |                 |                 |                 |
| #                                                       | TT                     | RT                | logTT            | logRT             | TT-RT             | TT-RT            | TT-RT           | TT-RT           | TT-RT           | TT-RT           | TT-RT           |
| 1                                                       | 18686.014942           | 09.6605238787726  | 9.6115913185357  | 9.93287215157306  | 92.8562919757772  | 0.1239875119255  | 0.0168629734035 | 0.0284668127546 | 0.0004229209077 | 0.0007731536591 | 0.0168629734035 |
| 2                                                       | 11837.011428           | 09.3619449561081  | 9.3611712616788  | 87.6460193461976  | 90.4347613539612  | 0.0205660409120  | 0.0004229209077 | 0.0004229209077 | 0.0004229209077 | 0.0004229209077 | 0.0004229209077 |
| 3                                                       | 14062.012944           | 09.5812314027591  | 9.4493876392983  | 91.2260130390517  | 90.4347613539612  | 0.0205660409120  | 0.0004229209077 | 0.0004229209077 | 0.0004229209077 | 0.0004229209077 | 0.0004229209077 |
| 4                                                       | 13956.012620           | 09.5028627211048  | 9.4493876392983  | 90.3043618940211  | 89.7388761810483  | -0.0278096407789 | 0.0007731536591 | 0.0007731536591 | 0.0007731536591 | 0.0007731536591 | 0.0007731536591 |
| 5                                                       | 18686.014942           | 09.6605238787726  | 9.6115913185357  | 99.3287215157306  | 92.8562919757772  | 0.1239875119255  | 0.0168629734035 | 0.0168629734035 | 0.0168629734035 | 0.0168629734035 | 0.0168629734035 |
| 6                                                       | 12469.012669           | 09.44691394346021 | 9.44691394346021 | 89.24421717215268 | 89.24421717215268 | -0.0837930182461 | 0.0070146680682 | 0.0070146680682 | 0.0070146680682 | 0.0070146680682 | 0.0070146680682 |
| x - logTT y - logRT                                     |                        |                   |                  |                   |                   |                  |                 |                 |                 |                 |                 |
| Подгоночные параметры для y=kx+b                        |                        |                   |                  |                   |                   |                  |                 |                 |                 |                 |                 |
| k                                                       | = 0.822026497023356    |                   |                  |                   |                   |                  |                 |                 |                 |                 |                 |
| b                                                       | = 1.656101888836788    |                   |                  |                   |                   |                  |                 |                 |                 |                 |                 |
| Параметры модели Германа-Пригожина                      |                        |                   |                  |                   |                   |                  |                 |                 |                 |                 |                 |
| n                                                       | = 4.618813942946877    |                   |                  |                   |                   |                  |                 |                 |                 |                 |                 |
| Tmin                                                    | = 10996.46464283406274 |                   |                  |                   |                   |                  |                 |                 |                 |                 |                 |
| Tmin_ud                                                 | = 44.8292612785946260  |                   |                  |                   |                   |                  |                 |                 |                 |                 |                 |
| Статус: ОК                                              |                        |                   |                  |                   |                   |                  |                 |                 |                 |                 |                 |

Рисунок 3 – Отчет по результатам расчета параметров с использованием модели Германа – Пригожина

и других источников, поддержка форматов современных GPS-трекеров, использование новейших веб-технологий для расчетов и обработки данных, масштабируемость и настраиваемость.

Работоспособность предложенных алгоритмов, математических моделей оценки параметров ТП и системы в целом подтверждена в ходе ее апробации с использованием набора треков на основных магистралях Беларуси.

Полученные результаты оценки параметров ТП могут применяться с целью повышения эффективности и качества деятельности государственных органов и организаций в сфере транспорта, поддержки принятия решений по учету и перераспределению ТП, анализу транспортной нагрузки и оптимальной организации дорожного движения, а также при модернизации существующих и проектировании новых дорожных сетей.

## ЛИТЕРАТУРА

1. **Prigogine, I., Herman, R.** Kinetic theory of vehicular traffic / I. Prigogine, R. Herman. – New York: Elsevier, 1971. – 100 p.
2. Разработка системы оценки параметров транспортных потоков в рамках транзитных транспортных коридоров на территориях государств – участников СНГ на основе обработки навигационных данных о движении транспортных средств: заключительный отчет о НИР «Поток-СНГ-РБ» / ОАО «АГАТ – системы управления» – управляющая компания холдинга «Геоинформационные системы управления», науч. рук. О.А. Капцевич. – Минск, 2015. – 319 с.
3. **Herman, R., Prigogine, I.** A two-fluid approach to town traffic // R. Herman, I. Prigogine // Science. – 1979. – Vol. 204, iss. 4389. – P. 148–151.
4. **Ardekani, S.A., Herman, R.** Urban network-wide variables and their relations / S.A. Ardekani, R. Herman // Transportation Science. – 1987. – № (21) 1. – P. 1–16.
5. **Nelson, P., Sopasakis, A.** The Prigogine – Herman kinetic model predicts widely scattered traffic flow data at high concentrations / P. Nelson, A. Sopasakis // Transportation Res. – 1998. – Vol. 32, iss. 8. – 589–604.

6. Sipress, A. Studying the EBB and flow of stop-and-go; Los Alamos Lab using cold war tools to scrutinize traffic patterns / A. Sipress // Washington Post. – Thursday, August 5. – 1999.
7. Румянцев, Е.А. Совершенствование методов оценки условий движения транспортных потоков на городской улично-дорожной сети / Е.А. Румянцев // Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2012. – № 9 (68). – С. 148–152.
8. Material design [Электронный ресурс] / Google design guidelines. – Mode of access: <https://www.google.com/design/spec/material-design/introduction.html>. – Date of access: 20.03.2015.
9. Directions Service [Электронный ресурс] / Google Developers. – Mode of access: <https://developers.google.com/maps/documentation/javascript/directions>. – Date of access: 20.03.2015.
10. Parse Android Developers Guide [Электронный ресурс] / Parse.com. – Mode of access: <https://parse.com/docs/android/guide>. – Date of access: 20.03.2015.
11. Google Maps Javascript API [Электронный ресурс] / Google Developers. – Mode of access: <https://developers.google.com/maps/documentation/javascript/examples/event-simple>. – Date of access: 20.03.2015.
12. Алгоритмы семейства FOREL [Электронный ресурс] / Википедия. – Режим доступа: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Алгоритмы\\_семейства\\_FOREL](https://ru.wikipedia.org/wiki/Алгоритмы_семейства_FOREL). – Дата доступа: 20.03.2015.
13. Flask [Электронный ресурс] / Flask (A Python Microframework). – Mode of access: <http://flask.pocoo.org/>. – Date of access: 20.03.2015.
14. Location and Sensors APIs [Электронный ресурс] / Android developers. – Mode of access: <http://developer.android.com/guide/topics/sensors/index.html>. – Date of access: 20.03.2015.
15. jQuery API Documentation [Электронный ресурс] / jQuery.com. – Mode of access: <http://api.jquery.com/>. – Date of access: 20.03.2015.
16. SQLAlchemy [Электронный ресурс] / SQLAlchemy – The Database Toolkit for Python. – Mode of access: <http://www.sqlalchemy.org/>. – Date of access: 20.03.2015.
17. SQLite Documentation [Электронный ресурс] / SQLite. – Mode of access: <https://www.sqlite.org/docs.html>. – Date of access: 20.03.2015.
18. Лутц, М. Изучаем Python / М. Лутц. – Изд. 4-е. – СПб: Символ-Плюс, 2010. – 1280 с., ил.

*The article proposed a method for evaluating the basic parameters of traffic flows using two-fluid mathematical model of Herman – Prigogine based passive processing of navigation data on the movement of vehicles on highways and street and road networks of cities, which can significantly improve the quality and adequacy of the simulation results compared to the traditional use model of Herman – Prigogine based on active processing of navigation data. A system estimates parameters of transport streams comprising navigation data acquisition modules, storage and verification of data tracks, the road data management areas (streets), calculating the parameters of the subsystem of transport streams using the model of Herman – Prigogine road sections and clustering (roads) on the received parameters.*

Получено 08.12.2016.



Один из крупнейших информационных центров Беларуси предлагает специалистам ознакомиться с новыми изданиями по теме «Телекоммуникации и связь»



Пескова С.А.

**Сети и телекоммуникации: учебник для студ. учреждений высш. образования / С.А. Пескова, А.В. Кузин. – 5-е изд., перераб. – М.: Издательский центр «Академия», 2014. – 320 с. – (Серия «Бакалавриат»)**

Учебник создан в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом по направлению подготовки 230100 «Информатика и вычислительная техника» (квалификация «бакалавр»).

Рассмотрены классификация и характеристики информационно-вычислительных сетей, их программные и аппаратные средства, алгоритмы маршрутизации и протоколы обмена информацией. Дано описание разных типов линий связи, освещены вопросы помехоустойчивого кодирования передаваемой по сетям информации. Представлены классификация и обобщенная структура сетевых операционных систем, протоколы файлового обмена, электронной почты и дистанционного управления. Описаны виды конференц-связи, а также веб-технологии, языки и средства создания веб-приложений. Приведены примеры расчета основных параметров вычислительных сетей и систем.

Для студентов учреждений высшего образования.

П281, ББК 32.81я73, УДК 621.391(075.8), ISBN 978-5-7695-8515-9