

УДК 621.39, 629, 654, 656

Я. А. Селиверстов, С. А. Селиверстов

Институт проблем транспорта им. Н. С. Соломенко Российской академии наук

А. Л. Стариченков

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина)

Особенности построения системы городского транспортно-логистического мониторинга

Проведен обзор существующих технологий транспортного мониторинга и технических систем сбора транспортной информации, сформулирована постановка задачи построения системы транспортно-логистического мониторинга. Рассмотрены подсистемы идентификации и аутентификации, местоопределения и распознавания состояний подвижных и стационарных объектов городской транспортной системы. Построена структурная модель системы городского транспортно-логистического мониторинга и обозначены ее перспективы.

Системы городского транспортного мониторинга, технологии идентификации, аутентификации, местоопределения, распознавания состояний объектов управления

В ситуации массовой автомобилизации населения мегаполисов, стремительного сокращения пропускных способностей транспортных сетей и, как следствие, возрастающей аварийности и смертности возникает необходимость внедрения интеллектуальных систем управления транспортом.

Использование недостоверных данных, полученных посредством единичных опросов, приводит к построению ложных транспортных моделей, сводит на нет эффективность принимаемых управленческих решений.

Анализ предметной области. Исследования проблем построения эффективных систем городского транспортного мониторинга активно ведутся в настоящее время российскими и зарубежными научными коллективами. Среди последних публикаций отметим следующие: в работе [1] предложена система видеомониторинга транс-

портного потока (ТП) на основе алгоритма, способного обрабатывать видеопоток в реальном времени со скоростью 20 кадров/с и регистрировать подвижные объекты по характерным признакам; в работах [2], [3] для сбора транспортных данных предлагается система на основе локальных детекторов на выделенных участках дорожной сети; в работах [4], [5] исследуются способы построения систем наблюдения за ТП с использованием навигационных данных (координаты, треки, регистрируемые параметры), передаваемых с мобильных станций по каналам GSM/CDMA или по каналам спутниковой связи при наличии приемников/навигаторов GPS/ГЛОНАСС, а в работе [6] предложена методика кластеризации данных автомобильных GPS-навигаторов для последующего построения прогнозных моделей ТП; в работе [7]



Рис. 1

подвижность населения предлагается выявлять посредством опросов, хотя в работе [8] утверждается, что точность каждой корреспонденции, построенной на основании результатов опроса, не превышает 10 %.

Постановка задачи. Под системой городского транспортно-логистического мониторинга (СГТЛМ) будем понимать комплекс информационных систем наблюдения, направленный на получение достоверной информации о мобильности городского населения, состоянии подвижных объектов и городской инфраструктуры в режиме реального времени.

СГТЛМ должна осуществлять: сбор данных о положении и состоянии подвижных и стационарных объектов управления (ОУ); передачу данных по каналам связи на устройства обработки информации и диспетчерские центры; сравнение полученной информации с уже имеющейся информацией об объекте; производить анализ и архивирование информации от мобильных и стационарных объектов (рис. 1).

Подсистема идентификации (И) и аутентификации на транспорте (А). Подсистема идентификации на транспорте должна проводить процесс распознавания объекта или субъекта по его идентификатору. Идентификатор представляет собой некоторое устройство или признак, по которому определяется объект. Идентификатор объекта предъявляется считывателю, который считывает и передает в систему его индивидуальный

код для проведения процедуры распознавания. Принадлежность идентификатора объекту устанавливается посредством процедуры аутентификации. Эта проверка позволяет убедиться в том, что объект является именно тем, кем себя объявляет. Объектами идентификации ГТС являются городское население, транспортные средства, средства перевозки грузов (контейнеры, тара), товар, объекты социальной и транспортной инфраструктуры. Объекты идентификации ГТС представлены в таблице. Здесь ИКДУ – идентифициро-классифицирующие документы и устройства; П – паспорт гражданина РФ; ОЗП – общегражданский заграничный паспорт; КП – кадастровый паспорт; ТПЗ – технический паспорт здания; КН – кадастровый номер; АТХ – анатомо-терапевтическо-химическая классификация; EAN-13 – европейский номер товара; VIN – идентификационный номер транспортного средства; ГРНЗ ТС – государственный регистрационный номерной знак транспортного средства; КПП – код причины постановки на учет; ИНН – идентификационный номер налогоплательщика; ИНД – идентификационный номер дороги; IP – уникальный сетевой адрес (Internet Protocol Address); IMEI – международный идентификатор мобильного оборудования (International Mobile Equipment Identity), АН МТ – абонентский номер мобильного телефона; ТрН – транспортная накладная; ТН – товарная накладная; ГТД – грузовая таможенная декларация; ИНБК – идентификационный номер банковской

№	Объекты идентификации	Уникальные идентификаторы $ID_i = \{id_{\eta_i}\}$	ИКДУ $ICD_i = \{icd_{di}\}$
1	Городское население	ИНН, СНИЛС, АН МТ (IMEI), ИНБК, НПП(РФ), НЛСФЛ	П (ЭП), ОЗП, ВУ, СГПС, ЭМК, ВБ, ПОМС, БК, БП, УЭК, МТ
2	Транспортные средства	VIN, ГРНЗ ТС, НПТС, ЭГРНЗТС, ЭИНТС, IP(ТС), ИСДУТС, БДСУТС,	ПТС, ТТО, ГТД СРТС, ЗД (ТХ) ТС, ПОСАГО, ЭНПТС, НВУ
3	Товары	EAN-13, IMEI	КЧ, ТН, ГТД
4	Средства упаковки грузов	EAN-13, МКК, (ГОСТР)	ТН, ТрН, ГТД
5	Субъекты экономической деятельности	ИНН, КПП, БИК, ОГРН, НПСЮЛ, SWIFT-code, ПИ	СПИРОНО, ЛК Т-2, ТН, ТрН, КЧ и др.
6	Объекты транспортной инфраструктуры	КН, ИНД, ИНОП ИНОН, ПИ	ЭПБГТ, ПБ, ДП, ЭПД, ЭПОП, ДТПАД
7	Объекты социальной инфраструктуры	КН, ИНОН, ПИ	ТПЗ, КП, ЭПМД, ЭПЗ
8	Виртуальные объекты информационной среды	IP	ДОИУ, П
9	Пассажирский маршрут	ЭНМ (п.5)	ПАМ, ПТМ, ПТрМ

карты; ЛК Т-2 – личная карточка работника по форме Т-2; ЭПБГТ – электронный проездной билет городского транспорта; ПР – проездной билет; ДП – дорожная пошлина; БК – банковская карта; УЭК – универсальная электронная карта; БП – биометрический паспорт; ЭП – электронный паспорт гражданина РФ; ДОИУ – договор оказания интернет-услуг; ДТПАД – дорожный тариф на платной автомобильной дороге; ИНОН – идентификационный номер объекта недвижимости; СГПС – свидетельство государственного пенсионного страхования; МТ – мобильный телефон; НППГ (РФ) – номер паспорта гражданина РФ; НЛСФЛ – номер лицевого счета физического лица; НРСЮЛ – номер расчетного счета юридического лица; СПНРОНО – свидетельство о постановке на учет российской организации в налоговом органе по месту нахождения на территории РФ; БИК – банковский идентификационный код; SWIFT-code – уникальный код, присвоенный сообществом всемирных межбанковских финансовых телекоммуникаций; ПИ – почтовый индекс; ЭПЗ – электронный паспорт здания; ЭПМД – электронный паспорт многоквартирного дома; НПТС – номер паспорта транспортного средства; ПАМ – паспорт автобусного маршрута; ПТМ – паспорт трамвайного маршрута; ПТрМ – паспорт троллейбусного маршрута; ТТО – талон технического осмотра транспортного средства; СРТС – свидетельство регистрации транспортного средства; ЗД ТС – заводская документация на транспортное средство; ТХ ТС – технические характеристики транспортного средства; ЭПД – электронный паспорт дороги; ЭПОП – электронный

паспорт остановочного пункта; ИНОП – идентификационный номер остановочного пункта; ЭГРНЗТС – электронный государственный регистрационный знак транспортного средства; ЭИНТС (VIN) – электронный идентификационный номер транспортного средства; ЭНПТС – электронный номер паспорта транспортного средства; ЭНТТОТС – электронный номер талона технического обслуживания транспортного средства; IP(TC) – уникальный сетевой адрес (Internet Protocol Address) информационной системы транспортного средства; ИСДУТС – идентификаторы субъектов, допущенных к управлению транспортным средством; БДСУТС – биометрические данные субъекта управления транспортным средством; НВУ – номер водительского удостоверения.

Подсистема транспортной идентификации представлена на рис. 2.

Подсистема идентификации пользователей (рис. 3) включает: радиочастотную идентификацию, осуществляемую через идентифициро-классифицирующие документы (см. таблицу); карточные технологии идентификации (карты с магнитной полосой и смарт-карты); идентификацию в сетях сотовой связи; идентификацию через абонентский номер и биометрическую идентификацию.

Идентификация пользователей реализуется в момент взаимодействия объекта идентификации с системами электронных платежей, системами связи, информационно-поисковыми ресурсами (Интернет), контрольно-пропускными системами объектов городской инфраструктуры.

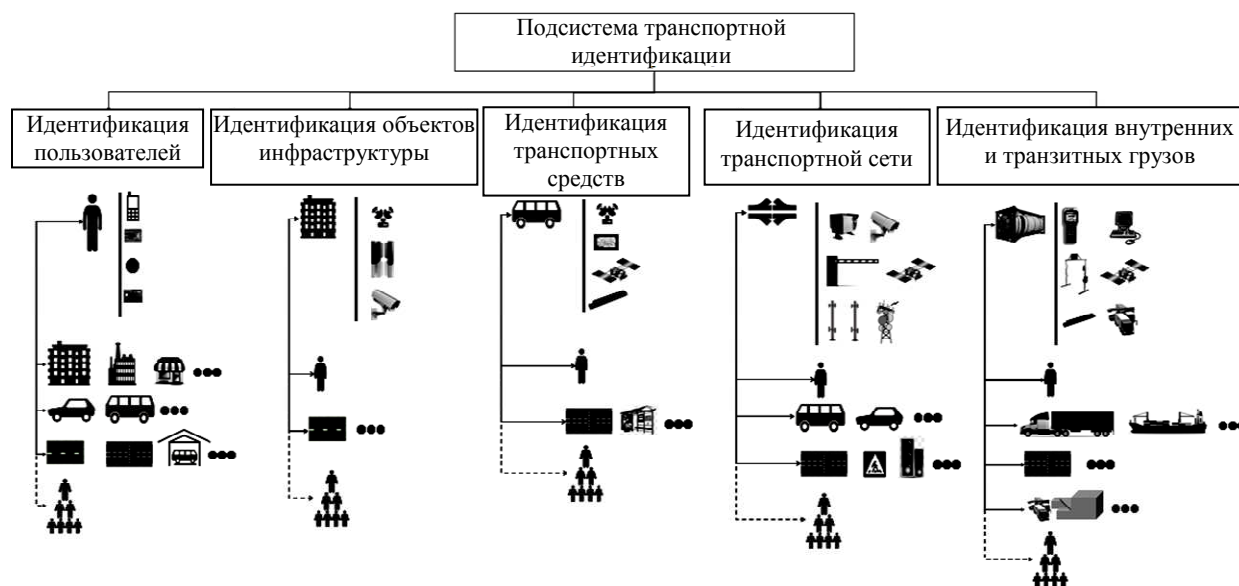


Рис. 2



Рис. 3

жащий уникальный номер транспортной накладной, уникальный номер товарной накладной, уникальный номер грузовой таможенной декларации, идентификационный номер контейнера.

Таким образом, предложенная система идентификации и аутентификации ГТС обуславливает выполнение первого условия принадлежности объекта к ГТС: *каждый объект, входящий в ГТС или находящийся внутри нее, имеет идентификатор.*

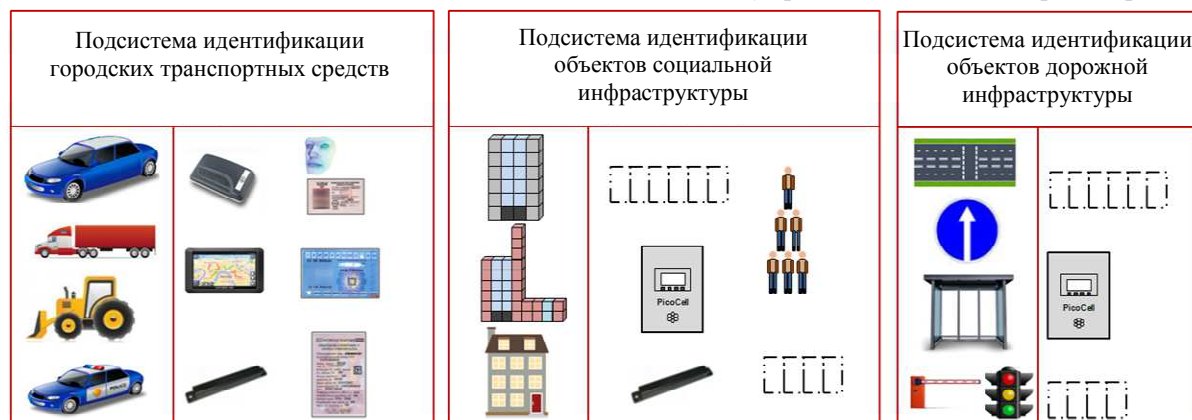


Рис. 4

Подсистема идентификации транспортных средств (ТС) (рис. 4) включает: визуальную идентификацию посредством навесного регистрационного знака ТС; радиочастотную идентификацию, осуществляемую через RFID- и GPS-метки, содержащие информацию о ТС и его владельце.

Автоматическая идентификация ТС реализуется непрерывно в процессе нахождения ТС в ГТС посредством взаимодействия ТС с элементами ГТС.

Подсистема идентификации объектов социальной инфраструктуры (ОСИ) включает радиочастотную идентификацию, осуществляемую через RFID- и GPS-метки, содержащие информацию об идентификационном номере ОСИ, о кадастровом номере размещения ОСИ, номере технического паспорта здания, почтовом индексе ОСИ, почтовом индексе субъектов экономической деятельности, размещенных в данном ОСИ.

Подсистема идентификации объектов дорожной инфраструктуры (ОДИ) включает радиочастотную идентификацию, осуществляемую через RFID- и GPS-метки, содержащие информацию об идентификационном номере дороги и ОДИ (дорожных знаках, остановочных пунктах), номере электронного паспорта дороги, кадастровом номере участка дороги (рис. 4).

Подсистема идентификации внутренних и транзитных грузов (рис. 5) включает радиочастотную идентификацию, осуществляемую через RFID- и GPS-метки, штрих- или QR-код, содер-



Рис. 5

Автоматическая идентификация и аутентификация объектов и элементов ГТС являются необходимым требованием компьютерных информационных систем и систем управления, где требуется достоверное распознавание объектов и их регистрация в реальном масштабе времени.

Подсистема распознавания состояний ОУ ГТС (R). Построение подсистемы распознавания для различных ОУ ГТС осуществляется на базе унифицированных контрольно-измерительных модулей или директивных элементов (ДЭ), которые позволяют решать задачи комплексной диагностики состояний ОУ ГТС и обеспечивают параметрическую определенность ОУ в режиме реального времени.

Подсистема распознавания состояний ТС должна реализовывать следующий набор функций: учет безналичной оплаты проезда на основе бесконтактных пластиковых карт; осуществление

погодного мониторинга за бортом ТС; учет входящих и выходящих пассажиров; управление маршрутными указателями и автоматическое информирование пассажиров о текущей и следующей остановках; отслеживание маршрута пассажирского ТС; диагностику и мониторинг основных систем пассажирского ТС; диагностику и мониторинг условий внутри пассажирского ТС.

Подсистема распознавания состояний ОСИ должна реализовывать следующий набор функций: система учета входящих и выходящих пользователей; запись видеоинформации в ОСИ; диагностика и мониторинг экологических условий внутри ОСИ; диагностика пользователей, находящихся внутри ОСИ; диагностика и мониторинг технических систем ОСИ; система отслеживания перемещения пользователей внутри ОСИ.

Подсистема распознавания состояния ОДИ должна реализовывать следующий набор функций: измерение интенсивности движения подвижных транспортных объектов на дорожных перегонах ГТС; диагностика и мониторинг экологических условий дорожной инфраструктуры ГТС; диагностика и мониторинг технических и эксплуатационных нормативов качества дорожной инфраструктуры ГТС; диагностика и мониторинг состояний и характеристик подвижных транспортных объектов.

Кроме того, в состав ГТС может входить подсистема распознавания физиологических показателей пользователя, способная измерять артериальное давление; осуществлять пульсовую диагностику; магнитографическую диагностику; диагностику равновесия; диагностику потожировых выделений человека; диагностику выдыхаемого воздуха; акустическую диагностику голоса; диагностику температуры тела.

ДЭ ОУ (F_D) – элемент сенсорной подсистемы распознавания состояний ОУ ГТС. Структурная модель ДЭ представлена на рис. 6.

ДЭ предоставляет пользователю (объекту ГТС) функциональную полезность, а также наблюдает за его функциональными состояниями.

Набор функций ДЭ представим следующим выражением:

$$F_D = F_S \cup F_U, \quad (1)$$

где $F_S = \bigcup_{i=1}^K f_{s_i}$ – блок функций СУ, $i = 1, \dots, K$;

$F_U = \bigcup_{p=1}^L f_{u_p}$ – блок потребительских функций СУ, $p = 1, \dots, L$.

Условие системно-функциональной экономичности:

$$f_{s_i=l} \cap f_{s_i=m} = \emptyset. \quad (2)$$

Условие потребительско-функциональной экономичности:

$$f_{u_p=i} \cap f_{u_p=j} = \emptyset. \quad (3)$$

Условия (1)–(3) запрещают дублирование функций внутри блока системы управления ГТС и блока потребительских функций ОУ. Блок потребительских функций обеспечивает процесс внедрения подобных систем на принципах самоорганизации [8].

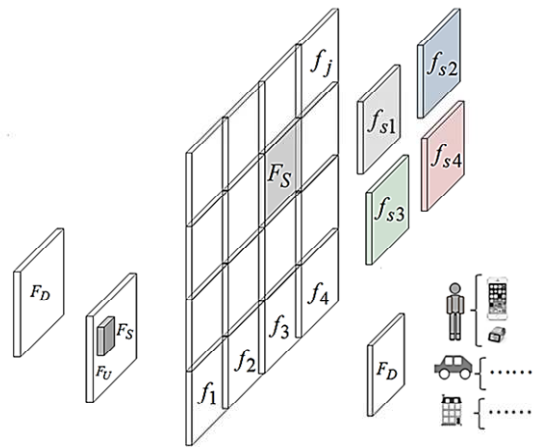


Рис. 6

Таким образом, предложенная подсистема распознавания состояний обуславливает выполнение второго условия принадлежности объекта к ГТС: *параметры управления и состояния каждого объекта, входящего в ГТС или находящегося внутри нее, должны быть распознаваемы.*

Подсистема местоопределения объектов ГТС (Р). Анализ работ [9], [10] свидетельствуют о том, что каждая в отдельности технология местоопределения не в состоянии обеспечить заданную точность позиционирования. По этой причине необходима разработка комбинированного решения, совмещающего технологии глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС), систем сотовой связи и локальных беспроводных радионавигационных сетей. Схема подсистемы местоопределения объектов ГТС представлена на рис. 7.

Для обеспечения высокоточного позиционирования ($R_{\text{def}} = 10 \text{ м}$) в зоне действия сети подвижной радиосвязи GSM/UMTS необходимо сформировать локальное радионавигационное поле (ЛРП) с использованием контрольно-корректирующей станции, которая будет выдавать потребителю корректирующую информацию (рис. 7).

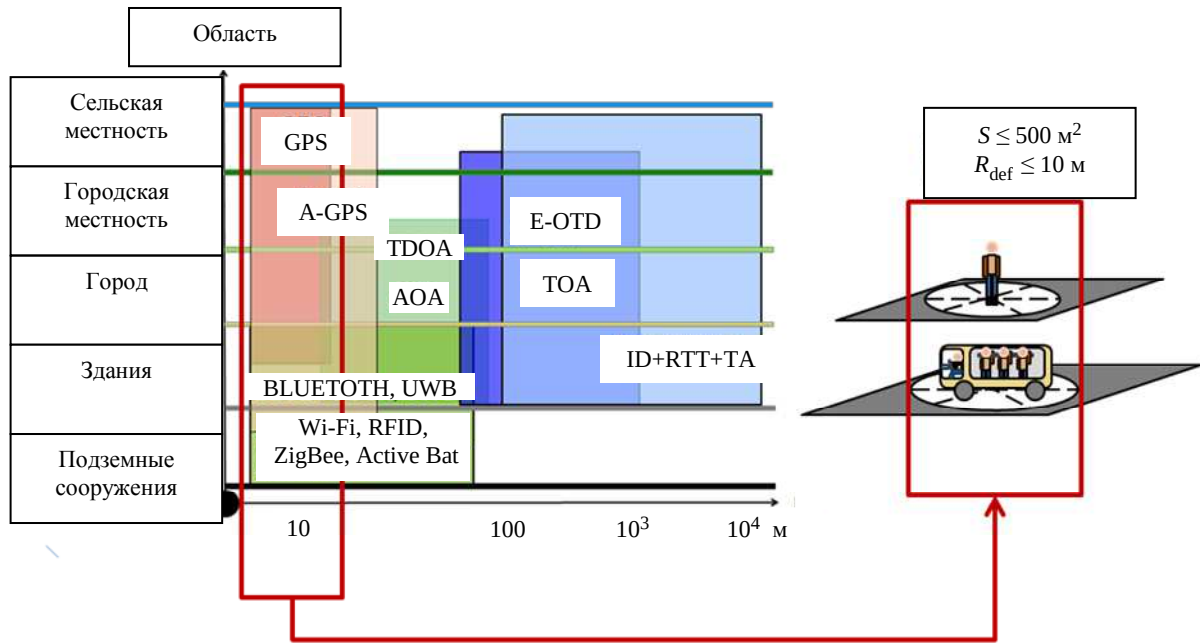


Рис. 7

Условие устойчивой работоспособности системы наблюдения за подвижными транспортными объектами в теоретико-множественной интерпретации имеет вид

$$S_L = \bigcup_{\varphi=1}^{\Phi} \Theta_{\varphi} = \bigcap_{\varphi=1}^{\Phi} P_{\varphi} \leq R_{\text{def}}(S_{\text{def}}) \rightarrow$$

$$\rightarrow K_{\Theta_{\varphi}} = |\Theta_{\varphi}| = 3, \quad (4)$$

где S_L – интегральная система местоопределения; Θ_{φ} – класс системы местоопределения; P_{φ} – точность определения местоположения, м; $R_{\text{def}} = 10...50$ м, $S_{\text{def}} = 300...7500$ м² – радиус и площадь области местоопределения, м; $K_{\Theta_{\varphi}}$ – коэффициент надежности системы местоопределения (резерва).

Состав интегральной системы местоопределения с учетом (4):

$$S_L = (\text{ГЛОНАСС} \vee \text{GPS} \vee \text{GOLILEO}) \cup_{K_{\Theta_{\varphi}}=3} (\text{TDoA} \vee \text{AOA} \vee \text{EOTD}) \cup_{K_{\Theta_{\varphi}}=3} (\text{Wi-Fi} \vee \text{ZigBee} \vee \text{Femtocell}).$$

Такая коммуникационная платформа должна обеспечивать функциональность различных радиосистем и управление переходом из одной си-

стемы в другую в изменяющихся условиях мобильной среды. При недоступности ЛРП существует возможность использования сигналов ГНСС в качестве резервных, что повышает устойчивость работы и живучесть системы.

Структура системы городского транспортно-логистического мониторинга. В основу СГТЛМ (SUTLM) были положены рассмотренные ранее подсистемы идентификации (I) и аутентификации (A) ОУ, подсистемы распознавания состояний (R) ОУ, подсистемы местоопределения (P) ОУ, подсистемы прямой и обратной связи (C) ОУ с СГТЛМ и между собой. Формальное представление СГТЛМ имеет следующий вид:

$$SUTLM = I \cup A \cup R \cup P \cup C. \quad (5)$$

Таким образом, СГТЛМ вида (5) способна осуществлять сбор данных о положении и состоянии подвижных и стационарных объектов, передачу данных по каналам связи на устройства обработки информации и диспетчерские центры.

Каждый объект внутри ГТС распознан, идентифицирован, определены его характеристики, свойства, поведение, отображены его связи с другими объектами.

На основе информации, поступающей с СГТЛМ, возможно построение достоверных матриц корреспонденций (рис. 8), необходимых для разработки и создания эффективных прогнозных моделей управления ГТС [11], [12].

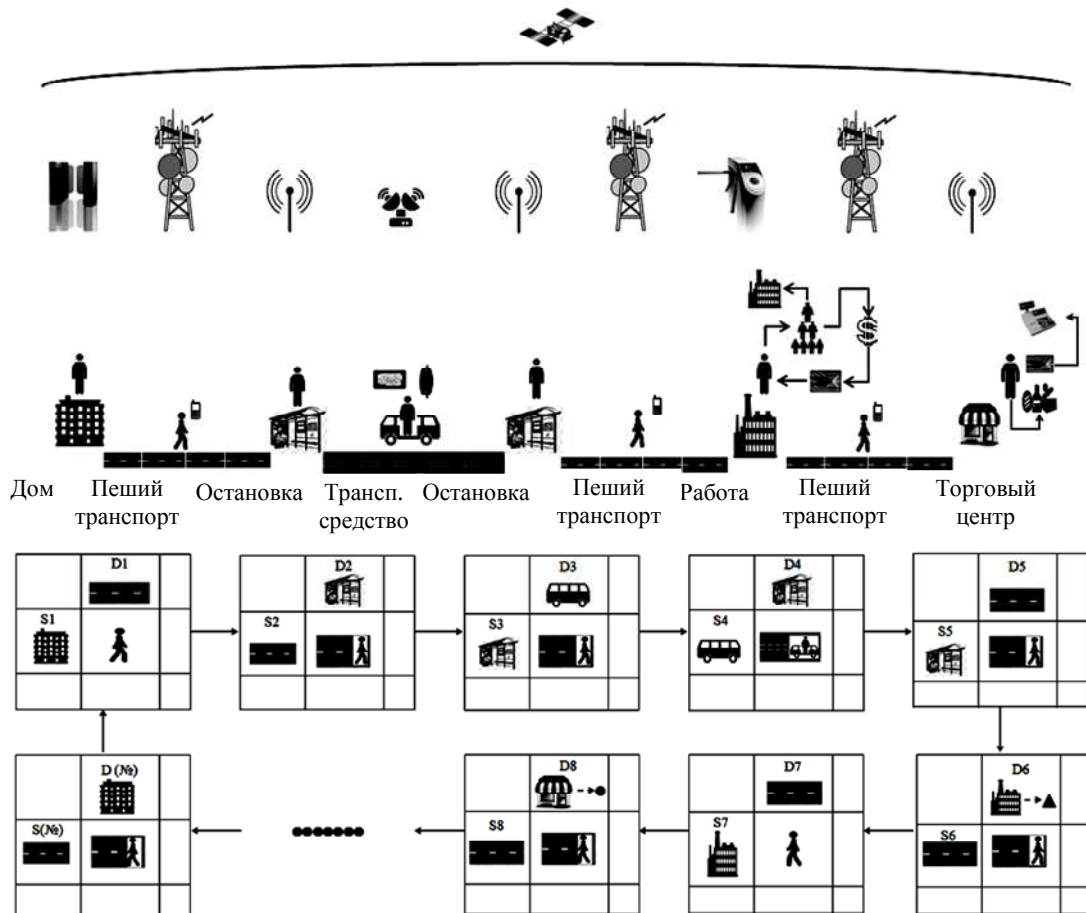


Рис. 8

Дальнейшее функциональное расширение СГТЛМ может происходить за счет использования методов интеллектуальной обработки данных

[13]–[15]. Интеграция СГТЛМ в СУ ГТС с учетом принципов [16], [17] способна рационализировать процесс управления городским транспортом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Девятков В. В., Алфимцев А. Н. Отслеживание движущихся объектов для мониторинга транспортного потока // Тр. 34-й конф. «Информационные технологии и системы», Геленджик, 2011 / ИППИ им. А. А. Харкевича РАН. Геленджик, 2011. С. 31–36.
2. Lämmer S., Helbing D. Self-Stabilizing Decentralized Signal Control of Realistic, Saturated Network Traffic. Santa Fe Working Paper Nr. 10-09-019. URL: <http://www.santafe.edu/research/working-papers/abstract/67d8c997e841b3a2e253aacad4e2851b/>.
3. Левтеров А. И., Алешин Г. В., Ярута А. Н. Способ мониторинга транспортных потоков // ИКСЗТ. 2012. № 3. С. 56–60.
4. Богумил В. Н., Ефименко Д. Б. Экспериментальные исследования транспортных потоков с использованием навигационных данных (глонасс/gps) диспетчерских систем // Наука и техника в дорожной отрасли. 2011. № 4. С. 3а–7.
5. Herrera J. C. Evaluation of Traffic Data Obtained via GPS Enabled Mobile Phones: The Mobile Century Field Experiment // Transportation Research Part C. 2010. Vol. 18, № 4. P. 568–583.
6. Беттгер К. Концептуальные исследования для стратегического транспортного планирования в Санкт-Петербурге и других городах РФ // Транспорт Российской Федерации. 2007. № 8. С. 6–8.
7. О трехстадийной версии модели стационарной динамики / А. В. Гасников, Ю. В. Дорн, Ю. Е. Нестеров, С. В. Шпирко // Математическое моделирование. 2014. Т. 26, № 6. С. 34–70.
8. Селиверстов Я. А. Основы теории субъективных функциональных возможностей рационального выбора // Интернет-журн. «Науковедение». 2014. № 4 (23). М.: Науковедение, 2014. URL: <http://naukovedenie.ru/PDF/90EVN414.pdf>.
9. UMTS Networks Second Edition / Н. Kaaranen, А. Ahtiainen, L. Laitinen et al. John Wiley & Sons, 2005.
10. Богданов А. С., Шевцов В. А. Определение местоположения и управление в современных сетях подвижной радиосвязи // Электронный журн. «Труды МАИ». Вып. № 40. С. 1–21.

11. Селиверстов Я. А. Моделирование процессов распределения и развития транспортных потоков в мегаполисах // Изв. СПбГЭТУ «ЛЭТИ». 2013. № 1. С. 43–49.

12. Селиверстов С. А. Методы и алгоритмы интеллектуального анализа процесса организации транспортной системы // Вестн. ГУМРФ им. адмирала С. О. Макарова. 2013. Вып. 2. С. 92–99.

13. Селиверстов Я. А. Использование правила резолюций в вопросно-ответной процедуре транспортного планировщика // Вестн. ГУМРФ им. адмирала С. О. Макарова. 2013. Вып. 1 (20). С. 145–152.

14. Селиверстов Я. А., Селиверстов С. А. О логико-алгебраическом представлении транспортно-логистического процесса // Науч.-техн. ведомости СПбГПУ. Информатика. Телекоммуникации. Управление. 2014. Т. 4, № 200. С. 57–68.

15. Селиверстов Я. А. О построении модели классификации межагентных отношений социально-экономического поведения городского населения в системах управления транспортными потоками мегаполиса // Интернет-журн. «Наукоеведение». 2014. № 5 (24). М.: Наукоеведение, 2014. URL: <http://naukovedenie.ru/PDF/159TVN514.pdf>.

16. Кокаев О. Г., Лукомская О. Ю., Селиверстов С. А. О технологии анализа транспортных процессов в современных условиях хозяйствования // Транспорт Российской Федерации. 2012. № 2 (39). С. 32–36.

17. Селиверстов С. А., Селиверстов Я. А. Основы теории бесконфликтного непрерывного транспортного процесса движения // Интернет-журн. «Наукоеведение». 2014. № 3 (22). М.: Наукоеведение, 2014. URL: <http://naukovedenie.ru/PDF/74TVN314.pdf>.

Ya. A. Seliverstov, S. A. Seliverstov

The Institute of transport problems to them. N. With. Solomenco of the Russian academy of sciences

A. L. Starichenkov

Saint-Petersburg state electrotechnical university «LETI»

FEATURES OF CONSTRUCTION OF URBAN TRANSPORTATION AND LOGISTICS MONITORING

Detailed review of the existing transport technologies for monitoring and technical systems for collecting traffic information were given in the article, statement of the problem of creating a system for monitoring vehicle and urban residents were made here. Subsystems: identification and authentication, positioning of vehicle and urban residents were considered here. The construction of the structural model of system for monitoring vehicle and urban residents were carried out here and were marked its prospects.

City monitoring, technology identification, authentication, positioning, recognition of states of control objects

УДК 004.891.3

М. А. Протасова

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина)

Нейросетевой классификатор аномалий телекоммуникационной сети

Рассмотрено применение искусственных нейронных сетей к решению задачи распознавания и классификации аномалий в телекоммуникационной сети. Приведена реализация нейросетевого классификатора с использованием языка программирования R. Выбрано признаковое пространство и сформирована обучающая выборка нейронной сети. Представлена реализация классификатора аномалий телекоммуникационной сети.

Обучающая выборка, телекоммуникационная сеть, нейросетевой классификатор

Направление информационной безопасности телекоммуникационных сетей, связанное с обнаружением и последующим реагированием на

нарушения, появилось и начало активно развиваться в 80-е гг. XX в.