

Использование модели функционального рационализатора потребительского поведения в рекомендательных системах управления транспортной активностью городского населения

Я. А. Селиверстов¹, С. А. Селиверстов²

Лаборатория ИТС

^{1,2} ФГБУН Институт проблем транспорта
им. Н.С. Соломенко РАН

^{1,2} Санкт-Петербургский политехнический университет
Петра Великого, Институт компьютерных наук и
технологий

¹silver8yr@gmail.com, ²seliverstov_s_a@mail.ru

Н. В. Подопригора

Кафедра наземных транспортно-технологических
машин

Санкт-Петербургский государственный архитектурно-
строительный университет
n.v.podoprigora@gmail.com

А. Л. Стариченков

Кафедра корабельных систем управления
Санкт-Петербургский государственный
электротехнический университет
«ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)
allstar72@mail.ru

Р. С. Нарышкин

Кафедра технологии программирования
Санкт-Петербургский государственный университет
r.naryshkin99@gmail.com

Аннотация. Даётся обзор существующих городских программных мобильных приложений транспортно-экономического направления. Производится построение модели функционального рационализатора потребительского поведения. Программная реализация модели функционального рационализатора потребительского поведения выполнена на языке Python_3 с использованием библиотек matplotlib, collections, numpy, pyplot, mplot3d. Проведен анализ потребительского поведения до и после использования модели функционального рационализатора. Представлены графические результаты структурного анализа затрат старого и нового потребительского поведения, анализа потребительского поведения в границах теории возможностей и модели транспортного поведения жителя до и после применения модели функционального рационализатора. Рассмотрены перспективы дальнейшего совершенствования модели функционального рационализатора потребительского поведения и создание мобильного приложения на ее основе.

Ключевые слова: умное транспортное поведение; когнитивные транспортные системы; функциональный рационализатор потребительского поведения; потребительские навигаторы; умный город

I. ВВЕДЕНИЕ

Стремительное развитие мобильных и облачных технологий, перевод логистической, потребительской,

Исследование выполнено в рамках государственного задания
Минобрнауки РФ НИОКТР «Разработка теоретических основ
организации сложных когнитивных транспортных систем» № АААА-
А19-119032590097-6.

коммуникационной и расчетно-денежной деятельности в информационно-сетевое пространство открывает новые пути развития когнитивных транспортных систем [1, 2].

Непрерывное совершенствование современных городских информационно-аналитических систем с повсеместной интеллектуализацией городских логистических процессов, реализуемых на принципах Европейской концепции Смарт Сити сегодня становится авангардом развития мегаполисов. Построение систем управления процессами городской мобильности населения, анализ и учет персонального транспортного поведения становятся возможными в границах направлений Smart Logistics и ITS. Последние предполагают использование персональных навигационных логистических планировщиков, способных изменять потребительское и транспортно-логистическое поведение населения в границах теории субъективных функциональных возможностей рационального выбора [3, 4] и прокладывать маршруты предпочтительного следования [5].

II. АНАЛИЗ ПРЕДМЕТНОЙ ОБЛАСТИ

Подобные системы строятся на базе персональных мобильных приложений [6, 7] и являются системами поддержки принятия решений в выборе предпочтительных потребностей (занятий и видов деятельности), товаров и оптимальных маршрутов следования. Использование данных приложений способно рационализировать

потребительское, транспортное и логистическое поведение городского населения.

Проведенный анализ предметной области показывает, что многие научные коллективы в настоящий момент заняты развитием мобильных приложений в области социально-экономических, медицинских и транспортных исследований.

В статье [8] разрабатывается метод оценки целесообразности развития розничных торговых сетей в определенных районах города на основе GPS-треков жителей и графовых вероятностных моделей на основе байесовской сетей.

В работе [9] разрабатывается мобильное приложение GAWA для людей с ограниченными возможностями, которое позволяет прокладывать потребительские маршруты.

В статье [10] представлено медицинское мобильное приложение MyMemory, целью которого является помочь пострадавшим от травматических повреждений мозга посредством развития памяти.

Исследование [11] помогает понять, как пользователи выбирают мобильные приложения и какие факторы и критерии при выборе мобильного приложения для них являются ключевыми.

В работе [12] дается обзор медицинских мобильных приложений для людей с рассеянным склерозом, и определяются два приложения, обладающие наибольшей функциональностью.

В статье [13] рассматривается мобильное приложение для управления личным временем – Personalized Time Management, способное обрабатывать запросы электронной почты, резервировать места отдыха, планировать события и осуществлять взаимодействие с различными мобильными сервисами.

В работе [14] проведен анализ 149 мобильных приложений для лиц, болеющих эпилепсией, из которых 20 приложений соответствовали обозначенным критериям выбора.

В статье [15] представлен обзор мобильных туристических приложений, для людей с ограниченными возможностями.

Анализ предметной области свидетельствует о стремительной интеграции разнородных мобильных приложений в повседневную жизнь городского населения.

III. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Дневное потребительское поведение современного человека, как правило, не рационально, так как в большинстве случаев оно замыкается на ограниченный круг потребностей – тем самым останавливается процесс развития человека, так как новых потребностей не появляется. Субъективный процесс выбора [4, 7] и поиска товаров и услуг из всего многообразия также не рационален, вероятность произвести его оптимальным

образом самостоятельно (нужное количество товара по минимальной цене), без использования внешней информационной системы близка к нулю.

Таким образом, не только потребительское поведение, но и транспортная мобильность пользователя, которая связана с местом нахождения товаров и услуг, к которым он тяготеет, также может быть улучшена.

Основная цель работы заключается в разработке программной модели функционального рационализатора потребительского поведения (ФРПП), назначение которого – совершенствование и рационализация потребительского поведения человека в границах максимизации критерия объективных потребительских возможностей, с учетом его транспортной мобильности. Таким образом, функциональный рационализатор потребительского поведения исключает из дневного цикла одинаковые занятия, заменяет их на новые предпочтительные занятия, регулирует размер дневного потребления пользователя, а также предоставляет информацию, где можно приобрести интересующие товары по минимальной стоимости.

IV. МЕТОДЫ И МОДЕЛИ

Разработку модели ФРПП уместно начать с формального ввода основных понятий, на которые мы будем опираться в ходе дальнейшего изложения.

Пусть: $h_a, h_a = 1, \dots, H$ – субъективный потребитель; $D_{h_a} = \{f_j^{h_a}, j = 1, \dots, z\}$ – множество потребностей потребителя; $L_D^H = \{(l_{f_j}^{h_a}; \lg_{f_j}^{h_a})\}$ – множество GPS-координат местонахождения потребительских услуг (потребностей) $f_j^{h_a}$ потребителя h_a ; $X = \{x_i; i = 1, \dots, N\}$ – множество благ; $Y = \{y_i; i = 1, \dots, N\}$ – множество цен благ; $L_X^Y = \{(l_{x_i}^y; \lg_y^x)\}$ – множество GPS-координат нахождения благ X со стоимостью Y ; $\Omega = \{w_i, i = 1, \dots, n\}$ – множество оцененных благ, на котором задано бинарное отношение $(x_i; y_i) \in X \times Y$ такое, что для любого блага $x_i \in X$ существует стоимость блага $y_i \in Y \subset Q$, Q – множество дробных чисел, $i \in N$ – номер приписанного благу; $\Omega_{\eta}^{h_a}$ – множество наборов η различных благ, которыми субъективный потребитель удовлетворяет наборы π потребностей $D_{\pi}^{h_a}$; $\Xi_i^{w_i}$ – субъективная функциональная возможность блага; $\Xi_t^{h_a}$ – пространства возможностей субъективного функционально-устойчивого состояния потребителя за дневной цикл t ; $\Xi_t^{h_a}$ – пространства возможностей объективного функционально-устойчивого состояния потребителя за дневной цикл t ; $\Xi_t^{h_a}$ – пространства возможностей объективного функционально-устойчивого состояния потребителя за дневной цикл t ; $TU_i^{h_a}$ – общая полезность блага или

набора благ; $\hat{T}U_i^{h_u}$ – общая нормированная субъективная полезность блага или набора; $R_D^X = R_i^X \cup R_j^D$ – множество маршрутов к благам X и к месторасположению потребительских услуг (потребностей) D ; $I_{\eta}^{h_u} = ID_{\eta}^{h_u} \cup I\Omega_{\eta}^{h_u} \cup IR_{\pi, \eta}^{h_u}$ – исходная информация, которой располагает субъективный потребитель о потребностях $ID_{\eta}^{h_u}$, благах $I\Omega_{\eta}^{h_u}$ для их удовлетворения и их месторасположении $IR_{\pi, \eta}^{h_u}$; In^{\exp} – информация экспертной системы о потребительском рынке благ, потребностей потребителей и способах их рационального удовлетворения.

$I_{\eta}^{\exp(h_u)} = ID_{\eta}^{\exp(h_u)} \cup I\Omega_{\eta}^{\exp(h_u)} \cup IR_{\pi, \eta}^{\exp(h_u)}$, $I_{\eta}^{\exp(h_u)} \subset In^{\exp}$ – информация, рекомендуемая экспертной системой о потребностях ID_{η}^{\exp} , благах $I\Omega_{\eta}^{\exp}$ для их рационального удовлетворения и их месторасположении $IR_{\pi, \eta}^{\exp(h_u)}$, которая предоставляется субъективному потребителю после обращения к информационной системе; F_{h_u} – процесс выбора благ (приобретения благ) потребителем с целью удовлетворения субъективных потребностей, заданный в виде:

$$\forall h_u, D_{h_u} \exists F_{h_u} = \{\omega_1(\Xi_1^{w_1}), \dots, \omega_i(\Xi_i^{w_i}), \dots, \omega_{i+1}(\Xi_{i+1}^{w_{i+1}}), \dots, \omega_{i+1}(\Xi_{i+1}^{w_{i+1}}) \mid \begin{cases} i < i+1, \\ \Xi_i^{w_i} > \Xi_{i+1}^{w_{i+1}}, \\ TU_j^{h_u} \geq \Lambda_j^{h_u}(\omega_i) \geq \hat{T}U_j^{h_u}; \end{cases}, \\ D_{h_u} = \{f_j, f_{j+1} \mid j < j+1\} \Leftrightarrow \forall \omega_i(\Xi_i^{w_i}), \\ \omega_{i+1}(\Xi_{i+1}^{w_{i+1}}) \in F_{h_u}; \Xi_i^{w_i} > \Xi_{i+1}^{w_{i+1}}, i < i+1$$

где $\text{dom } F_{h_u} = G_{h_u} \cap I_{\eta}^{h_u} \cap T_{F_{h_u}}$ – допустимая область выбора благ субъективного потребителя; G_{h_u} – номинальный доход потребителя; $T_{F_{h_u}}$ – время, отведенное на удовлетворение потребностей; Φ_{s-cl} – оператор субъективного разбиения потребностей, который разбивает дневные потребности $F_{day}^{h_u}$ потребителя на обязательные F_{req} и необязательные F_{optl} ; Φ_{m-t} – темпоральный оператор, который разбивает дневное время потребителя на свободное T_{free} и занятое деятельностью T_{busy} ; Φ_{s-msr} – темпорально-функциональный (ТФ) оператор, который переводит дневное время потребителя $T_{day}^{h_u}$ в множество субъективных потребностей $\{f_j^{h_u}\}$; $p_f^{h_u} : \{f_j\} \xrightarrow{p_f^{h_u}} \{f_j^p; \Omega_j^p; R_{i,j}^p\}_t^{h_u}$ – оператор субъективного развития, который из множества существующих функциональных потребностей $\{f_j\}$ формирует упорядоченное по времени множество необходимых

потребностей для субъективного развития потребителя $\{f_j^p\}_{t=1}^{h_u}$ и ставит им в соответствие блага или наборы благ Ω_j^p для их удовлетворения с указанием предпочтительных маршрутов $R_{i,j}^p$.

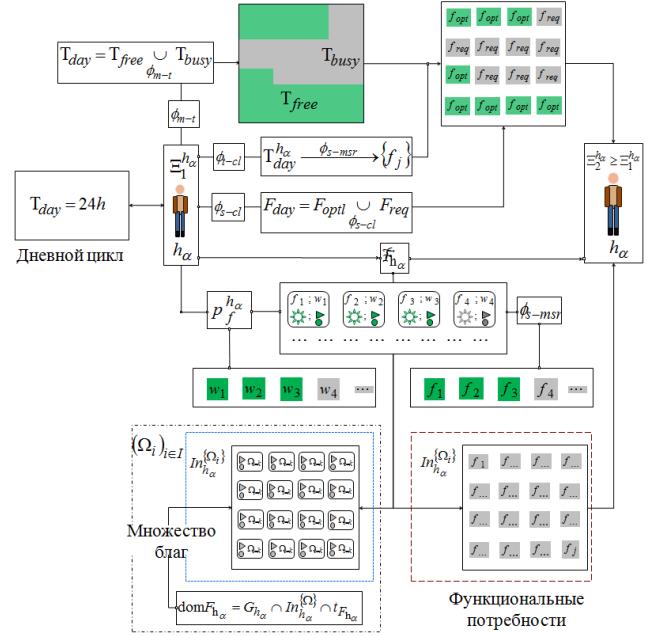


Рис. 1. Схема функционального расширения потребностей потребителя

Тогда, модель ФРПП в границах теории [3, 4] будет постулирована в следующем изложении: потребитель в процессе потребления стремится перейти из состояния с меньшими субъективными возможностями в состояние с большими объективными возможностями, рационально потребляя блага в порядке уменьшения полезности с учетом предпочтительной потребительской маршрутизации.

Формальная интерпретация данной модели будет иметь вид:

$$F_{h_u} : \Xi_1^{h_u} \xrightarrow[\text{TU}_i^{\omega_i} > TU_{i+1}^{\omega_{i+1}}]{\Phi_{s-cl}, \Phi_{m-t}, \Phi_{s-msr}} \Xi_2^{h_u}, \\ \Xi_2^{h_u} \geq \Xi_1^{h_u}, R_2^{h_u} \succ R_1^{h_u}$$

Графическая интерпретация логико-алгебраической модели субъективного потребительского поведения в течение дневного цикла представлена на рис. 1.

Таким образом, модель функционального рационализатора потребностей преобразует пространства возможностей субъективного функционально-устойчивого состояния потребителя в пространство возможностей объективного функционально устойчивого состояния потребителя, посредством перевода потребителя из поля действия закона полного удовлетворения потребностей в поле действие закона нормального удовлетворения потребностей [3] с учетом предпочтительного транспортного поведения.

V. ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ МОДЕЛИ И ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

Программная реализация модели ФРПП выполнена на языке Python_3 с использованием библиотек matplotlib, collections, copy, math, numpy, pyplot, matplotlib3d.

Входные данные: дневной хронометраж: время, потребности, блага на удовлетворение потребности и количество потребляемых благ, места расположения благ и потребностей; каталог благ с их стоимостью и месторасположением; субъективные нормы потребления благ; каталог предпочтительных потребностей.

Выходные данные: рекомендуемый дневной хронометраж: время, новые предпочтительные потребности с указанием благ в размере рекомендуемой нормы по минимальной стоимости и предпочтительные маршруты следования; экономический анализ потребительского поведения; анализ потребительского поведения в границах теории возможностей; графическая визуализация результатов.

Алгоритм работы ФРПП представлен на рис. 2.



Рис. 2. Алгоритм работы ФРПП

Пример выводных данных программной реализации модели функционального рационализатора потребностей представлен ниже на рис. 3-8.

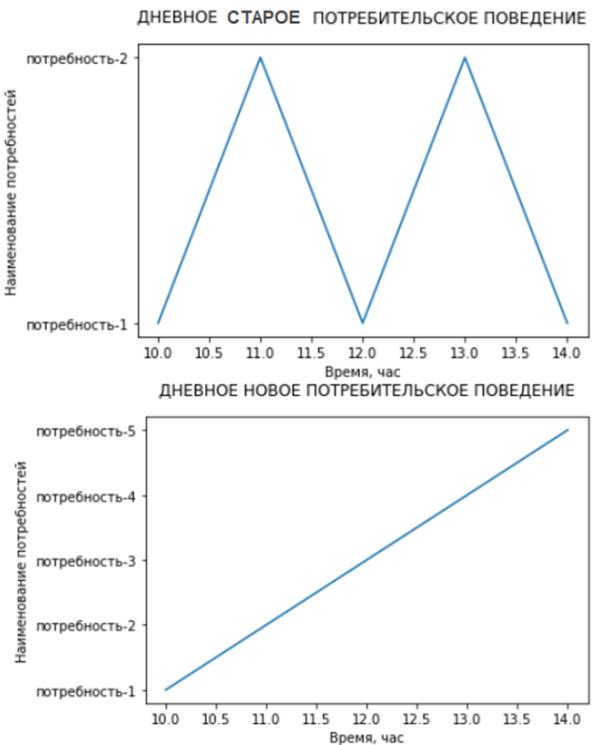


Рис. 3. Дневное потребительское поведение до и после функциональной рационализации

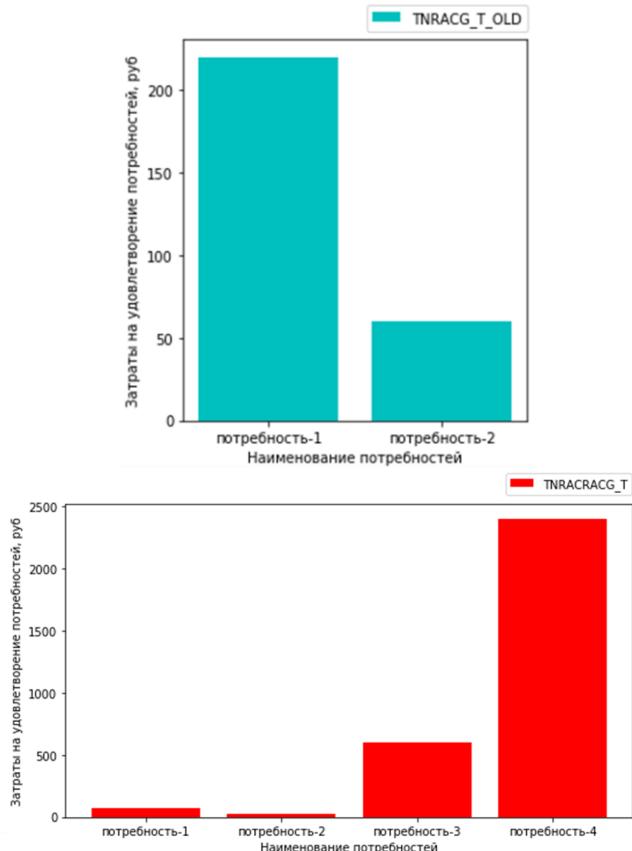
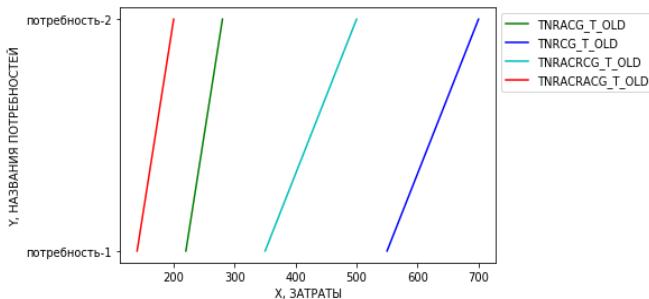


Рис. 4. Структурный анализ затрат старого и нового потребительского поведения

СРАВНЕНИЕ ЗАТРАТ НА РАЗЛИЧНЫХ РЕЖИМАХ СТАРОГО ПОТРЕБИТЕЛЬСКОГО ПОВЕДЕНИЯ



СРАВНЕНИЕ ЗАТРАТ НА РАЗЛИЧНЫХ РЕЖИМАХ НОВОГО ПОТРЕБИТЕЛЬСКОГО ПОВЕДЕНИЯ

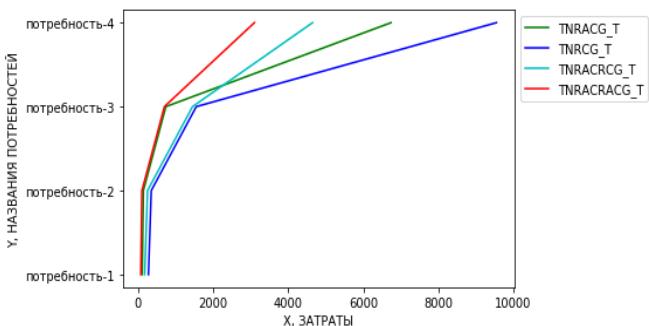


Рис. 5. Анализ затрат на различных режимах старого и нового потребительского поведения

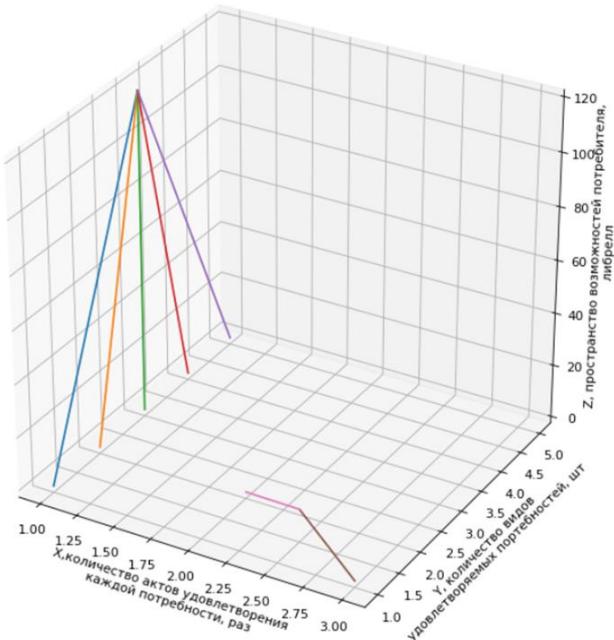


Рис. 6. Анализ потребительского поведения в границах теории возможностей

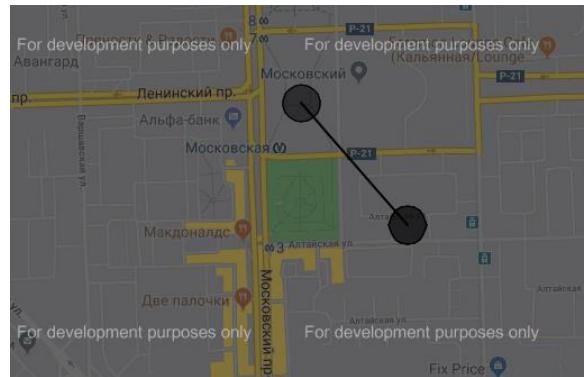


Рис. 7. Модель транспортного поведения жителя до применения модели функционального рационализатора

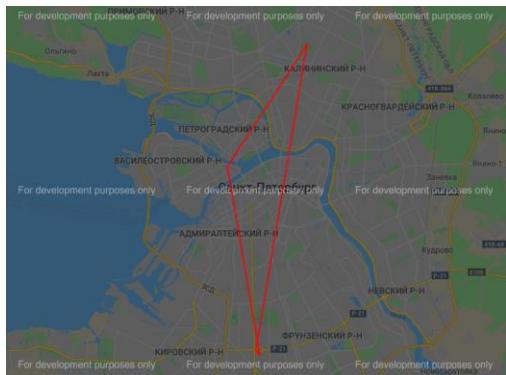


Рис. 8. Модель транспортного поведения жителя после применения модели функционального рационализатора

VI. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, нами была рассмотрена модель функционального рационализатора потребительского поведения. Через введение в модель ФРПП транспортной активности населения [16] в привязке к ГИС-данным [17] допустим переход к процессу машинной интеллектуализации логистического поведения городского населения [18, 19] посредством развития новых мобильных пешеходных навигаторов. Последнее способно расширить отраслевой алгоритмический базис модели ФРПП в части экономико-транспортного [20] и поведенческого моделирования [21, 22]. Прикладное развитие модели ФРПП делает возможным построение систем управления процессами рационализации и устойчивости субъективного потребления в региональном масштабе. Способствует развитию когнитивных транспортных систем и интеллектуализации городских транспортно-логистических процессов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Malygin, I., Komashinskiy, V., & Korolev, O. (2018). Cognitive technologies for providing road traffic safety in intelligent transport systems. *Transportation Research Procedia*, 36, 487–492. doi:10.1016/j.trpro.2018.12.134
- [2] Kong, F., Li, J., & Lv, Z. (2018). Construction of intelligent traffic information recommendation system based on long short-term memory. *Journal of Computational Science*, 26, 78–86. doi:10.1016/j.jocs.2018.03.010

- [3] Селиверстов Я.А. Основы теории субъективных функциональных возможностей рационального выбора // Интернет-журнал Науковедение. 2014. № 4 (23). С. 90. <https://naukovedenie.ru/PDF/90EVN414.pdf>
- [4] Селиверстов Я.А. Формализация теории "функционального" субъективного потребительского поведения // Вестник Томского государственного университета. Экономика. 2016. № 1 (33). С. 7-30. http://journals.tsu.ru/economy/&journal_page=archive&id=1409&article_id=28229
- [5] Seliverstov, Y. A., Seliverstov, S. A., Lukomskaya, O. Y., Nikitin, K. V., Grigoriev, V. A., & Vydrina, E. O. (2017). The method of selecting a preferred route based on subjective criteria. 2017 IEEE II International Conference on Control in Technical Systems (CTS). doi:10.1109/ctsys.2017.8109506
- [6] Skorokhodov D., Seliverstov Ya., Seliverstov S., Burov I., Vydrina E., Podoprigora N., Chigur V., Shatalova N., Cheremisina A. (2020) Using Augmented Reality Technology to Improve the Quality of Transport Services. In: Sukhomlin V., Zubareva E. (eds) Convergent Cognitive Information Technologies. Convergent 2018. Communications in Computer and Information Science, vol 1140, pp. 339–348. Springer, Cham, doi.org/10.1007/978-3-030-37436-5_30
- [7] Malygin I., Seliverstov Ya., Seliverstov S., Silnikov M., Muksimova R., Gergel G., Chigur V., Shatalova N., Fahmi Sh. (2020) Mobile Technologies in Intelligent Transportation Systems. In: Sukhomlin V., Zubareva E. (eds) Convergent Cognitive Information Technologies. Convergent 2018. Communications in Computer and Information Science, vol 1140, pp. 384–391. Springer, Cham, doi.org/10.1007/978-3-030-37436-5_33
- [8] Moiseeva A., Timmermans H. Imputing relevant information from multi-day GPS tracers for retail planning and management using data fusion and context-sensitive learning. Journal of Retailing and Consumer Services 17.2010. p. 189–99
- [9] Rodriguez-Sanchez M.C., Martinez-Romo J. GAWA – Manager for accessibility Wayfinding apps. International Journal of Information Management 37.2017. p. 505–19.
- [10] Chang C., Hinze A., Bowen J., Gilbert L., Starkey N. Mymemory: A mobile memory assistant for people with traumatic brain injury. Int. J. Human-Computer Studies 117.2018. p. 4–19.
- [11] Laurie J., Blandford A. Making time for mindfulness. International Journal of Medical Informatics 96 (2016). p. 38–50.
- [12] Ruzic L., Sanford J. A. Needs Assessment—mHealth Applications for People Aging with Multiple Sclerosis. J Healthc Inform Res.2018. 2:71–98.
- [13] Berry P.M., Gervasio M., Peintner B., and Yorke-Smith, N. 2011. PTIME: Personalized assistance for calendaring. ACM Trans. Intell. Syst. Technol. 2, 4, Article 40, July 2011. 40:1-22.
- [14] Sandra M. Coulon, Courtney M. Monroe, Delia S. West. A Systematic, Multi-domain Review of Mobile Smartphone Apps for Evidence-Based Stress Management. American Journal of Preventive Medicine 2016. 51(1):95–105
- [15] Ribeiro F.R., Silva A., Barbosa F., Silva A.P., Metrôlho J.C. Mobile applications for accessible tourism: overview, challenges and a proposed platform. Information Technology & Tourism. June 2018, Volume 19, Issue 1–4, p. 29–59.
- [16] Селиверстов Я.А., Селиверстов С.А. Формальное построение цепочек транспортной активности городского населения // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Информатика. Телекоммуникации. Управление. 2015. № 4 (224). С. 91-104.
- [17] Shoval N. Monitoring and managing visitors flows in destinations using aggregate GPS data. In: Gretzel R.L., Fuchs M. (eds). Information and communication technologies in tourism. Springer, Vienna, New York, 2010. p. 171–184.
- [18] Seliverstov S.A., Seliverstov Y.A., Tarantsev A.A., Grigoriev V.A., Elyashevich A.M., Muksimova R.R. Elaboration of intelligent development system of megalopolis transportation. In: Proceedings of 2017 IEEE II International Conference on Control in Technical Systems (CTS), CTS 2017. 2017. p.211-215.
- [19] Селиверстов С.А., Селиверстов Я.А. Обзор показателей транспортной обеспеченности мегаполиса // Вестник гражданских инженеров. 2015. № 5 (52). С. 237-247.
- [20] Seliverstov Ya.A., Seliverstov Sv.A., Komashinskiy V.I., Tarantsev A. A., Shatalova N.V., Grigoriev V.A. Intelligent systems preventing road traffic accidents in megalopolises in order to evaluate. In: Proceedings of 2017 20th IEEE International Conference on Soft Computing and Measurements, SCM 2017. pp.489-492, doi:10.1109/SCM.2017.7970626
- [21] Seliverstov Y.A., Malygin I.G., Komashinskiy V.I., Tarantsev A.A., Shatalova N.V., Petrova V.A. The St. Petersburg transport system simulation before opening new subway stations. In: Proceedings of 2017 20th IEEE International Conference on Soft Computing and Measurements, SCM 2017. p. 284-287. doi:10.1109/SCM.2017.7970562
- [22] Seliverstov S.A., Malygin I.G., Starichenkov A.L., Muksimova R.R., Grigoriev V.A., & Asaul A.N. (2017). Modeling of megalopolis traffic flows with the introduction of a new line of water intercity passenger transport. 2017 XX IEEE International Conference on Soft Computing and Measurements (SCM), pp. 278-280. doi:10.1109/scm.2017.7970560