

Имитационное моделирование данных для определения готовности муниципальных образований к внедрению технологий Smart City

© О. О. Комаревцева

Среднерусский институт управления – филиал Российской академии народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации,

Орел

komare_91@mail.ru

Аннотация. Цель исследования заключалась в определении степени готовности муниципальных образований Российской Федерации к внедрению технологий Smart City. Предложена имитационная модель, позволяющая определить степень готовности муниципальных образований к внедрению технологий Smart City, подобрать городские проекты (Smart-проекты), наиболее релевантные существующему уровню готовности, выявить основные барьеры на пути их реализации. В ходе исследования использованы методы структурного и графического анализа, суммарной оценки и рейтингов, группового учета аргументов. Область применения полученных результатов достаточно обширна. Прежде всего, данное исследование будет интересно ученым, занимающимся разработками в области цифровой экономики, управления данными Big data, а также практическим специалистам, реализующим проекты эффективной урбанизации городской среды.

Ключевые слова: Smart City, имитационное моделирование, интенсивное использование данных, технологии, цифровая экономика.

Simulation of Data for Determining the Readiness of Municipalities to Implement Smart City Technologies

© O. O. Komarevtseva

Srednerusskiy Institute of Management –

branch of Russian Academy of National Economy and Public Administration,

Orel

komare_91@mail.ru

Abstract. The purpose of the study is to determine the degree of readiness of municipal municipalities in the Russian Federation to implement Smart City technologies. The author offers an imitation model that allows to determine the degree of readiness of cities to implement Smart City technologies, to select Smart projects, to identify the main barriers to the implementation of Smart projects. In the course of the research methods of structural and graphical analysis, summary evaluation and ratings, group accounting of arguments were used. The field of application of the results obtained is quite extensive. This study will be interesting to scientists engaged in developments in the field of digital economy, data management Big data, practical specialists implementing urban urbanization projects.

Keywords: Smart City, simulation data intensive domains, technology, digital economy

1 Введение

Экономическая парадигма XXI века претерпевает изменения, связанные с переходом к цифровому развитию федеральной и региональной экономики.

Кроме того, в нынешних условиях жесткой конкуренции городов как внутри страны, так и за ее пределами, вопрос внедрения технологий цифровой экономики становится особенно актуальным. Стремительно развиваясь, муниципальные образования формируют новые экономические и культурные центры, которые впоследствии стимулируют экономические изменения. При этом депрессивные муниципальные образования испытывают в данном процессе некоторые проблемы. К их числу относятся:

Труды XIX Международной конференции «Аналитика и управление данными в областях с интенсивным использованием данных» (DAMDID/RCDL'2017), Москва, Россия, 10–13 октября 2017 года

неравенство муниципальных образований Российской Федерации в отношении доступа к цифровым системам; необеспеченность социальной вовлеченности органов местного самоуправления в данный процесс; депрессивно-стагнирующее состояние экономик некоторых городов; отсутствие фундаментальных основ построения цифровой экономики. В то же время развитие экономики муниципального образования невозможно без привлечения инвестиций, обеспечения потребностей населения в новых интеллектуальных услугах, эффективного управления городской инфраструктурой. Для реализации данных направлений в современных условиях развития требуется внедрение элементов интеллектуальной экономики, одними из которых выступают технологии Smart City. Однако возникают вопросы: готовы ли муниципальные образования к внедрению технологий Smart City? На основе какой методологии или модели должна быть осуществлена оценка готовности?

В соответствии с выделенной проблематикой целью исследования выступает определение степени готовности муниципальных образований Российской Федерации к внедрению технологий Smart City. Для реализации поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- рассмотреть теоретико-методическую часть исследования вопроса имитационного моделирования данных как инструмента, определяющего уровень готовности муниципальных образований к внедрению технологий Smart City;
- выявить основные рейтинги оценки степени соответствия городов принципу Smart City, используемые в современных реалиях развития территорий;
- применить имитационное моделирование для определения готовности муниципальных образований к внедрению технологий Smart City.

2 Теоретико-методические аспекты готовности муниципальных образований к внедрению технологий Smart City

Исследование теоретико-методического инструментария готовности муниципальных образований к внедрению технологий Smart City прослеживается в трудах зарубежных и российских ученых. Отметим, что многие из исследований основаны на определении готовности городов к внедрению технологий Smart City через построение статистической модели. Ключевыми моделями этих исследований выступают: регрессионная статистическая модель экспериментальных данных (определяющая закономерности между экономическим положением муниципального образования и инновационным развитием городской среды) [7], модель статистических испытаний (основанная на многократном теоретико-вероятностном и статистическом моделировании параметрических величин концепции Smart City) [10], статистическая модель робастности полученных результатов (позволяющая определить устойчи-

вость / неустойчивость развития муниципального образования с учетом изменений параметров случайных величин и начальных условий моделирования) [1], статистическая модель матрицы переходов (устанавливающая параметры масштабирования и перемещения для изменения вектора развития муниципального образования) [4], модель оценки сомнительных результатов (выявляющая наличие факторов, не оказывающих существенного влияния на достижение запланированного результата в рамках развития муниципального образования) [8]. Однако в условиях анализа большого количества данных требуются автоматизация предлагаемых показателей (индикаторов) оценки или применение инструментов имитационного моделирования. Имитационное моделирование данных является одним из удобных и практических инструментов определения готовности муниципальных образований к внедрению технологий Smart City. В рамках представленного выше инструмента исследования интересными представляются следующие модели: агентная модель (используется для определения индивидуальных свойств и правил поведения активных агентов в процессе внедрения концепции Smart City в городскую среду) [9], модель системной динамики (применяется для выявления существенных характеристик объектов, явлений, процессов, в рамках концепции Smart City, с последующим установлением причинно-следственных связей между данными категориями) [3], модель детерминации (трансформируется в соответствии с изменениями внешней среды и адаптируется под создаваемые условия развития муниципального образования) [2], дискретно-событийная модель (акцентирует внимание на ключевых процессах экономического развития и абстрагируется от непрерывных событий, происходящих в муниципальном образовании) [11].

Несмотря на большое количество исследований, проводимых на основе названного инструментария, к сожалению, отсутствуют единая методика или российский стандарт оценки готовности муниципальных образований к внедрению технологий Smart City. Международные модели и рейтинги исследования готовности городов к внедрению технологий Smart City находятся на стадии апробации и используются для решения конкретных практических вопросов: определение устойчивости города, наличие в городской среде элементов «умного города», выявление показателей интеллектуализации городской инфраструктуры и т. д. Этот аспект подтверждает актуальность темы и обосновывает новизну исследования, проявляемую в авторском подходе к имитационному моделированию данных для определения степени готовности муниципальных образований к внедрению технологий Smart City.

Рассмотрим ключевые рейтинги оценки, применяемые для определения готовности муниципальных образований к внедрению технологий Smart City.

3 Рейтинги оценки степени соответствия городов принципам концепции Smart City

Для оценки степени готовности муниципальных образований выбраны три ключевых рейтинга соответствия городов принципам концепции Smart City (таблица 1).

Таблица 1 Ключевые рейтинги соответствия городов принципам концепции Smart City

Название рейтингов	Индикаторы
Рейтинг соответствия городов принципам концепции Smart City	Умная экономика (smart economy), умная мобильность (smart mobility), умный подход к окружающей среде (smart environment), умные люди (smart people), умный образ жизни (smart living), умное правительство (smart governance)
Рейтинг устойчивого развития городов Российской Федерации	Экономика, городское хозяйство, социальная сфера, экологическая обстановка
Система показателей умных городов	Экономика (ИКТ, инновации, занятость, торговля, производительность, физическая инфраструктура), окружающая среда (качество воздуха, водоснабжение, шум, биоразнообразие, энергетика), общество и культура (образование, здравоохранение, безопасность, жилье, культура, социальная вовлеченность)

Одноименный рейтинг соответствия городов принципам концепции Smart City разработан лабораторией Венского технического университета¹. Основой этого рейтинга является рассмотрение европейских городов (с численностью населения до 1 млн. человек) на предмет соответствия принципам концепции Smart City. Названный рейтинг включает два ключевых блока с шестью характеристиками «умного города». Рассмотрим их более подробно.

Блок 1. Открытость и способность социальных институтов к быстрой трансформации и модернизации:

- «умная экономика» (smart economy): инновационное развитие, уровень развития предпринимательства, гибкость рынка труда; включенность в международное экономическое пространство, экономический образ города, экономическая продуктивность – индикаторы не устойчивы, изменяются в зависимости от ситуации; рассчитываются в процентном соотношении;
- «умный подход к окружающей среде» (smart environment): уровень устойчивого управления ресурсами, степень загрязненности воздуха, уровень обеспокоенности экологической средой –

измерение влияния технологического прогресса на уровень экологии;

- «умная мобильность» (smart mobility): инновационная и безопасная транспортная система, возможность без проблем добраться во все районы и места города, открытость города на национальном и интернациональном уровнях, доступность информационно-коммуникационных технологий в городской инфраструктуре – наличие высокотехнологической базы совместно с информационной доступностью.

Блок 2. Уровень образованности и социальной активности населения:

- «умные люди» (smart people): степень образованности горожан, уровень квалификации населения, способность и желание обучаться на протяжении всей жизни, социальное и этническое многообразие в разрезе городского населения – важным является определение открытости горожан к новым изменениям;
- «умный образ жизни» (smart living): уровень здоровья населения, уровень индивидуальной безопасности граждан, туристическая привлекательность города, социальная сплоченность населения, качество проживания и уровень развития жилищно-коммунальной системы, доступность образовательных учреждений, развитость инфраструктуры культурного пространства – определение степени участия граждан в принятии решений по модернизации городского пространства;
- «умное правительство» (smart governance): участие городского населения в принятии решений в области развития города, уровень работы общественных и социальных организаций, прозрачность работы институтов управления – определение наличия компонентов умного управления.

Представленный выше рейтинг обладает качественными преимуществами, связанными с подробным исследованием соответствия городов принципам концепции Smart City (минимально – 74 показателя). Однако в некоторых случаях эти преимущества выступают как недостаток, например, когда требуется простая методика определения готовности внедрения технологий Smart City для переговоров потенциальных инвесторов и органов местного самоуправления.

Вторым выступает рейтинг устойчивого развития городов Российской Федерации, сформированный агентством “Sustainable growth management agency” (ООО «Агентство ЭС ДЖИ ЭМ»)². В основу этого рейтинга включены тридцать статистических показателей, характеризующих муниципальное образование по следующим критериям: состояние экономики, городского хозяйства, социальной сферы, а также экологической обстановки. Объектами выбор-

¹ Europeansmartcities 4.0. Technische Universität Wien. <http://www.smart-cities.eu/?cid=01&ver=4>

² Рейтинг устойчивого развития городов Российской Федерации. Sustainable growth management agency” (ООО «Агентство ЭС ДЖИ ЭМ»). <http://agencysgm.com/projects/Рейтинг%20устойчивого%20развития-2015.pdf>

ки выступают города – административные центры субъектов Российской Федерации. Особенностью данного рейтинга является тот факт, что высокие параметрические показатели не всегда определяют лидерские позиции города в рейтинге устойчивого развития. Главным критерием данного фактора выступает сбалансированность параметрических показателей. Разбалансировка отрицательно влияет на все стороны устойчивого развития. Ежегодно в названном рейтинге лидирующие позиции занимают Москва, Санкт-Петербург и Уфа. Эти муниципальные образования показывают высокие значения в разрезе социально-экономического развития городов Российской Федерации. В качестве преимущества данного рейтинга можно выделить параллельный анализ показателей социально-экономического развития муниципального образования, а в качестве недостатков можно отметить масштабность, усложненность и непонятность параметрических показателей. Представленные в нем рейтинговые показатели формальны, носят обособленный характер по отношению к технологиям Smart City. Так, например, отсутствие понимания включения в рейтинг показателя «доступность дошкольного образования» или наличие ряда показателей, оценивающих одно направление (в блоке демография и население – коэффициенты естественного прироста, демографического прироста, естественной убыли населения).

Третьей выступает система показателей умных городов, разработанная Европейской экономической комиссией Организации Объединенных Наций³. Степень готовности городов к внедрению технологий Smart City в данной системе показателей оценивается через определение инновационности города, использование информационно-коммуникационных технологий и других средств для повышения качества уровня жизни. Кроме того, данная система показателей учитывает эффективность деятельности и услуг, оказываемых в городе, конкурентоспособность при обеспечении удовлетворения потребностей настоящего и будущих поколений в экономических, социальных, культурных и природоохранных аспектах. Представленная система включает три блока со следующими показателями:

Блок 1. Экономика: инфраструктура информационно-коммуникационных технологий; инновационная активность; занятость; электронная торговля и отношение экспорт/импорт; производительность; городская инфраструктура (водоснабжение, электроснабжение, транспорт, эксплуатация зданий и т. д.).

Блок 2. Окружающая среда: качество воздуха; шум; водоснабжение; энергетика; биоразнообразие; качество окружающей среды.

Блок 3. Общество: образование; здравоохранение; культурная сфера; социальная вовлеченность;

³ Показатели «умных» устойчивых городов, разработанные ЕЭК ООН–МСЭ. Европейская экономическая комиссия Организация Объединенных Наций. http://www.unecsc.org/fileadmin/DAM/hlm/documents/2015/ECE_HBP_2015_4_ru.pdf

обеспеченность жилым фондом.

Преимуществом данной системы является подробное описание оценки расчетов представленных показателей. В качестве недостатка можно указать лишь применимость к системе статистической оценки европейских стран.

Проанализировав некоторые имеющиеся на сегодняшний день системы и рейтинги оценки готовности муниципальных образований к внедрению технологий Smart City, попробуем предложить авторский подход к исследованию данного вопроса. Авторское мнение по формированию оценки готовности муниципальных образований к внедрению технологий Smart City заключается в простоте и доступности применения данной модели. В соответствии с этим считаем необходимым сформировать авторскую модель оценки готовности муниципальных образований к внедрению технологий Smart City, используя элементы имитационного моделирования.

4 Модель оценки готовности муниципальных образований к внедрению технологий Smart City

Проведенное исследование базируется на общенаучных методах анализа, которые включают формально-логический и аналитический способы исследования. Методы, используемые для решения поставленной проблемы в рамках сформулированных задач исследования, определяются закономерностями эмпирического развития данной проблематики и включают: метод моделирования, графический метод, статистический метод. Исходя из этого, используемые в исследовании методы позволяют осуществить процесс имитационного моделирования данных для оценки готовности муниципальных образований к внедрению технологий Smart City.

Авторская модель оценки готовности муниципальных образований к внедрению технологий Smart City сформирована на основе имитационной программы AnyLogic (адаптирована под графические изображения Microsoft Word) и представлена на рис. 1.

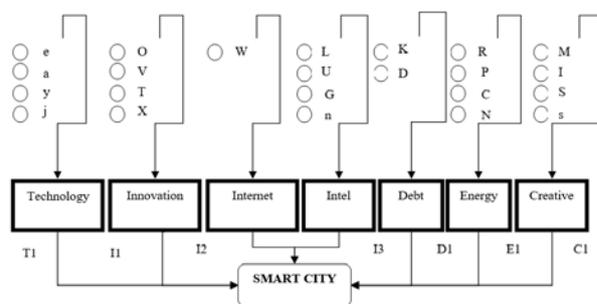


Рисунок 1 Модель оценки готовности городов к внедрению технологий Smart City

Программа имитационного моделирования AnyLogic позволяет разработать модели на основе

различных методов визуализации данных. Например, дискретно-событийном и агентном методе исследования. Модель оценки готовности городов к внедрению технологий Smart City сформирована на основе семи ключевых показателей (накопителей), включающих в себя параметры распределения, которые позволяют определить итоговый показатель готовности муниципального образования к внедрению технологий Smart City. Выбор показателей, используемых в модели, обусловлен необходимостью оценки уровня инфраструктурно-технологического развития города как ключевого направления внедрения технологий Smart City. В соответствии с этим автором предложены следующие параметрические показатели.

Показатель технологичности производства в муниципальном образовании (Technology)

$$T_p = \frac{e+y+j}{a},$$

где a – общее количество предприятий в муниципальном образовании, e – количество предприятий, проводивших модернизацию не позднее 2007 года, y – количество предприятий, проводивших модернизацию не позднее 2012 года, j – количество предприятий, проводивших модернизацию не позднее 2015 года.

Показатель инновационности городской инфраструктуры (Innovations)

$$I_i = \frac{O}{V} + \frac{T}{X},$$

где O – объем работ, выполненный по замене объектов инновационной инфраструктуры, V – объем работ, требующейся для замены всей инфраструктуры на территории муниципального образования, T – объем инновационной продукции, произведенный в инкубаторах, технопарках и иных инновационных предприятиях муниципального образования, X – объем продукции, произведенный на всех предприятиях муниципального образования.

Показатель интернетизации муниципального образования (Internet)

$$In = \frac{W}{100\%},$$

где W – показатель полного покрытия территории интернетом.

Показатель интеллектуализации городской среды (Intel)

$$I_r = \frac{L+V+G}{n},$$

где L – количество созданных инновационных продуктов, V – количество, зарегистрированных патентов, G – количество выигранных грантов, курсов, олимпиад.

Показатель финансовой независимости городского бюджета (Debt)

$$F_n = \frac{K}{D},$$

где K – муниципальный долг, D – доходы бюджета муниципального образования.

Показатель энергоэффективности городской среды (Energy)

$$E_f = \frac{R}{P} + \frac{C}{N},$$

где R – потребление топливно-энергетических ресурсов предприятиями муниципального образования, P – произведенная и отгруженная продукция (товары, работы, услуги) с использованием энергоресурсов, C – стоимость потребляемых энергоресурсов населением, N – население муниципального образования.

Показатель внедрения креативных технологий в функциональное пространство города (Creative)

$$K_t = \frac{M+I+S}{s},$$

где M – количество созданных медиа ресурсов на территории муниципального образования за последние три года, I – реализация проектов индустрии развлечения на территории муниципального образования за последние три года, S – зарегистрированные объекты социального предпринимательства на территории муниципального образования за последние три года, s – зарегистрированные субъекты бизнеса на территории муниципального образования за последние три года.

Все итоговые показатели являются потенциалами. Конечным результатом оценки готовности российских городов к внедрению технологий Smart City является группировка городов на основе следующих критериев:

- готовы к внедрению технологий Smart City (критериальный диапазон $3,7(-0,2)\langle n \rangle$), n – значение итогового показателя группировки городов по степени готовности к внедрению технологий Smart City;
- средняя готовность к внедрению технологий Smart City (критериальный диапазон $3,7(-0,2)\langle n(2,5(-0,3)) \rangle$), n – значение итогового показателя группировки городов по степени готовности к внедрению технологий Smart City;
- удовлетворительная готовность к внедрению технологий Smart City (критериальный диапазон $2,5(-0,4)\langle n(1,95(-0,4)) \rangle$), n – значение итогового показателя группировки городов по степени готовности к внедрению технологий Smart City;
- не готовы к внедрению технологий Smart City (критериальный диапазон $1,95(-0,5)\langle n \rangle$), n – значение итогового показателя группировки городов по степени готовности к внедрению технологий Smart City.

Представленные выше диапазоны сформированы в соответствии с наивысшими и наименьшими значениями каждого показателя, участвующего в определении конечного значения. Максимальный и ми-

нимальный уровни показателей, используемых в исследовании, представлены в Таблице 2.

Таблица 2 Наивысшие и наименьшие значения показателей, используемых для определения готовности муниципальных образований к внедрению технологий Smart City⁴

Показатели	Готов к внедрению		Средняя готовность		Удовлетворительная готовность		Не готовы
	max	min	max	min	max	min	
1 (+)	1	0,6	0,6	0,3	0,2	0,2	0,2
2 (+)	1	0,6	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3
3 (+)	1	0,6	0,5	0,3	0,3	0,3	0,3
4 (+)	1	0,7	0,5	0,3	0,3	0,3	0,3
5 (-)	1	0,2	0,8	0,3	0,4	0,2	0,2
6 (+)	1	0,6	0,5	0,4	0,4	0,3	0,3
7 (+)	1	0,6	0,6	0,4	0,4	0,35	0,35
Итого	6	3,7	3,7	2,5	2,5	1,95	1,95

Отметим, что данные диапазоны можно определить не только на основе пробных вариаций, но и при помощи программы PyQt. PyQt – набор «привязок» графического фреймворка Qt для языка программирования Python, выполненный в виде расширения Python.

В рамках имитационной модели оценки готовности городов к внедрению технологий Smart City важным компонентом выступает итоговый индикатор – муниципальное образование. На Рис. 1 данный индикатор (ключевой накопитель) обозначен как SmartCity. В аспекте оценки готовности городов к внедрению технологий Smart City ключевой накопитель приобретает название в соответствии с исследуемым объектом. Для более наглядного демонстрация данного тезиса применим модель оценки готовности муниципальных образований к внедрению технологий Smart City на примерах Москвы – города федерального значения и Орла – муниципального образования. Проведя оценку готовности, мы установили, что муниципальное образование город Орел относится к критериальной группе «не готовы к внедрению технологий Smart City» (значение 1,837), а город федерального значения Москва входит в группу «готовы к внедрению технологий Smart City» – значение 5,473 (рисунки 2 и 3). Представленная модель позволяет определить не только готовность муниципального образования к внедрению технологий Smart City, но и выявить сегменты (треки), замедляющие процесс перехода в более высокую по уровню критериальную группу. В соответствии с тем, что город федерального значения Москва входит в группу «готовы к внедрению тех-

нологий Smart City», замедляющие процессы перехода в более высокую по уровню критериальную группу определим только для муниципального образования города Орел.

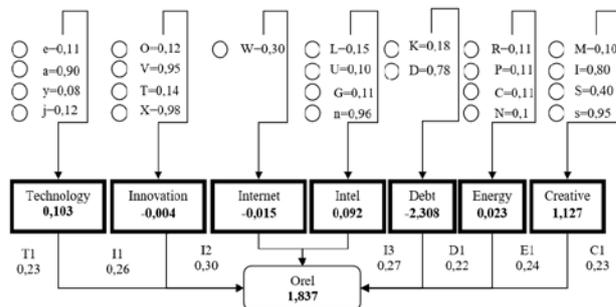


Рисунок 2 Модель готовности к внедрению технологий Smart City муниципального города Орел

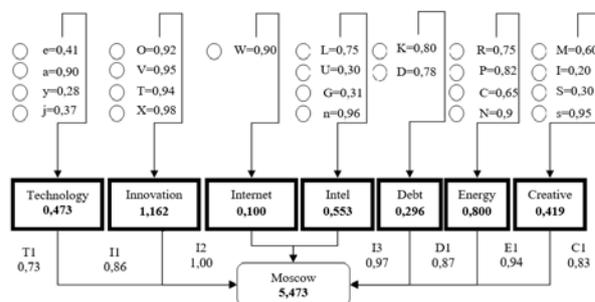


Рисунок 3 Модель готовности к внедрению технологий Smart City города федерального значения Москва

Так, муниципальное образование город Орел находится в критериальной группе «не готовы к внедрению технологий Smart City» в связи с высокой финансовой зависимостью городского бюджета (Debt), отсутствием инновационного развития городской инфраструктуры (Innovations), неполным покрытием территории интернетом (Internet). Для решения представленных выше проблем требуется реализация эффективных управленческих мероприятий по данным направлениям, которые позволят городу Орел приблизиться к группе муниципальных образований, «готовых к внедрению технологий Smart City».

Таким образом, представленная модель оценки готовности муниципальных образований к внедрению технологий Smart City позволит: во-первых, оперативно определить уровень развития муниципального образования, готового к внедрению Smart-технологий; во-вторых, выявить основные проблемы и барьеры, стоящие перед муниципальными образованиями, входящими в критериальную группу «не готовы к внедрению технологий Smart City»; в-третьих, применить соответствующую модель городского развития для реализации Smart-проектов, позволяющих улучшить социально-экономические показатели муниципального образования.

⁴ Значения показателей: технологичности производства в муниципальном образовании (1), инновационности городской инфраструктуры (2), интернетизации муниципального образования (3), интеллектуализации городской среды (4), финансовой независимости городского бюджета (5), энергоэффективности городской среды (6), внедрения креативных технологий в функциональное пространство города (7).

Литература

- [1] Akaslan, D., Taşkın, S.: An Analogy Between Womb and Home for Supporting the Aspects of Smart Cities. 4th Int. Istanbul Smart Grid Congress and Fair, IEEE Press, New York (2016). doi: 10.1109/SGCF.2016.7492438
- [2] Barriga, J.K.D., Romero, C.D.G., Molano, J.I.R.: Proposal of a Standard Architecture of IOT for Smart Cities. *Communications in Computer and Information Science*, pp. 77-89 (2016). doi: 10.1007/978-3-319-42147-6_7
- [3] De Domenico, M., Arenas, A., Lima, A., González, M.C.: Personalized Routing for Multitudes in Smart Cities. *EPJ Data Science*. 1, pp. 1-11 (2015). doi: 10.1140/epjds/s13688-015-0038-0
- [4] Glebova, I.S., Yasnitskaya, Y.S., Maklakova, N.V.: Possibilities of “Smart City” Concept Implementing: Russia’s Cities Practice. *Mediterranean J. of Social Sciences*, 12, pp. 129-133 (2014). doi: 10.5901/mjss.2014.v5n12p129
- [5] Ishkineeva, G., Ishkineeva, F., Akhmetova, S.: Major Approaches Towards Understanding Smart Cities Concept. *Asian Social Science*, 5, pp. 70-73 (2015). doi: 10.5539/ass.v11n5p70
- [6] Khatoun, R., Zeadally, S.: Smart Cities: Concepts, Architectures, Research Opportunities. *Association for Computing Machinery. Communications of the ACM*, 8, pp. 46-57 (2016). doi: 10.1007/978-3-319-23440-3_7
- [7] Khorov, E., Gushchin, A., Safonov, A.: Distortion Avoidance While Streaming Public Safety Video in Smart Cities. *Lecture Notes in Computer Science*, 9305, pp. 89-100 (2015). doi: 10.1007/978-3-319-23440-3_7
- [8] Medvedev, A., Fedchenkov, P., Zaslavsky, A., Anagnostopoulos, T., Khoruzhnikov, S.: Waste Management as an IOT-Enabled Service in Smart Cities. *Lecture Notes in Computer Science*, 9247, pp. 104-115 (2015). doi: 10.1007/978-3-319-23126-6_10
- [9] Merlino, G., Bruneo, D., Longo, F., Puliafito, A., Distefano, S.: Software Defined Cities: a Novel Paradigm for Smart Cities through IOT Clouds. *12th IEEE Int. Conf. on Ubiquitous Intelligence and Computing*, pp. 909-916. IEEE Press, New York (2015). doi: 10.1109/UIC-ATC-ScalCom-CBDCCom-IoP.2015.174
- [10] Poxrucker, A., Bahle, G., Lukowicz, P.: Simulating Adaptive, Personalized, Multi-modal Mobility in Smart Cities. *Lecture Notes of the Institute for Computer Sciences, Social-Informatics and Telecommunications Engineering*, 166, pp. 113-124 (2016). doi: 10.1007/978-3-319-33681-7_10
- [11] Zhuhadar, L., Thrasher, E., Marklin, S., de Pablos, P.O.: The Next Wave of Innovation – Review of Smart Cities Intelligent Operation Systems. *Computers in Human Behavior*, 66, pp. 273-281 (2017). doi: 10.1016/j.chb.2016.09.030